



Libro Conmemorativo de  
**Oceanología:**  
Compendio UNAM-ASOCEAN

Editores:

Luis Felipe Navarro Olache  
María Adela Monreal Gómez  
Carlos Peynador Sánchez





Libro Conmemorativo de  
Oceanología  
Compendio UNAM-ASOCEAN

Luis Felipe Navarro Olache, María Adela Monreal Gómez, Carlos Peynador Sánchez

EDITORES

ASOCIACIÓN DE OCEANÓLOGOS DE MÉXICO, A.C.  
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNAM  
CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX, MÉXICO

2018

**Forma correcta de citar:**

Navarro Olache L.F., Monreal Gómez A., Peynador Sánchez., C., 2018. Libro Conmemorativo de Oceanología: Compendio UNAM-ASOCEAN. Asociación de Oceanólogos de México, A.C., e Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. México. ISBN en trámite.

**Directorio Editorial****Universidad Nacional Autónoma de México**

DR. ENRIQUE LUIS GRAUE WIECHERS  
Rector

DR. WILLIAM HENRY LEE ALARDÍN  
Coordinador de la Investigación Científica

DRA. ELVA GUADALUPE ESCOBAR BRIONES  
Directora del Instituto de Ciencias de Mar y Limnología

DRA. MARÍA ADELA MONREAL GÓMEZ  
Secretaria Académica

ING. ALFREDO LANDA HERRERA  
Secretario Técnico

C.P. ROSA MARÍA PACHECO  
Secretaria Administrativa

**Directorio Asociación de Oceanólogos de México, A.C.**

DRA. LUS MERCEDES LÓPEZ ACUÑA  
Presidente

M.C. LETICIA BADILLO SOTELO  
Vicepresidente

OCEAN. RUTH ROSAS GÓMEZ  
Secretaria

DR. JULIO SAID PALLEIRO NAYAR  
Tesorero

COMISIÓN PERMANENTE DEL CONGRESO  
Dr. Carlos Francisco Peynador Sánchez  
Dr. Héctor Bustos Serrano  
Ocean. Héctor Benet Contreras  
M.C. Luis Felipe Navarro Olache

Navarro Olache, Luis Felipe, editor.

Monreal Gómez, María Adela, editor.

Peynador Sánchez, Carlos, editor.

Libro Conmemorativo de Oceanología: Compendio UNAM-ASOCEAN / Luis Felipe Navarro Olache, María Adela Monreal Gómez, Carlos Peynador Sánchez - Primera Edición - México: Asociación de Oceanólogos de México, A.C.; Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, 2018.

590 páginas: ilustraciones; 21.59 cm x 27.94 cm  
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.  
A.P. 70-305 Ciudad Universitaria  
Código Postal 04510  
Ciudad de México, MÉXICO  
<http://www.icmyl.unam.mx/>



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



## PREFACIO

Esta obra consta de 109 contribuciones sobre diversos temas de estudio en la Oceanología. Es un libro conmemorativo a la investigación nacional en oceanología, en la edición participaron la Asociación de Oceanólogos de México A.C. (ASOCEAN) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), a través del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICML). Para su fácil análisis y consulta, el libro está dividido en grandes temas los cuales resumen las principales contribuciones. El libro consiste de 54 trabajos en el área de la Oceanografía Biológica (49.54%), 18 en Oceanografía Física (16.51%), 15 en Gestión de Recursos Costeros y Marinos (13.76%), 12 en Oceanografía Química (11.00%), 7 en Pesca y Acuicultura (6.42%), dos en Oceanografía Geológica (1.85%) y uno en Cambio Climático (0.92%). Participaron 31 instituciones de Educación Superior y de Investigación, incluyendo una de España, una de Panamá y dos de Colombia. Sin embargo, es de remarcar que hubo la participación de una empresa privada, lo cual es muy importante ya que representa uno de los vínculos entre los grupos que realizan la investigación, tanto teórica como aplicada, con las instancias que transforman dicha investigación en productos que van al mercado, estas participaciones deben incrementarse sustancialmente.

Los trabajos abarcan una amplia gama de investigación, pues van desde estudios descriptivos mediante técnicas de análisis sofisticadas, hasta la modelación de algunos procesos oceanográficos, cabe señalar que existe un desbalance en el número de trabajos entre las distintas áreas del conocimiento. Los casos que llaman la atención por su baja contribución son los temas de Cambio Climático, la Oceanografía Geológica y la Gestión de Recursos Costeros y Marinos. Todos estos temas considerados de gran relevancia a nivel nacional por las repercusiones que tienen en términos de seguridad nacional, recursos energéticos, captación de divisas y adaptación al cambio climático. Lo cual debería de hacernos reflexionar sobre el enfoque que se está dando en la formación de recursos humanos en los diferentes centros de educación y reforzar las áreas que están siendo poco atendidas, con el fin de cubrir las necesidades básicas en cuanto a investigación y formación de nuevos profesionistas.

Finalmente podemos decir que esta obra representa la punta del iceberg en la investigación del mar y sus recursos, pues como todo iceberg que no se muestra en su totalidad, esta obra no muestra en su totalidad lo que se desarrolla en el país, pero es un buen indicador de las tendencias generales y del nivel en el cual se están realizando las diversas investigaciones. Es a la vez una obra de consulta técnico-científica sobre los diferentes temas y un reflejo de la situación actual de nuestro país sobre la investigación marina, de la zona costera y sus recursos.

*María Adela Monreal Gómez*





La Asociación de Oceanólogos de México, A.C.  
agradece a:



Por su apoyo y colaboración para la realización de esta obra.

Editado y maquetado en la Unidad de Informática Marina del Instituto de Ciencias del  
Mar y Limnología, por el M. en C. León Felipe Álvarez Sánchez.

MMXVIII

Los artículos se publican bajo la responsabilidad exclusiva de sus autores y no son más que la expresión de las opiniones de estos.

Los errores y las omisiones son de exclusiva responsabilidad de los autores de cada documento.

Los derechos de autor sobre las fotografías publicadas en este libro ilustraciones son propiedad de la Asociación de Oceanólogos de México, A.C.

Primera edición digital: 01 septiembre de 2018

ISBN en trámite

“Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales”.

*Maquetado y hecho en México*



## Tabla de Contenido

PREFACIO .....	v
AGRADECIMIENTOS .....	vii
TABLA DE CONTENIDO .....	ix
<b>OCEANOGRAFÍA BIOLÓGICA.....</b>	<b>1</b>
EL CARBONO ORGÁNICO EN EL SEDIMENTO ASOCIADO AL PASTO MARINO <i>Thalassia testudinum</i> : UNA HISTORIA DE ODIO Y AMOR EN LA PRADERA MARINA DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA LOS PETENES, CAMPECHE .....	3
EFFECTO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL MICROHÁBITAT EN LOS PATRONES DE ORGANIZACIÓN DEL ENSAMBLE DE EPIBIONTES CALCIFICANTES ARRECIFALES EN ZIHUATANEJO GUERRERO .....	8
INCREMENTO DE NITRÓGENO EN <i>Thalassia testudinum</i> DURANTE UN AÑO ANÓMALO DE LLUVIAS EN EL CARIBE MEXICANO .....	14
LARVAS DE ESTOMATÓPODOS (STOMATOPODA: CRUSTACEA) EN EL TALUD CONTINENTAL DEL SUR DEL GOLFO DE MÉXICO .....	17
DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE LOS ESTADIOS LARVARIOS DE <i>Albunea paretii</i> (DECAPODA, ANOMURA, ALBUNEIDAE) EN EL SUR DEL GOLFO DE MÉXICO .....	23
AVANCES EN UN ESTUDIO DE FITOPLANCTON Y SU RELACIÓN CON VARIABLES HIDROLÓGICAS EN DOS ZONAS ACUÍCOLAS DE LAGUNA BAHÍA MAGDALENA, BCS, 2015.....	27
ANÁLISIS GENÉTICO DE <i>Rhizophora mangle</i> Y <i>Avicennia germinans</i> EN LAS COSTAS DEL GOLFO DE MÉXICO, CARIBE MEXICANO Y BELICE.....	32
VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA TASA DE CALCIFICACIÓN DE ORGANISMOS INCRUSTANTES EN MICROAMBIENTES ARRECIFALES DE ZIHUATANEJO, GUERRERO. ....	37
EFFECTO DE LA ORIENTACIÓN DEL SUSTRATO EN LOS PATRONES DE DISTRIBUCIÓN DE ORGANISMOS CALCIFICANTES EN MICROHÁBITATS ARRECIFALES .....	43
PLASTICIDAD FENOTÍPICA DEL MEJILLÓN <i>MYTILUS CALIFORNIANUS</i> DE DIFERENTES LOCALIDADES DEL INTERMAREAL EN BAJA CALIFORNIA COMO RESPUESTA A SU TRANSPLANTE A PUNTA MORRO, ENSENADA, B.C.....	48
EFFECTO DEL ENSO 2015 SOBRE LA VARIACIÓN DE NUTRIENTES Y CLOROFILA-A EN EL LITORAL DE BAHÍA MAGDALENA, B.C.S., MÉXICO .....	51
ANÁLISIS DE BIOMASA Y PRODUCCIÓN DEL FITOPLANCTON DURANTE LA ÉPOCA DE SURGENCIAS INTENSAS FRENTE A BAHÍA MAGDALENA, BCS, MÉXICO .....	57
INFLUENCIA DEL HÁBITAT Y DE LA ESTACIONALIDAD DEL AMBIENTE EN LA DIVERSIDAD, ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE ESPONJAS ARRECIFALES DE ZIHUATANEJO, GUERRERO .....	62
MACROINVERTEBRADOS (CNIDARIA Y ECHINODERMATA) DEL INTERMAREAL ROCOSO DE PLAYA TRONCONES, GUERRERO, MÉXICO .....	67

ANÁLISIS DE LA REPRODUCCIÓN DEL CHIHUIL PRIETO <i>Cathorops liropuS</i> (BRISTOL, 1896), EN EL SISTEMA LAGUNAR TEACAPAN AGUA BRAVA, NAYARIT.....	70
CARACTERIZACIÓN DE HÁBITATS BENTÓNICOS DEL PARQUE NACIONAL ARRECIFES DE COZUMEL: UNA COMPARACIÓN DE 11 AÑOS .....	74
ASPECTOS POBLACIONALES DEL BURGAO <i>Cittarium pica</i> , (GASTROPODA: TEGULIDAE) EN EL LITORAL ROCOSO DE SANTA MARTA, MAGDALENA, COLOMBIA.....	78
RESULTADOS PRELIMINARES SOBRE LA TAXONOMÍA DE LAS ESPECIES DE LA FAMILIA BENTHOPECTINIDAE (ECHINODERMATA: ASTEROIDEA) DEL GOLFO DE MÉXICO, RESGUARDADAS EN LA COLECCIÓN NACIONAL DE EQUINODERMOS "DRA. MA. E. CASO M.", ICML, UNAM. ....	84
ECOFISIOLOGÍA INTER-ESPECÍFICA DE LOS CORALES <i>Pocillopora</i> (SCLERACTINIA) EN LAS COSTAS DEL ESTADO DE COLIMA, MÉXICO .....	87
EL IMPACTO DE LA ACIDIFICACIÓN DEL OCÉANO EN ORGANISMOS CALCIFICADORES DE LA FAMILIA SERPULIDAE.....	90
RESULTADOS PRELIMINARES EN LA COLONIZACIÓN DE UN ARRECIFE ARTIFICIAL EN BAHÍA EL DESCANSO, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO .....	93
LECTINA, UNA MOLECULA QUE PROMETE: CARACTERIZACIÓN DE UNA LECTINA EN EL ERIZO DE MAR <i>Astropyga pulvinata</i> (LAMARCK 1816).....	96
ANÉLIDOS POLIQUETOS DEL SISTEMA LAGUNAR MANDINGA.....	101
ESTUDIO PRELIMINAR DE LA COMUNIDAD DE HETERÓPODOS (GASTROPODA PTEROTRACHEOIDEA) CON RELACIÓN A LA TEMPERATURA Y SALINIDAD EN LA ZONA EPIPELÁGICA DEL CAÑÓN DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO .....	105
CAMBIO ESTACIONAL DEL ZOOPLANCTON EN BAHÍA MAGDALENA, B.C.S. ....	111
NUEVOS REGISTROS DE DOS OFIUIROS (OPHIURIDA: OPHIURINAE) ASOCIADOS A INFILTRACIONES FRÍAS DE MÉXICO.....	115
ESPONJAS MARINAS (PORIFERA: DEMOSPONGIAE) DEL PACÍFICO ORIENTAL TROPICAL MEXICANO: DISTRIBUCIÓN Y NUEVOS REGISTROS .....	119
EVALUACIÓN DE LA TOXICIDAD DE DETERGENTES EN <i>Artemia franciscana</i> .....	123
ABUNDANCIA DE LA BIOMASA DE ZOOPLANCTON EN EL PACIFICO ORIENTAL TROPICAL MEXICANO .....	126
TASA DE PRODUCCIÓN DE HUEVOS DE COPÉPODOS DEL PACÍFICO CENTRAL MEXICANO .....	131
INFLUENCIA DEL HÁBITAT SOBRE LA ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES DE POLIQUETOS (ANNELIDA) DEL SUR DEL PACÍFICO MEXICANO .....	136
EFFECTO DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS EN LA CLOROFILA-A MEDIDA EN BAHÍA MAGDALENA, BCS DURANTE EL NIÑO - 2015.....	142
SISTEMÁTICA MOLECULAR Y DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES DE <i>Pyropia</i> (BANGIALES) DEL PACÍFICO NOROCCIDENTAL MEXICANO.....	149
VARIABILIDAD INTERANUAL DE <i>Peridinium quadridentatum</i> Y <i>Prorocentrum minimum</i> EN UN SISTEMA COSTERO ENRIQUECIDO ANTROPOGÉNICAMENTE AL NORTE DE SINALOA, MÉXICO.....	154
DESARROLLO DE <i>Capitella sp. A</i> (POLYCHAETA: CAPITELLIDAE) DE LA PISCIFACTORÍA DE CASAS D'ALCANAR (TARRAGONA, ESPAÑA) EN CONDICIONES DE LABORATORIO .....	158
GASTERÓPODOS Y BIVALVOS DE LA PRADERA MARINA DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA "LOS PETENES" CAMPECHE .....	164

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS POLIQUETOS (ANNELIDA) DE AGUAS PROFUNDAS DEL SUR DEL GOLFO DE CALIFORNIA.....	170
VARIACIÓN ESTACIONAL E INTERANUAL DE MOLUSCOS HOLOPLANCTÓNICOS FRENTE A LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO; DURANTE 2006-2008 .....	176
ALIMENTACIÓN DE <i>Stomolophus meleagris</i> (SCYPHOZOA: RHIZOSTOMEAE) EN EL SISTEMA LAGUNAR DE MANDINGA, VERACRUZ .....	182
EFFECTOS DE EVENTOS EL NIÑO Y DEL “WARM BLOB” EN LA BIOMASA FITOPLANCTÓNICA DERIVADA DE SATÉLITE EN EL SISTEMA DE LA CORRIENTE DE CALIFORNIA, EN 2002-2015 .....	185
PREFERENCIA ALIMENTICIA DE <i>Noctiluca scintillans</i> FRENTE A <i>Gymnodinium catenatum</i> , <i>Lingulodinium polyedra</i> (DINOFLAGELLATA) Y <i>Actinopterychus octonarius</i> (BACILLARIOPHYTA) .....	191
VARIABILIDAD ESTACIONAL DEL ZOOPLANCTON EN LA LAGUNA DE GUERRERO NEGRO, B.C.S. ....	195
OVOGÉNESIS DE LA MEDUSA <i>Stomolophus meleagris</i> DE LAGUNAS COSTERAS DE VERACRUZ.....	203
ESTUDIO PRELIMINAR DE LA ESTIMACIÓN DE LA EDAD DE <i>Lutjanus inermis</i> (CURVINA ROJA), EN PUERTO ÁNGEL, OAXACA, MÉXICO .....	208
USO DE ESTIMADORES DE DENSIDAD POR KERNEL PARA DATOS CIRCULARES EN EL ANÁLISIS DE LA ÉPOCA REPRODUCTIVA DE <i>Trachinotus rhodopus</i> .....	213
ABUNDANCIA DE <i>Liriopse tetraphylla</i> EN LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ .....	217
INTER-RELACIONES ENTRE LA COMUNIDAD DE PECES HERBÍVOROS Y LA COMUNIDAD MACROALGAL DEL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO .....	221
PRODUCCIÓN PRIMARIA POR FRACCIONES DE TAMAÑO EN UNA ZONA COSTERA DEL PACÍFICO TROPICAL MEXICANO, MEDIANTE MICROSCOPIA, HPLC Y CITOMETRÍA DE FLUJO .....	226
RELACIONES FILOGENÉTICAS DEL DINOFLAGELADO <i>Cochlodinium polykrikoides</i> AISLADO DE LAS COSTAS DE COLIMA .....	232
RELACIÓN ENTRE LA DESCARGA DEL RÍO JAMAPA Y LAS ENFERMEDADES CORALINAS DE LOS ARRECIFES LA BLANCA, CHOPAS E ISLA DE ENMEDIO, SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO, GOLFO DE MÉXICO .....	237
CRECIMIENTO RELATIVO DE TRES ESPECIES DE QUITONES (MOLLUSCA: POLYPLACOPHORA) DEL LITORAL ROCOSO DE MONTEPIÓ, VERACRUZ, MÉXICO .....	243
DISTRIBUCIÓN ESPACIOTEMPORAL DE GRUPOS DE GRANDES PECES PELÁGICOS EN EL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE .....	247
EFFECTO DEL FENÓMENO EL NIÑO 2015 Y EL HURACÁN “PATRICIA” SOBRE LOS ARRECIFES CORALINOS DE TENACATITA Y CARRIZALES, PACÍFICO TROPICAL MEXICANO.....	253
FITOPLANCTON DE RED Y ESPECIES POTENCIALMENTE NOCIVAS EN BAHÍA MAGDALENA, B.C.S., EN 2015 .....	259
<b>OCEANOGRAFÍA FÍSICA .....</b>	<b>265</b>
ANÁLISIS ESPECTRAL DERIVATIVO DEL PARQUE NACIONAL ARRECIFE DE PUERTO MORELOS UTILIZANDO SENSORES REMOTOS.....	267
HIDRODINÁMICA Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN LA LAGUNA DE JULUAPAN, COLIMA.....	272
CONECTIVIDAD ENTRE LAS COSTAS DEL GOLFO DE CALIFORNIA Y EL PACÍFICO NORORIENTAL: ESTUDIO NUMÉRICO. ....	277

UNA CLIMATOLOGÍA ELEMENTAL (1996-2013) DE LA TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE DEL MAR DE LA ZONA DE TRANSICIÓN TÉRMICA DEL PACÍFICO MEXICANO SUBTROPICAL .....	281
APLICACIÓN DEL RADAR DE APERTURA SINTÉTICA (SAR) EN LA DETECCIÓN ESTACIONAL DE ONDAS INTERNAS EN EL NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA.....	284
ANÁLISIS TEMPORAL 2009-2016 DE ALGUNOS PARÁMETROS AMBIENTALES EN LA LAGUNA DE CUYUTLÁN, COLIMA, MÉXICO .....	289
RELACIÓN ENTRE LAS MASAS DE AGUA DE BAHÍA DE LA PAZ Y LOS FENÓMENOS DE MACROESCALA .....	296
APLICACIÓN DEL NUEVO SENSOR POR PERCEPCIÓN REMOTA DE SALINIDAD SUPERFICIAL MARINA DENOMINADO AQUARIUS SAC-D DE LA NASA (EUA) Y CONAE (ARGENTINA), A LOS MARES ADYACENTES A MÉXICO, PARA OBSERVACIÓN DE FENÓMENOS OCEANOGRÁFICOS EN ESPACIO Y TIEMPO.....	302
VARIACIÓN DE LOS PARAMETROS OCEANOGRÁFICOS ALREDEDOR DEL ARRECIFE ISLA VERDE EN EL PARQUE NACIONAL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO .....	307
DINÁMICA COSTERA EN LAS PLAYAS DE LAS BARRACAS, CABO PULMO, BAJA CALIFORNIA SUR.....	313
SUSCEPTIBILIDAD A LA VARIABILIDAD AMBIENTAL DEL SECTOR ACUÍCOLA EN EL ESTADO DE COLIMA, MÉXICO: CASO DE ESTUDIO .....	316
ANÁLISIS CLIMATOLÓGICO Y EL CALENTAMIENTO ANÓMALO DEL PACÍFICO DEL NORESTE EN ISLA GUADALUPE, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO .....	321
CIRCULACIÓN SUPERFICIAL DE LA BAHÍA DE TODOS SANTOS, B.C. CONDICIONES DE VIENTOS SANTA ANA (2009-2015) MEDIDA POR RADIO ESCATERÓMETROS.....	326
EL NIÑO 2015 EN BAHÍA DE LA PAZ, GOLFO DE CALIFORNIA.....	335
MASAS DE AGUA EN BAHÍA DE LA PAZ, GOLFO DE CALIFORNIA.....	341
VISUAL PLUMES, UNA OPCIÓN PARA EL CAMPO CERCANO EN CONDICIONES PARTICULARES. CASO DE ESTUDIO GANDÍA, ESPAÑA .....	347
ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL DE DATOS GEOCRONORREFERIDOS DE LA TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE DE LOS MARES DE MÉXICO .....	352
ANÁLISIS ESPACIAL DE LA SURGENCIA DE CABO CORRIENTES, JALISCO, A PARTIR DE IMÁGENES DE LA TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE DEL MAR, 2003-2013.....	356
<b>OCEANOGRAFÍA QUÍMICA .....</b>	<b>361</b>
CONTRASTE DE LA CONTRIBUCIÓN RELATIVA DE LOS PRODUCTORES PRIMARIOS (SIAR- $\Delta^{13}\text{C}$ ) A LA MATERIA ORGÁNICA SEDIMENTARIA ENTRE 1984 Y 2011 EN LAGUNA DE TÉRMINOS, CAMPECHE .....	363
CITOTOXICIDAD DE TRES ACTINOBACTERIAS MARINAS AISLADAS DE SEDIMENTO PROVENIENTE DE BAHÍA DE LORETO EN EL GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO.....	368
VARIACIÓN DE INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA (DBO <sub>5</sub> , NUTRIENTES Y PARÁSITOS) EN LA ZONA DE PLAYAS DE LA BAHÍA DE TODOS SANTOS, BAJA CALIFORNIA, DURANTE EL 2012 .....	375
ORÍGEN Y TOXICIDAD DE SEDIMENTOS RECIENTES DEL SUR DEL GOLFO DE MÉXICO POR PRESENCIA DE CROMO (2001 – 2004).....	380
METABOLISMO ACUÁTICO Y DINÁMICA DEL OXÍGENO DISUELTO EN BAHÍA FALSA, BAJA CALIFORNIA .....	385
ACONDICIONAMIENTO DE <i>Hydrocotyle bonariensis</i> PARA UN SISTEMA DE FITORREMEDIACIÓN DE PLOMO (PB <sup>2+</sup> ) EN AGUA .....	390



DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE SALUD DE DOS POBLACIONES DE <i>Pteria sterna</i> MEDIANTE LA EVALUACIÓN DE BIOSENSORES EN ENSENADA DE LA PAZ, MÉXICO .....	395
DISTRIBUCIÓN DE NUTRIENTES, OXÍGENO DISUELTO Y PH FRENTE A LA ZONA COSTERA ENTRE PUNTA LOMA Y PUNTA ZEMPOALA, VER., DURANTE EL 2015 .....	400
VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA TOXICIDAD Y GENOTOXICIDAD DE SEDIMENTOS DE LA ENSENADA DE LA PAZ, B.C.S. ....	407
EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LA ALMEJA CATARINA <i>Argopecten ventricosus</i> (SOWERBY, 1842), EXPUESTA A CONCENTRACIONES SUBLETALES DE METALES TÓXICOS.....	410
CARBONO INORGÁNICO DISUELTO, ALCALINIDAD TOTAL Y PH EN EL CARIBE ORIENTAL: INVESTIGACIONES OCEANOGRÁFICAS DE 1997, 2003 Y 2012.....	413
VARIACIÓN DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN SEDIMENTOS Y SU RELACIÓN CON EL VIGOR DEL MANGLAR EN LA LAGUNA DE CUYUTLÁN, COLIMA .....	419
<b>OCEANOGRAFÍA GEOLÓGICA .....</b>	<b>425</b>
CARACTERIZACIÓN DEL CAMPO DE DUNAS “LA LAGUNITA” EN LA PLAYA MUNICIPAL DE ENSENADA B.C. ....	427
BALANCE HIDROLÓGICO DE LA BAHÍA MAGDALENA A PARTIR DE TÉCNICAS DE GEOMÁTICA .....	433
<b>CAMBIO CLIMÁTICO .....</b>	<b>439</b>
SUSCEPTIBILIDAD A LA VARIABILIDAD AMBIENTAL DEL SECTOR ACUÍCOLA EN EL ESTADO DE COLIMA, MÉXICO: CASO DE ESTUDIO .....	441
<b>GESTIÓN DE RECURSOS COSTEROS Y MARINOS .....</b>	<b>447</b>
CARACTERIZACIÓN PROTÉICA Y LÍPIDICA DE MACROALGAS BENTÓNICAS DEL LITORAL MICHOACANO COMO RECURSO MARINO ALIMENTICIO .....	449
VARIACIONES FISICOQUÍMICAS Y CLIMÁTICAS EN EL ÁREA DE CACIQUE, COSTA ARRIBA DE COLÓN, PANAMÁ.....	454
AFECTACIÓN AMBIENTAL EN LA BAHÍA DE GUAYMAS POR ACTIVIDAD PETROLERA .....	457
CAMBIO DE USO DE SUELO EN LA ZONA LITORAL ENTRE CD. DEL CARMEN Y SABANCUY EN EL ESTADO DE CAMPECHE .....	463
EVALUACIÓN DE REDES DE ARRASTRE PROTOTIPO QUE DISMINUYA LA CAPTURA DE ICTIOFAUNA EN LA PESCA DEL CAMARÓN .....	468
ANÁLISIS DE RECURSOS MÚLTIPLES PARA LA TOMA DE DECISIONES EN EL MANEJO DE AMBIENTES COSTEROS: ESTUDIO DE CASO ALTATA-PABELLONES .....	475
NORMATIVIDAD VIGENTE E INICIATIVAS DE LEY DE COSTAS EN MÉXICO: INCIDENCIA RELATIVA EN LA GESTIÓN LITORAL .....	481
<b>PESCA Y ACUACULTURA .....</b>	<b>487</b>
CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS EFECTOS EN UNA UNIDAD ACUÍCOLA DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA .....	489
ASPECTOS REPRODUCTIVOS DEL LENGUADO <i>Syacium ovale</i> (GÜNTHER 1864) EN EL PACÍFICO MEXICANO .....	491

REEMPLAZO DE LA HARINA DE PESCADO POR CONCENTRADO DE PROTEÍNA DE SOYA EN DIETAS PARA JUVENILES DE TOTOABA ( <i>Totoaba macdonaldi</i> ) SUPLEMENTADAS CON DIFERENTES NIVELES DE TAURINA.....	497
AVANCES SOBRE EXPRESIÓN DE ENZIMAS DIGESTIVAS EN JUVENILES DE TOTOABA ( <i>Totoaba macdonaldi</i> , GILBERT 1890) ALIMENTADOS CON PROTEÍNAS DE ORIGEN VEGETAL .....	503
DIETAS PARA TRUCHA ARCOIRIS (ONCORHYNCHUS MYKISS) CON PROTEÍNA DE ORIGEN VEGETAL.....	510
AVANCES E IMPLICACIONES EN LA PRODUCCIÓN DE JUVENILES DE PECES MARINOS: <i>Ocyurus chrysurus</i> , <i>Centropomus undecimalis</i> , <i>Lutjanus guttatus</i> .....	515
POSIBILIDADES DE ÉXITO EN LA MARICULTURA DE PECES CARNÍVOROS MARINOS POTENCIALES, EN FUNCIÓN DE LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS ACUÍCOLAS.....	523
COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE MARCAJE DE SEMILLA DE ABULÓN ROJO ( <i>Haliotis rufescens</i> ).....	527
EL PLAN DE NEGOCIO, UNA HERRAMIENTA INDISPENSABLE PARA LAS CIENCIAS APLICADAS.....	532
EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA PROGENIE DE FAMILIAS DE TOTOABA SILVESTRE Y F1 BAJO CRIANZA COMUNAL PARA SER EMPLEADAS EN LA PRODUCCIÓN COMERCIAL.....	535
EVALUACIÓN DE CALIDAD ESPERMÁTICA EN REPRODUCTORES DE PESCADO BLANCO ( <i>Chirostoma estor</i> ).....	540
ESTIMACIÓN DE TALLA DE PRIMERA MADUREZ CON ENFOQUE MULTIMODELO DE <i>Callinectes arcuatus</i> (ORDWAY, 1853), NAYARIT, MÉXICO .....	545
CLUSTERIZACIÓN COMO MODELO DE DESARROLLO EN LA PESCA: CASO DE ESTUDIO PELÁGICOS MENORES EN BAJA CALIFORNIA .....	551
LA TOTOABA Y SU BIOTECNIA: AMPLIACIÓN DE LA UNIDAD DE MANEJO AMBIENTAL DE LA UABC .....	573

# Oceanografía Biológica





## **EL CARBONO ORGÁNICO EN EL SEDIMENTO ASOCIADO AL PASTO MARINO *Thalassia testudinum*: UNA HISTORIA DE ODIO Y AMOR EN LA PRADERA MARINA DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA LOS PETENES, CAMPECHE**

**Alcántara-León Alfredo\*, Valdez-Cruz Fernando, Ocampo-Álvarez Héctor,  
Gallegos-Martínez Margarita E.**

Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Departamento de Hidrobiología. Av. San Rafael Atlixco No. 186, Col. Vicentina, Iztapalapa, 09340, México, D. F.  
Correo electrónico: alfredo.alcantara.leon@gmail.com

### **INTRODUCCIÓN**

El ecosistema de pastos marinos es considerado el principal sumidero de carbono en el ambiente marino (Duarte *et al.*, 2013; Fourqurean *et al.*, 2012). Sin embargo, se ha demostrado que el Carbono Orgánico (CO), que en su mayoría secuestra en el sedimento, favorece procesos biogeoquímicos que pueden afectar significativamente las condiciones de vida de los pastos marinos (Holmer *et al.*, 2003).

### **OBJETIVO**

Para comprobar si el CO se relaciona con el estado de salud de los pastos marinos, en este estudio analizamos el contenido y distribución de CO en el sedimento asociado al pasto marino *Thalassia testudinum*, así como la eficiencia cuántica del fotosistema II (Fv/Fm) del pasto como un indicador de su estado fisiológico.

### **METODOLOGÍA**

El estudio se llevó a cabo en la pradera marina más grande y mejor conservada de México, que se localiza en la Reserva de La Biosfera "Los Petenes" en el estado de Campeche. El muestreo abarcó un área de 1400 km<sup>2</sup>, en la cual se ubicaron 18 estaciones de muestreo divididas en tres transectos perpendiculares a la costa: El transecto más alejado (TA) se ubicó a 18 km de la costa, el transecto a media distancia se ubicó a 9 km de la costa y el transecto más cercano a la costa (TC) se ubicó a solo a 1 km de la costa (Figura 1).

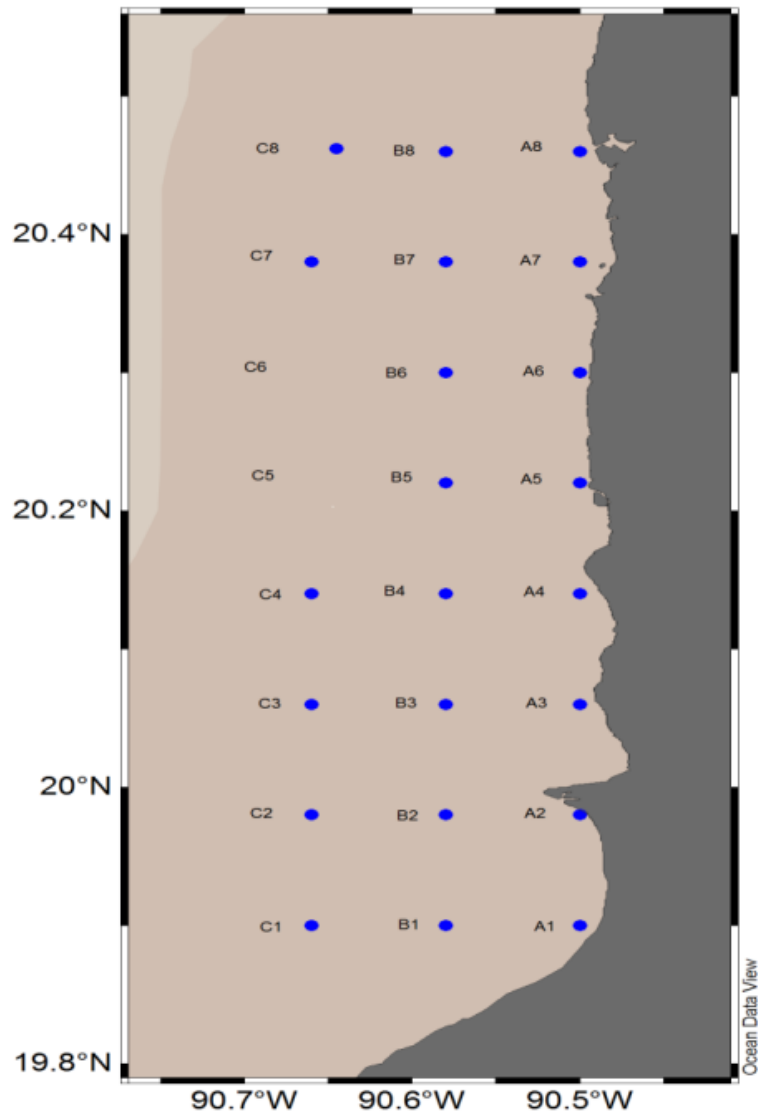


Figura 1. Ubicación geográfica de los sitios de muestreo, donde: A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, son los sitios pegados a la costa; B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, son los sitios medianamente alejados de la costa y los sitios C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, son los sitios más alejados de la costa. Mapa realizado en el programa Ocean Data View.

## RESULTADOS

Nuestros resultados demuestran que la distribución de CO fue heterogénea dentro de la pradera marina, encontrando contenidos de CO en sedimento desde 1.2% hasta 10.8%. Los valores significativamente más altos de CO se encontraron en los sitios más cercanos a la costa (ANOVA  $\alpha = 0.05$ ,  $p < 0.01$ ) (Figura 2B).

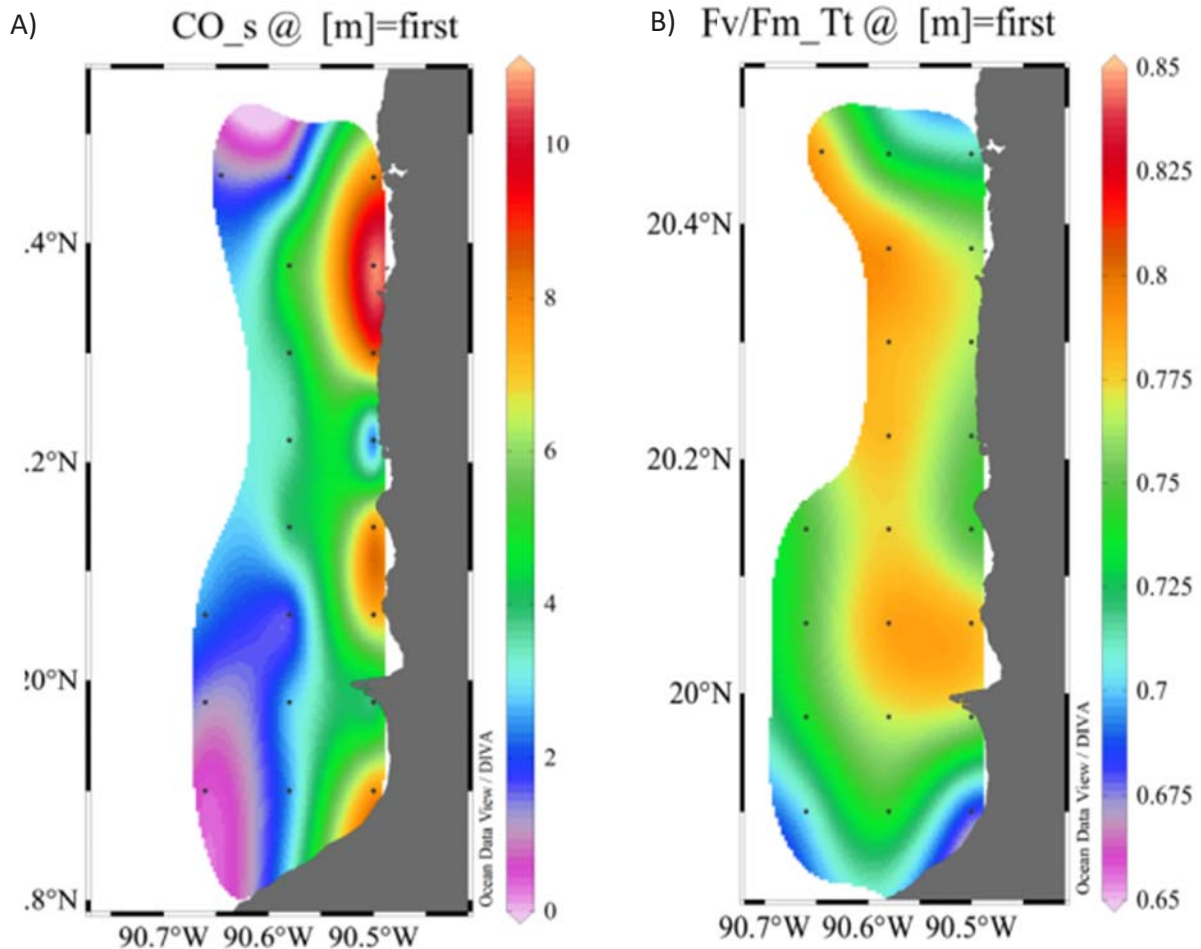


Figura 2. A) Distribución del contenido de Carbono Orgánico en la pradera Marina de la Reserva de la Biosfera Los Petenes. B) Mapa de distribución del valor del parámetro indicador de estado de salud: Fv/Fm; Eficiencia cuántica máxima.

En el caso de los indicadores del estado de salud de los pastos marinos los valores de Fv/Fm oscilaron entre 0.68 y 0.78, pero no mostraron un patrón espacial ni diferencias entre transectos (ANOVA  $\alpha = 0.05$ ,  $p = 0.387920$ ) (Figura 2A).

No obstante, al relacionar gráficamente el contenido de carbono orgánico y el FV/FM la relación siguió una distribución logarítmica, que se ajustó a un modelo matemático tipo log Normal,  $y = a \exp \left[ -0.5 \times \left( \frac{\ln(x/x_0)}{w} \right)^2 \right]$ , el cual permite explicar que el contenido de carbono orgánico en el sedimento está relacionado con el estado fisiológico de *Thalassia testudinum* (Figura 3).

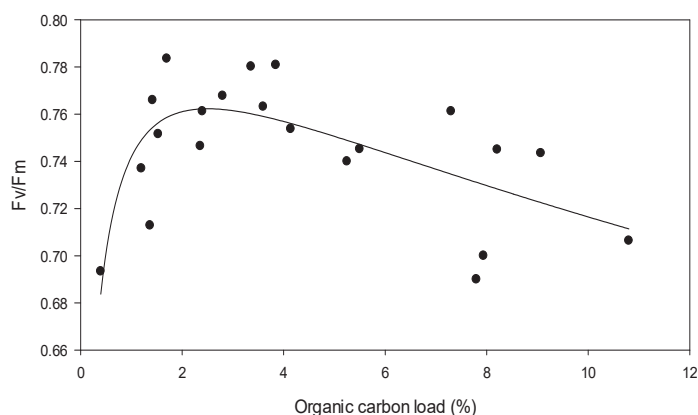


Figura 3. Relación entre el contenido de Carbono Orgánico en el sedimento asociado al pasto marino *Thalassia testudinum* y el descriptor de su estado de salud (Fv/Fm; Eficiencia Cuántica Máxima)

### DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

De acuerdo con el Modelo, a valores de CO menores a 2.5%, el estado de salud de *Thalassia testudinum* no es bueno ( $Fv/FM < 0.7$ ), mientras que un contenido de CO de  $\approx 2.5\%$  está relacionado con el mejor estado de salud ( $Fv/FM = 0.762$ ); por el contrario, a concentraciones de CO mayores a 2.5, el estado de salud de los pastos marinos visto como el valor de FV/FM decremента gradualmente. Esta relación encontrada permite establecer que el CO es necesario para el buen funcionamiento fisiológico de los pastos marinos; pero si el CO esta en exceso, los pastos marinos pueden verse afectados fisiológicamente. Una explicación a la necesidad de CO en sedimento solo puede ser explicado indirectamente por la necesidad de fuentes de carbono de la comunidad bacteriana, asociada al pasto marino y que se ha descrito que puede aportar más del 50% de los nutrientes al pasto (Johnson *et al.*, 2006). En contraste, la disminución gradual del estado de salud, a medida que el CO aumenta por encima de 2.5, refleja los efectos tóxicos de los procesos biogeoquímicos inducidos por el CO y que son, esencialmente, la presencia de anoxia y la producción de altos niveles de sulfuro de hidrogeno, que son tóxicos para todo organismo fotosintético, incluyendo los pastos marinos y que ya ha sido asociado con procesos de muertes masivas de pastos marinos (Calleja *et al.*, 2007; Van der Heide *et al.*, 2012). Esta relación encontrada entre el pasto marino *Thalassia testudinum* y el contenido de carbono orgánico, por su efecto negativo a muy bajas concentraciones de CO óptimo, a una concentración media de CO y negativo cuando el CO está en exceso, bien puede definirse como una relación de odio y amor, encontrada por primera vez en la pradera marina más grande y mejor conservada de México.



AGRADECIMIENTOS. A la Universidad Autónoma Metropolitana por las facilidades para el desarrollo de este proyecto. Al consorcio INECC-SEMARNAT, CONABIO. por el financiamiento del Proyecto: Fortalecimiento de la Línea base del Golfo de México: Indicadores del estado de salud de las comunidades de pastos marinos en la reserva de la Biosfera los Petenes, Campeche". Responsable: Dra. Margarita E. Gallegos Martínez. A la SEP por el otorgamiento de una beca de posdoctorado a HO-A, a través del Programa de mejoramiento del profesorado (PROMEPE)

## REFERENCIAS

- Calleja M.L., Marbà N., Duarte C.M., 2007. The relationship between seagrass (*Posidonia oceanica*) decline and sulfide pore water concentration in carbonate sediments. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73, 583-588.
- Duarte C.M., Kennedy H., Marbà N., Hendriks I., 2013. Assessing the capacity of seagrass meadows for carbon burial: Current limitations and future strategies. *Ocean & Coastal Management*, 83, 32-38.
- Fourqurean J.W., Duarte C.M., Kennedy H., Marba N., Holmer M., Mateo M.A., Apostolaki E.T., Kendrick G.A., Krause-Jensen D., McGlathery K.J., Serrano O., 2012. Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature Geosci.*, 5, 505-509.
- Holmer M., Duarte C., Marbà N., 2003. Sulfur cycling and seagrass (*Posidonia oceanica*) status in carbonate sediments. *Biogeochemistry*, 66, 223-239.
- Johnson M.W., Heck Jr K.L., Fourqurean J.W., 2006. Nutrient content of seagrasses and epiphytes in the northern Gulf of Mexico: Evidence of phosphorus and nitrogen limitation. *Aquatic Botany*, 85, 103-111.
- Van der Heide T., Govers L.L., de Fouw J., Olf H., van der Geest M., van Katwijk M.M., Piersma T., van de Koppel J., Silliman B.R., Smolders A.J.P., van Gils J.A., 2012. A Three-Stage Symbiosis Forms the Foundation of Seagrass Ecosystems. *Science*, 336, 1432-143.

## **EFFECTO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL MICROHÁBITAT EN LOS PATRONES DE ORGANIZACIÓN DEL ENSAMBLE DE EPIBIONTES CALCIFICANTES ARRECIFALES EN ZIHUATANEJO GUERRERO**

**Alvarado-Rodríguez José Fernando\*, Nava Héctor y Cárdenas-Alvarado María Ángeles**

\*Laboratorio de Biodiversidad Marina. Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, UMSNH. Av. San Juanito Itzicuaró s/n. Colonia Nueva Esperanza. C.P. 58337. Morelia Michoacán, México. Correo electrónico: jfalvarado15@gmail.com

### **INTRODUCCIÓN**

Los arrecifes de coral son uno de los ecosistemas más diversos y productivos del planeta, en parte debido al gran flujo de presas provenientes desde el océano circundante (Price *et al.*, 2011), pero también debido a su complejidad estructural (Fraser y Currier, 1996). Esta complejidad de acuerdo con Sebens (1991), incluye la variedad de hábitats más pequeños, es decir, microhábitats, que los organismos bentónicos aprovechan. Dichos microhábitats pueden ser superficies planas, cavidades, paredes verticales e inclinadas con condiciones ambientales que pueden ser diferentes a las del ambiente exterior (Sebens 1991, Bell y Barnes 2000b, y Olabarria *et al.*, 2001). A su vez, estos microhábitats están constituidos principalmente por carbonato de calcio secretado como parte del material esquelético de algunos organismos. Entre estos organismos calcificantes se cuentan los corales escleractínios, los briozoos, los crustáceos, los moluscos, los foraminíferos, los equinodermos, los poliquetos, los cocolitofóridos y las algas calcáreas (Mallela, 2007). Mientras que en los ambientes arrecifales de plataforma se conoce que la tasa de calcificación es cercana a los 4 kg de  $\text{CaCO}_3$   $\text{m}^2$   $\text{año}^{-1}$  (Kinsey, 1985, Silverman *et al.*, 2007), en el Pacífico Mexicano se han reportado valores cercanos a los 12 kg de  $\text{CaCO}_3$   $\text{m}^2$   $\text{año}^{-1}$  (Reyes Bonilla y Calderón-Aguilera, 1994). No obstante, estas estimaciones son de corales y algas calcáreas que son organismos comunes en las superficies expuestas y la aportación de los organismos calcificantes de ambientes crípticos es poco conocida. En este sentido, los objetivos del presente proyecto fueron: 1) describir la sucesión temprana del ensamble de especies calcificantes de distintos microambientes crípticos arrecifales de Playa Las Gatas e Islote Zacatoso en Zihuatanejo Guerrero, y 2) determinar la importancia relativa de cada grupo al proceso de calcificación.

## METODOLOGÍA

El área de estudio incluyó parte de la costa de la bahía de Zihuatanejo, Guerrero, México. Dos arrecifes fueron elegidos por diferir en su grado de desarrollo. El arrecife de Playa Las Gatas recibe los impactos directos de la urbanización y el turismo por encontrarse dentro de la bahía de Zihuatanejo; se trata de una estructura arrecifal poco desarrollada con solo 8% de cobertura de coral vivo. Por otra parte, el arrecife del Islote Zacatoso se ubica fuera de la bahía de Zihuatanejo, a 1 km al este del destino turístico Ixtapa; se trata de un arrecife de franja bien desarrollado con una cobertura de coral vivo de 67%. Ambos arrecifes se desarrollan aproximadamente a 6 m de profundidad. En cada sitio se evaluaron las siguientes variables ambientales a nivel de hábitat: transparencia de la columna de agua, temperatura del agua e irradiancia y tasa de sedimentación. La transparencia de la columna de agua (m) se estimó usando la técnica del disco de Secchi. La temperatura e irradiancia ( $^{\circ}\text{C}$  y Lux) se registraron con dispositivos HOBO On Set Corporation, colocados a 5 m de profundidad sobre la superficie del arrecife y programados para registrar estas variables cada 5 min. La tasa de sedimentación ( $\text{kg m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ) se registró usando trampas de sedimento, las cuales fueron botellas de plástico de 1 L de capacidad y 1 cm de abertura, colocadas a 5 m de profundidad.

Para determinar la estructura del ensamble de los organismos calcificantes, medir la tasa neta de acreción de  $\text{CaCO}_3$  y las variables ambientales a nivel de microhábitat se usaron unidades de acreción arrecifal (CAU's). Estas consistieron en cuatro placas cuadradas de PVC (10 x 10 cm), armadas en pares en un tramo de 15 cm de varilla arrosada de  $\frac{3}{4}$ " y con una separación entre pares de placas de 1 cm (Price *et al.*, 2012). Estas ofrecieron cuatro superficies imitando cuatro tipos de hábitats presentes en la estructura arrecifal: Superficie superior expuesta, superficie superior críptica, superficie inferior críptica y superficie inferior expuesta (Figura 1a). Para registrar la sucesión ecológica temprana de los organismos calcificantes, en cada sitio se colocaron 5 CAU's en enero de 2015, uniéndolas al sustrato rocoso con plastilina epóxica. A los 6 meses se extrajeron y se procesaron en el laboratorio raspando los distintos organismos adheridos en las superficies, agrupándolos separadamente en cinco grupos principales de epibiontes calcificantes: poliquetos, moluscos, briozoos, crustáceos y algas calcáreas. Para registrar las variables ambientales, a nivel de microhábitat, se ensamblaron dispositivos HOBO en cada una de las superficies de las CAU's, además de registrar la tasa de sedimentación usando tubos de centrifuga tipo Falcón de 1 cm de abertura y 10 cm de altura, ensamblados a las CAU's, para determinar la tasa de sedimentación en la superficie superior expuesta y en la superficie inferior críptica (Figura 1b). Para determinar si las características ambientales de los

dos sitios diferían significativamente a nivel hábitat y microhábitat se realizó una serie de ANOVAs de una vía. Para comparar los promedios de calcificación a nivel hábitat y microhábitat entre sitios y grupos taxonómicos se realizó una serie de ANOVAs de 2 vías.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

A nivel de hábitat la tasa de sedimentación fue muy alta en ambos sitios y fue la única variable que difirió significativamente entre arrecifes ( $F = 7.72$ ,  $p < 0.01$ ), siendo mayor en Playa Las Gatas que en Islote Zacatoso ( $2.07 \pm 0.29 \text{ kg m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  vs.  $1.19 \pm 0.28 \text{ kg m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ). Por otra parte, a nivel microhábitat esta fue similar entre sitios ( $\approx 0.033 \text{ kg m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  en la superficie superior expuesta y  $0.039 \text{ kg m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  en la superficie inferior críptica, figura 2). La mayor variación de la temperatura se registró en las superficies crípticas en ambos sitios ( $p < 0.001$ ), en playa Las Gatas vario de  $30.37$  a  $30.58^\circ\text{C}$  y en Islote Zacatoso de  $30.02$  a  $30.25^\circ\text{C}$  (figura 3).

En cuanto a la irradiancia esta fue mayor en la superficie superior expuesta ( $p < 0.001$ ) en ambos sitios. La tasa de calcificación general fue muy alta en ambos sitios comparada con resultados reportados para el Caribe (Mallela, 2007) siendo mayor en Playa Las Gatas que en Islote Zacatoso ( $4.24 \pm 1.09 \text{ kg m}^2 \text{ año}^{-1}$  vs.  $1.54 \pm 0.48 \text{ kg m}^2 \text{ año}^{-1}$ ,  $p < 0.001$ , figura 4). En Playa Las Gatas la mayor tasa de calcificación se produjo en la superficie inferior expuesta ( $6.04 \pm 1.34 \text{ kg m}^2 \text{ año}^{-1}$ ,  $p < 0.001$ ) mientras que en Islote Zacatoso esta ocurrió en la superficie inferior críptica ( $2.20 \pm 0.87 \text{ kg m}^2 \text{ año}^{-1}$ ,  $p < 0.01$ ).

## **CONCLUSIONES**

La tasa de calcificación realizada por organismos calcificantes de ambientes crípticos varió entre sitios. Al parecer en Playa Las Gatas, arrecife con un alto nivel de impacto antropogénico, la deposición de material calcáreo por estos organismos incrustantes es más acelerada en comparación con el arrecife del Islote Zacatoso, que recibe un menor impacto. Esto indica que, aún en arrecifes impactados, el proceso de calcificación sigue a niveles altos, aunque en configuraciones distintas de organismos calcificantes. Estos organismos prefieren microhábitats específicos con distintos niveles de exposición a parámetros ambientales. Debido a la creciente presión sobre los ecosistemas arrecifales se hace imprescindible continuar con estudios que coadyuven a entender este proceso fundamental considerando otras variables complejas que posiblemente estén influyendo en la conformación de las estructuras arrecifales del Pacífico Mexicano.



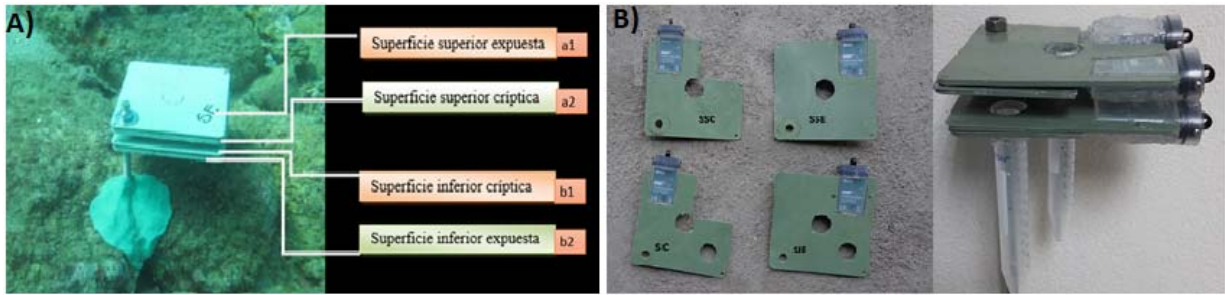


Figura 1. A) Unidad de acreción arrecifal (CAU) fijada al sustrato rocoso con plastilina epóxica, B) CAU armada con Hobos y tubos colectores de sedimento.

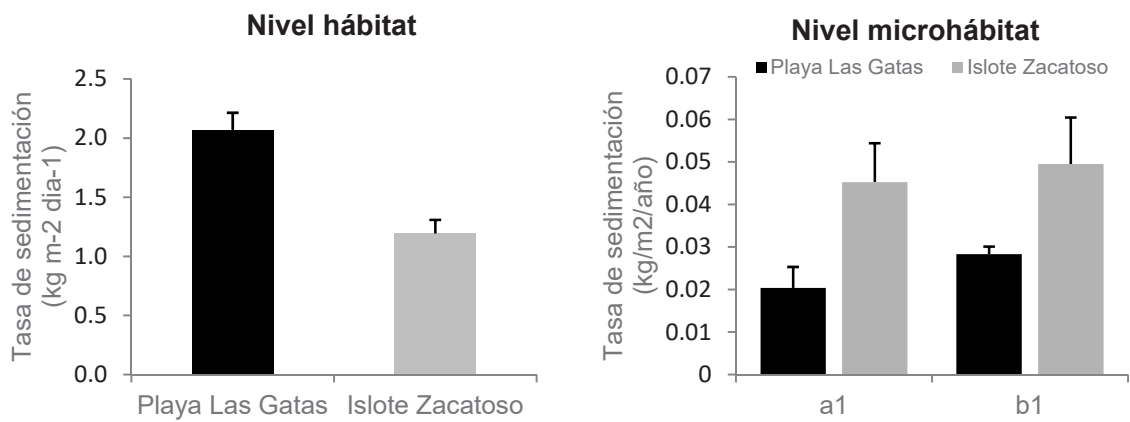


Figura 2. Tasa de sedimentación media (kg m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>) en ambos arrecifes a nivel hábitat y microhábitat en ambos arrecifes (a1 = superficie superior expuesta, b1 = superficie inferior críptica). Las barras sobre las columnas representan el error estándar.

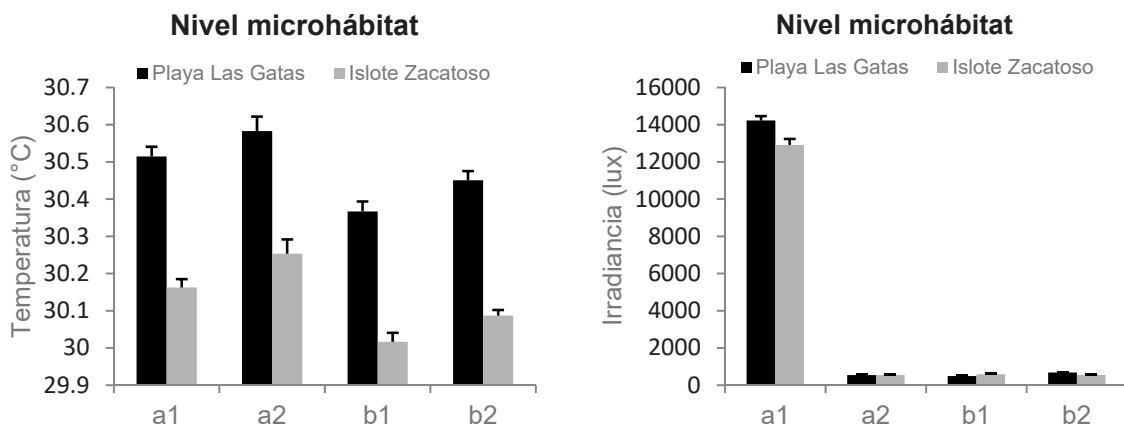


Figura 3. Temperatura media (°C) e irradiancia media (lux) a nivel microhábitat (a1 = superficie superior expuesta, a2 = superficie superior críptica, b1 = superficie inferior críptica, b2 = superficie inferior expuesta) en ambos sitios. Las barras sobre las columnas representan el error estándar.



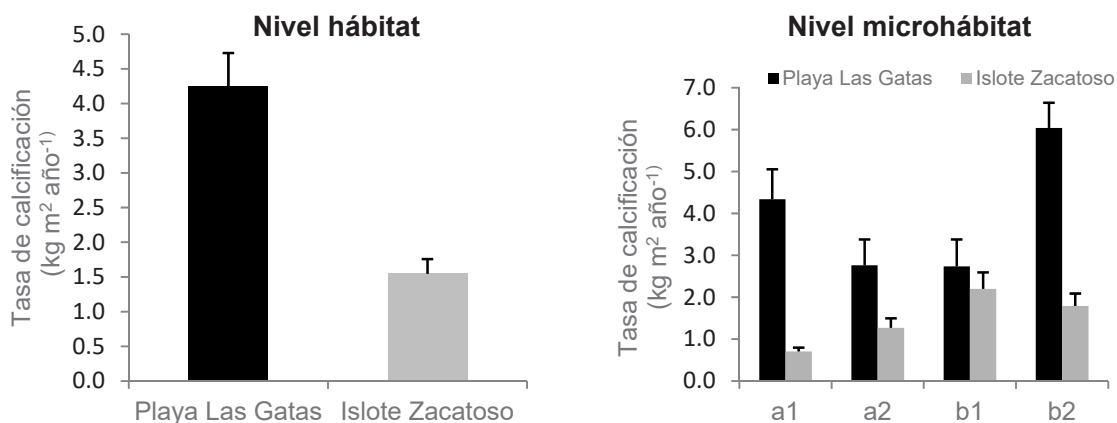


Figura 4. Tasa de calcificación media ( $\text{kg m}^{-2} \text{año}^{-1}$ ) a nivel hábitat y microhábitat en ambos sitios (a1 = superficie superior expuesta, a2 = superficie superior crítica, b1 = superficie inferior crítica, b2 = superficie inferior expuesta). Las barras sobre las columnas representan el error estándar.

AGRADECIMIENTOS. Los autores del presente estudio agradecen las siguientes fuentes de financiamiento: CONACyT-SEP CB-2012-01-177537 y la Coordinación de Investigación Científica, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Agradecemos a Thierry Durand y Chilolo por el apoyo logístico brindado durante los periodos de muestreo.

## REFERENCIAS

- Price *et al.*, 2012. Diel Variability in Seawater pH Relates to calcification and Benthic Community Structure on Coral Reefs. *Plos One* 7(8), e43843.
- Fraser R.H., Currie D.J., 1996. The Species Richness-Energy Hypothesis in a System Where Historical Factors are Thought to Prevail: Coral Reefs. *The American Naturalist*, 148, 138-159.
- Sebens K.P., 1991. Habitat structure and community dynamics in marine benthic systems. *In*: Bell S.D., McCoy E.D., Mushinsky H.R. (eds.). *Habitat structure: The physical arrangement of objects in space*. Chapman & Hall, London. 211-234p.
- Bell J., Barnes D.K., 2000. The distribution and prevalence of sponges in relation to environmental gradients within a temperate sea lough: inclined cliff surfaces. *Diversity and Distributions*, 6, 305-323.
- Olabarria C., Carballo J.L., Vega C., 2001. Spatio-temporal changes in the trophic structure of rocky intertidal mollusc assemblages on a tropical shore. *Ciencias Marinas*, 27(2), 235-254.

- Mallela J., 2007. Coral reef encruster communities and carbonate production in cryptic and exposed coral reef habitats along a gradient of terrestrial disturbance. *Coral reefs*, 26, 775-785.
- Kinsey D.W., 1985. Metabolism, calcification and carbon production. System level studies. *Proc. Int. Coral Reef Congr.*, 4, 505-526.
- Silverman J., Lazar B., Erez J., 2007. Effect of aragonite saturation, temperature, and nutrients on the community calcification rate of a coral reef. *J. Geophys. Res. Atmos*, 112, 1-14.
- Reyes Bonilla H., Calderón-Aguilera L., 1994. Parámetros poblacionales de *Poritespanamensis* (Anthozoa: Scleractinia), en el arrecife de Cabo Pulmo, México. *Revista de Biología Tropical*, 42, 121-128.

## **INCREMENTO DE NITRÓGENO EN *Thalassia testudinum* DURANTE UN AÑO ANÓMALO DE LLUVIAS EN EL CARIBE MEXICANO**

**Anguas D.\*, Sanchez A., Aguíñiga-García S., Ortiz Ma. C.**

\*Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional, Av. IPN S/N, Col. Playa Palo de Sta. Rita, CP23096, La Paz, B.C.S., México. Correo electrónico: alsanchezg@ipn.mx; alsanchezg13@gmail.com

### **INTRODUCCIÓN**

La descarga submarina de aguas subterráneas (SGD), en ambientes kársticos, se ha identificado como una importante fuente de N para muchos ecosistemas costeros; pero estos entornos son vulnerables a la contaminación antropogénica, por lo que se necesita comprender mejor cómo la actividad y la descarga de las aguas subterráneas en la península de Yucatán están vinculados al uso del suelo y el transporte de contaminantes, que afectan los ecosistemas costeros locales (Carruthers *et al.*, 2005; Mutchler *et al.*, 2007; Sanchez *et al.*, 2013), y puede ser exacerbada durante los períodos de fuertes lluvias. En 2013, la precipitación total fue 66% más alto que el promedio anual de los últimos 50 años en Cancún, México (2500 mm vs. 1500 mm). Nosotros sugerimos que el aumento en la SGD incrementó el suministro de nitrógeno, afectando el equilibrio de nutrientes en el pasto marino *Thalassia testudinum*, durante 2013. Por lo que el objetivo del presente estudio es determinar la razón C:N en el tejido de *T. testudinum* como indicador de aporte de nitrógeno, hacia la laguna de Nichupte en Cancún, Quintana Roo.

### **MÉTODOS**

Muestras de *T. testudinum* fueron colectadas durante marzo, mayo, junio/julio, agosto y octubre/noviembre, 2013, en cinco sitios de Cancún, México. En el laboratorio, las hojas de *T. testudinum* se lavaron con H<sub>2</sub>O desionizada y se eliminaron las epifitas. Las muestras se secaron en un horno a 60 °C y se homogeneizaron en un mortero de ágata. Los análisis elementales se midieron en el Laboratorio de Espectrometría de Masas (LEsMa), CICIMAR-IPN, utilizando un analizador elemental (COSTECH 4010). Cada 40 muestras, se analizaron 10 estándares de validación.

## RESULTADOS

La razón C:N en hojas de *T. testudinum* para marzo de 2013 fue 20.7. Esta razón C:N decrece gradualmente hasta un mínimo general de 12.2 para noviembre de 2013. Las estaciones 3, 4 y 5Cancún fueron las estaciones que presentaron el mayor decremento en la razón C:N > 10 unidades. Mientras que, la razón C:N en las estaciones 1 y 2Cancún disminuyó en 5 y 8 unidades, respectivamente.

## DISCUSIÓN

El crecimiento en la demanda de bienes y servicios en Cancún o Riviera Maya, debido al incremento de la actividad turística, que alcanza más de 5 millones de visitantes por año, ha ocasionado una presión ambiental sobre las praderas de pastos marinos y sus servicios ecológicos (Carruthers *et al.*, 2005; Mutchler *et al.*, 2007; Sanchez *et al.*, 2013). La Laguna Nichupte en Cancún han experimentado un incremento en el aporte de especies nitrogenadas, ocasionado por la descarga submarina de aguas subterráneas y el vertimiento de aguas residuales tratadas y no tratadas directamente en estos ríos subterráneos (*e.g.*, Carbajal-Perez, 2009; Null *et al.*, 2014).

La trazabilidad en el aporte de nutrientes nitrogenados hacia estos ambientes puede ser a través de la razón C:N en el tejido de *T. testudinum* (Carruthers *et al.*, 2005). La descarga puntual o difusa de los nutrientes complica su detección en el ambiente (Mutchler *et al.*, 2007), mientras que, las hojas de *T. testudinum* ofrecen una integración en el tiempo de estos aportes al medio marino (Sanchez *et al.*, 2013). En efecto, la razón C:N de *T. testudinum* en el 2013, periodo donde la intensas lluvias aportaron importantes cantidades de especies nitrogenadas a la laguna, ocasionaron que la razón C:N tuviera un decremento de entre 5 y > 10 unidades a lo largo del año. Los valores de la razón C:N son más bajos que los reportados en 1991 (21.1), bajo condiciones de lluvias normales en Cancún (Carruthers *et al.*, 2005).

## CONCLUSIONES

La razón C:N en *T. testudinum* sugiriendo un incremento en la contribución de N vía SGD bajo condiciones de intensas lluvias hacia las praderas de pastos marinos.

AGRADECIMIENTOS. Financiamiento de la SIP del Instituto Politécnico Nacional a los proyectos de AS.

**REFERENCIAS**

- Carbajal Pérez N., 2009. Hidrodinámica y transporte de contaminantes y sedimentos en el Sistema Lagunar de Nichupté-Bojórquez, Quintana Roo (informe SNIBCONABIO proyecto No. CQ063). Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, AC.
- Carruthers T.J.B., Van Tussenbroek B.I., Dennison W.C., 2005. Influence of submarine springs and wastewater on nutrient dynamics of Caribbean seagrass meadows. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 64, 191-199.
- Mutchler T., Dunton K.H., Townsend-Small A., Fredriksen S., Rasser M.K., 2007. Isotopic and elemental indicators of nutrient sources and status of coastal habitats in the Caribbean Sea, Yucatan Peninsula, Mexico. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 74, 449-457.
- Null K.A., Knee K.L., Crook E.D., de Sieyes N.R., Rebolledo-Vieyra M., Hernández-Terrones L., y Paytan A., 2014. Composition and fluxes of submarine groundwater along the Caribbean coast of the Yucatan Peninsula. *Continental Shelf Research*, 77, 38-50.
- Sánchez A., Ortiz-Hernández M.C., Talavera-Sáenz A., Aguíñiga-García S., 2013. Stable nitrogen isotopes in the turtle grass *Thalassia testudinum* from the Mexican Caribbean: implications of anthropogenic development. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 135, 86-93.



## LARVAS DE ESTOMATÓPODOS (STOMATOPODA: CRUSTACEA) EN EL TALUD CONTINENTAL DEL SUR DEL GOLFO DE MÉXICO

**Antonio-Bueno Sandra\*, Vázquez-Bader Ana Rosa, Gracia Adolfo**

\*Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México.

Correo electrónico: [sandra@ciencias.unam.mx](mailto:sandra@ciencias.unam.mx)

### INTRODUCCIÓN

Los estomatópodos tienen un ciclo de vida que incluye diferentes estadios larvarios pelágicos. El número y variación de estos estadios es desconocido para la mayoría de especies de éste grupo, aunque son un componente importante de las comunidades bentónicas. A nivel mundial, la información sobre la ecología de larvas de crustáceos, en particular sobre los estomatópodos, es escasa. Recientemente Tang (2009) en el Pacífico Oeste; López y Jaimes (2014) y Brandao *et al.*, (2015) en el Pacífico Este, realizaron investigaciones sobre la ecología de larvas de estomatópodos en aguas costeras superficiales. Sin embargo, para el litoral mexicano del sur del Golfo de México no existe información acerca de la ecología de larvas de estomatópodos. Los escasos estudios de este grupo se limitan a aspectos generales sobre crustáceos zooplanctónicos (Álvarez-Cadena *et al.*, 2007; Ordóñez *et al.*, 2010). El presente trabajo pretende contribuir al conocimiento de la riqueza, abundancia y patrón de distribución de larvas de estomatópodos en la plataforma y talud continental del sur del Golfo de México.

### METODOLOGÍA

Se llevaron a cabo dos campañas oceanográficas a bordo del B/O JUSTO SIERRA de la Universidad Nacional Autónoma de México. La primera se realizó en el talud continental de la Bahía de Campeche en agosto de 2009 (COBERPES I, 18°44'59" - 20°34'1" N; 92°39'37" - 96°42'48" W); y la segunda en el talud continental del norte de la Península de Yucatán en octubre de 2010 (COBERPES II, 21°50'1" - 22°28'37" N; 91°48'36" - 86°7'28" W).

En total se muestrearon 18 estaciones en el área de la Bahía de Campeche y 6 estaciones para la Península de Yucatán, en las cuales se hicieron arrastres estratificados de zooplancton en cinco niveles dependiendo de la profundidad (nivel 1 a 20 m, nivel 2 a 100 m,

nivel 3 a 200 m, nivel 4 a 400 o 500 y nivel 5 a 800 m). En cada estación también se obtuvieron perfiles hidrográficos (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y fluorescencia) con la sonda CTD (SBE25). Los arrastres se realizaron con redes cónico-cilíndricas (500  $\mu\text{m}$  de luz de malla, 0.75 m de diámetro) accionadas con mecanismos de apertura-cierre (modelo 5100 General Oceanics) y adaptadas con un flujómetro (General Oceanics, 2030R). Cada arrastre tuvo una duración de 15 minutos a 1.6 nudos. En total se obtuvieron 66 muestras de la Bahía de Campeche y 23 muestras de la Península de Yucatán (Figura 1 a y b).

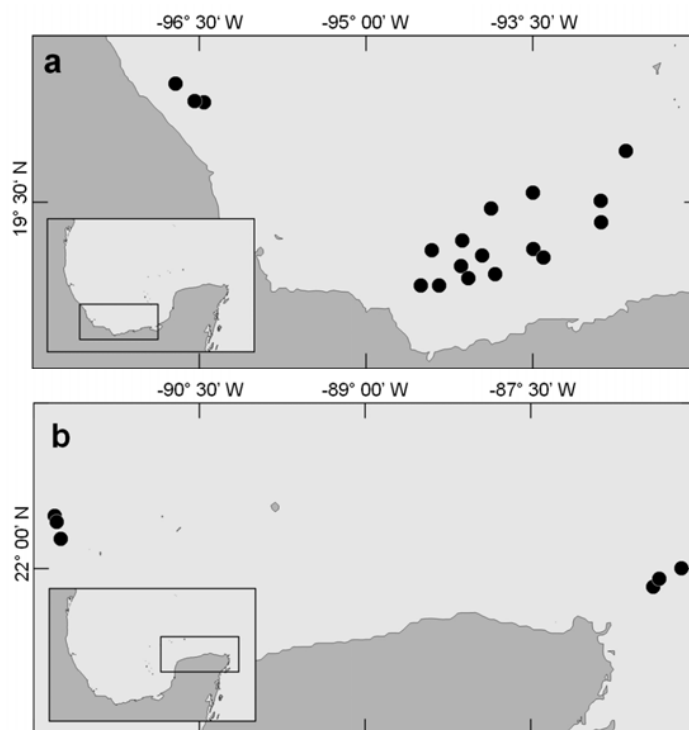


Figura 1. Estaciones de muestreo en: a) Bahía de Campeche y b) Península de Yucatán.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se colectó un total de 1088 especímenes pertenecientes a tres de las cuatro superfamilias registradas en el sur del Golfo de México. Las larvas con mayor densidad y frecuencia fueron *Squilla empusa*, *Neogonodactylus* sp., *Pseudosquilla* sp., el morfotipo 32 (Superfamilia Squilloidea) y el morfotipo 19 (Superfamilia Lysiosquilloidea) (Figura 2 a-e) en ambos sitios de muestreo. Las larvas de *S. empusa* representaron el 32.3% del total de larvas de estomatópodos. Las poblaciones adultas de esta especie se han señalado como uno de los principales componentes faunísticos del bentos en el Sur del Golfo de México (Reaka *et al.*,

2009), especialmente en la Bahía de Campeche (Vázquez-Bader y Gracia, 1994; Ruiz *et al.*, 2013).

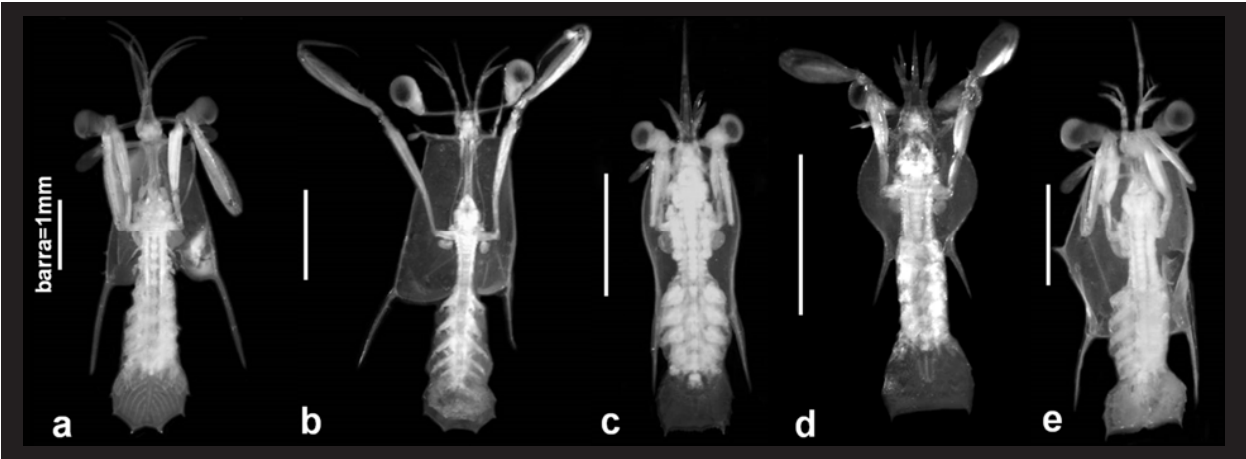


Figura 2. Taxa mejor representados en el Sur del Golfo de México a) *Squilla empusa*, b) esquilloide desconocido, c) *Neogonodactylus* sp., d) *Pseudosquilla* sp., e) lysiosquilloide desconocido.

La densidad promedio total de larvas de estomatópodos fue de 9.54 ind/100 m<sup>3</sup>. Este valor es menor a los registrados para diversas larvas de crustáceos (3 - 340 ind/100 m<sup>3</sup>) (Jivaluk, 2000; Koettker y Freire, 2006; Álvarez-Cadena *et al.*, 2007; Heidelberg *et al.*, 2010; Espinal-García *et al.*, 2012; Hernández-Ávila y Gómez, 2014). La densidad de larvas fue mayor en la Bahía de Campeche con respecto a la Península de Yucatán. Esta diferencia podría deberse a varios factores, entre ellos la variación en la temporada de muestreo (verano y otoño), diverso grado de influencia del aporte de aguas continentales, o principalmente a la magnitud de la población adulta. Algunos autores, como Álvarez-Cadena *et al.* (2007) en el Mar Caribe, encontraron una alta correlación entre las densidades altas de larvas de estomatópodos y la época de lluvias. Otros como Maynou *et al.*, (2004) y Vila *et al.*, (2013) registraron en el Mar Mediterráneo la mayor abundancia de *Squilla mantis* asociada al aporte de aguas continentales. En el suroeste del Golfo de México hay un gran aporte de aguas continentales por los ríos y lagunas costeras, lo cual favorece la presencia de altas concentraciones de las poblaciones de estomatópodos.

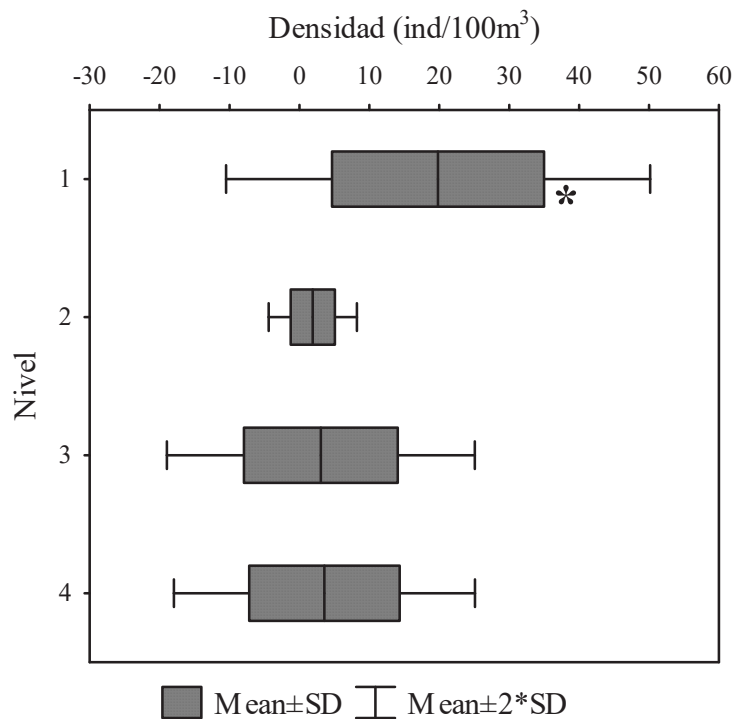


Fig 3. Densidad promedio de larvas de estomatópodos entre los distintos niveles de arrastre, para la Bahía de Campeche.

\* Señala el nivel con diferencia estadísticamente significativa  $F(3,61) = 10.6, P = 0.00$ .

Las larvas de estomatópodos fueron registradas desde los niveles someros (20 m) hasta los profundos (500 m), con una densidad promedio total de 9.54 ind/100 m<sup>3</sup>. Su máxima abundancia se encontró en el estrato somero (Nivel 1, 20 m). En el Golfo de Cádiz, Vila *et al.* (2013) señalaron un comportamiento similar ya que larvas de *S. mantis* presentaron la mayor abundancia entre 20 y 25 m de profundidad. Varios autores coinciden en señalar que la distribución vertical de las larvas de estomatópodos se concentra en los niveles superficiales (Figura 3.) (Tang, 2009; López y Jaimes, 2014); aunque cabe señalar que estos trabajos no se hicieron con muestreos estratificados. La mayor densidad de larvas de estomatópodos se localizó entre 27.54 y 29.76 °C, salinidad de 36.10 a 36.94 UPS y concentración de oxígeno disuelto de 3.14 a 3.99 mL/L. Vila *et al.* (2013) registraron la mayor densidad de larvas entre 24 °C a 26 °C. Por otro lado, Kodama *et al.*, (2006) señalan que el nivel mínimo de oxígeno que permite el desarrollo de las larvas de *Oratosquilla oratoria* es de 2.78 mL/L.

## CONCLUSIONES

Este es el primer estudio que aporta conocimiento sobre las larvas de estomatópodos en aguas del sur del Golfo de México. Las larvas de *S. empusa* fueron las más abundantes. Las

mayores concentraciones de larvas se encontraron en la Bahía de Campeche en los niveles someros. En cuanto a la distribución geográfica, la mayor densidad de larvas se registró en zonas con influencia de aguas continentales, principalmente frente a Veracruz y Tabasco.

AGRADECIMIENTOS. A la dirección General de Asuntos del Personal Académico, UNAM, por el apoyo económico a través del Proyecto “Biodiversidad y recursos pesqueros potenciales del mar profundo y Golfo de México” (PAPIIT IN223109) para realizar las campañas oceanográficas COBERPES I y COBERPES II.

## REFERENCIAS

- Álvarez-Cadena J.N., Ordóñez-López U., Valdés-Lozano D., Almaral-Mendivil A.R., Uicab-Sabido A., 2007. Estudio anual del zooplancton: composición, abundancia, biomasa e hidrología del norte de Quintana Roo, Mar Caribe de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 78(2), 421-430.
- Brandão M.C., Eiras-García C.A., Freire A.S., 2015. Large-scale spatial variability of decapod and stomatopod larvae along the South Brazil Shelf. *Continental Shelf Research*, 107, 11-23.
- Espinal-García P., Giraldo A., Londoño-Mesa M., Mejía-Ladino L.M., 2012. Variabilidad en la abundancia de larvas de crustáceos y poliquetos en Bahía Málaga, Pacífico Colombiano (Enero-Junio de 2010). *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 41(2), 355-373.
- Heidelber K.B., O'Neil K.L., Bythell J.C., Sebens K.P., 2010. Vertical distribution and diel patterns of zooplankton abundance and biomass at Conch Reef, Florida Keys (USA). *Journal of Plankton Research*, 32(1), 75-91.
- Hernández-Ávila, I., Gómez G.A., 2014. Patrones de abundancia y composición del zooplancton costero a varias escalas temporales en un ciclo de surgencia estacional en la Isla de Margarita, Venezuela. *Interciencia*, 39(2), 122-128.
- Jivaluk J., 2000. Composition, abundance and distribution of zooplankton in the South China Sea, Area IV: Vietnamese waters. In: *Proceedings of the SEAFDEC Seminar on Fishery Resources in the South China Sea, Area IV: Vietnamese Waters*. Bangkok, Southeast Asian Fisheries Development Center. 77-93p.



- Koettker A.G., Freire A.S., 2006. Spatial and temporal distribution of decapod larvae in the subtropical waters of the Arvoredo Archipelago, SC, Brazil. *Iheringia Série Zoologia*, 96(1), 31-40.
- López R.H., Jaimes J.C., 2014. Aspectos de la distribución larval de Stomatopoda (Crustacea) en aguas superficiales del Pacífico Colombiano. *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*, 17(1), 227-236.
- Maynou F., Abelló P., Sartor P., 2004. A review of the fisheries biology of the mantis shrimp, *Squilla mantis* (L., 1758) (Stomatopoda, Squillidae) in the Mediterranean. *Crustaceana*, 77(9), 1081-1099.
- Ordóñez U., Ornelas M., Uicab R.A., Escamilla J.B., 2010. Fauna zooplanctónica en el litoral yucateco. In R. Durán y M. Méndez (eds.). *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán*. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA, Mérida, Yuc., 150-153pp.
- Reaka M.L. D.K. Camp D.K., Álvarez F., Gracia A., Ortiz M., Vázquez-Bader, A.R., 2009. Stomatopoda (Crustacea) of Gulf of México. In: D.R. Felder (Ed.) *Gulf of Mexico: Origin, Waters, and Biota - Vol. 1, Biodiversity*. Texas A&M University, College Station, 901-921pp.
- Ruiz T., Vázquez Bader A.R., Gracia A., 2013. Asociaciones de Megacrustáceos epibentónicos en la Sonda de Campeche, Golfo de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84, 280-290.
- Tang W.K., 2009. *Distribution, seasonality and species identification of larval stomatopoda in Hong Kong waters*. Tesis doctoral. Hong Kong University, Pokfulam. 212pp.
- Vázquez-Bader A.R. Gracia, A., 1994. *Macroinvertebrados Bénticos de la Plataforma Continental del Suroeste del Golfo de México*. *Publicaciones Especiales del Instituto de Biología, UNAM*, 12, 113.
- Vila Y., Sobrino I., Paz-Jiménez M., 2013. Fishery and life history of spot-tail mantis shrimp, *Squilla mantis* (Crustacea: Stomatopoda), in the Gulf of Cadiz (eastern central Atlantic). *Scientia Marina*, 77(1), 137-148.

## DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE LOS ESTADIOS LARVARIOS DE *Albunea paretii* (DECAPODA, ANOMURA, ALBUNEIDAE) EN EL SUR DEL GOLFO DE MÉXICO

Aréstegui-Paz Rubio Santiago\*, Lemus-Santana Elia, Sanvicente-Añorve Laura

\*Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. Apdo. Postal 70-305, 04510 México, D.F. Correo electrónico: tletocatl@gmail.com

### INTRODUCCIÓN

Los cangrejos de arena (Decapoda, Anomura, Albuneidae) son organismos que viven enterrados dentro del sustrato durante la mayor parte de su ciclo de vida; sin embargo, también presentan etapas pelágicas que se desarrollan dentro de la columna de agua, considerándose dentro del plancton semipermanente o meroplancton. Aunque las etapas pelágicas presentan una menor duración en comparación con las etapas bentónicas, son de gran importancia pues representan una fase crítica en el ciclo de vida, ya que durante ésta ocurre la dispersión que les permite la colonización de hábitats disponibles (Cházaro-Olvera *et al.*, 2014).

Uno de los géneros mejor representados de los cangrejos de arena es *Albunea*, el cual presenta una amplia distribución que en los mares templados, tropicales y subtropicales (Boyko, 2002). Sus larvas flotan en aguas costeras y oceánicas, alimentándose de otros organismos planctónicos con los que coexisten en la columna de agua (Anger, 2001). Estos organismos son un importante eslabón en las tramas tróficas del ecosistema de playa arenosa ya que contribuyen sustantivamente a la productividad secundaria del intermareal y sirven de alimento a peces y aves marinas (Tantaleán *et al.*, 2002). Además, las poblaciones adultas de *Albunea*, también son aprovechados por pobladores costeros para consumo, o bien, como cebo en las distintas artes de pesca (Hendrickx, 1995).

En el sur del Golfo de México los trabajos referentes al género *Albunea* son escasos y están esencialmente enfocados a las etapas juveniles y adultas del bentos (Boyko, 2002; Hernández-Rodríguez, 2010; Rocha-Ramírez *et al.*, 2016). Con el objetivo de ahondar en el conocimiento en su historia de vida, en el presente estudio se pretende documentar la distribución de larvas de *Albunea paretii* recolectadas en 21 localidades situadas frente a las principales descargas de aguas continentales adyacentes al Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, durante noviembre-diciembre de 2007.

## METODOLOGÍA

Los muestreos se realizaron en el sur del Golfo de México durante noviembre y diciembre de 2007, a bordo del buque oceanográfico Justo Sierra. Las muestras de zooplancton se recolectaron en 21 estaciones oceanográficas utilizando una red Bongo. Las muestras obtenidas se fijaron con formol al 4% y neutralizaron con borato de sodio. En el laboratorio, se separaron las zoeas de *Albunea paretii* de la malla de 505  $\mu\text{m}$  y se identificaron sus respectivos estadios larvarios. Los datos de abundancia se estandarizaron a 100  $\text{m}^3$  de agua filtrada.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se separaron e identificaron todas las larvas zoeas de *Albunea paretii*, de las cuales se determinaron seis estadios de zoea empleando literatura especializada. El estadio que presentó mayor abundancia porcentual fue el de zoea I (39.24%), mientras que la menor abundancia fue el estadio de zoea V (2.52%). En relación con el volumen de agua filtrado, zoea I registró una densidad de 3.68 ind/100  $\text{m}^3$ , en tanto que zoea V obtuvo 0.38 ind/100  $\text{m}^3$ . Además, se obtuvieron las frecuencias de aparición de cada estadio en las muestras (Tabla 1).

Tabla 1. Abundancia relativa y frecuencia de aparición en muestras de larvas zoeas de *Albunea paretii* recolectadas al sur del Golfo de México durante noviembre y diciembre de 2007.

	Densidad ind/100 $\text{m}^3$	Frecuencia de aparición (%)
zoea I	3.68	29
zoea II	1.64	33
zoea III	0.59	33
zoea IV	0.45	38
zoea V	0.38	10
zoea VI	0.50	24

En general, la distribución de las larvas de *A. paretii* mostró sus mayores densidades en áreas cercanas a la costa (Figura 1). Refiriendo a otra especie de cangrejo de arena, Harvey (1993) menciona que el reclutamiento y la metamorfosis de zoea a megalopa, ocurre durante el último o penúltimo estadio de zoea, pero en ausencia de sustrato arenoso, estos organismos pueden ralentizar su desarrollo y mantenerse en la etapa de zoea, retrasando su metamorfosis a la etapa de megalopa.

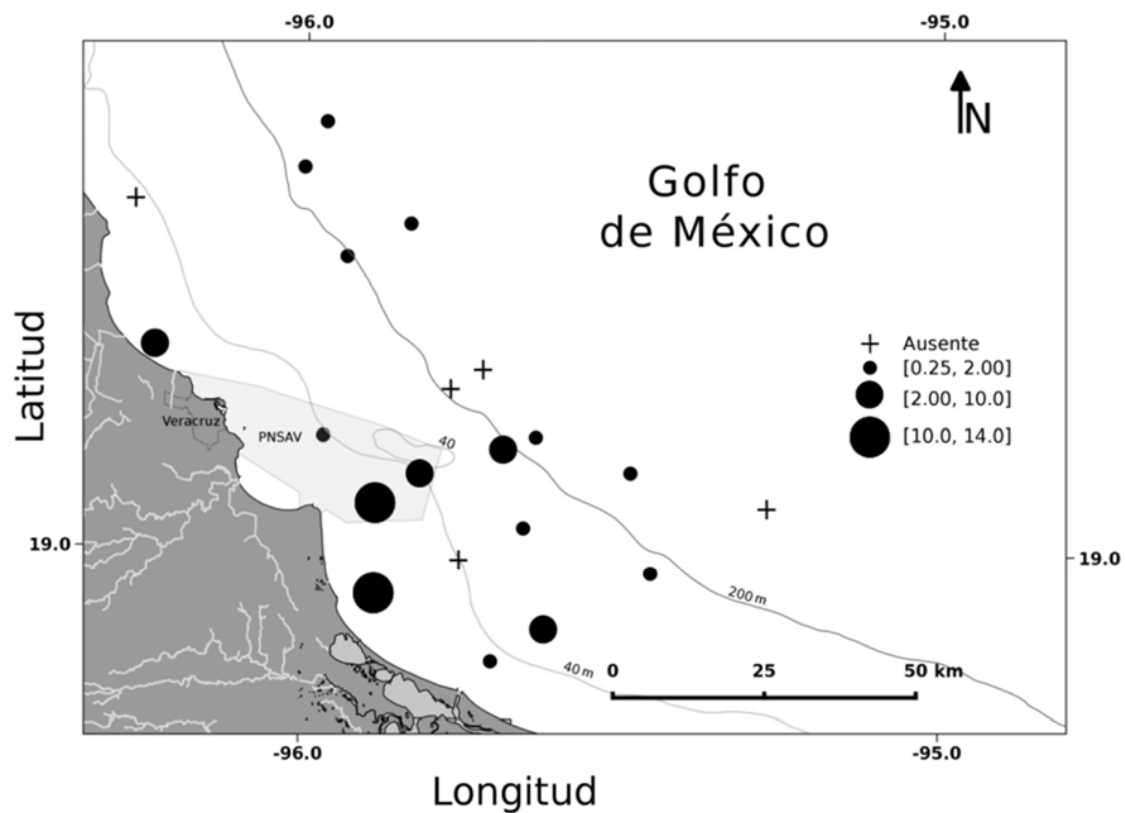


Figura 1. Distribución y abundancia (ind/100 m<sup>3</sup>) de larvas zoeas de *Alburnea paretii* en aguas adyacentes al Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV). Noviembre-diciembre de 2007.

## CONCLUSIONES

Este trabajo constituye una aportación al estudio de larvas de la familia Albuneidae en el sur del Golfo de México. Particularmente, *Alburnea paretii* es una especie poco estudiada en golfo, especialmente en lo que a sus etapas larvarias refiere. Este trabajo abre la posibilidad de realizar futuros estudios ecológicos y reproductivos de la especie en la región de estudio.

AGRADECIMIENTOS. Los autores agradecen la invaluable ayuda de Faustino Zavala y Martha Reguero durante el desarrollo de este trabajo.

## REFERENCIAS

Anger K., 2001. *The biology of decapod crustacean larvae*. Balkema, Rotterdam. 420 p.

- Boyko C.B., 2002. A worldwide revision of the recent and fossil sand crabs of the Albuneidae Stimpson and Blepharipodidae, new family (Crustacea: Decapoda: Anomura: Hippoidea). *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 272, 1-396.
- Cházaro-Olvera S., Winfield-Aguilar I., Ortiz-Touzet M., Jiménez-Badillo M.L., Lozano-Aburto M.A., 2014. Larvas zoeas de cangrejos (Crustacea, Decapoda, Brachyura) del estado de Veracruz, México. Claves de identificación. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, México D.F. 90pp.
- Harvey A.W., 1993. Larval settlement and metamorphosis in the sand crab *Emerita talpoida* (Crustacea: Decapoda: Anomura). *Marine Biology*, 117, 575-581.
- Hendrickx M.E., 1995. Anomuros. En: Fischer W., Krupp F., Schneider W., Sommer C., Carpenter K.E., Niem, V.H. (Eds), *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca*. Pacífico centro-oriental. Vol. I. Plantas e Invertebrados, Roma, 539-564pp.
- Hernández-Rodríguez C., 2010. Composición, distribución y abundancia de la comunidad psámica del intermareal arenoso de la playa de Punta Delgada, municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios; Veracruz, México (periodo: octubre del 2007 a marzo del 2008). Tesis de Licenciatura, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Xalapa. 60 pp.
- Rocha-Ramírez A., Chávez-López R., Antillón-Zaragoza I., Fuentes-Mendoza F.A., 2016. Variación nictemeral de los ensamblajes de macrocrustáceos en una playa arenosa del centro-norte de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(1), 92-100.
- Tantaleán M., Sánchez L., Gómez L., Huiza A., 2005. Acantocéfalos del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 12, 83-92.



## AVANCES EN UN ESTUDIO DE FITOPLANCTON Y SU RELACIÓN CON VARIABLES HIDROLÓGICAS EN DOS ZONAS ACUÍCOLAS DE LAGUNA BAHÍA MAGDALENA, BCS, 2015

Barón Campis Sofía A.\*, Fernández Méndez J. Ignacio, Vázquez Gómez Norberto, Jiménez Quiroz M. del C., Hernández Becerril David U. y Cervantes Duarte Rafael, Suárez Higuera M. del C. Leticia, Funes Rodríguez René, Avilés Quevedo Araceli, García Felipe de Jesús

\*Instituto Nacional de Acuicultura y Pesca. Pitágoras 1320, Col. Sta. Cruz Atoyac. CDMX.  
Correo electrónico: sofia.baron@inapesca.gob.mx

### INTRODUCCIÓN

La laguna costera Bahía Magdalena (BM), una de las más productivas del Pacífico mexicano, ha visto disminuir sus capturas comerciales (moluscos, crustáceos y peces) en los últimos años. Aunque esto se atribuye a la sobrepesca, es posible que los factores ambientales estén afectando la disponibilidad de alimento para organismos. Los antecedentes de datos satelitales (MODIS-Aqua) sugieren tendencias de cambios en la concentración de clorofila-a y fluorescencia. La vulnerabilidad del ecosistema por condiciones hidrometeorológicas altera el equilibrio de los ecosistemas, con una mayor frecuencia de florecimientos algales nocivos (FAN) que impactan las zonas pesqueras y acuícolas. En respuesta a lo anterior, este trabajo plantea el objetivo general de identificar el fitoplancton en la laguna Bahía Magdalena en general, y particularmente en dos zonas con actividad acuícola, y con ello caracterizar las condiciones biológico-hidrológicas del hábitat que permitan generar en el futuro perspectivas de manejo acuícola.



Figura 1. Área de estudio en dos zonas acuícolas de Bahía Magdalena: 1= est. acuícola 1; 2= est. acuícola 2.

## MÉTODOS

Se realizaron muestreos mensuales en BM en nueve estaciones de trabajo que incluyeron dos zonas acuícolas (Figura 1), de febrero a septiembre de 2015: la estación acuícola no. 1 (EA 1) con profundidad máxima de 30 m, y la estación acuícola no. 2 (EA 2) con 15 m de profundidad máxima. Se determinaron las variables fisicoquímicas: oxígeno disuelto, salinidad, temperatura, y se realizaron análisis de nutrientes (amonio, nitrito, nitrato, silicato, fosfato) y clorofila con técnicas propuestas por Strickland y Parsons (1972) a dos y tres niveles de la columna acorde a la profundidad de la laguna; así mismo, se obtuvieron muestras de fitoplancton de botella en dos y tres niveles. Se identificó fitoplancton (Hasle y Syvertsen, 1997; Esqueda-Lara y Hernández Becerril, 2010) y se cuantificaron sus densidades celulares con el método de Utermöhl (Reguera *et al.*, 2011). Se realizaron análisis estadísticos multivariados (Análisis de Componentes Principales y Análisis de Correspondencia Canónica) de los datos de composición de especies y variables ambientales. Se presentan los resultados de composición de fitoplancton y su relación con algunas variables hidrológicas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De febrero a septiembre de 2015 se identificaron 197 taxones de fitoplancton en la EA 1, aportada principalmente por diatomeas (43.6%), dinoflagelados (51.8%), y cuatro grupos menores (4.6%). Con 177 taxones en la EA 2 (Figura 2-B), donde abundaron las diatomeas (48%) y los dinoflagelados (47.5%), y cuatro grupos más (4.5%). En la EA 1 dominaron las diatomeas en febrero en superficie, y en abril en los tres niveles; los dinoflagelados fueron importantes en junio-agosto; especies no identificadas del nanoplancton abundaron en mayo. En la EA 2, las diatomeas prevalecieron en superficie en febrero-abril, y agosto; el nanoplancton contribuyó en septiembre, en fondo.

En las dos zonas el grueso de las abundancias fue aportado principalmente en abril por las diatomeas *Eucampia cornuta* (297,296 Cél/L, superficie, (Figura 2-A); 180,180 Cél/L, fondo, Figura 2-B), y por *Eucampia zodiacus* var. *cylindricornis* (129,729 Cél/L, fondo, Figs. 2-A y 4-A; y 178,978 Cél/L, Fig. 2-B). En febrero otra especie abundante fue *Guinardia flaccida* (108,107 Cél/L, fondo, Fig. 2-B). Hubo un abrupto incremento del volumen fitoplanctónico por nanoplancton no identificado en mayo (170,383 Cél/L, superficie), y en septiembre (179,302 Cél/L en fondo, Figura 2-A). Estas abundancias fueron semejantes a las reportadas por Gárate-Lizárraga *et al.* (2001) para *E. zodiacus* en junio de 1988, y mayo de 1989, abundancias

relacionadas inversamente proporcional a la temperatura y asociadas a índices de surgencia en ambos periodos.

La EA No. 1 presentó 15 especies potencialmente nocivas y formadoras de FAN, y dos géneros potencialmente nocivos para la acuicultura. En la EA No. 2 se observaron 11 especies de este tipo (Tabla 1).

El análisis estadístico multivariado reveló agrupaciones espacio-temporales significativas de las estaciones de muestreo con base en la composición de especies y las variables ambientales (Figura 3). Se observó una moderada correlación de algunas variables con profundidades máximas de 15 y 30 m, particularmente la de clorofila con silicatos en la EA 1; esto se explica con la abundancia de diatomeas presentada en febrero y abril.

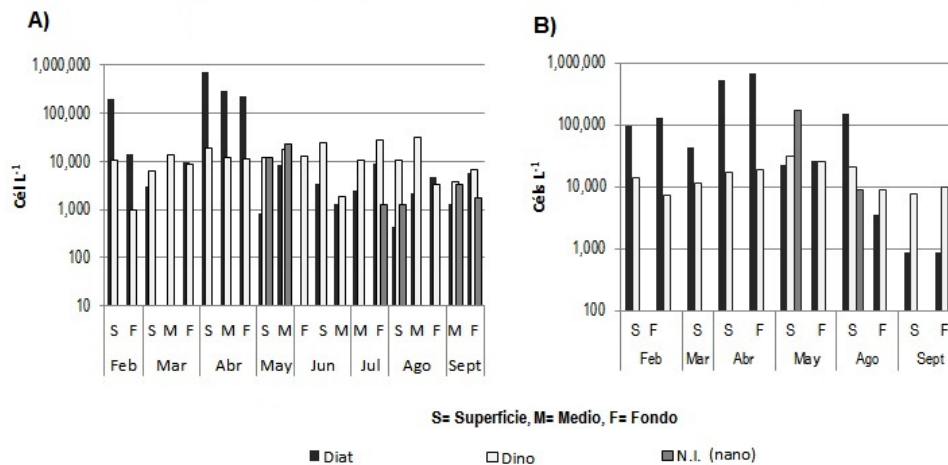


Figura 2. Densidades de fitoplancton en BM en 2015 en EA 1 (A) y la EA 2 (B). Diat.= Diatomeas, Dino= Dinoflagelados, N.I. (Nano)= nanoplancton no identificado.

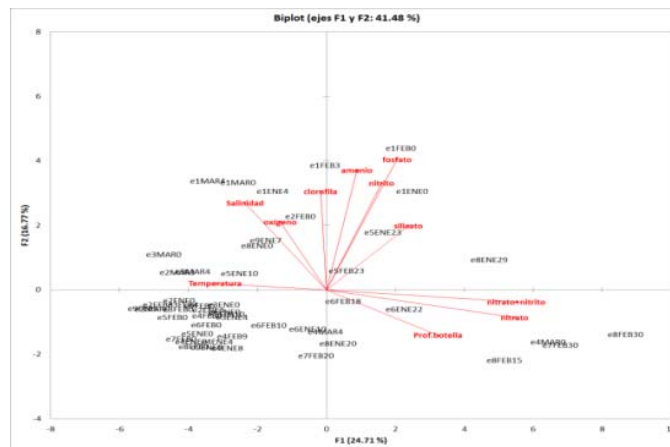


Tabla 1. Fitoplancton nocivo más abundante de febrero a septiembre de 2015 en las zonas acuícolas de bahía Magdalena.

Taxones	Mes(es) más abundante(s)	Max. densidad (Cels L <sup>-1</sup> )	
		Zona 1	Zona 2
<i>Pseudonitzschia delicatissima</i>	Febrero	17,417	
<i>Karenia</i> spp.	Febrero	1,201	1,202
<i>Leptocylindrus danicus</i>	Abril		37,237
<i>Trichodesmium erythraeum</i>	Marzo	20,840	
<i>Prorocentrum minimum</i>	Marzo y agosto	4,672	3,604 (feb. y ago.)
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	Marzo, agosto, septiembre	600	4,247 (may., ago., sept.)
<i>Cylindrotheca closterium</i>	Abril	3,003	3,003
<i>Leptocylindrus danicus</i>	Abril	90,690	
<i>Cochlodinium</i> sp (?)	Mayo	5,097	
<i>Coscinodiscus wailessi</i>	Junio	849	
<i>Prorocentrum micans</i>	Agosto	1,699	

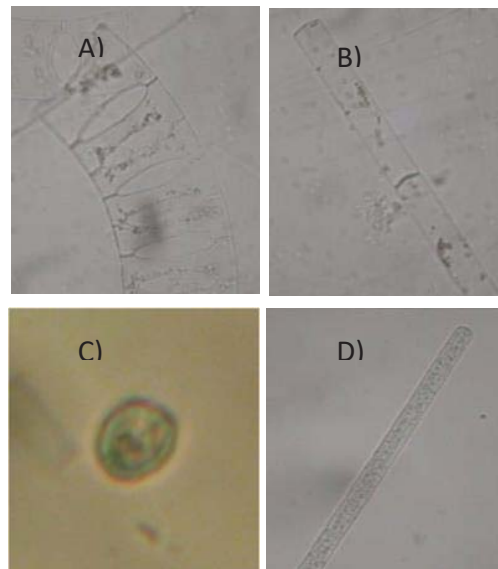


Figura 4. Fitoplancton de BM en 2015.

## CONCLUSIONES

Las comunidades fitoplanctónicas pueden explicar algunos cambios temporales en la laguna BM. La profundidad fue determinante, nivel en el que el nanoplancton abundó durante 2015.

**REFERENCIAS**

- Esqueda-Lara, K., Hernández-Becerril D.U. 2010. Dinoflagelados planctónicos de Nayarit (Isla Isabel) y costas de Jalisco y Colima. Inst. Ci. Mar y Limn., UNAM, México, D.F. 100 pp.
- Gárate-Lizárraga I., Verdugo-Díaz G., Siqueiros-Beltrones D., 2001. Variations phytoplankton assemblages 1988-89 subtropical lagoon system west coast Mexico. *Oceánides*, 16(1), 1-16.
- Gárate-Lizárraga I., Siqueiros-Beltrones D., 1998. Time variation in phytoplankton assemblages in a sub-tropical lagoon system after 1982-1983 El Niño event (1984 to 1986). *Pacific Sci.*, 52, 79-97.
- Hasle R.G., Syvertsen E.E., 1997. Marine Diatoms. *En*: Tomas, C. R. (Ed), Identifying Marine Phytoplankton; Academic Press. San Petersburgo, Florida, 5-385p.
- Reguera B., Alonso R., Moreira A., Méndez, S., 2011. Guía para el diseño de un plan de seguimiento de microalgas productoras de toxinas. COI-UNESCO-OIEA, Paris y Viena. 69pp.
- Steidinger K., Tangen, K., 1997. Dinoflagellates. *En*: Tomas, C.R. (ed), Identifying Marine Phytoplankton; Academic Press. San Petesburgo, Florida, 387-582p.



## **ANÁLISIS GENÉTICO DE *Rhizophora mangle* Y *Avicennia germinans* EN LAS COSTAS DEL GOLFO DE MÉXICO, CARIBE MEXICANO Y BELICE**

**Cano-Torres Jesús\*, Muñiz-Salazar Raquel, Aguilar-May Bily, Sandoval-Castro Eduardo, Riosmena-Rodriguez Rafael†, López-Vivas Juan M., Hernández-Hernández Guadalupe, Arias-Santos Neli Nayeli, Agraz-Hernández Claudia M.**

\*Instituto Tecnológico Superior de Villa la Venta, Circuito Tecnológico N° 1, Colonia el Cuatro, Código Postal 86410, La Venta Huimanguillo Tabasco, México. Correo electrónico: ramusal@uabc.edu.mx

### **INTRODUCCIÓN**

El término manglar describe a un grupo ecológico que congrega a diversas especies de plantas tropicales de diferentes grupos taxonómicos con adaptaciones particulares que les permite desarrollarse en zonas costeras; entre los principales mecanismos de adaptación sobresalen la viviparidad y la presencia de neumatóforos y raíces aéreas que permite la ventilación de las raíces mientras están sumergidas, además de la presencia de glándulas para la exclusión o excreción de sal durante el balance osmótico en el ambiente salino (Tomlinson 1994).

Tanto México como Belice comparten las mismas cuatro especies de manglar, las cuales son *Avicennia germinans*, *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*. Sin embargo, se han encontrado *A. bicolor* y *R. harrisonii*, en las costas del pacífico sur Mexicano. En este estudio se analizaron únicamente *A. germinans* y *R. mangle*, esto debido a que estas especies son las más predominantes en los bosques de mangle de México y Belice. Aburto-Oropeza *et al.*, (2008) determinaron el valor comercial de las capturas de peces que dependen directamente de los manglares y concluyeron que el valor de una hectárea de manglar equivale a 27,000 dólares anuales en la región del Golfo de California, donde los manglares son menos extensos que en la región del Golfo de México y Mar Caribe. El estudio de diversidad y estructura genética de las poblaciones de manglar es de vital importancia para la supervivencia de estas bosques, esto debido a que día a día se deforestan miles de hectáreas y por lo tanto existe diversos programas de reforestación, sin embargo, si en el plan de reforestación no existe un estudio de diversidad y estructura genética existe una alta probabilidad de que fracase, disminuyendo el flujo genético lo que puede ocasionar la existencia de una mayor tasa de estructura genética en lugares en donde no era representativa,

albinidad en los individuos, mayor vulnerabilidad contra enfermedades y plagas. El estudio genético revela cuales son las poblaciones que cuentan con un mayor flujo genético lo que las hace candidatas o no para ser fuente de material genético en futuros trabajos de reforestación y así tener bosques de manglar genéticamente saludables (Sandoval-Castro *et al.*, 2014). El objetivo de este proyecto fue evaluar la diversidad y estructura genética de *R. mangle* y *A. germinans* en lagunas costeras del Golfo de México, Caribe Mexicano y Belice.

## METODOLOGÍA

Área de estudio y colecta del material foliar. Se colectó material foliar de entre 20 a 30 individuos de *A. germinans* y *R. mangle*, en 15 sitios en las costas del Golfo de México, Caribe Mexicano y de Belice (Tabla 1 y Figura 1). La distancia entre muestras varió de 30 m a 300 m para evitar muestrear al mismo individuo. Las muestras colectadas se deshidrataron y almacenaron con gel de sílice hasta la extracción del ADN. El ADN genómico fue extraído a partir de 20 mg de tejido foliar utilizando el método de CTAB/PVP (Muñiz-Salazar *et al.*, 2005). La calidad del DNA fue evaluada mediante una electroforesis en gel de agarosa al 1.4% teñida en una solución al 10% de Gel-Star® y la cantidad en Nanodrop. Para *A. germinans*, se amplificaron ocho loci de microsatélites específicos de *A. germinans* (Nettel *et al.*, 2005; Cerón-Souza *et al.*, 2006). En el caso de *R. mangle*, se amplificaron seis loci de microsatélites específicos de *R. mangle* (Rosero-Galindo *et al.*, 2002). El perfil de temperatura y las condiciones de reacción fueron de acuerdo a lo establecido por (Sandoval-Castro *et al.*, 2014). La concentración de los productos amplificados se evaluó utilizando una regla molecular de concentración conocida mediante una electroforesis en gel de agarosa al 2%, teñida en una solución al 10% de Gel-Star® y visualizada con luz ultravioleta. Los productos de amplificación de PCR fueron separados por electroforesis capilar mediante un secuenciador automático de ADN Applied Biosystems 310 Genetic Analyzer. El tamaño de los alelos se determinó con el programa GeneMarker 1.85 (Softgenetics) y el programa Microchecker (Oosterhout, 2004) para detectar la presencia de alelos nulos.

Tabla 1. Sitios de colecta de *Avicennia germinans* (Ag) y *Rhizophora mangle* (Rm) en las costas del Golfo de México, Caribe y Belice.

Sitio de colecta	Entidad	País	Codigo	N. Ag	N. Rm
Laguna Tamiahua	Veracruz	Mexico	LT	28	30
Laguna de Casitas	Veracruz	Mexico	LC		16
Laguna de Alvarado	Veracruz	Mexico	LA	30	32
Pantanos de Centla	Tabasco	Mexico	PC		19
Paraiso	Tabasco	Mexico	PA		21
Ciudad del Carmen	Campeche	Mexico	CA	21	
Sabancuy	Campeche	Mexico	SB	26	29
Isla Arena	Campeche	Mexico	IA	21	18
Puerto Telchac	Yucatan	Mexico	PT	30	27
Chiquila	Yucatan	Mexico	CH		30
Puerto Morelos	Quintana Ro	Mexico	PM	8	28
Majahual	Quintana Ro	Mexico	MA		30
Belice	Belice	Belice	BE		26
Dangriga	Stann Creek	Belice	DG		24
Punta gorda	Toledo	Belice	PG		22

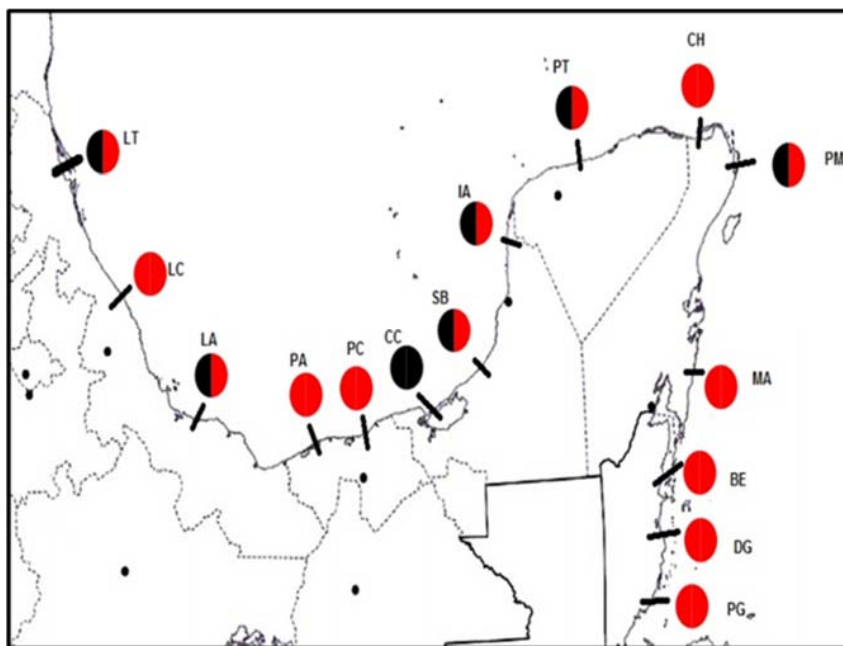


Figura 1. Área de estudio y sitios de colecta de *A. germinans* (negro) y *R. mangle* (rojo) en las costas del Golfo de México, Caribe Mexicano y Belice.

Análisis de datos. El análisis de diversidad genética fue calculado con el programa GDA 1.1 (Lewis y Zaykin, 2001) La riqueza alélica con FSTAT 2.9.3. (Goudet, 2001). El análisis del

equilibrio de Hardy-Weinberg y ligamiento entre loci con el programa GENEPOP 4.0 (Rousset 2008). La significancia para todas las pruebas múltiples se fijó en 0.05. La estructura poblacional de ambas especies se determinó con el método de agrupamiento Bayesiano implementando en el programa STRUCTURE 2.3.4 (Pritchard *et al.*, 2000). La distribución de la variación genética de los grupos obtenidos del STRUCTURE fueron estimadas mediante el análisis de varianza molecular (AMOVA) bajo el modelo de alelos infinitos (IAM) con el programa Arlequín 3.1 (Excoffier y Lischer, 2010), bajo tres niveles jerárquicos: entre poblaciones dentro de grupos, entre individuos dentro de poblaciones y entre individuos. La significancia estadística fue evaluada a través de 10,000 permutaciones no paramétricas, con un varlo de 0.05.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

### Diversidad genética (*R. mangle* y *A. germinans*)

En general de todos los loci analizados, se presentó una tendencia de incremento de la diversidad genética, observándose esta del Golfo de México a Belice. El número total de alelos varió desde 3 en los loci Rm21 y Rm46, hasta 9 en Rm38. En total se identificaron 22 alelos entre los 352 individuos, de los cuales 14 fueron compartidos entre las distintas localidades y solo 8 alelos privados (Tabla 2). Para *A. germinans* se registró una mayor diversidad genética en la población de IA ( $H_o = 0.50$ ), mientras que la menor diversidad genética fue en el punto más norteño del estudio LT ( $H_o = 0.37$ ). El número total de alelos privados AP varió de 1 en las poblaciones de PM, IA y SB a 7 en LT. La riqueza alélica varió de 3.51 en LA a 4.31 en LT. Sin embargo, las dos poblaciones de Veracruz mostraron tanto la mayor riqueza alélica como la menor. En general, para ambas especies se observó un aumento de la diversidad genética de norte a sur siendo para *R. mangle* las poblaciones de Belice ( $H_o = 0.28 - 0.37$ ). Para *A. germinans* las poblaciones del Caribe Mexicano fueron en las que se observó la mayor diversidad genética ( $H_o = 0.48$ ). El análisis de agrupamiento evidenció para ambas especies la presencia de estructura genética. La especie de *A. germinans* mostró la mayor diferenciación genética con respecto a *R. mangle*. se observó la presencia de cuatro grupos en el Pacífico y uno en el Atlántico. El AMOVA mostró la presencia de estructura genética en ambas especies, por lo que, es importante que, en los programas de reforestación de los manglares, los donadores provenga del mismo sitio donde se va a trabajar, y no de poblaciones con características genéticas diferentes, como se ha demostrado en este estudio.



**CONCLUSIONES**

1. Existe un buen nivel de diversidad genética en las especies de *R. mangle* y *A. germinans* principalmente en las poblaciones del caribe mexicano y Belice.
2. La menor diversidad genética por *R. mangle* se encontró en las poblaciones de Tabasco, mientras que para *A. germinans* fue en Ciudad del Carmen Campeche en el Golfo de México.

AGRADECIMIENTOS. Este proyecto fue financiado por CONACYT-SEMARNAT-INE 2009, No. 107696.

**REFERENCIAS**

- Aburto-Oropeza O., Ezcurra E., Danemann G., Valdez V., Murray J., Sala E., 2008. Mangroves in the Gulf of California increase fishery yields. *Proc Natl Acad Sci USA.*, 105, 10456-10459.
- Cerón-Souza I., Rivera-Ocasio E., Funk S.M., McMillan W.O., 2006. Development of six microsatellite loci for black mangrove (*Avicennia germinans*). *Mol. Ecol. Notes*, 6, 692-694.
- Muñiz-Salazar R., Talbot S.L., Sage G.K., Ward D.H., Cabello-Pasini A., 2005. Population genetic structure of annual and perennial populations of *Zostera marina* L. along the Pacific coast of Baja California and the Gulf of California. *Mol. Ecol.*, 14, 711-722.
- Nettel A., Rafii F., Dodd R.S., 2005. Characterization of microsatellite markers for the mangrove tree *Avicennia germinans* L. (Avicenniaceae). *Mol. Ecol. Notes*, 5, 103-105.
- Oosterhout C.V., Wills D.P., Shipley P., 2004. MICRO-CHECKER: software for identifying and correcting genotyping errors in microsatellite data. *Molecular Ecology Notes*, 4, 535-538.
- Rosero-Galindo C., Gaitan-Solis E., Cárdenas-Henao H., Tohme J., Toro-Perea N., 2002. Polymorphic microsatellites in a mangrove species, *Rhizophora mangle* L. (Rhizophoraceae). *Mol Ecol Notes*, 2, 281-283. doi: 10.1046/j.1471-8286.2002.00232.x.
- Sandoval-Castro E, Dodd R, Riosmena-Rodriguez R, Enriquez-Paredes L, Tovilla-Hernández C., Aguilar-May B., 2014. Post-glacial Expansion and Population Genetic Divergence of Mangrove Species *Avicennia germinans* (L.) Stearn and *Rhizophora mangle* L. Along Mexican Coast. *Plos ONE*, 9, e93358.
- Tomlinson P., 1994. The botany of mangroves. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.



## VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA TASA DE CALCIFICACIÓN DE ORGANISMOS INCRUSTANTES EN MICROAMBIENTES ARRECIFALES DE ZIHUATANEJO, GUERRERO.

**Cárdenas-Alvarado María Ángeles\*, Nava Héctor, Alvarado-Rodríguez José Fernando**

\*Laboratorio de Biodiversidad Marina, Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Av. San Juanito Itzicuaró S/N Col. Nueva Esperanza 58830, Morelia, Michoacán. Correo electrónico: maancaal91@gmail.com

### INTRODUCCIÓN

Actualmente, las predicciones mencionan que la tasa de calcificación de los arrecifes puede disminuir desde un 21 hasta un 40% en el período de 1880 a 2065 en respuesta al aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera (Langdon *et al.*, 2000; Leclercq *et al.*, 2000; Langdon, 2003) y por los impactos antropogénicos. Aunque las principales regiones de crecimiento arrecifal en el mundo se localizan en el Indo-Pacífico y en el Atlántico (Veron, 2000), el Pacífico Tropical Mexicano y la parte suroeste del Golfo de California, también ofrecen un entorno aceptable para el desarrollo de los arrecifes coralinos debido a la alta disponibilidad carbonato. En esta región, algunas localidades como las Islas Marías (Nayarit), Manzanillo (Colima) y Zihuatanejo (Guerrero) presentan el mejor potencial para el desarrollo arrecifal (Reyes-Bonilla *et al.*, 2011). No obstante, se prevé que para el año 2030 las zonas arrecifales del Pacífico Mexicano podrían sufrir una disminución en la capacidad de calcificación que impediría que dichos ecosistemas puedan desarrollarse adecuadamente (Reyes-Bonilla *et al.*, 2011). Uno de los primeros pasos para prevenir este futuro escenario es conocer la participación de los organismos incrustantes en el depósito del carbonato (calcita o aragonita) en los ambientes arrecifales de esa región. De esta manera, el presente estudio cuantificó la aportación anual de la comunidad de organismos incrustantes en el proceso de calcificación en dos arrecifes coralinos con diferente estado de conservación (Playa "Las Gatas" y Zacatoso) en Zihuatanejo, Guerrero, México.

### METODOLOGÍA

Para determinar la tasa de calcificación se procedió a armar y colocar colectores de organismos incrustantes conocidas como unidades de acreción arrecifal (Calcification/Acretion Units, CAU'S por sus siglas en inglés, Figura 1, Price *et al.*, 2012) en los arrecifes coralinos de

Playa Las Gatas, un sitio fuertemente impactado por el turismo y el desarrollo urbano e Islote Zacatoso, un arrecife alejado de la zona costera y sujeto a un menor impacto antropogénico (Nava *et al.*, 2013). Estas consistieron en cuatro placas cuadradas de PVC (10 x 10cm) armadas en pares en un tramo de 15cm de varilla arrosada de 3/4" y con una separación entre pares de placas de 1cm (Price *et al.*, 2012). Estas ofrecieron cuatro superficies imitando cuatro tipos de microhábitats presentes en la estructura arrecifal:

- a) *Superficie superior expuesta*: expuesta a una mayor cantidad de luz y completamente expuesta a la sedimentación y el ramoneo.
- b) *Superficie superior críptica*: no expuesta a la luz directa y exenta de la sedimentación y el ramoneo.
- c) *Superficie inferior críptica*: no expuesta a la luz directa ni al ramoneo pero si a la sedimentación.
- d) *Superficie inferior expuesta*: no expuesta a la luz directa ni a la sedimentación, pero si podrá estar expuesta al ramoneo.

En cada sitio se colocaron 20 CAU'S, uniéndolas al sustrato con plastilina epóxica y se retiraron cinco réplicas cada tres meses durante un año. En el laboratorio se enjuagaron con agua destilada y se sumergieron en cloro al 4% durante 48 h hasta desintegrar la materia orgánica. Después se enjuagaron de nuevo agua destilada y se secaron a 70°C por 48 h. Una vez secas, cada superficie fue raspada y los distintos grupos taxonómicos fueron desprendidos y colectados separadamente en bolsas de plástico. Este material se pesó y se registró la cantidad de carbonato (en g). Posteriormente se determinó la tasa de calcificación por cada grupo taxonómico ( $\text{g m}^{-2} \text{año}^{-1}$ ) dividiendo los gramos de carbonato obtenido de cada superficie entre el área de la CAU'S extrapolada a metros cuadrados y entre el tiempo de exposición de las CAU'S en el arrecife coralino. Los parámetros de calcificación fueron analizados mediante análisis no paramétricos (Prueba Kruskal-Wallis) y multivariados (análisis MDS y cluster) para determinar 1) diferencias entre ambos sitios, diferencias temporales en la tasa de calcificación en cada sitio y analizar los patrones de organización de la estructura de los ensambles de organismos calcificantes entre sitios y épocas de muestreo.

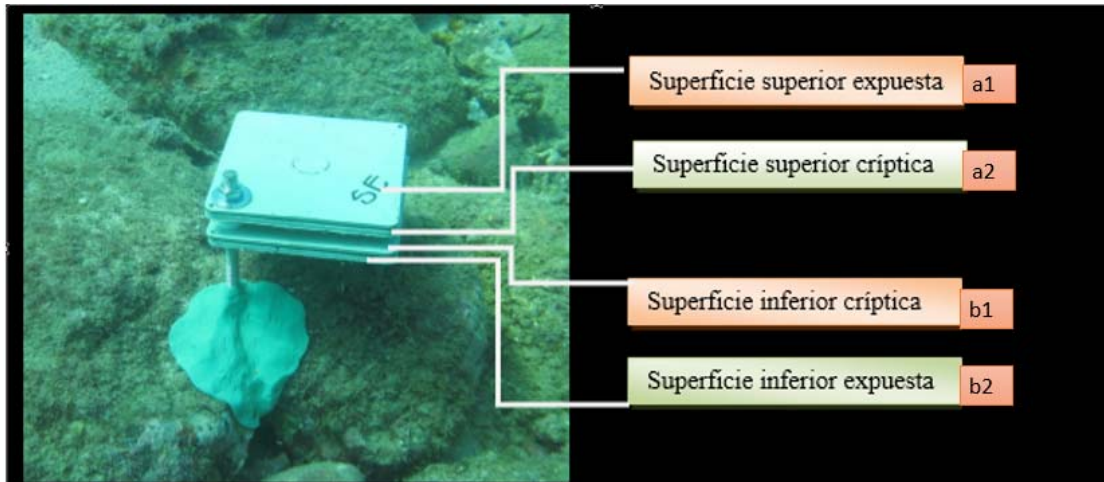


Figura 1. Detalle de las CAU'S usadas en los arrecifes de Playa Las Gatas e Islote Zacatoso.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tasa de calcificación para los corales en el Pacífico Mexicano se ha reportado de  $12 \text{ kg m}^{-2} \text{ año}^{-1}$  (Reyes Bonilla y Calderón-Aguilera, 1994); sin embargo, los corales son sólo uno de los taxa que calcifica y existen otros grupos como los organismos calcificantes que ayudan en esta calcificación. De esta manera se obtuvo una tasa de calcificación alta por parte de estos organismos calcificantes en los arrecifes coralinos de Zihuatanejo (rango de  $246.37\text{-}1678.77 \text{ gr m}^{-2} \text{ año}$ ) en comparación con los registros de Mallela y Perry (2007), quienes reportaron una baja producción de carbonato por organismo incrustantes a lo largo de un gradiente ambiental en Río Bueno, Jamaica (rango  $18.1\text{-}159 \text{ gr m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ); y el de Hepburn *et al.*, (2014) en el que obtuvieron una producción intermedia en los arrecifes de Puerto Morelos, México (rango  $72.8\text{-}476.3 \text{ gr m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ). Entre ambos arrecifes coralinos (Playa Las Gatas y Zacatoso) la tasa de calcificación no mostró diferencias significativas, lo cual indica que la tasa de calcificación fue similar indistintamente del estado de conservación de los arrecifes. Sin embargo, en Zacatoso la tasa de calcificación tendió a ser más alta en la superficie superior expuesta de las CAU'S ( $746.55 \pm 397.18 \text{ gr m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ) siendo las algas calcáreas el taxón que más contribuyó. En la superficie superior críptica dominaron los moluscos ( $1007.79 \pm 552.82 \text{ gr m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ) y en la superficie inferior expuesta los poliquetos fueron el taxón con la mayor contribución ( $884.72 \pm 458.23 \text{ gr m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ). Solamente la superficie inferior críptica ( $777.7 \pm 214.8 \text{ gr m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ) en Playa "Las Gatas" mostró la tasa de calcificación más alta en comparación con Zacatoso (Figura 2). Esto concuerda con los registros de Mallela (2007) en los que encontraron altos niveles de producción de carbonato en superficies crípticas y superficies expuestas dominadas

por algas calcáreas incrustantes en sitios con aguas claras y alta energía en comparación de sitios de aguas turbias.

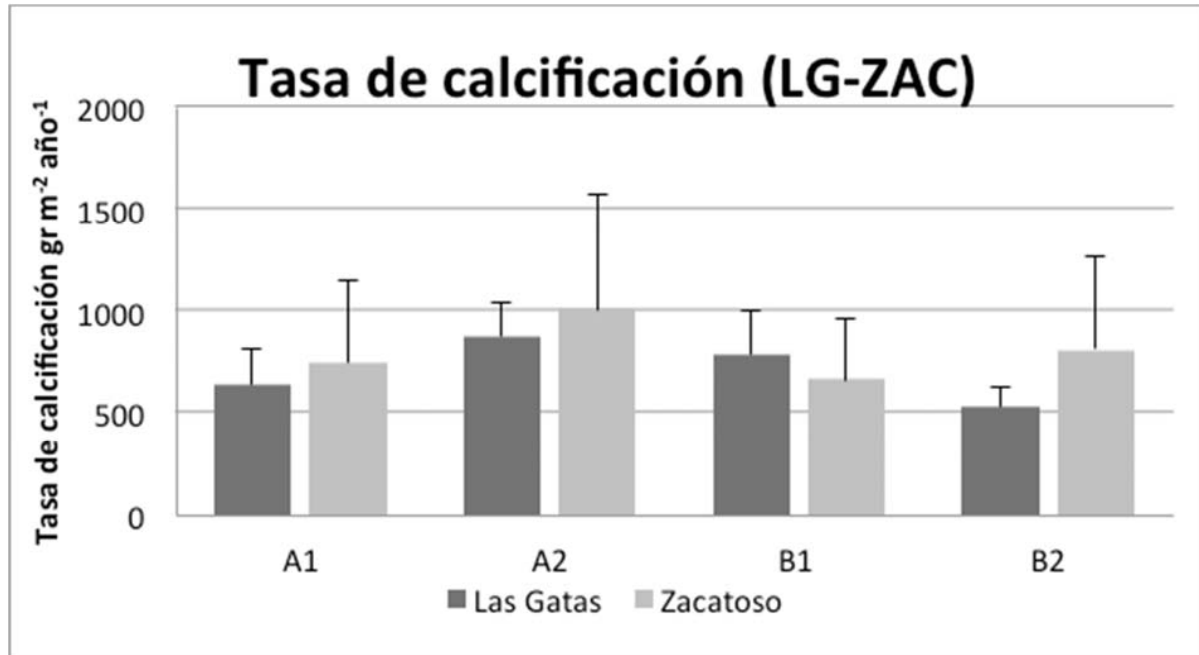


Figura 2. Tasa de calcificación ( $\text{gr m}^{-2} \text{año}^{-1}$ ) por parte de los organismos incrustantes en las CAU'S durante los cuatro muestreos en los arrecifes coralinos de Playa Las Gatas e Islote de Zacatoso.

## CONCLUSIONES

En el área de estudio la tasa de calcificación se mantuvo en niveles altos independientemente del estado de conservación de los sitios.

Para el mantenimiento de estas tasas de calcificación el ensamble de organismos calcificantes varía en función de las características ambientales de cada microhábitat. Mientras que en la superficie superior expuesta las algas calcáreas contribuyen más a esta calcificación, en los microhábitats crípticos la tasa de calcificación parece ser dominada por los poliquetos y los moluscos,

La tasa de calcificación alcanzada por el conjunto de organismos incrustantes en el área de estudio es similar o más alta a la registrada en corales arrecifales del Pacífico Mexicano y de otras regiones. Esto sugiere un papel compensatorio en el proceso de calcificación por parte de estos organismos, aún en condiciones de poca cobertura de corales arrecifales.



AGRADECIMIENTOS. Agradecemos el financiamiento de CONACyT-SEP CB-2012-01-177537 y al Consejo de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Al Laboratorio de Eco-fisiología Animal del Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales de la UMSNH por el préstamo de equipo de laboratorio. A Thierry Durand y al Capitán "Chilolo" por el apoyo logístico brindado durante los muestreos en campo.

## REFERENCIAS

- Hepburn L.J., Blanchon P., Murphy G., Cousins L., Perry C.T., 2014. Community structure and palaeoecological implications of calcareous encrusters on artificial substrates across a Mexican Caribbean reef. Springer DOI 10.1007/s00338-014-1227-1.
- Langdon C., Takahashi T., Sweeney C., Chipman D., Goddard J., Marubini F., Aceves H., Barnett H., Atkinson, M.J., 2000. Effect of calcium carbonate saturation state on the rate of calcification of an experimental coral reef. *Global Biogeochemical Cycles*, 14, 639-654.
- Langdon C., 2003. Review of experimental evidence for effects of CO<sub>2</sub> on calcification of reef builders. Proceedings of 9<sup>th</sup> International Coral Reef Symposium 2, 1091-1098.
- Leclercq N., Gattuso J.-P., Jaubert J., 2000. CO<sub>2</sub> partial pressure controls the calcification rate of a coral community. *Global Change Biology*, 6, 329-334.
- Mallela J., 2007. Coral reef encruster communities and carbonate production in cryptic and exposed coral reef habitats along a gradient of terrestrial disturbance. *Coral reefs*, 26, 775-785.
- Mallela J., Perry C.T., 2007. Calcium carbonate budgets for two coral reefs affected by differing terrestrial run off regimes, Río Bueno, Jamaica. *Coral Reefs*, 26, 53-68.
- Nava H., Figueroa-Camacho A.G., Villegas-Sánchez B.M., Ramírez-Herrera M.T., 2013. Habitat characteristics and environmental factors related to boring sponge assemblages on coral reefs near populated areas on the Mexican Eastern Pacific coast. *Marine Biodiversity*. DOI 10.1007/s12526-013-0182-3.
- Perry C.T., Spencer T., Kench, P.S., 2008. Carbonate budgets and reef production states: a geomorphic perspective on the ecological phase-shift concept. *Coral Reefs* 27, 853-866.
- Price N.N., Todd R.M., Russell E.B., Smith, J.E., 2012. Diel Variability in Seawater pH Relates to Calcification and Benthic Community Structure on Coral Reefs. *PLoS ONE*, 7(8), 1-9.
- Reyes-Bonilla H., Calderón-Aguilar L., 1994. Parámetros poblacionales de *Porites panamensis* (Anthozoa: Scleractinian) en el Arrecife de Cabo Pulmo, México. *Revista de Biología Tropical*, 42, 121-128.



- Reyes-Bonilla H., Mozqueda M.C., Calderón L.E., Díaz Erales G., 2011. La acidificación del océano y los arrecifes del Pacífico mexicano. El subcaliforniano. *Disponible en* <http://pcti.mx/articulos/item/la-acidificacion-del-océano-y-los-arrecifes-del-pacifico-mexicano>. *Ultimo acceso* 10/11/2014.
- Veron J.E.N., 2000. Corals in Space and Time. University of New South Wales Press, Sydney, Australia. 321pp.

## EFFECTO DE LA ORIENTACIÓN DEL SUSTRATO EN LOS PATRONES DE DISTRIBUCIÓN DE ORGANISMOS CALCIFICANTES EN MICROHÁBITATS ARRECIFALES

Cárdenas-Alvarado María Ángeles\*, Nava Héctor

\*Laboratorio de Biodiversidad Marina, Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Av. San Juanito Itzícuaru S/N Col. Nueva Esperanza 58830, Morelia, Michoacán. Correo electrónico: maancaal91@gmail.com

### INTRODUCCIÓN

Los organismos calcificantes son uno de los principales grupos constructores de la estructura arrecifal (Mallela, 2007). Dentro de este grupo entran diferentes taxones, entre ellos los briozoos, las algas calcáreas incrustantes, los foraminíferos, los moluscos y los poliquetos (Mallela, 2007; Hepburn *et al.*, 2014).

La distribución, el crecimiento y morfología de estos organismos calcificantes está influenciada por varios factores, entre los más importantes está considerada la turbulencia del agua, el tipo de hábitat (*e.g.* microhábitats expuestos o crípticos), la luminosidad, la sedimentación, la energía de las olas y la estabilidad del sustrato (Martindale, 1976; Martindale, 1992; Gherardi y Bosence, 1999; Fabricius y De'ath, 2001; Mallela, 2007). Respecto al tipo de hábitat encontramos ensamblajes de especies de microhábitats expuestos y crípticos, que en conjunto contribuyen significativamente a aumentar la diversidad de especies en los ambientes arrecifales (Rasser y Piller, 1997). Los microhábitats crípticos se caracterizan porque tienen niveles muy bajos de depredación y disturbio físico comparados con los microhábitats expuestos; además de que el área superficial y la biomasa del microhábitat críptico exceden al expuesto (Mallela, 2007). Nuestro objetivo fue ver que distribución presentaban los diferentes taxa de los organismos calcificantes en dos comunidades coralinas del Pacífico Mexicano con base en el tipo de microhábitat durante un año.

### METODOLOGÍA

Para ello se procedió a utilizar unidades de acreción arrecifal (Calcification/Acretion Units, CAU'S por sus siglas en inglés, Price *et al.* 2012, Figura 1) para colectar los organismos calcificantes en las comunidades coralinas (Playa Las Gatas y Zacatoso) uniéndolas al sustrato con plastilina epóxica. En cada sitio se colocaron 20 CAU'S con una separación de

aproximadamente 40 cm. Posteriormente, cada tres meses se extrajeron cinco CAU'S de cada sitio a lo largo de un año.

Las superficies de fijación de las CAU'S consistieron en cuatro superficies expuestas al asentamiento de los organismos calcificantes. Cada una considerando un microambiente diferente:

- a) *Superficie superior expuesta* (a1): recibirá la mayor cantidad de luz y estará completamente expuesta a la sedimentación y el ramoneo.
- b) *Superficie superior críptica* (a2): no estará expuesta a la luz directa y estará exenta de la sedimentación y el ramoneo.
- c) *Superficie inferior críptica* (b1): no estará expuesta a la luz directa ni al ramoneo pero si a la sedimentación.
- d) *Superficie inferior expuesta* (b2): no estará expuesta a la luz directa ni a la sedimentación, pero si podrá estar expuesta al ramoneo.

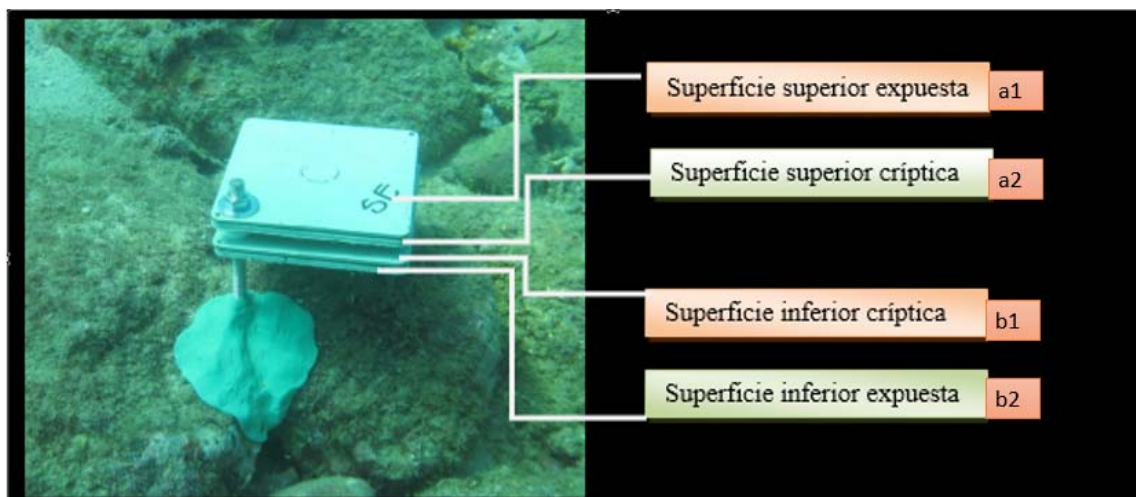


Figura 1. Detalle de las CAU'S instaladas en la comunidad coralina.

En el laboratorio se procedió a enjuagar cada una de las CAU'S con agua destilada y se sumergieron en cloro al 4% por un período de 24 a 48 horas para desintegrar toda la materia orgánica y quedó solamente el  $\text{CaCO}_3$ . Después se enjuagaron de nuevo con agua destilada y se pusieron a secar en una estufa a  $70^\circ\text{C}$  por 48 horas para posteriormente tomar fotografías de cada una de las superficies y mediante el programa de Coral Point Count con extensión de Excel 3.6 (CPCe), se determinó el área que ocuparon cada uno de los taxones de organismos calcificantes y se calculó la cobertura de estos en cada una de las superficies. Finalmente, con

los resultados obtenidos fueron analizados mediante análisis no paramétricos (Prueba Kruskal-Wallis) y multivariados (análisis MDS y cluster) para determinar 1) diferencias entre ambos sitios, diferencias temporales en la cobertura en cada sitio y entre cada superficie 2) analizar los patrones de distribución de los organismos calcificantes en cada micro hábitat para cada sitio.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La comunidad de organismos calcificantes consistió principalmente en algas calcáreas, poliquetos, briozoos, moluscos, crustáceos y foraminíferos, que al compararlos con estudios previos de Caribe Mexicano solamente difieren en que en el presente estudio se encontraron también crustáceos (Mallela, 2007). En cuanto a la cobertura de estos organismos, en Playa Las Gatas no se mostraron diferencias significativas en la cobertura de organismos entre las cuatro superficies debido a la alta variabilidad registrada en éstas. No obstante, en la comunidad coralina de Zacatoso la superficie superior expuesta fue la que presentó la mayor cobertura de organismos calcificantes. En los ambientes arrecifales las algas calcáreas han resultado ser el componente más importante en las superficies expuestas (Mallela, 2007; Hepburn *et al.*, 2014; Luter, 2016). Esto concuerda que en este estudio las algas calcáreas fueron el principal componente de la superficie superior expuesta llegando a ocupar hasta un 80% de la superficie. Los moluscos y los poliquetos se han reportado como grupos restringidos a las superficies crípticas (O'Leary, 2011; Luter, 2016). En este estudio la distribución de estos grupos siguió este patrón, mostrando los moluscos una mayor cobertura en la superficie inferior críptica y los poliquetos en la superficie inferior expuesta. Los organismos calcificantes son imprescindibles para la construcción y estabilización de la estructura arrecifal (Perry, 2001; Perry y Hepburn, 2008) y para mantener la complejidad topográfica que ayuda al reclutamiento larval de otras especies (Mallela, 2007). En este estudio se observó que estos organismos son los primeros que llegan a colonizar el sustrato sirviendo como sustrato a otros organismos no calcificadores como las macroalgas, las esponjas, los cangrejos y las ascidias.

## CONCLUSIONES

La comunidad coralina de Playa Las Gatas tuvo una alta variabilidad en cuanto a la cobertura de los organismos calcificantes en las cuatro superficies de las CAU'S y en Zacatoso la superficie superior expuesta fue la que presentó mayor cobertura de estos organismos.

Las algas calcáreas resultaron ser el componente principal para en las superficies expuestas, mientras que los poliquetos y los moluscos ocuparon una mayor cobertura en las superficies crípticas.

El ensamble de especies calcificantes es importante en los distintos microambientes arrecifales, pues constituyen los primeros colonizadores que constituyen el sustrato de otros organismos no calcificantes que se incrustan en la matriz arrecifal, lo cual incrementa la estabilidad del hábitat y favorece la diversidad.

AGRADECIMIENTOS. Agradecemos el financiamiento de CONACyT-SEP CB-2012-01-177537 y al Consejo de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. A Thierry Durand y al Capitán “Chilolo” por el apoyo logístico brindado durante los muestreos en campo.

## REFERENCIAS

- Fabricius K., De'ath G., 2001. Environmental factors associated with the special distribution of crustose coralline algae on the Great Barrier Reef. *Coral Reefs*, 19, 303-309.
- Gherardi D.F.M., Bosence D.W.J., 1999. Modeling of the ecological succession of encrusting organism in recent coralline-algal frameworks from Atol das Rocas, Brazil. *Palaios*, 14, 145-158.
- Hepburn L.J., Blanchon P., Murphy G., Cousins L., Perry C.T., 2014. Community structure and palaeoecological implications of calcareous encrusters on artificial substrates across a Mexican Caribbean reef. Springer DOI 10.1007/s00338-014-1227-1.
- Luter H.M., Duckworth A.L., Wolff C.W, Evans-Illidge E., Whalan S., 2016. Recruitment variability of coral reef sessile communities of the far North Great Barrier Reef. *PLoS ONE*, 11(4), 1-16.
- Mallela J., 2007. Coral reef encruster communities and carbonate production in cryptic and exposed coral reef habitats along a gradient of terrestrial disturbance. *Coral reefs*, 26, 775-785.
- Martindale W., 1976. Calcareous encrusting organisms of the recent and Pleistocene reefs of Barbados, West Indies. Ph. D. Thesis. The University of Edinburg. 156 pp.



- Martindale W., 1992. Calcified epibionts as palaeoecological tools: examples from the recent and Pleistocene reefs of Barbados. *Coral Reefs*, 11, 167-177.
- O'Leary J.K., 2011. Using hierarchical sampling to understand scales of spatial variation in early coral recruitment. Springer, *Coral reefs*, 30, 1013-1023.
- Perry C.T., 2001. Storm-induced coral rubble deposition: Pleistocene records of natural reef environments, Discovery Bay, Jamaica. *Journal of Coastal Research*, 15, 796-812.
- Perry C.T., Hepburn L.J., 2008. Syn-depositional alteration of coral framework through bioerosion, encrustation and cementation: Taphonomic signatures of reef accretion and reef depositional events. *Earth-Science Reviews*, 86, 106-144.
- Price N.N., Todd, R. M., Russell, E.B., Smith J.E., 2012. Diel Variability in Seawater pH Relates to Calcification and Benthic Community Structure on Coral Reefs. *PLoS ONE*, 7(8), 1-9.
- Rasser M.W., Piller W.E., 1997. Depth distribution of calcareous encrusting of calcareous encrusting associations on the northern Red Sea (Safaga, Egypt) and their geological implications. *Coral reef Symposium*, 1, 743-748.

**PLASTICIDAD FENOTÍPICA DEL MEJILLÓN *Mytilus californianus* DE DIFERENTES LOCALIDADES DEL INTERMAREAL EN BAJA CALIFORNIA COMO RESPUESTA A SU TRANSPLANTE A PUNTA MORRO, ENSENADA, B.C.**

**Carpizo-Ituarte Eugenio J.\*, Ortega Arana Jimena, Hernández Ayón Martín,  
Salas Garza Alfredo**

\*Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California. Carretera Transpeninsular Ensenada-Tijuana No. 3917, Fraccionamiento Playitas, Ensenada CP 22860, Baja California, México. E-mail: [ecarpizo@uabc.edu.mx](mailto:ecarpizo@uabc.edu.mx)

## **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad, el cambio global en el planeta y en particular en las comunidades costeras está ocasionando alteraciones en los ecosistemas que todavía no alcanzamos a valorar completamente su impacto pero que ya visualizamos como una realidad presente (Ver IPCC 2013). En el caso del Intermareal rocoso de la costa Pacífico de Baja California, el incremento en la temperatura media del mar, la intensidad de los eventos ENSO y la variación en la intensidad y frecuencia de las surgencias costeras, están promoviendo condiciones de estrés para los organismos del intermareal rocoso que no habían experimentado en tiempos recientes (Durazo, 2010). Es el caso del mejillón californiano (*Mytilus californianus*), organismo estructurador del intermareal rocoso a lo largo de la costa oeste de Norte América (Suchanek, 1895; 1992) y en Baja California es comúnmente conocido como “choro”. A lo largo de la costa esta especie experimenta condiciones de microhábitat que varían en función de variables ambientales, como la temperatura superficial ambiental y del mar y la intensidad y frecuencia de surgencias a las que están expuestas latitudinalmente las camas de choro (Durazo, 2010). Esta variación en la exposición a los factores ambientales puede estar generando una capacidad de adaptación diferencial entre las poblaciones de mejillón a lo largo de la costa y con esto formar reductos de hábitat que resulten con organismos con una mayor plasticidad fenotípica para resistir el cambio global en el océano. El objetivo del presente fue evaluar la respuesta de juveniles de *Mytilus californianus* al ser trasplantados de distintas poblaciones a lo largo de la costa Pacífico de Baja California a un sitio en Punta Morro, Baja California.

## **METODOLOGÍA**

Se trasplantaron juveniles de *M. californianus* en el intermareal de Punta Morro (PM), provenientes de 3 localidades distintas, Bajamar (BM), Eréndira (ERE) y Punta Baja (PB)

ubicadas en la costa occidental de Baja California. El trasplante se realizó por medio de cajas construidas con cemento y malla de acero. El diseño experimental incluyó 3 réplicas (cajas) por sitio (BM, ERE, PB y PM) con 80 mejillones cada una, en un intervalo de tallas de 15-22 mm. Los mejillones estuvieron expuestos por 3 meses durante el periodo comprendido entre mayo y agosto del 2014. Para evaluar el crecimiento se realizaron muestreos mensuales donde se registró largo (L), ancho (An) y alto (Al) de la concha, peso húmedo total (Psht), de la carne (Pshcr), de la concha (Psch) y peso seco total (Pst). También se realizaron registros in situ de temperatura (TSM), oxígeno disuelto (OD) y pH. Adicionalmente, los valores oceánicos de TSM y concentración de Clorofila-a ([Clor-a]) de las 4 localidades de procedencia de los juveniles se obtuvieron a partir de datos satelitales del sensor MODIS-aqua (a 4km de la costa). Asimismo, se utilizó el índice ARN/ADN como indicador de la capacidad de síntesis de proteínas y de actividad metabólica al inicio y final del trasplante.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El incremento total del largo de la concha para los mejillones trasplantados osciló entre  $4.39 \pm 0.66$  (BM) y  $5.33 \pm 1.11$ mm (PM), de alto entre  $2.41 \pm 0.31$  (BM) y  $2.85 \pm 0.79$ mm (PM) y de ancho entre  $1.23 \pm 0.89$  (PM) a  $1.71 \pm 0.16$  mm (PB). El peso de la concha representó el 90% del peso total del mejillón y el peso total osciló entre  $0.346 \pm 0.02$  (ERE) y  $0.575 \pm 0.079$  (PM) g. Mientras que el peso húmedo de la carne entre  $0.159 \pm 0.05$  (ERE) y  $0.220 \pm 0.04$  g (PM). La TSM in situ indicó un máximo de  $23^{\circ}\text{C}$  y mínimo de  $18^{\circ}\text{C}$ . El promedio de la TSM de datos satelitales osciló entre  $14.2$  y  $22.1^{\circ}\text{C}$ , los valores más elevados se observaron en PM durante todo el experimento. La [Clor-a] osciló entre  $7.05$  (ERE) y  $4$  mg/m<sup>3</sup> en el mes más intenso de surgencias (abril) y durante el trasplante fluctuó entre  $5.33$  y  $0.46$  mg/m<sup>3</sup> en PM se observaron los valores más elevados. El OD osciló entre  $9.92$  mg/l y  $6.43$  mg/l y tuvo una correlación negativa con la temperatura. El pH se registró en el intervalo de  $7.98$  - $8.33$  (NBS) y no presentó correlación directa con el resto de los parámetros, aunque se relacionaron sus oscilaciones con los procesos de respiración y fotosíntesis del intermareal. El índice ARN/ADN en etapa inicial fue mayor que en la etapa final y los valores calculados estuvieron en un intervalo de  $0.17 \pm 0.03$  -  $0.24 \pm 0.05$  (PB). A pesar de que no se encontraron diferencias significativas con excepción de PB, se presentó una correlación inversamente proporcional con la [Clor-a] y la temperatura. Las relaciones biométricas Largo-Ancho, Largo-Alto, indicaron que los mejillones de BM presentan un crecimiento alométrico positivo, mientras que el resto de las poblaciones incluidas presentaron un crecimiento alométrico negativo.

## CONCLUSIONES

El mejillón *Mytilus californianus*, es una especie con una plasticidad fenotípica y fisiológica que le permite su amplia distribución en la costa occidental de Baja California, influenciada por el Sistema de la Corriente de California. Presenta morfotipos locales, con adaptaciones morfo-fisiológicas que responden a condiciones particulares de su hábitat y que le confieren una alta plasticidad como especie. Lo anterior le ofrece a esta especie una alta posibilidad de adaptación a las condiciones del cambio global que se presentan actualmente y que incluye entre los estresores más destacados, el incremento paulatino de la temperatura superficial promedio del océano, la acidificación y el aumento en la frecuencia de zonas con bajas concentraciones de oxígeno. El efecto futuro en sus poblaciones a lo largo de su distribución en la costa Pacífico de Baja California, que incluye a las poblaciones en su límite sur de distribución en el intermareal, estará en función de la sinergia de factores que modulen su dinámica en escala de kilómetros. La combinación de factores oceanográficos aunada al impacto antropogénico, principalmente asociado a su explotación y alteración de la línea de costa.

## REFERENCIAS

- Durazo R., Ramírez, A.M., Miranda, L.E., Soto-Mardones, L., 2010. Climatología de variables hidrográficas. *En: Gaxiola-Castro G., Durazo R. (eds.), Dinámica del Ecosistema Pelágico frente a Baja California, 1997–2007: Diez años de Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California, 25-57p.*
- IPCC, 2013. Workshop Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Workshop on Impacts of Ocean Acidification on Marine Biology and Ecosystems, Field, C.B., Barros, V., Stocker T.F., Qin D., Mach K.J., Plattner G.K., Mastrandrea M.D., Tignor M., Ebi K.L. (eds.). IPCC Working Group II Technical Support Unit, Carnegie Institution, Stanford, CA, USA. 164pp.
- Suchanek T.H., 1985. Mussels and their role in structuring rocky shore communities. *En: Moore P.G., Seed R., (eds). The ecology of rocky coasts. Hodder and Stoughton Press, London, 70-96.*
- Suchanek T.H., 1992. Extreme biodiversity in the marine environment mussel bed communities of *Mytilus californianus*. *Northwest Environ J.*, 8,150-152.

## EFFECTO DEL ENSO 2015 SOBRE LA VARIACIÓN DE NUTRIENTES Y CLOROFILA-A EN EL LITORAL DE BAHÍA MAGDALENA, B.C.S., MÉXICO

**Cervantes-Duarte Rafael\***, **García-Romero Felipe de Jesús**, **Hernández-Trujillo Sergio**,  
**Funes-Rodríguez Rene**, **López-López Silverio**

\*INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, (IPN-CICIMAR), Av. Instituto Politécnico Nacional s/n, Col. Playa Palo de Santa Rita, CP. 23096, La Paz, BCS., México. rcervan@ipn.mx

### INTRODUCCIÓN

Los efectos de los eventos climáticos de gran escala como el ENSO en el Pacífico Oriental suelen tener impactos importantes en el ambiente pelágico a nivel regional (Norton *et al.*, 1985) y local (Palomares-García *et al.*, 2010). Los cambios durante el ENSO en la región marina del NW de México se caracterizan por el aumento del volumen de agua tropical en el Golfo de California y costa occidental de la Península de Baja California (Ramírez-Manguilar *et al.*, 2010). El menor contenido de nutrientes de estas aguas (Gaxiola-Castro *et al.*, 2010) tiene una marcada influencia en la productividad marina (Kahru *et al.*, 2004). Bahía Magdalena (BM) es una de las lagunas costeras de la península de Baja California mejor estudiadas por su alto valor ecológico y pesquero. Los estudios relacionados con la fertilidad de sus aguas han sido realizados por diferentes autores (Bizarro, 2008). El principal proceso que lleva nutrientes a las lagunas costeras de la región son las surgencias costeras (Zaitsev *et al.*, 2003; Cervantes-Duarte *et al.*, 2013). Las zonas de surgencia están siendo alteradas por efectos del cambio climático y del ENSO (Ohman *et al.*, 2013) y siendo el océano la principal fuente de nitrógeno para este tipo de lagunas costeras (Cervantes-Duarte *et al.*, 2013) es incierto el efecto que estos eventos oceanográficos puedan tener en la biomasa de fitoplancton y la productividad primaria. El objetivo del presente estudio fue analizar los cambios en la disponibilidad de nutrientes y en la biomasa de fitoplancton, medida por la concentración de clorofila, durante el evento ENSO-2015 en Bahía Magdalena.

### METODOLOGÍA

Durante el 2015 se llevaron a cabo 12 muestreos mensuales en mareas muertas en 9 sitios ubicados sobre el litoral de BM (Figura 1). En cada muestreo se midió temperatura y salinidad por medio de un CTD SeaBird 19 y se tomaron muestras con una botella Niskin de 5 L para medir nutrientes (amonio, nitrito, nitrato, fosfato y silicato) y clorofila en superficie, media



agua y fondo. Los análisis se hicieron de acuerdo con las técnicas estándar (Strickland y Parsons, 1972).

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

Durante 2015 se reportó un evento ENSO en el Pacífico Oriental (<https://www.climate.gov>) el cual tuvo una influencia notable en BM por el aumento de la temperatura superficial (TS) (Figura 2), la disminución en la concentración de nutrientes (excepto silicato) y la amplia variación de clorofila en el año (Cervantes-Duarte *et al.*, 2013). Los datos de TS mostraron valores por arriba del promedio anual ( $> 2.5$  °C en julio y agosto) (Palomares-García *et al.*, 2003) mientras que en abril y mayo se mantuvieron en el intervalo reportado (Cervantes-Duarte *et al.*, 2013), debido a los eventos de surgencia que llevan agua fría a la zona (Zaitsev, 2003; Cervantes-Duarte *et al.*, 2013). Los valores de TSM fueron similares a los reportados para el ENSO 1997-1998 que, a su vez, fue más intenso respecto al registrado en 1982-1983, con valores promedio de 19.5 a 31 °C de Mayo a Agosto de 1997 (Palomares-García *et al.*, 2003).

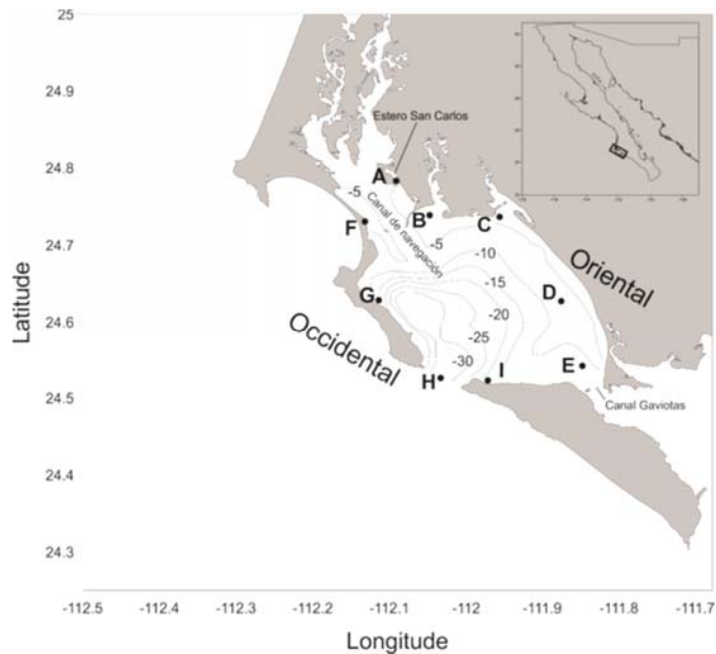


Figura 1. Área de estudio mostrando los sitios de muestreo y la batimetría (m)

Las condiciones hidrográficas en la laguna (temperatura, salinidad, densidad), mostraron diferencias relacionadas con la batimetría, topografía, las bocas y canales de manglares. Las estaciones de la sección oriental (A-E) fueron más someras y presentaron una mayor influencia

de la zona de manglares, en los extremos de la laguna se notó la influencia del estero San Carlos al norte y Canal Gaviotas al sur. Las estaciones de la sección occidental (F-I), con más influencia oceánica, excepto la estación F, la cual es somera y aledaña al canal norte de navegación. La columna de agua de la sección oriental generalmente fue más cálida (febrero a octubre) y salina respecto a la sección occidental debido principalmente a la influencia de la batimetría y el tipo de agua (lagunar y oceánico). El agua más densa en ambas secciones de la laguna se observó durante el primer semestre (enero-junio) y de menor densidad el resto del año. Los nutrientes, excepto silicato, presentaron valores máximos generalmente por debajo de los reportados en el periodo de 2005-2011 (Cervantes-Duarte *et al.*, 2013). La suma de nitrato, nitrato y amonio (NID) mostró un patrón estacional con máximos de abril a julio (Figura 3) diferente al periodo semestral, enero a junio, reportado por los mencionados autores. Durante el 2015 la disponibilidad promedio de nitrato y fosfato fue  $[\text{Nitrato}] = 4.14$   $[\text{Fosfato}] - 1.36$  ( $r = 0.80$ ;  $n = 12$ ), menor a la reportada por los mencionados autores en el primer semestre y mayor a la del segundo semestre.

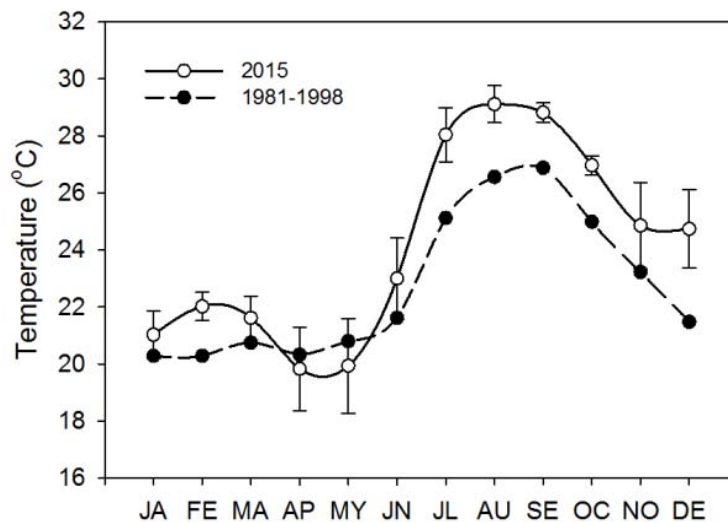


Figura 2. Variación de temperatura superficial promedio y desviación estándar en 9 sitios (2015) y ciclo anual promedio en el interior de Bahía Magdalena (Lluch-Belda *et al.*, 2000).

El silicato fue el único nutriente con valores por arriba del máximo reportado, sin embargo, su distribución promedio temporal siguió el patrón semestral descrito (Cervantes-Duarte *et al.*, 2013). En el lado oriental de la laguna (estaciones A y E) se presentaron valores promedio de  $10.06 \pm 8.66$  y  $6.34 \pm 6.41$   $\mu\text{M}$  respectivamente, asociados en el primer caso al aporte del material continuamente erosionado y resuspendido del estero San Carlos y en la

estación E al aporte de la zona de dunas. En el lado occidental las estaciones G, H e I presentaron valores promedio de  $8.58 \pm 8.63$ ;  $6.17 \pm 5.60$  y  $7.05 \pm 4.74 \mu\text{M}$  respectivamente. Suponemos que la fuente principal de silicato en estos sitios fueron la zona de dunas y el aporte del agua de surgencia en los meses de abril a junio. La clorofila durante el evento ENSO 2015 presentó una amplia variación, las mayores concentraciones se observaron en la estación A, más somera y dentro del estero San Carlos (ver Figura 1), la cual tiene el aporte de diferentes fuentes de nutrientes (descargas residuales, sedimento, manglares, laguna) (Cervantes-Duarte *et al.*, 2014). Las menores concentraciones se observaron en la estación H (boca principal), la cual además de ser la más profunda (aprox. 40 m) presentó diferencias significativas en la columna de agua. Aunque no se observó una clara estacionalidad, los valores máximos tendieron a registrarse en los meses de abril, mayo y junio, cuando los aportes de nutrientes fueron altos. Asimismo, las condiciones más oligotróficas ( $0.05$  a  $0.63 \text{ mg m}^{-3}$ ) ocurrieron en agosto y septiembre, meses en los que se registraron bajas concentraciones de nutrientes y mayor temperatura asociada al calentamiento del ENSO.

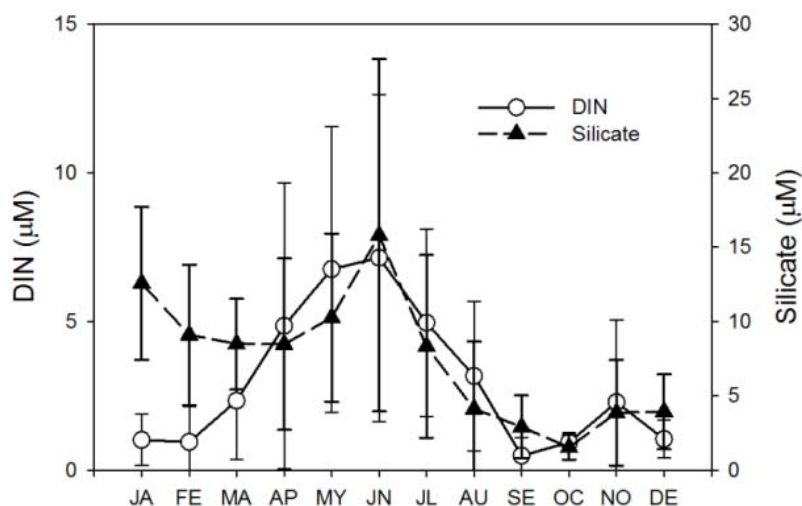


Figura 3. Valores promedio mensuales de Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID) en los 9 sitios de muestreo y de silicato en las estaciones (G, H, I).

Los eventos ENSO en el ambiente pelágico de esta región subtropical se han caracterizado por la advección de aguas tropicales y la profundización de la termoclina y nutriclina que provocan un abatimiento de la producción primaria y secundaria (Norton *et al.*, 1985). Aunque el efecto del calentamiento en aguas neríticas puede ser reducido por procesos locales de mezcla turbulenta, que llevan nutrientes a la capa de mezcla y mantienen altas

biomasas de fito y zooplancton (Palomares-García *et al.*, 2003), los cambios registrados en Bahía Magdalena son suficientes para modificar la trama trófica (Palomares-García y Gómez-Gutiérrez, 1996; Gárate-Lizárraga y Siqueiros, 1998; Palomares-García *et al.*, 2003), y tener repercusiones sobre la abundancia y distribución de otros organismos en la región.

AGRADECIMIENTOS. El estudio fue financiado por el Instituto Politécnico Nacional en colaboración con el Instituto Nacional de Pesca. Así mismo agradecemos el apoyo de Roberto Flores Aguilar, BAJASEAS.

## REFERENCIAS

- Bizarro J., 2008. A review of the physical and biological characteristics of the Bahia Magdalena lagoon complex (Baja California Sur, Mexico). *Bull. Southern California Academy of Sciences*, 107(1), 1-24.
- Cervantes-Duarte R., Prego R., López-López S., Aguirre-Bahena F., Ospina-Álvarez N., 2013. Annual patterns of nutrients and chlorophyll in a subtropical coastal lagoon under the upwelling influence (SW of Baja-California Peninsula). *Est. Coast. ShelfSci.*, 120, 54-63.
- Cervantes-Duarte R., Marmolejo-Rodríguez A.J., Santos-Echeandía J., Futema-Jiménez S., Barrera-González F., López-López S., 2014. Análisis del agua litoral en San Carlos, Baja California Sur, México. *Naturaleza y Desarrollo*, 12(2), 50-62.
- Gárate-Lizárraga I., Siqueiros D.A., 1998. Time variation in phytoplankton assemblages in a subtropical lagoon system after the 1982-1983 El Niño event (1984 to 1986). *Pacif. Sci.*, 52, 79-97.
- Gaxiola-Castro G., De la Cruz-Orozco M.E., Nájera-Martínez S., Martínez-Gaxiola M.D., Rodríguez-Gamboa A., 2010. Nutrientes: efectos de procesos locales y de gran escala. *En: Gaxiola-Castro G, Durazo R., (eds.). Dinámica del Ecosistema Pelágico frente a Baja California, 1997–2007: Diez años de Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California*, 207-225p.
- Kahru M., Marinone S.G., Lluch-Cota S.E., Parés-Sierra A., Mitchell G.B., 2004. Ocean-color variability in the Gulf of California: Scales from days to ENSO. *Deep-Sea Res. II*, 51, 139–146.
- Lluch-Belda D., Hernández-Rivas M.E., Saldierna-Martínez R., Guerrero-Caballero R., 2000. Variabilidad de la temperatura superficial del mar en Bahía Magdalena, B.C.S. *Oceánides*, 15(1), 1-23.

- Norton J.D., McLain D., Brainard R., Husby D., 1985. The 1982-83 El Niño Event off Baja and Alta California and Its Ocean Climate Context. *In*: Wooster W.S., Fluharty D.L. (eds.), El Niño North. University of Washington, 44-72p.
- Ohman M.D., Barbeau K., Franks P.J.S., Goericke R., Landry M.R., Miller A.J., 2013. Ecological transitions in a coastal upwelling ecosystem. *Oceanography*, 26(3), 210–219.
- Palomares-García R., Gómez-Gutierrez J., 1996. Copepod community structure at Bahía Magdalena, Mexico during El Niño 1983-1984. *Est. coast. ShelfSci.*, 43, 583-595.
- Palomares-García R., Martínez-López A., De Silva-Dávila R., Funes-Rodríguez R., Carballido-Carranza M.A., Avendaño-Ibarra R., Hinojosa-Medina A., López-Ibarra G.A., 2003. Biological effects of El Niño 1997-98 on a shallow subtropical ecosystem: Bahía Magdalena, Mexico. *Geofís. Int.*, 42(3), 455-466.
- Ramírez-Manguilar A.M., Durazo R., Beier E., Castro R., 2010. Variabilidad anual e interanual en el transporte de volumen, calor y sal. *En*: Gaxiola-Castro G., Durazo R., (eds.). Dinámica del Ecosistema Pelágico frente a Baja California, 1997–2007: Diez años de Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California, 149-162p.
- Strickland J.D., Parsons T.R., 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis, second ed., vol. 167. *Fisheries Research Board of Canada*, Ottawa, Bulletin, 310 pp.
- Zaitsev O., Cervantes-Duarte R., Montante O., Gallegos-García A., 2003. Coastal upwelling activity on the Pacific shelf of the Baja California Peninsula. *J. Oceanography.*, 59, 489-502.



## ANÁLISIS DE BIOMASA Y PRODUCCIÓN DEL FITOPLANCTON DURANTE LA ÉPOCA DE SURGENCIAS INTENSAS FRENTE A BAHÍA MAGDALENA, BCS, MÉXICO

Cervantes-Duarte Rafael\*, Barón-Campis Sofia\*\*, Hernández-Becerril David Uriel\*\*\*, Lara-Lara Rubén\*\*\*\*

\*INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, (IPN-CICIMAR), Av. Instituto Politécnico Nacional s/n, Col. Playa Palo de Santa Rita, CP. 23096, La Paz, BCS., México. \*\*INSTITUTO NACIONAL DE PESCA \*\*\*UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO \*\*\*\*CICESE. rcervan@ipn.mx

### INTRODUCCIÓN

En la región sur de la Corriente de California (CC), frente a la Península de Baja California, se da una fuerte variabilidad estacional e interanual en la biomasa del fitoplancton, forzada además por los ciclos El Niño-La Niña y diversos procesos locales de mesoescala como surgencias costeras, remolinos, frentes y meandros (Gaxiola-Castro *et al.*, 2010). Las condiciones oceanográficas en la plataforma continental frente a Bahía Magdalena se pueden considerar como el límite sur de la zona de transición entre las aguas subárticas y subtropicales del océano Pacífico nororiental, con una marcada estacionalidad (Zaitsev *et al.*, 2014). Los estudios sobre la variación de la PPN en la zona han mostrado su dependencia con la temporada de surgencias (Cervantes-Duarte *et al.*, 2015). El objetivo del presente estudio fue analizar la biomasa y producción de fitoplancton, durante los meses de mayor intensidad de surgencias costeras frente a Bahía Magdalena (BM) en 2013 y 2014.

### METODOLOGÍA

Las muestras son parte de un grupo de datos tomados mensualmente entre 2008 y 2014 en un sitio fijo al noroeste de la boca de BM (Figura 1). Para este estudio se presentan datos del periodo mayo a julio de 2013 y de marzo a mayo de 2014. En cada muestreo se realizaron perfiles verticales de temperatura y salinidad utilizando un CTD Sea-Bird SBE-19 a bordo de la embarcación CICIMAR-30. Se tomaron muestras de agua en 5 profundidades determinadas por el nivel de irradiancia (100, 33, 10, 3 and 1%) calculados con base en la transparencia del agua mediante un disco Secchi. La primera muestra que se obtuvo fue para oxígeno disuelto (OD) el cual fue determinado por el método Winkler (Strickland y Parsons, 1972). Para determinar amonio, nitrito, nitrato, fosfato, silicato y clorofila-*a* se tomaron muestras en botellas de plástico de 2 L y se colocaron en hieleras. Las muestras para fitoplancton fueron colocadas en frascos de 200 mL y fijadas con acetato de Lugol, posteriormente se cuantificaron con el método de

Utermöhl en cámaras de sedimentación de 10, 25 y 50 mL, según los criterios de Hasle (1978), Andersen y Thronsen (2004). Para células pequeñas (nano y picoplancton) las muestras fueron colocadas en tubos eppendorf de 2 mL y fijados con 100  $\mu$ L de para-formaldehído al 10% y se mantuvieron en congelación hasta su análisis. Se preparó una dilución 1:1 con agua de mar filtrada y se agregaron 10  $\mu$ L de microesferas de 10  $\mu$ m de diámetro. Los conteos se realizaron en un citómetro Cyan ADP Beckman Coulter y los resultados citométricos fueron analizados con el programa Infinicyt 1.6 (versión de prueba) utilizando la fluorescencia natural (clorofila *a*) y el tamaño celular de los organismos.

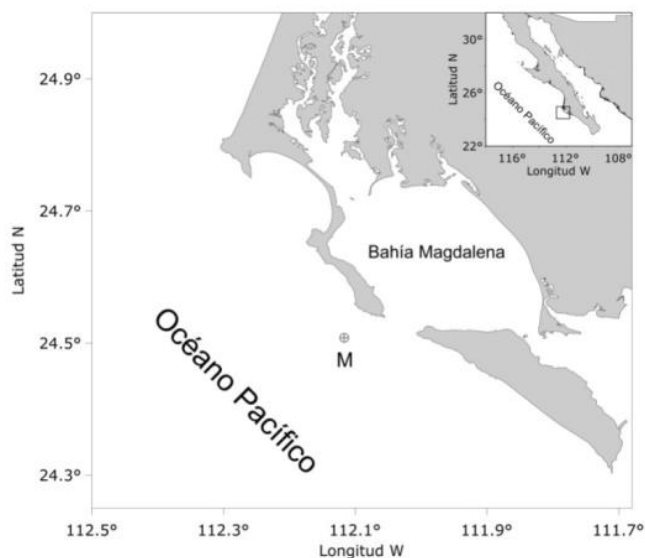


Figura 1. Localización del sitio de muestreo (M) (24.5°N y 112.1°O; 85 m prof.)

Las submuestras fueron filtradas con filtros GFF de 25 mm de diámetro. Del filtrado fueron analizados los nutrientes por espectrofotometría (Strickland y Parsons, 1972). A partir del material del filtro se extrajo la clorofila con 10 mL de acetona al 90%, refrigerada por 24 horas y analizada con un espectrofotómetro Génesis 2 (Venrick y Hayward, 1984). Para PPN se tomaron muestras por duplicado en botellas de policarbonato de 250 mL y junto con una botella oscura se inocularon con 5 mCi de  $\text{NH}_4\text{CO}_3$  e incubadas por 2 horas al medio día, de acuerdo con el método descrito por Steeman-Nielsen (1952), luego las muestras fueron filtradas con filtros nucleopore GN-6 de 0.45  $\mu$ m de tamaño de poro. Los filtros fueron colocados en viales de centelleo de 20 ml con 0.5 ml de HCl 10% por 3 horas para excluir el carbonato no fijado por fotosíntesis; luego se agregaron 10 mL de cocktail de centelleo (Ecolite) y la PPN fue

determinada mediante un contador de centelleo líquido Beckman LS-6500. El carbono asimilado por el fitoplancton ( $\text{mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ ) fue calculado de acuerdo con las ecuaciones de Parsons *et al.*, (1984).

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

La temperatura en columna de agua presentó fuertes contrastes en el periodo de estudio. De marzo a julio de 2013 se observaron las menores temperaturas y altas concentraciones de nutrientes como resultado de los eventos de surgencia en la región (Zaitsev *et al.*, 2003; Zaitsev *et al.*, 2014; Cervantes-Duarte *et al.*, 2015) y de agosto a octubre las aguas fueron más cálidas con menores nutrientes y se observó la mayor estratificación (Figura 2).

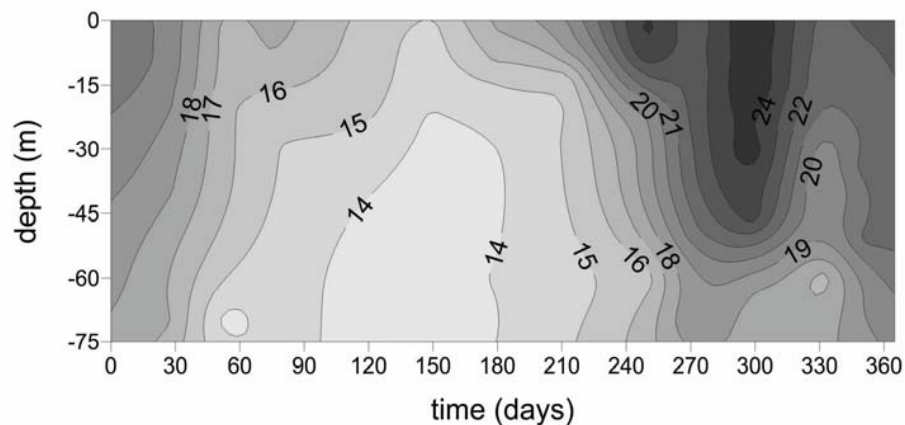


Figura 2. Variación de temperatura en la columna de agua durante 2013.

En el periodo de estudio la PPN presentó los valores más altos en la superficie y disminuyeron con la profundidad, similar al patrón reportado por otros autores (Murillo-Murillo *et al.*, 2012). En contraste la distribución de células de nano y picoplancton, contadas por la técnica de citometría, mostraron una alta variación en la columna de agua (Figura 3). En junio del 2013 se registraron valores excepcionalmente altos de PPN en superficie ( $80.4 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ ) asociados con alta clorofila-*a* ( $7.6 \text{ mg m}^{-3}$ ), biomasa de microplancton ( $6,559 \text{ cel L}^{-1}$ ), nanoplancton sp ( $1,714,520 \text{ cel L}^{-1}$ ) y de acuerdo con los conteos por citometría ( $66 \times 10^6 \text{ cel L}^{-1}$ ).

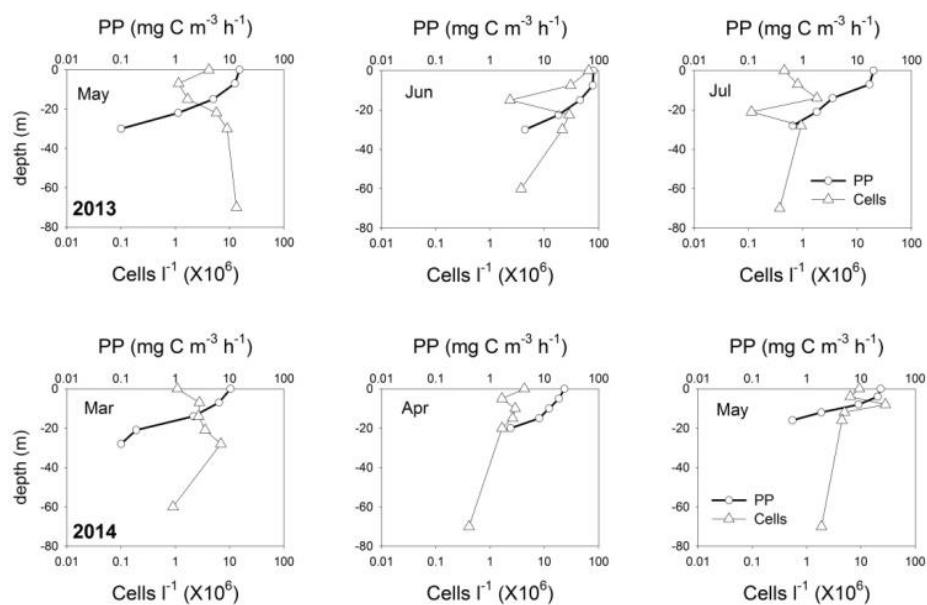


Figura 3. Perfiles de producción primaria neta (PPN) y células contadas por la técnica de citometría de flujo en el sitio de estudio

Tabla 1. Valores registrados en la primera profundidad óptica en el periodo de estudio

Fecha	Luz (%)	Prof (m)	Temp (°C)	Cel L <sup>-1</sup> (X 10 <sup>6</sup> )	Clorofila (mg m <sup>-3</sup> )	PPN (mgCm <sup>-3</sup> h <sup>-1</sup> )
29/05/2013	100	0	14.80	4.17	2.7	15.3
	33	7	14.71	1.15	2.9	12.5
28/06/2013	100	0	17.07	65.72	7.6	80.4
	33	3	16.92	30.51	7.9	78.1
31/07/2013	100	0	18.83	0.46	1.0	20.1
	33	7	18.08	0.81	1.6	16.9
28/03/2014	100	0	16.04	1.09	1.6	10.4
	33	7	16.03	2.78	0.9	6.4
30/04/2014	100	0	16.17	4.29	1.4	23.5
	33	5	15.83	1.66	2.2	18.6
30/05/2014	100	0	17.82	9.38	4.9	23.2
	33	4	17.77	6.39	4.0	20.5

AGRADECIMIENTOS. El estudio fue financiado por el Instituto Politécnico Nacional (SIP-20130611) y el proyecto "Red nacional para el monitoreo de los flujos de carbono en los ecosistemas costeros del Pacífico Mexicano y el Golfo de México" (CONACYT).

## REFERENCIAS

- Andersen P., Throndsen J., 2004. Estimating cells numbers. *En: Hallegraeff, G.M., Anderson D.M., Cembella A.D., (Eds). Manual on Harmful Marine Microalgae. UNESCO. Paris, 99-129p.*
- Cervantes-Duarte R., Prego R., Gaxiola-Castro G., López-López S., Aguirre-Bahena F., Murillo-Murillo I., 2015. Intra-annual upwelling patterns and its link age with primary production in the euphotic zone (24.5N) of Southern Baja California coast. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 157, 51-58.
- Gaxiola-Castro G., Cepeda-Morales J., Nájera-Martínez S., Espinosa-Carreón T.L., De la Cruz-Orozco M.E., Sosa-Avalos R., Aguirre-Hernández E., Cantú-Ontiveros J.P., 2010. Biomasa y producción del fitoplancton. *En: Gaxiola-Castro G., Durazo R. (Eds.), Dinámica del ecosistema pelágico frente a Baja California, 1997-2007. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México D.F., México. 59-87p.*
- Hasle G.R., 1978. Using the inverted microscope. *En: Sournia A. (Ed.). Phytoplankton Manual. UNESCO. Paris. 191-196p.*
- Murillo Murillo I., Cervantes Duarte R., Gaxiola Castro G., López López S., Aguirre Bahena F., González Rodríguez E., Jiménez Illescas Á., Hernández Sandoval F.E., 2013. Variabilidad de la productividad primaria y de pigmentos fotosintéticos en una zona de surgencias de la región sur de la corriente de California. *CICIMAR. Océanides*, 28(1), 23-26.
- Steeman-Nielsen E., 1952. The use of radioactive carbon ( $^{14}\text{C}$ ) forme asuring organic production in the sea. *J. du Conseil Perm. Int. pour l' Explor. de la Mer*, 8, 117-140.
- Strickland J.D., Parsons T.R., 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis, second ed., vol. 167. *Fisheries Research Board of Canada, Ottawa, Bulletin*, 310 pp.
- Venrick E., 2012. Phytoplankton in the California Current System off southern California: changes in a changing environment. *Prog. Oceanogr.*, 104, 46-58.
- Zaitsev O., Cervantes-Duarte R., Montante O., Gallegos-García A., 2003. Coastal upwelling activity on the Pacific shelf of the Baja California Peninsula. *J. Oceanography.*, 59, 489-502.
- Zaitsev O., Trasviña-Castro A., Linero-Cueto J., Gaxiola-Castro G., Cepeda-Morales J., 2014. Oceanographic conditions over the continental shelf off Magdalena Bay (Mexico) in 2011–2012. *Ciencias Marinas*, 40(2), 89-112.



## **INFLUENCIA DEL HÁBITAT Y DE LA ESTACIONALIDAD DEL AMBIENTE EN LA DIVERSIDAD, ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE ESPONJAS ARRECIFALES DE ZIHUATANEJO, GUERRERO**

**Chávez-Fuentes Maria del Carmen\*, Nava Héctor \*,  
Maldonado Bernabe Jeniffer Samantha\***

\*Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales - Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo. Av. San Juanito Itzicuaró s/n. Colonia Nueva Esperanza. C.P. 58337. Morelia, Michoacán, México. [chavez0711@yahoo.com.mx](mailto:chavez0711@yahoo.com.mx)

### **INTRODUCCIÓN**

Las esponjas son uno de los grupos de invertebrados más diversos y abundantes en los ambientes arrecifales coralinos (Suchanek *et al.*, 1983; Porter y Targett, 1988; Aerts y van Soest, 1997; Hill, 1998; Steindler *et al.*, 2002), formando una parte importante de la biomasa en los hábitats expuestos y protegidos (Díaz y Rutzler, 2001). Los patrones de distribución de estos organismos y la variación temporal de los ensambles de especies que conforman están influenciados por diversos factores, tanto bióticos como abióticos, que generalmente interactúan entre sí (Wulff, 2006, Duckworth *et al.*, 2008). En el Pacífico mexicano muchos de los arrecifes coralinos someros están conformadas por colonias ramificadas de corales pocillopóridos que albergan una gran diversidad de invertebrados, incluyendo esponjas (López-Pérez *et al.*, 2012). Estas estructuras arrecifales ofrecen una gran variedad de microambientes que incluyen la superficie expuesta y los hábitats protegidos entre las ramas de las colonias de coral. No obstante, aún son escasos los estudios sobre la diversidad y distribución de las especies de esponjas arrecifales que poseen la capacidad de habitar la estructura coralina en las partes expuestas y protegidas del arrecife (Vega, 2012). El objetivo general de este trabajo fue analizar si existe una relación entre el nivel de exposición al ambiente y la variación espacio-temporal de la abundancia y diversidad de esponjas en los ambientes arrecifales de Islote Zacatoso y Playa Las Gatas.

### **METODOLOGÍA**

Este trabajo se realizó durante el transcurso de un año en Playa Las Gatas e islote Zacatoso, dos comunidades coralinas del estado de Guerrero, México. Para determinar los factores que podrían estar influyendo en la estructura del ensamble de especies de esponjas, en cada comunidad coralina se registraron algunas variables ambientales y características del

sustrato, así como también se determinó su estado de conservación. Se contabilizó también el número de especies y la abundancia de esponjas en dos diferentes tipos de hábitat: expuesto (el espacio sobre el coral) y protegido (el espacio entre las ramas del coral).

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

El ambiente en ambas comunidades coralinas fue similar mostrando diferencias importantes entre las estaciones de lluvias y secas. Únicamente la transparencia de la columna de agua fue menor en Playa Las Gatas, una bahía con alto impacto de origen antropogénico. Islote Zacatoso mostró un mejor estado de conservación. La diversidad de especies de esponjas fue más alta que los reportes previos hechos para el Pacífico mexicano (hasta 11 especies), sin embargo, la riqueza de especies fue más alta en Playa Las Gatas, principalmente por el registro exclusivo de *Callypongia californica* y *Clathria (Microciona)* sp. La abundancia de las esponjas en el hábitat expuesto y el hábitat protegido no mostraron diferencias significativas, aunque el registro de abundancia en el hábitat protegido de Playa Las Gatas tendió a ser mayor que en Islote Zacatoso (Figura 2). Este tipo de hábitat podría conferir características ambientales específicas para los requerimientos de algunas especies. Según Ávila y Carballo (2009) las características de este tipo de hábitat le propician una disminución en la intensidad de la luz de hasta 96%. En ese mismo estudio los autores discuten la relación de estas características ambientales con la preferencia de la esponja *Chalinula nematifera* por habitar el espacio entre las ramas de corales. El registro de mayor abundancia de esponjas ocurrió durante la temporada de secas (febrero y mayo de 2015) en Playa Las Gatas (Figura 1 y 2). Esto podría deberse a que esta localidad es una bahía semi-cerrada cercana a una zona poblada donde la acumulación de nutrientes de origen antropogénico es alta (Nava *et al.*, 2014) favoreciendo la abundancia de invertebrados filtradores como las esponjas (Stimson *et al.*, 2001; Macdonald y Perry 2003; Ward-Paige *et al.*, 2005). Los ensambles de especies de esponjas de ambos sitios fueron similares en un 60%. No obstante, estos ensambles mostraron una variación estructural importante durante julio y octubre de 2014, coincidiendo con los impactos las tormentas. Más aún, esta variación fue más pronunciada en Playa Las Gatas por ser un ambiente semi-cerrado y somero a diferencia de Islote Zacatoso que se encuentra en mar abierto (Figura 3).

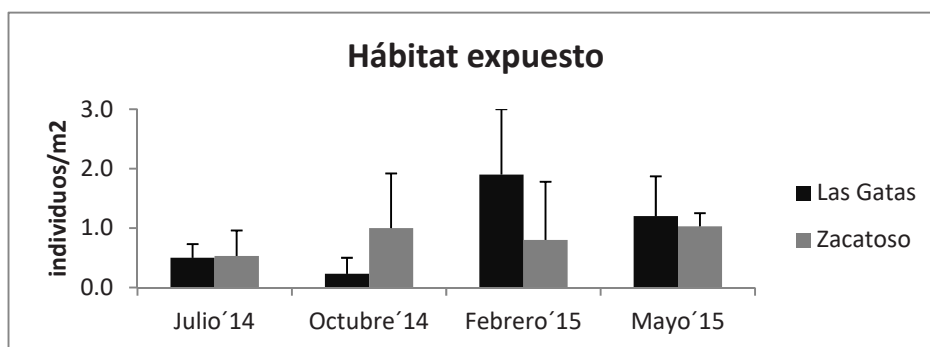


Figura 1. Comparación entre Playa Las Gatas e Islote Zacatoso del promedio de la abundancia de las esponjas para hábitat expuesto. Las barras sobre las columnas muestran la desviación estándar.

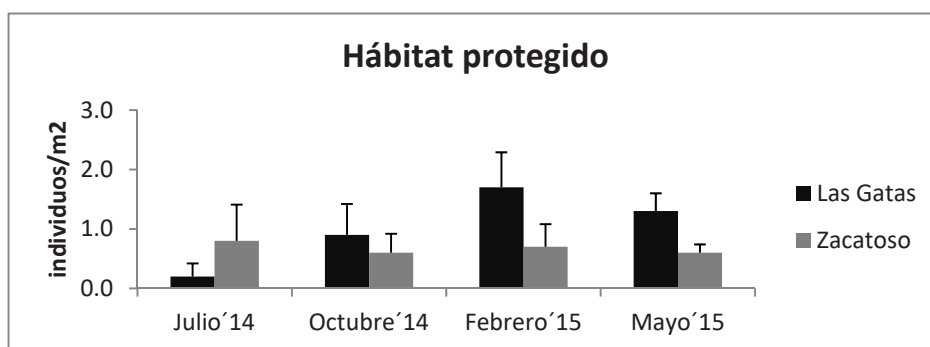


Figura 2. Comparación entre Playa Las Gatas e Islote Zacatoso del promedio de la abundancia de las esponjas para hábitat protegido. Las barras sobre las columnas muestran la desviación estándar.

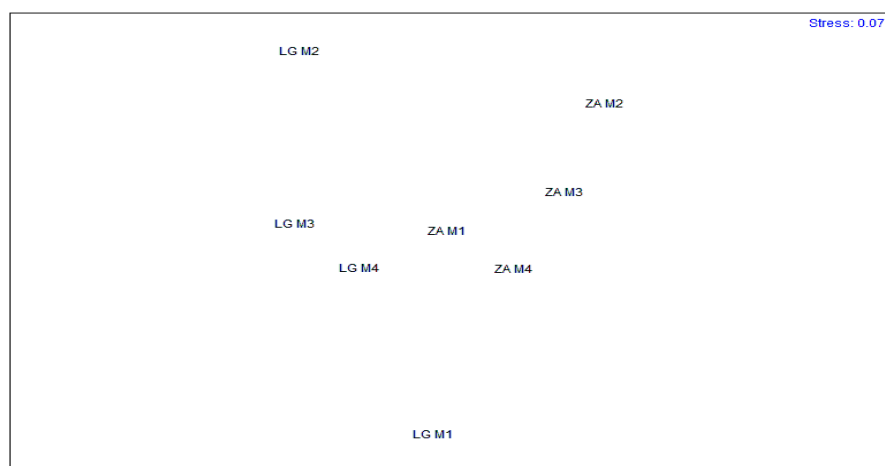


Figura 3. Análisis NMDS de la estructura del ensamble de esponjas promediada por temporada de muestreo en Playa Las Gatas (LG) e Islote Zacatoso (ZA) durante los muestreos de julio 2014, octubre de 2014, febrero de 2015 y mayo de 2015 (M1, M2, M3 y M4, respectivamente).

## CONCLUSIONES

Anteriormente, en el Pacífico Mexicano se tenían registradas solamente siete especies de esponjas con la capacidad de vivir sobre el coral vivo. En este trabajo se registraron cinco de ellas y se añadieron seis especies más, contabilizando una diversidad total de 11 especies de esponjas.

No se detectaron diferencias significativas en la abundancia entre hábitat expuesto y hábitat protegido entre los sitios estudiados. Sin embargo, la diversidad y la abundancia de esponjas fue más variable en el hábitat protegido.

Playa Las Gatas, mostró un ensamble de esponjas con una notable variación estructural que coincidió con la temporada de lluvias, cuando los efectos de las tormentas se amplifican en el ambiente semicerrado y somero de esta localidad.

Estos resultados muestran que la variación estacional del ambiente y el distinto grado de exposición a estos cambios en la estructura arrecifal provee condiciones que favorecen la diversidad global de esponjas.

AGRADECIMIENTOS. Agradecemos a las siguientes fuentes de financiación: CONACYT-SEP CB-2012-01-177537 y al Consejo de Investigación de la Investigación Científica, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. También agradecemos a Thierry Durand y Chilolo por el apoyo logístico durante los trabajos de muestreo.

## REFERENCIAS

- Aerts L.A.M., van Soest, R.W.M., 1997. Quantification of sponge/coral interactions in a physically stressed reef community, NE Colombia. *Marine Ecology Progress Series*, 148, 125-134.
- Ávila E., Carballo J.L., 2009. A preliminary assessment of the invasiveness of the Indo-Pacific sponge *Chalinula nematifera* on coral communities from the tropical Eastern Pacific. *Biol. Invasions*, 11, 257-264.
- Diaz M.C., Rutzler K., 2001. Sponges: an essential component of Caribbean coral reefs. *Bulletin of Marine Science*, 69(2), 535-546.
- Duckworth A.R., Wolff C., Evans-Illidge E., Whalan S., Lui S., 2008. Spatial variability in community structure of Dictyoceratida sponge across Torres Strait, Australia. *Continental Shelf Research*, 28, 2168-2173.

- Hill M.S., 1998. Spongivory on Caribbean reefs releases corals from competition with sponges. *Oecologia*, 117, 143-150.
- López-Pérez R.A., Calderón-Aguilera L.E., Reyes-Bonilla H., Carriquiry J.D., Medina-Rosas P., Cupul-Magaña A.L., Luna-Salguero B.M., 2012. Coral communities and reefs from Guerrero, southern Mexican Pacific. *Marine Ecology*, 33(4), 407-416.
- Macdonald I.A., Perry C.T., 2003. Biological degradation of coral framework in a turbid lagoon environment, Discovery Bay, north Jamaica. *Coral Reefs*, 22(4), 523-535.
- Nava H., Ramírez-Herrera M.T., Figueroa-Camacho A.G., Villegas-Sánchez B.M., 2014. Habitat characteristics and environmental factors related to boring sponge assemblages on coral reefs near populated coastal areas on the Mexican Eastern Pacific coast. *Mar. Biodiv.*, 44, 45-44.
- Porter J.W., Targett N.M., 1988. Allelochemical interactions between sponges and corals. *Biol. Bull.*, 175(2), 230-239.
- Steindler L., Beer S., Ilan M., 2002. Photosymbiosis in intertidal and subtidal tropical sponges. *Symbiosis*, 33, 263-273.
- Stimson J., Larned S., Conklin E., 2001. Effects of herbivory, nutrient levels, and introduced algae on the distribution and abundance of the invasive macroalga *Dictyosphaeria cavernosa* in Kaneohe Bay, Hawaii. *Coral Reefs*, 19(4), 343-357.
- Suchanek T.H., Carpenter R.C., Witman J.D., Harvell C.D., 1983. Sponges as important space competitors in deep Caribbean coral communities. *En: Reaka M.L. (ed). The ecology of deep and shallow coral reef (Symposia series for Undersea Research 1). National Oceanic and Atmospheric Administration, Washington D.C., 55-60p.*
- Vega J.C., 2012. Composición y afinidades biogeográficas de esponjas (Demospongiae) asociadas a comunidades coralinas del Pacífico mexicano. Tesis de doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional. 253pp.
- Ward-Paige C.A., Risk M.J., Sherwood O.A., Jaap W.C., 2005. Clionid sponge surveys on the Florida Reef Tract suggest land-based nutrient inputs. *Marine Pollution Bulletin*, 51(5), 570-579.
- Wulff J.L., 2006. Rapid diversity and abundance decline in a Caribbean coral reef sponge community. *Biological Conservation*, 127, 167-176.



## **MACROINVERTEBRADOS (CNIDARIA Y ECHINODERMATA) DEL INTERMAREAL ROCOSO DE PLAYA TRONCONES, GUERRERO, MÉXICO**

**Conejeros Carlos\*, Vassallo Aurora\*\*, Rivas Gerardo\*\*, Solís Francisco\***

\*Laboratorio de Sistemática y Ecología de Equinodermos, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México Circuito Exterior S/N, 04510 Ciudad de México, México. \*\*Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México Circuito Exterior S/N, 04510 Ciudad de México, México. Correo electrónico: conejeros@ciencias.unam.mx

### **INTRODUCCIÓN**

Una de las características más evidentes de la biota bentónica de los intermareales rocosos tropicales es la dominancia de las algas, las cuales tienen mayores coberturas respecto a los invertebrados sésiles o vágiles. Es un hábitat favorable para el establecimiento de una gran variedad de invertebrados pues ofrece un sustrato en el que se crean espacios y microambientes que pueden ser rápidamente colonizados. Además de la complejidad estructural dada por el sustrato, posee una heterogeneidad temporal, a varias escalas, al ser un lugar sujeto a diversos cambios en las condiciones de temperatura, luz, pH, humedad y salinidad (Britton y Morton, 1989). Dentro de los grupos de animales más conspicuos en el intermareal rocoso son los cnidarios y los equinodermos, los cuales tienen un papel importante en la estructura de las comunidades bentónicas ya sea por la competencia por el espacio o por las biorrelaciones de herbivoría y depredación entre otras. En particular las anémonas tienen un gran impacto en la estructura de la comunidad de zonas intermareales rocosas, pues por su abundancia, abarcan gran parte del espacio disponible, convirtiéndose en importantes competidores (Hand y Fautin, 1988). El objetivo del presente trabajo es proveer el listado de cnidarios (antozoarios) y equinodermos de una localidad del Pacífico tropical mexicano.

### **METODOLOGÍA**

Se realizó un muestreo en el mes de abril del año en curso, en la zona intermareal de la playa rocosa de Troncones, Guerrero. La colecta de los ejemplares se realizó de forma dirigida en las plataformas rocosas y pozas de marea, durante el día en condiciones de marea baja. Los equinodermos se extrajeron manualmente y los cnidarios con ayuda de cincel y martillo, y se depositaron en recipientes plásticos para su traslado. Se tomaron fotografías de los organismos

*in situ* y se tomaron datos acerca de las características del sustrato donde se encontraban. Los organismos se anestesiaron con  $MgCl_2$  al 7%, los cnidarios se fijaron en formol al 10% en agua de mar (Häussermann, 2004) y los equinodermos en alcohol al 70% (Solís-Marín *et al.*, 2009). Posteriormente se colocaron en frascos debidamente etiquetados. Para la identificación taxonómica se usaron claves y guías especializadas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se recolectaron 24 cnidarios pertenecientes a 1 clase, 2 órdenes, 3 familias, 6 géneros y 6 especies: *Anthopleura dowii*, *Bunodosoma californicum*, *Isoaulactinia hespervolita*, *Phymactis clematis*, *Palythoa ignota* y *Zoanthus danae*; así como también se recolectaron 33 equinodermos pertenecientes a 3 clases, 5 órdenes, 8 familias, 8 géneros y 16 especies: *Ophiocoma aethiops*, *O. alexandri*, *Ophionereis annulata*, *Ophioderma panamensis*, *Ophiactis simplex*, *Diadema mexicanum*, *Echinometra vanbrunti*, *Pseudocnus californicus*, *Holothuria (Halodeima) inornata*, *H. (Lessonothuria) pardalis*, *Holothuria (Selenkothuria) carere*, *H. (S.) lubrica*, *H. (S.) portovallartensis*, *H. (Semperothuria) languens*, *H. (Thymiosycia) arenicola* y *H. (T.) impatiens*.

## CONCLUSIONES

La playa Troncones es una de las localidades del Pacífico mexicano que presenta altos valores de riqueza tanto de cnidarios como de equinodermos. Se obtuvo un total de 57 organismos distribuidos en 2 filas y 22 especies. Este es el primer inventario de cnidarios y equinodermos que se lleva a cabo en la localidad y representan de los pocos reportes georreferenciados para el Pacífico tropical mexicano.

AGRADECIMIENTOS. Agradecemos al Dr. Gerardo Rivas Lechuga de la Facultad de Ciencias de la UNAM, por su apoyo para realizar el presente estudio.

## REFERENCIAS

- Britton J.C., Morton B., 1989. Shore ecology of the Gulf of Mexico. University of Texas Press. 387pp.
- Hand C.H., Fautin D.G., 1988. Cnidarians. Encyclopedia Britannica, 16, 523-528.
- Häussermann V., 2004. Identification and taxonomy of soft-bodied hexacorals exemplified by Chilean sea anemones; including guidelines for sampling, preservation and examination. *Journal of Marine Biology Association of the United Kingdom*, 84, 931-936p.

Solís-Marín F.A., Arriaga-Ochoa J.A., Laguarda-Figueras A., Frontana-Uribe S.C., Durán-González A., 2009. *Holoturoideos (Echinodermata: Holothuroidea) del Golfo de California*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 177pp.

## **ANÁLISIS DE LA REPRODUCCIÓN DEL CHIHUIL PRIETO *Cathorops liropus* (BRISTOL, 1896), EN EL SISTEMA LAGUNAR TEACAPAN AGUA BRAVA, NAYARIT**

**Cruz-González K. A\*, Amezcua-Linares F.\***

\*Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Circuito Exterior S/N, Ciudad Universitaria. Delegación Coyoacán. Código postal 04510. Ciudad de México. Correo: biologa.karencg@gmail.com

### **INTRODUCCION**

El sistema costero-lagunar Teacapan-Agua Brava es uno de los más importantes de México, por su extensión que alcanza hasta 14,578 ha (Valdez-Hernández *et al*, 2009); así mismo, posee una elevada productividad y actividad pesquera (Ochoa *et al*, 2012). Esta última derivada de la gran riqueza biológica en la que destaca la ictiofauna con más de 76 especies, de las cuales 18 son dominantes, incluyendo a *Cathorops liropus* y *Sciades guatemalensis* que pertenecen a la familia Ariidae (Olivares, 1997), se trata de bagres marinos que se caracterizan por un modelo reproductivo especializado en el que las hembras depositan un reducido número de huevos (estrategia k) que después de la fecundación son incubados por el macho dentro de la cavidad bucal hasta el momento de la eclosión y reabsorción del saco vitelino (Amezcua y Muro-Torres, 2012). Además, *Cathorops liropus*, es considerada un eslabón ecológico importante en el control descendente de la trama trófica siendo un consumidor de segundo orden “omnívoro” (Amezcua-Linares, 2009; Froese y Pauly, 2015).

No obstante, el conocimiento que se tiene acerca de esta especie es escaso, por ello es fundamental realizar estudios biológicos y ecológicos, incluyendo aspectos reproductivos, pues serán la base para un mejor aprovechamiento y administración adecuada de esta y otras especies del sistema. Dado lo anterior, el objetivo principal de este trabajo fue analizar la reproducción y madurez gonádica del chihuil prieto *Cathorops liropus*.

### **METODOLOGIA**

La información procesada proviene de muestreos efectuados durante los meses de enero, mayo, junio, septiembre, noviembre y diciembre correspondientes a los años de 1979, 1980, 1984, 1985, 1986, 1987 y 1990. Dichos muestreos se realizaron en 17 estaciones a lo largo del sistema, en las cuales los peces se capturaron, fijaron y preservaron. Posteriormente, fueron evaluados los parámetros morfométricos (talla y peso); en seguida se diseccionaron lo que permitió discernir el sexo y extraer las gónadas e hígado.

La determinación de la etapa de madurez gonádica se realizó mediante un análisis cuantitativo y cualitativo, tomando en cuenta la escala de Hilge (1977) para especies tropicales y subtropicales (Ramos, 1995). En cuanto al hígado sólo se registró el peso.

Por otra parte, se obtuvo la estructura de tallas agrupando los datos en intervalos de 5 mm. Mientras que la relación talla-peso, se expresó como una función potencial del peso contra la talla, según la ecuación  $P = aL^b$ , donde  $P$  = peso,  $a$  = ordenada al origen y  $b$  = pendiente que representa el coeficiente alométrico. La proporción de sexos, se calculó por medio de la relación: macho/macho+hembra tanto temporal como espacialmente; siendo evaluados después por un prueba de  $\chi^2$  (Spiegel, 1976 cit. en Ramos, 1995).

En cuanto al periodo reproductivo, se estableció como aquella época donde se obtuvo el mayor porcentaje de hembras maduras (estado III) con respecto al total de hembras capturadas durante el ciclo anual, tomando en cuenta los Índices Gonadosomático y Hepatosomático.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

En lo que respecta a la madurez gonádica, los resultados mostraron que 232 individuos (44.96%) se encontraban en estadio I (juveniles), seguidos de 137 en estadio III (maduros), 82 individuos en II (en maduración) y solo 62 individuos en IV (desovados).

Para la estructura de tallas, se obtuvieron 29 clases, teniendo una longitud patrón que va de 70-217 mm, sin embargo, el 80% de los organismos se concentró en tallas medianas de 86-155mm. De acuerdo con Amezcua-Linares (2009), la talla promedio que esta especie alcanza es de 220 mm, que es superior a la registrada en la muestra.

Por su parte, en la relación talla-peso, el coeficiente de correlación lineal ( $r^2$ ) fue de 0.93, lo que indica que el peso y la talla están fuertemente relacionados en toda la muestra. Mientras que la ecuación de la relación fue:  $P = 3L^{2.936}$ , teniendo como valor del coeficiente alométrico:  $b = 2.936$  ( $b < 3$ ), lo que indica un crecimiento de tipo alométrico negativo, en el que los peces van aumentando de talla, no así de peso. Esto concuerda con lo analizado por Aragón (1989), que obtuvo una ecuación:  $P = 3L^{2.946}$ , con un  $r^2 = 0.90$  y por lo tanto, el mismo tipo decrecimiento.

Para la proporción de sexos, de un total de 516 organismos, 218 fueron machos y 248 hembras; por lo tanto la proporción fue de 1.03:0.97 (Machos:Hembras). Análogo a esto Aragón (1989) obtuvo una de 1.27:1 (M:H).

El periodo reproductivo, se estableció en los meses de mayo y junio donde se presentó casi el 80% de hembras maduras con 44.82% y 33.33% respectivamente. Sin embargo, el



Índice gonadosomático mostro la existencia de dos periodos, uno largo e intenso en mayo-junio y otro más corto en noviembre; puesto que en mayo su valor fue de 0.49%, en junio de 0.77% y en noviembre de 0.13%. De la misma forma el Índicehepatosomático, presentó estos dos periodos, ya que en los meses de noviembre (0.40%) y mayo (0.58%) se registraron los porcentajes más bajos y corresponden al inicio de dichos periodos reproductivos.

Lo anterior concuerda con Aragón (1989) quien menciona que en el mes de mayo inicia la época reproductiva según el porcentaje de hembras maduras que fue de 77% y se extiende hasta junio con un 92.5%. No obstante, González (1972) indica que *Cathorops liropus* lleva a cabo su reproducción de abril a junio, iniciándose en el mes de marzo en la misma zona. Por otro lado, Melchor-Aragón (1980) detectó que la época reproductiva ocurre en abril y mayo en el Estero de El Verde, Sinaloa.

## **CONCLUSIONES**

El 44.96% de los organismos se encontraban en estadio I, lo que correspondiente a la etapa juvenil.

Los ejemplares de la muestra fueron más pequeños comparados con la talla promedio de la especie (220 mm) dentro de un intervalo que iba de 70-217 mm; cerca del 80% se concentró en tallas medianas entre los 86-155 mm.

El peso y la talla están fuertemente relacionados en toda la muestra ( $r^2 = 0.93$ ) y el crecimiento es de tipo alométrico negativo ( $b = 2.936$ ), donde los peces van aumentando de talla, no así de peso.

La proporción de sexos (1.03:0.97), indica que por cada macho puede existir una hembra.

En un ciclo anual, existe un periodo reproductivo durante los meses de mayo y junio. No obstante, los índices muestran que pueden establecerse dos periodos: uno en mayo-junio y otro en noviembre.

**AGRADECIMIENTOS.** En especial, al Dr. Felipe Amezcua Linares, agradezco la dirección, asesoría y revisión de este trabajo de investigación. A todo el personal del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, específicamente al Laboratorio de Ictiología y Ecología Estuarina, del cual el Dr. Amezcua es Titular, por permitirme el uso de las instalaciones, el material y equipo para el desarrollo del estudio.

## REFERENCIAS

- Amezcuca F., Muro-Torres V., 2012. Biología reproductiva del bagre cominate *Occidentarius platypogon* (Pisces: Ariidae) en el sureste del golfo de California. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 40(2), 428-434.
- Amezcuca-Linares F., 2009. Peces demersales del Pacífico de México. 1<sup>ra</sup> edición. Ediciones de la noche. ICMYL-UNAM. México. 281pp.
- Aragón P.M., 1989. Biología y ecología de los peces dominantes en el sistema Teacapan-Agua Brava, Nayarit, evaluada con red de arrastre. Tesis profesional, Fac. de Ciencias, UNAM. México. 124pp.
- Froese R., Pauly D., 2015. FishBase. *Disponible en:* [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org).
- González L.I., 1972. Aspectos biológicos y distribución de algunas especies de la Familia Ariidae de las lagunas litorales del noroeste de México. Tesis profesional, Fac. de Ciencias, UNAM. México. 88pp.
- Melchor-Aragón J.M., 1980. Estudio sobre la biología y ecología de los chihuiles *Ariuscaerulea* (Günther) y *Ariusliropus* (Bristol) del estero El Verde y la laguna de Caimanero, Sinaloa (Pisces: Ariidae). Tesis profesional, IPN-CICIMAR. México. 39pp.
- Ochoa C.F., Mendoza B.E., Casarin S.R., 2012. Caracterización de los sedimentos y la hidrodinámica del subsistema litoral de Cuautla, Nayarit, México. Instituto de Ingeniería, UNAM. XXII Congreso Nacional de Hidráulica, Guerrero, México. 6pp.
- Olivares B.A., 1997. Diversidad trófica de las especies típicas de la comunidad de peces en el sistema lagunar Teacapan-Agua Brava, Nayarit, México. Tesis profesional, Fac. de Ciencias, UNAM. México. 89pp.
- Ramos P.J., 1995. Análisis de la biología y ecología de *Diapterus peruvianus* y *Diapterus aureolus* (GERREIDAE) del Pacífico Central Mexicano. Tesis profesional, Fac. de Ciencias, UNAM. México. 71pp.
- Valdez-Hernández J.I., Ruiz-Luna A., Guzmán-Arroyo M., González-Farías F., Acosta-Velázquez J. y Velázquez-Lule A.D., 2009. Caracterización del sitio de manglar Teacapan-Agua Brava-Marismas Nacionales, Sinaloa-Nayarit. Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO. México, D.F.

## **CARACTERIZACIÓN DE HÁBITATS BENTÓNICOS DEL PARQUE NACIONAL ARRECIFES DE COZUMEL: UNA COMPARACIÓN DE 11 AÑOS**

**Cruz-Vázquez Carlos\*, Rioja-Nieto Rodolfo**

Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Puerto de Abrigo, S/N, C.P. 97356, Sisal, Hunucma, Yucatán, México. \*Correo electrónico: carloscruz\_205@hotmail.com

### **INTRODUCCIÓN**

Las zonas costeras proveen de un gran número de hábitats que mantienen una alta diversidad de especies, formando ecosistemas diversos y complejos en cuanto a las interacciones intra e interespecíficas (McClanahan, 1995). El ecosistema arrecifal constituye uno de los proveedores de servicios más rentables de los ecosistemas costeros de alta biodiversidad (Moberg y Folke, 1999). En los últimos años las zonas arrecifales han sufrido modificaciones considerables como consecuencia de variaciones en el clima y las perturbaciones antropogénicas. La aplicación y uso de herramientas como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en combinación con técnicas de Percepción Remota, proporcionan una base fuerte de metodologías que permiten monitorear patrones de cambio en ellos. Los cambios progresivos en la cobertura de un hábitat permiten realizar estudios, que a menudo emplean indicadores derivados de la clasificación de imágenes satelitales, cuantificando observaciones a través del tiempo a partir de dos o más periodos (Linke *et al.*, 2009; Velázquez *et al.*, 2010).

Este trabajo pretende obtener información sobre la variación espacio-temporal de los hábitats bentónicos del Parque Nacional Arrecifes de Cozumel (PNAC) a partir de la construcción y análisis de un mapa temático histórico (año 2004) y un mapa temático reciente (año 2015) basados en la clasificación supervisada de imágenes satelitales de alta resolución. Se espera que la información obtenida sea de gran ayuda en actividades de manejo y conservación del área natural protegida (ANP).

### **METODOLOGÍA**

Se utilizaron dos escenas multispectrales (RGB) de alta resolución. Una escena obtenida del satélite IKONOS correspondiente al año 2004 (referida como histórica en adelante) y una escena del año 2015 obtenida por el satélite SPOT 7 (referida en adelante como reciente). Las escenas fueron pre-procesadas mediante correcciones geométricas,

atmosféricas, columna de agua y en el caso de la imagen del año 2015, eliminación del brillo causado por el oleaje (Lyzenga, 1981; Chávez, 1988; Green *et al.*, 2000; Hochberg *et al.*, 2003; Hedley *et al.*, 2005). Así mismo, se definió el área de interés (AOI) al eliminar las áreas que presentaban nubosidad, terrestres y con elementos que no son del interés de este estudio.

Para la caracterización de los hábitats y clasificación supervisada de la escena histórica se utilizaron 194 sitios de entrenamiento visitados en el año 2004 donde se obtuvieron datos de porcentaje de cobertura de sustratos bentónicos (arena sobre roca, arena, macroalgas, pastos marinos, coral duro, coral suave, roca, *rubble*, esponjas, arrecife). En el caso de la caracterización de los hábitats y clasificación supervisada de la escena reciente se visitaron los mismos sitios de entrenamiento para obtener datos cuantitativos del porcentaje de cobertura de los principales sustratos encontrados.

Los sitios de entrenamiento se agruparon en tipos de hábitat con base en sus porcentajes de cobertura, considerando los componentes de cobertura dominantes en orden descendiente de acuerdo con la siguiente escala:  $\leq 5$  Presencia,  $6 > \text{Baja} \leq 25$ ,  $26 > \text{Media} \leq 50$ ,  $51 > \text{Alta} \leq 75$ ,  $> 76$  Dominado.

Los sitios de entrenamiento agrupados se agregaron a las imágenes correspondientes mediante el método de siembra de píxeles para posteriormente realizar una clasificación supervisada con la regla de máxima similitud (Green *et al.*, 2000). La incertidumbre de la clasificación de los mapas temáticos obtenidos se evaluó mediante el uso de una tabla de contingencia (Congalton, 1991; Green *et al.*, 2000), calculando la precisión general, precisión de producción, precisión de utilización y coeficiente Kappa.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el año 2004, se determinaron nueve clases de hábitat (tabla 1), mientras que para el año 2015 se identificaron siete (tabla 2). En ambos casos la clasificación de los hábitats está definida por el componente dominante, así como las distintas combinaciones observadas.

En la figura 1 (a y b) se presenta una sección de los mapas temáticos obtenidos. Al evaluar la tabla de contingencia se obtuvo 80% de precisión para cada una de las imágenes.

Tabla 1. Tipos de hábitat para el año 2004 donde: Dominado es > 75% y 26 > Media ≤ 50 % de cobertura del sustrato. Entre paréntesis se presenta el número de sitios de entrenamiento que componen cada clase.

Clases 2004	
1	Arenal (13)
2	Arrecife (2)
3	Dominado por Arena y/o Macroalgas (73)
4	Dominado por Arena sobre Roca (8)
5	Dominado por Pastos Marinos (14)
6	Cobertura media de Algas y Pastos Marinos (5)
7	Dominado por Roca (9)
8	Dominado por Rubble (4)
9	Dominado por Coral Blando (4)

Tabla 2. Tipos de hábitat para el año 2015 donde: Dominado es > 75% y 26 > Media ≤ 50% de cobertura del sustrato. Entre paréntesis se presenta el número de sitios de entrenamiento que componen cada clase.

Clases 2015	
1	Arrecife (12)
2	Arenal (10)
3	Dominado por Arena (10)
4	Dominado por Macroalgas (36)
5	Dominado por Arena sobre roca (10)
6	Dominado por Pastos Marinos (4)
7	Cobertura media de Macroalgas y Pastos Marinos (11)

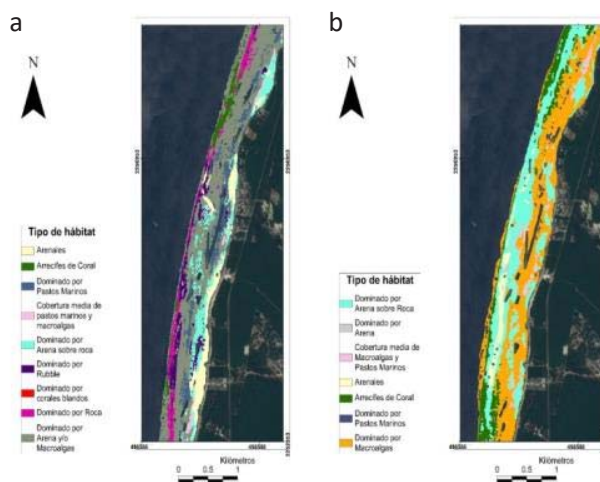


Figura 1. Mapas temáticos de los tipos de hábitats bentónicos caracterizados en el PNAC y área adyacente. a) Año 2004, b) año 2015.



## CONCLUSIONES

Los resultados forman parte de un estudio en cual se caracterizará la variación espacio-temporal del paisaje bentónico del PNAC en un periodo de 11 años y establecer si existe variación diferencial entre zonas dentro del ANP y zonas en el área adyacente sin esquema de conservación. Esta información es fundamental para el manejo y conservación adecuado de esta importante área protegida que en promedio recibe alrededor de 1,500 visitantes por día.

## REFERENCIAS

- Chavez P.S. Jr., 1996. Image-based atmospheric corrections- Revisited and improved. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62, 1025-1036.
- Congalton R.G., 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 37, 35-46.
- Green E.P., Mumby P.J., Edwards A.J., Clark C.D., 2000. Remote Sensing Handbook for Tropical Coastal Management. Paris. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- Linke J., McDermid G.J., Pape A.D., McLane A.J., Laskin D.N., Hall-Beyer M., Franklin S.E., 2009. The influence of patch-delineation mismatches on multi-temporal landscape pattern analysis. *Landscape Ecology*, 24, 157–170. <http://doi.org/10.1007/s10980-008-9290-z>.
- Lyzenga D.R., 1981. Remote sensing of bottom reflectance and water attenuation parameters in shallow water using aircraft and Landsat data. *International Journal of Remote Sensing*, 2, 71- 82.
- McClanahan T.R., 1995. A coral reef ecosystem-fisheries model: Impacts of fishing intensity and catch selection on reef structure and processes. *Ecological Modelling*, 80, 1–19. [http://doi.org/10.1016/0304-3800\(94\)00042-G](http://doi.org/10.1016/0304-3800(94)00042-G).
- Moberg F., Folke C., 1999. Ecological goods and services of coral reef ecosystems. *Ecological Economics*, 29, 215–233. [http://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00009-9](http://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00009-9).
- Velázquez A., Mas J.F., Bocco G., Palacio-Prieto J.L., 2010. Mapping land cover changes in Mexico, 1976-2000 and applications for guiding environmental management policy. *Singapore Journal of Tropical Geography*, 31, 152–162. <http://doi.org/10.1111/j.1467-9493.2010.00398.x>.

## **ASPECTOS POBLACIONALES DEL BURGAO *Cittarium pica*, (GASTROPODA: TEGULIDAE) EN EL LITORAL ROCOSO DE SANTA MARTA, MAGDALENA, COLOMBIA**

**Daza Guerra Carlos Andrés\*, Martínez Hernández Neis José\*\*.**

\*Programa de Biología, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad del Atlántico. Ciudadela Universitaria, Km 7-Vía Puerto Colombia. Barranquilla, Colombia; krlosdague@gmail.com

\*\*Grupo de Investigación Biodiversidad del Caribe colombiano. Programa de Biología, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad del Atlántico. Ciudadela Universitaria, Km 7-Vía Puerto Colombia. Barranquilla, Colombia.

### **INTRODUCCIÓN**

En Colombia actualmente, el burgao, *Cittarium pica* (Linnaeus, 1758), se está sobreexplotando a lo largo de toda la costa del Caribe Colombiano, como alimento para las comunidades locales y turistas, principalmente en ejemplares de tallas grandes (mega desovadores), poniendo en peligro la capacidad de repoblación de la especie (Osorno *et al.*, 2009). Además, su concha es empleada para la elaboración de artesanías y obtención de nácar (Osorno, 2005). Actualmente sus poblaciones naturales se encuentran amenazadas debido a la sobreexplotación de la cual son objeto (Díaz y Puyana, 1994), siendo clasificadas en la categoría de vulnerables en el Libro rojo de invertebrados marinos de Colombia (Gracia y Díaz, 2002).

En el presente trabajo se evaluaron algunos aspectos poblacionales de *C. pica* y su relación con variables ambientales y características del sustrato en los litorales rocosos de Santa Marta (Taganga, Bonito Gordo y Bahía Concha), Magdalena, Colombia.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Área de estudio: El presente estudio se realizó en tres litorales rocosos (estaciones) de las playas de Santa Marta: Bahía Concha (B.C), Bonito Gordo (B.G) y Taganga (TAG).

La estación TAG se encuentra ubicada entre los 11°16'01.13" N y 74°11'01.13" W., La estación B.G se encuentra localizada a 11°17'50.86" N y 74°10'08.01" W, mientras que B.C está a 11°18'00" N y 74°09'00" W.

Densidad y estructura de tallas: En cada estación B.C, B.G y TAG se realizaron muestreos mensuales, desde mayo hasta diciembre del 2015. En cada una de las estaciones se realizaron dos transectos lineales de 30 m en la zona intermareal del litoral rocoso. A lo largo

de este se colocó un cuadrante de 1 m<sup>2</sup>, para estimar la densidad. Las densidades estimadas fueron categorizadas de acuerdo con una clasificación de las poblaciones según Osorno (2005).

Se midió el diámetro de la base de la concha (Debrot, 1990), para establecer la estructura de tallas de la población.

Tamaño poblacional: Para cada individuo capturado en este estudio se empleó la metodología captura-marcaje-recaptura para estimar el tamaño poblacional de *C. pica*, con los estimadores de Jolly-Seber (J.S.) (1964) y Petersen (1896) descritos en Krebs (1999), utilizando el programa MARK.

Crecimiento: Con las medidas recolectadas, mediante el programa FISAT II, empleando el método ELEFAN I (Pauly y David, 1981) se determinaron los parámetros óptimos de crecimiento L<sup>∞</sup> (longitud asintótica) y K (coeficiente de crecimiento). También se calculó Rn (número de puntos positivos por los que pasa la curva).

Mortalidad: se estimó la mortalidad total (Z), la mortalidad natural (M), la mortalidad por pesca (F) y la tasa de explotación (F).

Relación con las variables ambientales: Se relacionaron las variables ambientales con las variables bióticas de la población de *C. pica* por cada estación, se aplicó la rutina *BioENV* (Biological-environmental) (Primer 5.0) (Clarke y Ainsworth, 1993). Las variables ambientales fueron cobertura de algas (C.A), temperatura (T), salinidad (Sal), pH, oxígeno disuelto (O.D) y velocidad del viento (V.V).

## RESULTADOS

Densidad y estructura de tallas: El área de estudio presentó una densidad de 4.76 Ind/m<sup>2</sup> por lo cual se cataloga dentro de la categoría intermedio. La estación que presentó mayor densidad fue B.G con 4.61 Ind/m<sup>2</sup>, seguida por B.C y por último TAG con densidades de 2.37 Ind/m<sup>2</sup> y 0.98 Ind/m<sup>2</sup> respectivamente (Figura 1a). Se observó que en todas las estaciones predominan los individuos de tallas pequeñas, siendo el valor más alto en TAG (99.57 %) y el más bajo en B.G (97.52 %) (Figura 1b).

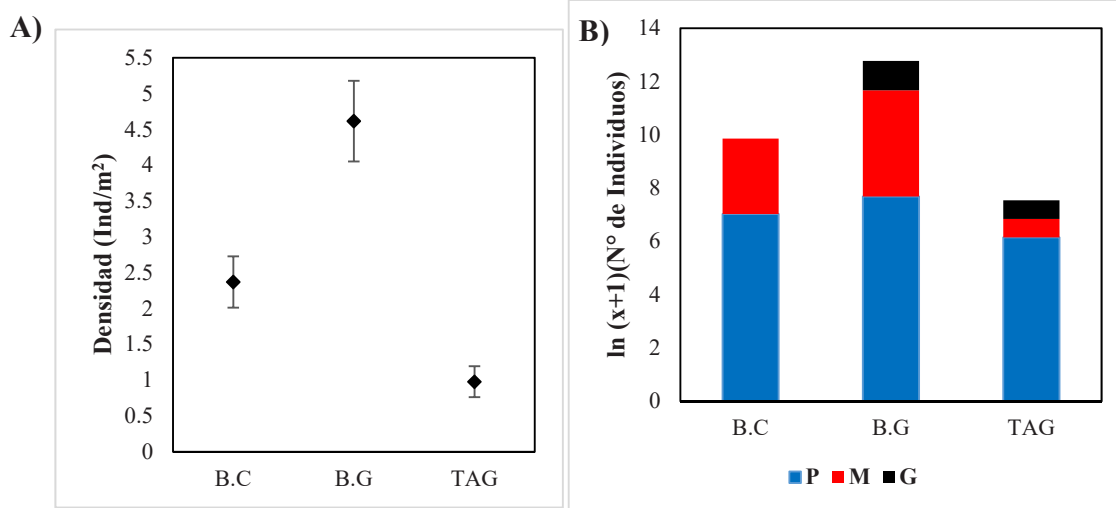


Figura 1. Densidad de *C. pica* (A) y Estructura de tallas de *C. pica* (B). P: pequeño, M: mediano, G: Grande.

**Tamaño poblacional:** Con el estimador de Jolly-Seber, tanto para el área de estudio como para las estaciones de muestreo, los tamaños poblacionales esperados fueron más cercanos a lo observado.

**Crecimiento:** Para el área de estudio se estimó una longitud asíntótica ( $L_{\infty}$ ) de 94.14 mm. Se estimó un coeficiente de crecimiento (K) de 0.32/año y el indicador de bondad de ajuste (Rn) de 0.336; así como un índice de desempeño de crecimiento ( $\emptyset'$ ) de 3.47. Teniendo en cuenta las estaciones, B.C presentó la  $L_{\infty}$  más baja (67.79 mm), pero el K más alto (0.71/año), con un Rn de 0.315 y un  $\emptyset'$  de 3.51. La estación B.G presentó la  $L_{\infty}$  más alta (94.9 mm), pero el K más bajo (0.32/año), con un Rn de 0.362 y un  $\emptyset'$  de 3.47. Por último, para la estación TAG se estimó una  $L_{\infty}$  de 82.68 mm, con un K de 0.62/año y un Rn de 0.701 y un  $\emptyset'$  de 3.63. Con estos datos se logró graficar la función de crecimiento de von Bertalanffy (Figura 2).

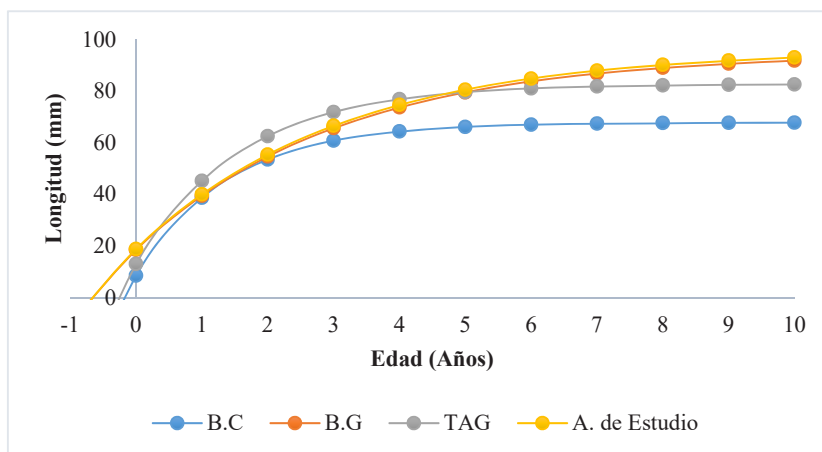


Figura 2. Curva de Crecimiento tipo Von Bertalanffy para *C. pica* en las estaciones y en el área de estudio.

Mortalidad: Para el área de estudio se estimó una mortalidad total (Z) de 1.71/año, una mortalidad natural (M) de 0.61/año y una mortalidad por captura (F) de 1.10/año, con una tasa de explotación (E) de 0.65. En la estación TAG se estimaron las tasas de mortalidad más altas siendo estas de Z = 10.70/año, M = 0.98/año y F = 9.72/año y presentó un alto valor de E (0.9). En B.G se estimaron las tasas de mortalidad más baja, con Z = 1.70/año, M = 0.61/año y F = 1.09/año, observándose la E (0.64) con el valor más bajo entre las estaciones. Por último, para B.C se estimaron las siguientes tasas de mortalidad: Z = 3.58/años, M = 1.13/año y F = 2.45/año con una E = 0.68.

Relación con las variables ambientales: se determinó que existe una relación significativa entre las variables ambientales medidas y las variables bióticas tomadas para *C. pica*. Teniendo en cuenta las tres mejores combinaciones de las seis variables ambientales, según el rango de correlación de Spearman se determinó que una sola variable (pH,  $r_s = 0.175$ ) presentó la mejor correlación con la variación de las variables bióticas para TAG. En el caso de B.G, se determinó que la mejor combinación de variables fueron T, pH y O.D ( $r_s = 0.674$ ) y por último para B.C fueron pH y V.V ( $r_s = 0.637$ ) (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis de BIOENV entre el componente biótico y el abiótico en las estaciones.

Estaciones	N. Var	Correlación	Variables Sel.
B.C	2	0,637	pH, VV
	2	0,607	T, pH
	3	0,582	T, pH, VV
B.G	3	0,674	T, pH, O.D
	4	0,669	C.A, T, pH, O.D
	2	0,651	pH, O.D
TAG	1	0.175	pH
	1	0.134	Sal
	2	0,117	C.A, Sal

## DISCUSIÓN

Las densidades estimadas para el área de estudio y para cada estación en particular son similares las estimadas para litorales rocosos donde se realiza la explotación de este recurso tanto en los litorales rocosos colombianos como en el Mar Caribe (Schmidt, 2002; Osorno, 2005). La densidad en la estación TAG es muy baja, Esto puede atribuirse a la cercanía de un asentamiento urbano culturalmente pesqueros como Taganga; que practican frecuente e intensamente la colecta de "burgao" (Osorno, 2005). Las mayores densidades en B.G, se debe a la difícil accesibilidad a la zona y a la baja intensidad de extracción de *C. pica*.



Las tasas de mortalidad natural (M), para el área de estudio y las estaciones, son superiores a la estimada por Debrot (1990) (0.83/año); lo cual se puede presentar debido a la emigración de *C. pica* a lugares pocos accesibles. Lo anterior disminuye la eficiencia de captura, comportamiento que puede sobrestimar la mortalidad natural (M) (Schmidt *et al.*, 2002). La tasa de explotación (E) en el área de estudio y en las estaciones fue superior superior a 0.5 (50%), lo cual indica sobreexplotación del recurso.

Las poblaciones *C. pica* presenta una estructura de tallas donde predominan individuos de tallas pequeñas, lo cual se debe a que la explotación de este recurso se centra principalmente en individuos de tallas grandes (Osorno *et al.*, 2009).

El crecimiento estimado para el área de estudio y B.G presento una constante de crecimiento (K) baja, lo cual estaría indicando un crecimiento lento. En caso contrario, las estaciones B.C y TAG, presentan una (K), muy grande, indicando un crecimiento acelerado, lo que puede ser debido a una longitud asintótica más baja ( $L^\infty$ ) y de esta manera se alcanza de manera más rápida el crecimiento. *C. pica* se comporta como una población abierta, debido a la duración de sus larvas planctónicas de 2.5 a 5 días (Bell, 1992); las cuales gracias al efecto del oleaje podrían realizar migración entre poblaciones cercanas.

En las combinaciones de variables ambientales que mejor explican el comportamiento de los factores bióticos, el pH se encuentra en las tres estaciones de muestreo. Esta relación puede deberse a que los pH ácidos pueden corroer y deteriorar la concha de los gasterópodos principalmente en estados juveniles (Campos y Díaz, 2007). Con los resultados obtenidos se logra evidenciar una fuerte sobreexplotación del *C. pica* en los litorales rocosos de Santa Marta, fenómeno que podría generar su desaparición en esta zona del Caribe colombiano.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Bell L., 1992. Reproduction and larval development of the West Indian topshell, *Cittarium pica* (Trochidae), in the Bahamas. *Bull. Mar. Sci.*, 51(2), 250-266.
- Campos B., Díaz P., 2007. Distribución y abundancia de larvas de Molluscos, Gasterópodos y bivalvos en fiordos y canales del sur de Chile. *Cienc. Tecnol. Mar.*, 30(1), 115-132.
- Clarke K., Ainsworth M., 1993. A method of linking multivariate community structure to environmental variables. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 92(3), 205-219.
- Debrot A., 1990. Temporal aspects of population dynamics and dispersal behavior of the West Indian Top Shell, *Cittarium Pica* (L.), at selected sites in the Exuma Cays, Bahamas. *Bull. Mar. Sci.*, 47(2), 431-437.

- Díaz J., Puyana M., 1994. Moluscos del Caribe Colombiano, Un catálogo ilustrado. 1ª ed. Bogotá, COLCIENCIAS, Fundación Natura, INVEMAR. 291p.
- Gracia A., Díaz J., 2002. *Cittarium pica*. En: Ardila N., Navas G., Reyes J., (Ed.). Libro rojo de invertebrados marinos de Colombia. INVEMAR, Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá. 69-70 p.
- Krebs C., 1999. Ecological methodology. 2ª ed. Menlo Park, Addison Welsey Longman. 607pp.
- Osorno A., 2005. Bioecología de la 'cigua' o 'burgao' *Cittarium pica* (Linnaeus, 1758) (Mollusca: Gastropoda: Trochidae) en la costa continental del Caribe colombiano. Santa Marta. Trabajo de grado de pregrado. Bogotá-Colombia, Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Ciencias Naturales. 140pp.
- Osorno A., Gil y Gómez L., 2009. Plan de Investigación para la Conservación de *Cittarium pica* (Linnaeus, 1758). Santa Marta, INVEMAR. 72pp.
- Pauly D., David N., 1981. ELEFANT I. a BASIC. Program for the objective extracción of growth parameters from length frecuency data. *Mecreforschung*, 28(4), 205–211.
- Schmidt S., Wolff M., Vargas J.A., 2002. Population ecology and fishery of *Cittarium pica*. *Rev. Biol. Trop.*, 50, 3-4.

**RESULTADOS PRELIMINARES SOBRE LA TAXONOMÍA DE LAS ESPECIES DE LA FAMILIA BENTHOPECTINIDAE (ECHINODERMATA: ASTEROIDEA) DEL GOLFO DE MÉXICO, RESGUARDADAS EN LA COLECCIÓN NACIONAL DE EQUINODERMOS “DRA. MA. E. CASO M.”, ICML, UNAM.**

**De los Palos Peña Magdalena\*, Durán González Alicia\*, Solís Marín Francisco Alonso\***

\*Laboratorio de Sistemática y Ecología de Equinodermos, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICML), Universidad Nacional Autónoma de México. (UNAM). Ciudad de México, 04510; México; mdelospalos@ciencias.unam.mx

La clase Asteroidea es una de las más diversas dentro del Phylum Echinodermata incluyendo actualmente 2,100 especies (Pawson, 2007). Está conformada por organismos principalmente bentónicos que se encuentran en todos los mares del mundo, desde la zona internareal hasta las zonas abisales. En general, tienen el cuerpo en forma estelada, un disco y brazos que pueden variar en número de 5 hasta más de 50 (Hendler *et al.*, 1995). Los caracteres morfológicos de importancia taxonómica en la clase Asteroidea incluyen la forma y ornamentación del disco, la forma y disposición de los pies ambulacrales, la organización de las áreas papulares, la forma de las placas abactinales, presencia y ornamentación de placas marginales, forma de los pedicelarios y las placas orales, la disposición de las placas actinales, el número de brazos, coloración, forma y número de las espinas subambulacrales y adambulacrales (Benavides *et al.*, 2011). La Familia Benthoplectinidae se caracteriza por tener un único par de bandas musculares sobre los brazos flexibles y presentan un disco pequeño y brazos alargados que terminan en punta y tienen placas marginales largas y espinosas (Downey, 1973). El objetivo de este trabajo es realizar una descripción taxonómica e inventario fotográfico que ilustre las estructuras morfológicas de valor taxonómico de cada una de las especies de la familia Benthoplectinidae registradas para las aguas mexicanas del Golfo de México, de ejemplares depositados en la Colección Nacional de Equinodermos (CNE) “Dra. María Elena Caso Muñoz” del ICML, UNAM.

Los ejemplares de la familia Benthoplectinidae que se encuentran depositados en la CNE han sido recolectados a lo largo del tiempo mediante el B/O “Justo Sierra” de la UNAM durante las campañas ARCOMM-1, BATO1, PROB-MEX II, PROIBE IV, SIGSBEE6, SIGSBEE7, BIOREPES1, BIOREPES2, BIOREPES3, COBERPES, COBERPES2B, COBERPES3, COBERPES4, COBERPES5 y SOGOM de 1986 a 2015 realizadas en el Golfo de México, cubriendo las zonas de distribución de las especies. Para la realización de este trabajo, se

revisará un total de 308 ejemplares de las cinco especies registradas para el Golfo de México depositados en la Colección Nacional de Equinodermos "Dra. M.E. Caso M." del Instituto de Ciencias del mar y Limnología (ICML), de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) utilizando un microscopio estereoscópico marca Olympus® SZX7. Se tomarán muestras de los ejemplares de las estructuras de importancia taxonómica como placas, espinas y pedicelarios y se tomarán fotografías en el Laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido en el Instituto de Biología (IB), UNAM. Además, se tomarán fotografías del organismo completo (superficie actinal y abactinal). Cada una de las especies revisadas tendrá información sobre: sinonimias, diagnosis, tallas, material tipo, localidad tipo, material examinado, distribución geográfica y distribución batimétrica.

Hasta el momento se ha revisado un total de 146 ejemplares pertenecientes a dos géneros, tres subgéneros y cinco especies de la familia Benthoplectinidae registradas para las aguas mexicanas del Golfo de México. Los ejemplares se encuentran distribuidos en 21 localidades muestreadas en las 15 campañas oceanográficas antes mencionadas. Se ha realizado la descripción de dos de las cinco especies y se han tomado fotografías macroscópicas de las cinco especies.

Por su naturaleza, el mar profundo es poco accesible, por tanto, la fauna asociada al mismo ha permanecido sin estudiar durante mucho tiempo. La Familia Benthoplectinidae, siendo una familia de estrellas de mar casi estrictamente de profundidad, ha sido poco estudiada desde su descripción por Verrill en 1894. En el Golfo de México se han registrado sólo cinco especies para las aguas mexicanas. Es importante mencionar que sólo una de esas cinco especies (*Cheiraster (Cheiraster) planus*) es muy común y se ha recolectado en casi todos los muestreos en diversas localidades y dos de ellas son raras, por el número de apariciones en los mismos. Las especies de las cuales se han revisado ejemplares y realizada descripción hasta el momento, son precisamente aquellas que se consideran raras, que es el caso de *Cheiraster (Christopheraster) blakei* y *Benthopecten simplex simplex*. En 1992, Clark y Downey discutieron la posición de ciertos géneros de la familia y los redujeron a subgéneros debido a características consistentes principalmente en las placas súper marginales. Dentro de los subgéneros descritos en ese momento se encuentra el subgénero *Christopheraster* que se distingue por la forma doble de las áreas papulares sin un poro medio primario. Los ejemplares hasta ahora revisados son consistentes con las claves de identificación con la única peculiaridad de presentar espinas aisladas al centro del disco y no en toda su superficie. Para el caso de *Benthopecten simplex simplex*, en el mismo trabajo se discute uno de los problemas taxonómicos de esta especie que

es la sinonimia con *Pararchaster armatus* y su característica principal de presentar espínulas en las placas abactinales proximales, lo que la convierte en subespecie de *B. simplex*. El Golfo de México es la localidad tipo de esta subespecie y el ejemplar revisado en la CNE ejemplifica las espínulas en las placas abactinales.

La revisión de los ejemplares de la familia Benthoplectinidae que se encuentran depositados en la CNE aporta al estado de conocimiento de los equinodermos y de la fauna en general de los ambientes de profundidad en el Golfo de México. La presencia de las especies en determinadas localidades con base en los muestreos realizados por el B/O "Justo Sierra" brinda información sobre la distribución de las especies en el Golfo de México. Una vez completado el estudio será posible tener información adicional sobre los ejemplares pertenecientes a la familia Benthoplectinidae del Golfo de México y sus diferencias y semejanzas con lo reportado previamente para cada especie.

## REFERENCIAS

- Benavides-Serrato M., Borrero-Pérez G.H., Díaz-Sánchez C.M., 2011. Equinodermos del Caribe colombiano I: Crinoidea, Asteroidea y Ophiuroidea. Serie de Publicaciones Especiales de Invemar 22. Santa Marta. 19-23 p.
- Clark A.M., Downey M.E., 1992. *Starfishes of the Atlantic*. Natural History Museum Publications. Identification Guide 3. Chapman and Hall, London, U.K. 779 pp.
- Downey M.E., 1973. Starfishes from the Caribbean and the Gulf of México. *Smithsonian Contributions Zoology*, 126, 113-142.
- Hendler G., Miller J.E., Pawson D.L., Kier P.M., (eds). 1995. Sea stars, sea urchins, and allies. Echinoderms of Florida and the Caribbean. Smithsonian Institution Press. Washington, EUA, 390 pp.
- Pawson D., 2007. Phylum Echinodermata. *En*: Zhang, Z.-Q., Shear, W.A. (eds.). Linnaeus Tercentenary: Progress in Invertebrate Taxonomy. *Zool.*, 534, 1-12.



## ECOFISIOLOGÍA INTER-ESPECÍFICA DE LOS CORALES *Pocillopora* (SCLERACTINIA) EN LAS COSTAS DEL ESTADO DE COLIMA, MÉXICO

**Delgadillo-Nuño M. Alejandro\***, **Liñán-Cabello Marco A.\*\***, **Justel Diez Maider\*\*\***,  
**Galindo Sánchez Clara\*\*\***, **Díaz Herrera Fernando\*\*\***, **Batta Lona Paola\*\*\***,  
**Carpizo-Iltuarte Eugenio J.\***

\*Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California, Carretera Transpeninsular Ensenada-Tijuana No. 3917, Fraccionamiento Playitas, Ensenada CP 22860, Baja California, México. E-mail: alejandro.delgadillo@uabc.edu.mx \*\*Cuerpo Académico de Biotecnología Acuática. Universidad de Colima. \*\*\*Departamento de Biotecnología Marina, Cicese. Carretera Ensenada-Tijuana No. 3918, Zona Playitas, C.P. 22860, Ensenada, B.C. México.

### INTRODUCCIÓN

Los corales del género *Pocillopora* son los principales constructores de arrecifes en las costas del Pacífico Mexicano, siendo *P. damicornis*, *P. verrucosa* y *P. capitata* las especies más abundantes en la costa de Colima (Reyes-Bonilla *et al.*, 2013). A pesar de haber sido severamente afectados por los eventos de blanqueamiento masivo de las últimas tres décadas (Carriquiry *et al.*, 2001; Reyes-Bonilla 2002), estos corales siguen siendo bastante saludables y los experimentos en laboratorio han demostrado que el género *Pocillopora* posee una gran plasticidad fisiológica para tolerar diversos estresores ambientales y en particular las crecientes variaciones en la temperatura del agua de mar (Delgadillo-Nuño *et al.*, 2014, Rodríguez-Troncoso *et al.*, 2014). En la actualidad, no existe información que señale si existen diferencias fisiológicas inter-específicas dentro del género *Pocillopora* en el Pacífico Mexicano, que nos permitan identificar si alguna de estas tres especies presenta un repertorio fisiológico más apto para responder a los cambios ambientales crecientes en el océano.

**Objetivo.** El presente trabajo permitió determinar diferencias en la fisiología coralina, mediante el uso de índices del metabolismo y fotosíntesis, de las tres especies de *Pocillopora* más comunes y abundantes en el Pacífico Mexicano.

### METODOLOGÍA

En mayo de 2016, se realizó una expedición de campo al arrecife de Carrizales, en la costa de Colima, México. Se recolectaron 36 muestras de coral mediante buceo autónomo, se realizó la extracción de ácidos nucleicos y pigmentos fotosintéticos en laboratorio y se

calcularon los valores del índice ARN/ADN, un proxy de la transcripción de ARN total (Mayfield *et al.*, 2016); y el índice Clorofila/Carotenoides, un proxy de los mecanismos de fotoaclimatación (Liñán-Cabello *et al.*, 2006).

## **RESULTADOS, DISCUSIONES Y CONCLUSIONES**

*P. damicornis* presentó una mayor transcripción de ARNtotal, y a su vez una mayor concentración de clorofila en relación con la concentración de carotenoides totales. Estos resultados fueron significativamente distintos para *P. verrucosa*, la cual presentó una menor transcripción de ARN total y concentraciones similares de clorofila y carotenoides totales. Por último, la tercera especie estudiada, *P. capitata*, se situó en un estado intermedio, sin diferencias significativas con respecto a transcripción de ARN total de *P. damicornis* y *P. verrucosa*. No obstante, presentó los mayores valores de carotenoides totales, en función de la clorofila. Aunque los valores de los índices fueron similares a los documentados anteriormente para estas poblaciones de coral, las diferencias en los mismos sugieren distintos mecanismos potenciales de respuesta al mal estado de estos corales como resultado del estrés ambiental (Liñán-Cabello *et al.*, 2006). Además, los resultados sugieren cierta relación entre la ecofisiología coralina y la abundancia y cobertura relativa de las tres especies, para el arrecife de Carrizales; en este arrecife, *P. verrucosa* es la especie más abundante y alcanza las mayores coberturas; 60% mayores que *P. capitata* y 90% que *P. damicornis* (Reyes-Bonilla *et al.*, 2013). Nuestros resultados indican que el índice de ARN/ADN y el índice clorofila/carotenoides pueden ser utilizados como biomarcadores accesibles para la rápida evaluación de la fisiología coralina y contribuyen al estudio de la ecología molecular del arrecife de Carrizales y del Pacífico Mexicano. Estos elementos moleculares, integrados a estudios de manejo y conservación, nos permitirán visualizar los posibles patrones de respuesta de las comunidades coralinas de acuerdo a su composición y diversidad de especies y detectar áreas particularmente sensibles al cambio global en el océano.

**AGRADECIMIENTOS.** Este estudio fue financiado en parte por CONACYT (Proyecto N° 181597). Agradecemos la colaboración de Joel Bracamontes, Erick Delgadillo y muchos otros alumnos de la Universidad de Colima que ayudaron en el trabajo de campo.

**REFERENCIAS**

- Carriquiry J.D. *et al.*, 2001. Coral bleaching and mortality in the Mexican Pacific during the 1997-98 El Niño and prediction from a remote sensing approach. *Bulletin of Marine Science*, 69(1), 237-249.
- Delgadillo-Nuño M.A. *et al.*, 2014. Response to pH stress in the reef-building coral *Pocillopora capitata* (Anthozoa: Scleractinia). *Revista de biología marina y oceanografía*, 49(3), 449-459.
- Liñán-Cabello L.C. *et al.*, 2006. Correlation of chlorophyll a and total carotenoid concentrations with coral bleaching from locations on the Pacific coast of Mexico. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 39(4), 279-291.
- Mayfield A.B. *et al.*, 2016. Multivariate statistical approaches for uncovering spatio-temporal and treatment-derived differences in the molecular physiology of a model coral-dinoflagellate mutualism: a meta-analysis. *Peer J Preprints*, 4, e2200v1.
- Reyes-Bonilla H., 2002. Effects of the El Niño-Southern Oscillation and the anti-El Niño event (1997-1999) on coral reefs of the western coast of Mexico. *Coral Reefs*, 21(4), 368-372.
- Reyes-Bonilla H. *et al.*, 2013. Estructura comunitaria de corales zooxantelados (Anthozoa: Scleractinia) en el arrecife coralino de Carrizales, Pacífico Mexicano. *Revista de Biología Tropical*, 61(2), 583-594.
- Rodríguez-Troncoso A.P. *et al.*, 2014. The effects of an abnormal decrease in temperature on the Eastern Pacific reef-building coral *Pocillopora verrucosa*. *Marine Biology*, 161(1), 131-139.

## EL IMPACTO DE LA ACIDIFICACIÓN DEL OCÉANO EN ORGANISMOS CALCIFICADORES DE LA FAMILIA SERPULIDAE

Díaz-Castañeda V.\*, Gazeau F.\*\*, Cox E.\*\*, Delille J., Gattuso J.P.\*\*

\*CICESE Department of Marine Ecology, Ensenada, Baja California. México. \*\*LOV CNRS and Université Pierre & Marie Curie Paris 6. E-mail: vidiaz@cicese.mx

### INTRODUCCIÓN

El incremento de emisiones de bióxido de carbono a la atmósfera a partir de la revolución industrial ha provocado cambios en la química del agua marina debido a que los océanos absorben una parte del CO<sub>2</sub> y se produce un aumento en la concentración de H<sup>+</sup>, a este fenómeno se le conoce como acidificación del océano (AO). Diversos estudios han mostrado que la acidificación del océano tendrá consecuencias importantes en la biodiversidad marina y las funciones ecosistémicas (Fabry *et al.*, 2008; Goldbold y Calosi, 2013).

Las estimaciones de las futuras concentraciones de CO<sub>2</sub> atmosférico efectuadas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) y basadas en las emisiones actuales indican que se rebasará la concentración.

Experimentos usando diferentes concentraciones pCO<sub>2</sub> han mostrado efectos adversos de la AO para una amplia variedad de organismos marinos (Porzio *et al.*, 2011; Crim *et al.*, 2011; Chan *et al.*, 2013). Los organismos calcificadores, aquellos que producen tubos y conchas de carbonato de calcio (calcita o aragonita) se espera que sean los más afectados ya que la AO reduce la calcificación. El objetivo de la presente investigación fue el efecto de la acidificación del océano en el crecimiento de los tubos calcáreos producidos por los poliquetos serpúlidos *Spirobranchus triqueter* y *Spirorbis spirorbis*, así como analizar si se presenta adaptación en la segunda generación de *S. triqueter*.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Se examinó el efecto de tres niveles de pCO<sub>2</sub> que corresponden a pH de 7.4, 7.8 y 8.1 en el crecimiento de los tubos de *S. triqueter* y *S. spirorbis*. Los organismos se aclimataron y marcaron con calceína durante 72 h y se mantuvieron durante 90 y 30 días respectivamente en experimentación. Los tanques tenían llegada constante de agua de mar y el pH se mantenía con un sistema pH Stat que burbujeaba CO<sub>2</sub> puro y ajustaba automáticamente el pH deseado.

Los poliquetos se fotografiaron usando el microscopio estereoscópico y el de epifluorescencia. El crecimiento del tubo se midió a partir de la marca de calceína usando el programa Imagen J.

## RESULTADOS

A los 90 del crecimiento promedio de los tubos de *S. triqueter* en pH 8.1, 7.8 y 7.4 fue de  $8.49 \pm 2.85$  mm,  $6.26 \pm 4.04$  mm, y  $1.77 \pm 1.88$  mm respectivamente. En pH 7.4 el crecimiento estuvo afectado significativamente (ANOVA,  $p < 0.001$ ).

A los 30 d en tratamiento, para *S. spirorbis* el promedio de nuevo tubo formado fue de  $0.42$  mm d<sup>-1</sup> en el control a pH<sub>T</sub> 8.1,  $0.27$  mm d<sup>-1</sup> en pH<sub>T</sub> 7.8 y  $0.14$  mm d<sup>-1</sup> en pH<sub>T</sub> 7.4. Los análisis estadísticos muestran que el crecimiento de los tubos de *Spirorbis* sp se vio afectado de manera negativamente en pH<sub>T</sub> 7.4 y 7.8.

Los resultados muestran que a pH de 7.4 y 7.8 no altera la metamorfosis y asentamiento de la segunda generación de *S. triqueter* obtenida en el laboratorio y cuyos progenitores estuvieron 45 d en los tratamientos de pH 7.4, 7.8 y 8.1.

## CONCLUSIONES

Este estudio muestra que la AO puede afectar a los serpúlidos calcificadores al reducir su capacidad de calcificación y de mantener la integridad de su tubo que los protege de depredadores. El pH de 7.4 y 7.8 no impidió la metamorfosis y asentamiento de las larvas del poliqueto serpúlido *S. triqueter*. Se presenta información que contribuye a predecir los impactos de la acidificación del océano en los animales bénticos calcificadores.

## BIBLIOGRAFÍA

- Chan V.C.Li, lane A., Wang Y., Lu X., Shih K., Zhang T., Thiyagarajan V., 2012. CO<sub>2</sub>-driven ocean acidification alters and weakens integrity of the calcareous tubes produced by the serpulid tubeworm, *Hydroides elegans*. *PLoS One*, 7(8), e42718.
- Crim R.N., Sunday J.M., Harley C.D.G., 2011. Elevated seawater CO<sub>2</sub> concentrations impair larval development and reduce larval survival in endangered northern abalone (*Haliotis kamtschatkana*). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 400, 272–277.
- Fabry V.J., Seibel B.A., Feely R.A., Orr J.C., 2008. Impacts of ocean acidification on marine fauna and ecosystem processes. *ICES Journal of Marine Science*, 65, 414–432.



Goldbold J., Calosi P., 2013. Ocean acidification and climate change: advances in ecology and evolution. *Philos. Trans. R. Soc. B*, 368, 20120448.

Porzio L., Buia M., Hall-Spencer J., 2011. Effects of ocean acidification on macroalgal communities. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 400, 278-287.

## RESULTADOS PRELIMINARES EN LA COLONIZACIÓN DE UN ARRECIFE ARTIFICIAL EN BAHÍA EL DESCANSO, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Díaz-Castañeda Victoria\*, Kuk-Dzul José G., Gómez-Toledo Josué A.

\*CICESE, Departamento de Ecología, Carretera Ensenada - Tijuana 3918, C.P. 22860, Ensenada, Baja California, México. Correo electrónico: vidiaz@cicese.mx

### INTRODUCCIÓN

Los Arrecifes Artificiales (AA) son estructuras sumergidas en el ambiente acuático, con la finalidad de enriquecer las poblaciones de peces locales y otras especies marinas para actividades recreativas o pesca comercial (Svane y Petersen, 2001). Además, se han utilizado como medida de mitigación para la recuperación de los bosques de sargazo en el sur de California (Deysher *et al.*, 2002). Estas estructuras generan nuevos nichos ecológicos, las cuales son colonizadas por algunos organismos acuáticos como invertebrados. Para la creación de los AA se han utilizado diferentes materiales y formas de estructuras; por ejemplo, cilindros de concreto y embarcaciones. El proceso de colonización comienza al poco tiempo del hundimiento de los AA, se desarrolla un filme bacterio-algal que permite la llegada de otros organismos. El objetivo del trabajo es estudiar el proceso de colonización de los macroinvertebrados bentónicos asociados al casco del barco "Uribe 121" en Bahía El Descanso, Baja California, México.

### METODOLOGÍA

Un total de 90 placas de acero (15 cm x 15 cm = 450 cm<sup>2</sup>), cortadas del casco del buque Uribe-121, fueron colocadas el 3 de marzo del 2016 en el mismo buque que se hundido el 21 de noviembre de 2015. 45 placas fueron colocadas en la zona somera a 13 m y 45 placas en la zona profunda a 22 m. Las placas fueron colocadas verticalmente mediante una cuerda de nylon y sujetadas con piola de seda, estas estuvieron separadas a 35 cm cada una.

Durante abril y mayo se colectaron dos placas a cada profundidad por buceo autónomo y también se colectaron muestras del casco del barco (2 raspados de cuadrantes de 15 cm x 15 cm = 450 cm<sup>2</sup>). Las placas y las muestras del casco fueron colocadas en bolsas de ziploc, las cuales fueron preservadas en una hielera a 5°C y transportadas al laboratorio de bentos de CICESE.

Las placas fueron fotografiadas y los organismos colectados y en conjunto con el agua de mar fueron tamizados con malla de 0.5 mm, las muestras del raspado del casco también fueron tamizadas. El material retenido en el tamiz fue colocado en frascos con una solución relajante de  $MgSO_4$ , después de 15 min se fijaron con formol al 5% neutralizado con borato de sodio. Posteriormente el material biológico fue lavado con agua corriente para eliminar el formol y la muestra preservada en una solución de etanol al 70%. Los invertebrados fueron separados e identificados a nivel de especies en la medida de lo posible.

## RESULTADOS

De las placas y las muestras del casco se colectaron un total de 1962 individuos que comprenden 3 phyla y 35 taxa. El 68% de los individuos colectados provienen de las muestras del casco y el 32% de las placas. El grupo de los anfípodos fue el más abundante con un total de 1703 individuos, lo cual representa el 87% de los organismos colectados. La familia Ischyroceridae (géneros *Jassa* y *Erichthonius*) con 754 individuos seguidos de la familia Caprellidae (*Perotripus*) con 554 individuos. *Perotripus* sp presentó una mayor abundancia con respecto a los géneros *Jassa* y *Erichthonius* pues el primero tiene un total de 554 individuos, mientras que los géneros *Jassa* y *Erichthonius* tienen 214 y 430 individuos respectivamente.

En las muestras del casco del barco se encontraron hidrozoarios del género *Ectopleura*. Las cuales de acuerdo con las fotografías previas realizadas por buzos mostraron coberturas muy abundantes en el barco con apenas tres meses de inmersión. Pero también se encontraron otros organismos como anfípodos (*Perotripus* sp., *Erichthonius rubricornis* y *Metopa* cf. *dawsoni*), moluscos bivalvos (*Entodesma* sp., *Geukensia* sp., y *Lectopecten camerella*), nudibranchios (*Hermisenda crassicornis*), y poliquetos (*Nereis* sp, *Platynereis* sp., *Sabellaria* sp y *Chone gracilis*). Por otra parte, en las placas dominaron los anfípodos de la familia Ischyroceridae (*Jassa* sp. y *Erichthonius rubricornis*). La alta dominancia de anfípodos se vio favorecida con establecimiento de diatomeas y algas filamentosas en las placas, ya que les proveen alimento y refugio.

La abundancia y la riqueza de especies en las placas aumento de abril a mayo. Este patrón solo se observó con la riqueza de especies en las muestras del casco no así con la abundancia, lo anterior se debe probablemente a que solo se pudo colectar una muestra del casco en el mes de mayo. El papel de las algas y crustáceos durante la formación de un arrecife artificial ya ha sido documentado (Buckley y Hueckel 1985); así como la dominancia de los anfípodos en arrecifes artificiales comparados a los arrecifes naturales (Page *et al.*, 2007).

## CONCLUSIONES

El proceso de colonización de invertebrados en el casco del buque Uribe-121 está avanzado durante los cinco meses que lleva sumergido, lo que se corrobora con un incremento progresivo de la abundancia de organismos en las placas, así como una mayor diversidad de especies. El estudio muestra que los primeros colonizadores del arrecife artificial en Bahía el Descanso son crustáceos: anfípodos de los géneros *Jassa*, *Erichtonius* y *Perotripus*. El monitoreo de los invertebrados sésiles es importante ya que son parte de la cadena trófica, lo cual ayuda a incrementar la diversidad de otros organismos mayores como los peces.

AGRADECIMIENTOS. A la Asociación de buzos Baja California Divers A. C. México, en especial a Francisco Javier Ussel Heredia, Enrique Guerrero, Roberto Calderón. Se agradece a CONACYT por la beca posdoctoral otorgada a JKD.

## REFERENCIAS

- Buckley R.M., Hueckel G.J., 1985. Biological processes and ecological development on an artificial reef in Puget Sound, Washington. *Bulletin of Marine Science*, 37(1), 50-69.
- Deysher L.E., Dean T.A., Grove R.S., Jahn A., 2002. Design considerations for an artificial reef to grow giant kelp (*Macrocystis pyrifera*) in southern California. *ICES Journal of Marine Sciences*, 59, S201-S207.
- Murtaugh M.P., Hernández L., 2014. Inventario de la macro-fauna reclutada sobre sustrato artificial suspendido en bahía Concepción, Baja California Sur, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 402-413.
- Page H.M., Dugan J.E., Schroeder D.M., Nishimoto M.M., Love M.S., Hoesterey J.C., 2007. Trophic links and condition of a temperate reef fish: comparison among offshore oil platform and natural reef habitats. *Marine Ecology Progress Series*, 344, 245-256.

## **LECTINA, UNA MOLECULA QUE PROMETE: CARACTERIZACIÓN DE UNA LECTINA EN EL ERIZO DE MAR *Astropyga pulvinata* (LAMARCK 1816)**

**Diupotex-Chong M.E.\*, Solís-Marín F. A., Hernández-Santoyo A.**

\*Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM Circuito Exterior s/n CP 04510 Ciudad Universitaria, CDMX. Correo electrónico:medc@cmarl.unam.mx

### **INTRODUCCIÓN**

Las lectinas están ampliamente distribuidas en la naturaleza, tanto dentro del reino vegetal (donde primero se estudiaron), como dentro del reino animal. Los invertebrados marinos carecen de un sistema de defensa adaptativa; por lo tanto, una respuesta inmune se basa principalmente en componentes celulares tales como hemocitos y proteínas que son parte de un componente humoral.

Las lectinas desempeñan un papel importante en la defensa de los organismos, ya que tienen la capacidad de reconocer algunos antígenos tales como LPS (lipo-polisacáridos), llevando a cabo la aglutinación y la hemólisis, el objetivo de nuestro estudio es el caracterizar la lectina presente en un erizo de mar *Astropyga pulvinata*.

En este trabajo se reporta el aislamiento así como las propiedades estructurales y funcionales de una lectina en el erizo de mar, *Astropiga pulvinata*.

### **METODOLOGÍA**

1-Se realiza en primera instancia, una extracción de tejido gonádico de un ejemplar de erizo de mar *A. pulvinata*, bajo condiciones estériles, se incubó a 4°C por 24 horas.

2-La purificación se realiza en galactosa- agarosa por cromatografía, con los siguientes procedimientos:

-Análisis MALDI-TOF, ensayo de hemaglutinación,

-La muestra de lectina fue diluida en serie con 0.01M PBS en 96 microlitros, a micro-titulación.

3-Bajo ensayos de inhibición de la hemaglutinación se realizó la dilución a un 50% mono y oligosacáridos.

4-A pH 6 y temperatura óptima



5-La estabilidad funcional, se diferenció por fluorimetría usando (SYPRO ORANGE como indicador)

6-La estabilidad estructural se diferenció por escaneo de fluorimetría (SYPRO ORANGE como indicador)

7-La estructura secundaria se detectó por dicroísmo.

## RESULTADOS



Figura 1. Erizo de mar *Astropyga pulvinata* (Lamarck, 1816)

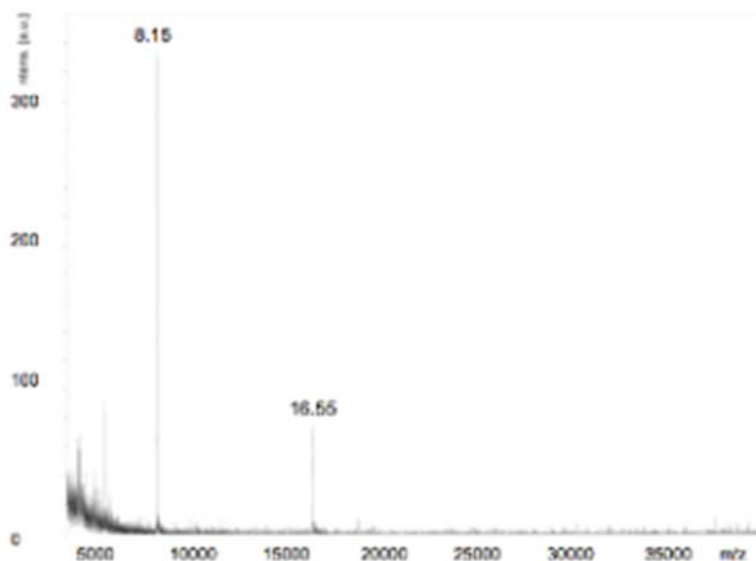


Figura 2. Purificación de la lectina.

La lectina fue purificada en un solo paso por afinidad cromatográfica, usando medio galactosa- agarosa, Asistida por láser de espectro de masas.

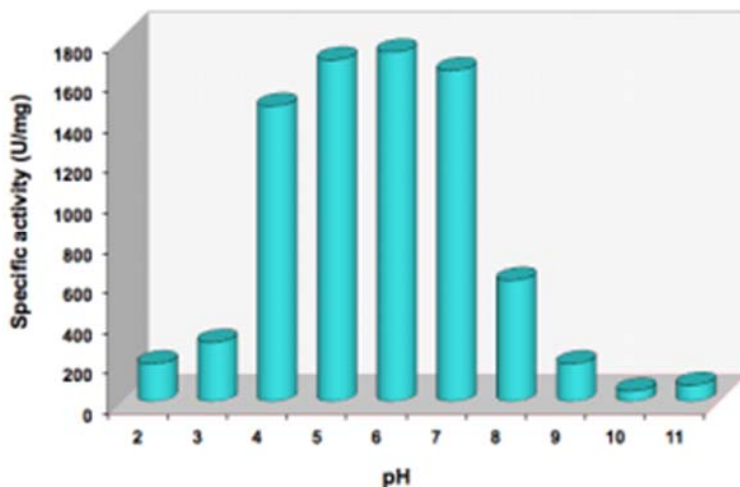


Figura 3. Efecto de pH y temperatura (actividad de la lectina) en *Astropyga pulvinata*

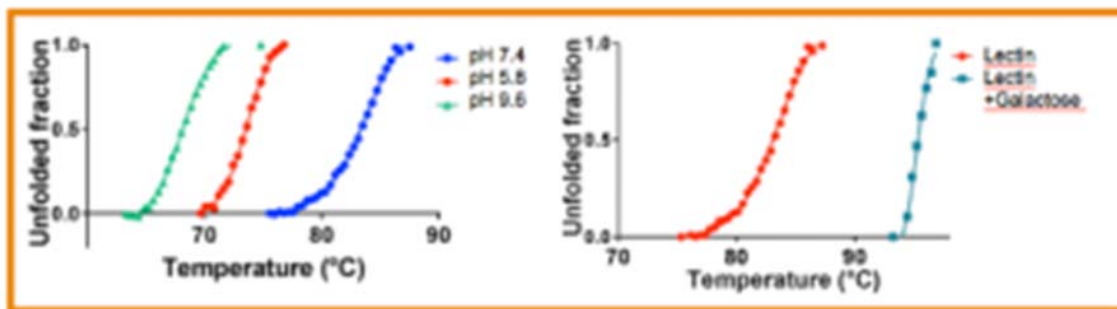


Figura 4. Estabilidad estructural

Efecto de pH unido a la estabilidad térmica de la lectina, fue estimado por escaneo de fluorometría diferencial.

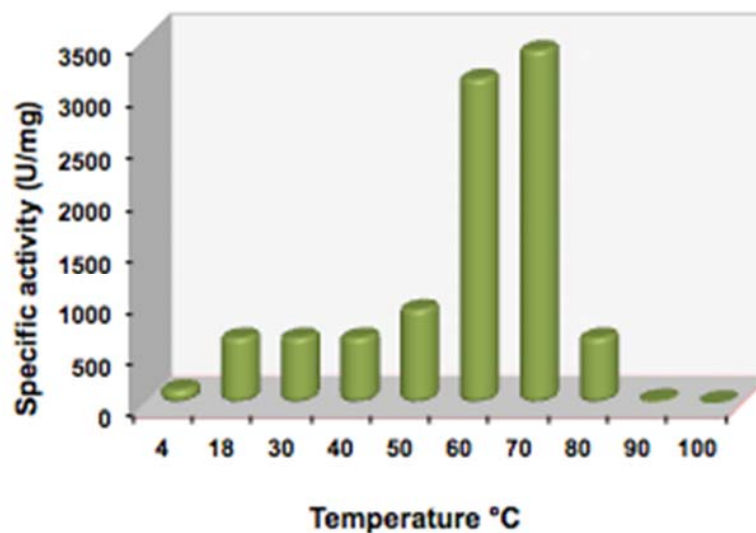


Figura 5. Estabilidad funcional

La actividad de la lectina incubada por una hora en *Astropyga pulvinata* presento condiciones óptimas a pH 6.5 y a 37°C.

## CONCLUSIONES

- En *Astropyga pulvinata* la lectina se purificó en un solo paso por cromatografía, esta proteína consiste de una cadena única de polipéptido presenta una masa molecular relativa de 8.15 kDa
- La lectina fue inhibida por galactosa y rafinosa
- La estabilidad más alta fue observada a pH 7.4 en presencia de buffer de fosfatos.

AGRADECIMIENTOS. Trabajo financiado por DGAPA-UNAM (Grant IN 207013), agradecemos a Rocío Patiño Maya (Instituto de Química UNAM) por asistencia técnica.

## REFERENCIAS

- Bencomo A., Gómez P., Basanta P., 1985. Lectinas: propiedades biológicas, aplicaciones y perspectivas. *Revista Cubana de Hematología e Inmunología*, 1(2), 130-141.
- Bird G.M.G., 1988. Lectins: A hundred years. *Immunohematology*, 4(3), 45-48.

- Gómez M., González T.E., Avila T.J., 1998. Variabilidad de las células sanguíneas mediante lectinas fluorescentes en la raza canina *Euskal artzain xacurra*. *Archivos de Zootecnia [Revista en la Internet]*, 47(178-179), 440-443.
- Hernández P., Tetaert D., Vergoten G., Debray H., Jiménez M., Degand P., Álvarez G., Zenteno E., 2004. Specificity of *Amaranthus leucocarpus* syn *hypocondriacus* lectin for O-glycopeptides. *Biochim Biophys Acta*, 1674(3), 282-290.
- Konozy E.H., Bernardes E.S., Rosa C., Faca V., Greene L.J., Ward R.J., 2003. Isolation, purification and physicochemical characterization of a D-galactose-binding lectin from sedes of *Erythrina speciosa*. *Arch. Biochem. Biophys*, 410(2), 222-229.
- Lis H., Sharon N., 1986. Lectins as molecules and as tolos. *Ann. Rev. Biochem.* 55, 35-67.
- Merlín Linares J.C., Arce Hernández A.A., Leyva Rodríguez A., González González J.M., Villaescusa Blanco R., 2006. Lectina de unión a manosa: actividad biológica y significado. *Revista Cubana Hematología Inmunología [Revista de la Internet]*. 22(3) <http://scielo.sld.cu/scielo.php>
- Micucci-Horacio A., Camps E., 1987. Lectinas: obtención, estructura química, propiedades y aplicaciones diagnósticas y farmacológicas. *Acta Farmaceutica Bonaerense*, 6(1), 35-54.
- Muñoz J.A., Llovo M.R., Fábregas Longo J., 1993. Temas de microbiología Lectinas: Panorámica general. Documentos Didácticos 155, IUCE, Universidad, Santiago de Compostela, 4, 93-115.

## ANÉLIDOS POLIQUETOS DEL SISTEMA LAGUNAR MANDINGA

**Domínguez-Castanedo Nayeli\*, Aldeco Ramírez Javier**

\*Lab. Procesos Costeros, Dpto. El Hombre y su Ambiente, UAMX, nayelidc@gmail.com

### INTRODUCCIÓN

Los poliquetos habitan ambientes marinos en todas las latitudes y profundidades (Hutchings, 1998) sin embargo, su presencia depende de la concentración de sal en el agua. Al disminuir la salinidad disminuye la abundancia y diversidad de familias de poliquetos presentes, de este modo, el Sistema Lagunar Mandinga (SLM) representa un ambiente ideal para estudiar este grupo de organismos y determinar los cambios de abundancia de organismos y presencia de familias desde la boca del sistema lagunar, con salinidad marina, hasta la Laguna Grande con salinidades de 8 ups o inferiores. Los poliquetos, al ser bentónicos, están sujetos a las condiciones del fondo que habitan, por lo cual, su estructura comunitaria se modifica con éste (Grall y Glémarec, 1997), lo que los convierte en un grupo de gran utilidad y relevante para dar un seguimiento a los cambios ambientales del sistema lagunar.

### METODOLOGÍA

Se muestrearon 19 estaciones en febrero de 2015 en el SLM desde la boca hasta la Laguna Grande sobre un gradiente de salinidad (desde el mar hacia laguna adentro). Las muestras se obtuvieron por triplicado en cada estación, mediante una draga Van Veen de 0.01 m<sup>2</sup>. El sedimento se tamizó con una luz de malla de 0.5 mm y se fijó con formol al 10%.

En el laboratorio, se lavaron las muestras con agua para eliminar el exceso de formol y se colocaron en alcohol al 70% para su preservación. Los poliquetos se separaron del resto de los grupos faunísticos con unas pinzas y una lupa. Posteriormente, los organismos se identificaron al nivel taxonómico de familia mediante microscopio óptico estereoscópico.

Se realizaron matrices de datos en Excel, donde se calcularon las densidades y número de familias. Para buscar patrones de distribución con respecto al gradiente de salinidad se realizó un análisis de ordenación con un escalamiento multidimensional no métrico con el software Primer v. 6.0.



## RESULTADOS Y DISCUSIONES

Se recolectó un total de 417 individuos. Se encontraron 25 familias de poliquetos.

Los valores de densidad variaron de forma general como se esperaba (Figura 1), con los valores más elevados cerca del mar ( $5.6 \text{ ind/m}^2$ ) con salinidad de 36 y los valores más bajos en la Laguna Grande ( $0.1 \text{ ind/m}^2$ ) con una salinidad de 12. Sin embargo, a pesar de que la tendencia fue que la densidad disminuyera al disminuir la salinidad, algunas estaciones dentro de la Laguna Grande presentaron densidades de alrededor de  $0.4 \text{ ind}/0.1 \text{ m}^2$ .

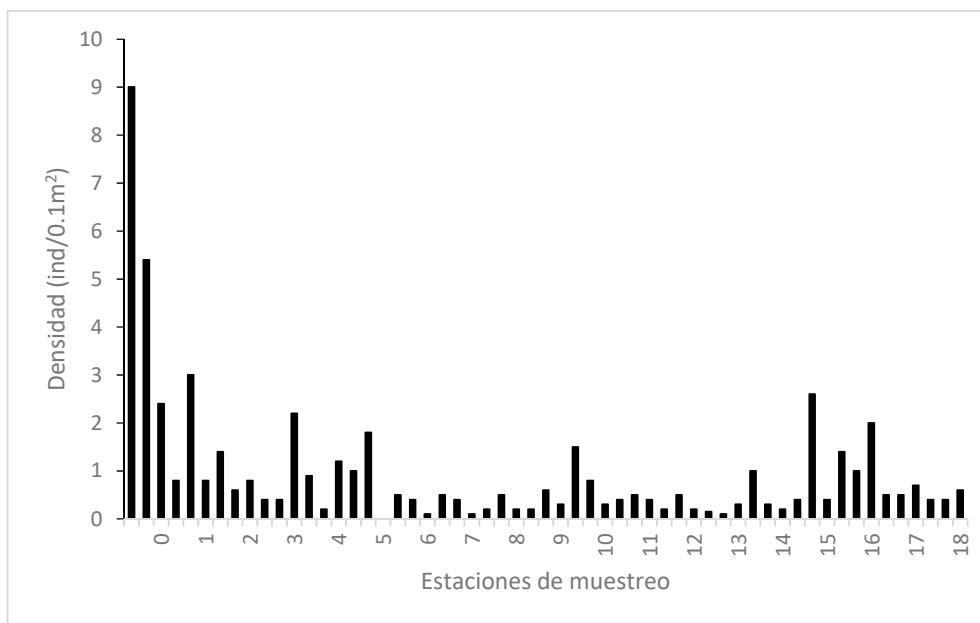


Figura 1. Valores de densidad de poliquetos presente en cada estación de muestreo con sus réplicas. Estaciones ubicadas del mar (izquierda) a laguna adentro (derecha).

La cantidad de familias no presentó un patrón como el esperado. Las familias disminuyeron al alejarse del mar hasta la Laguna Redonda, para volver a aumentar hacia la Laguna Grande. Hubo pocas familias por estación desde 1 hasta 5. Únicamente la estación 1, la más cercana al mar presentó 9 familias. El número de familias es bajo comparado con las áreas marinas aledañas (Domínguez-Castanedo, 2012). Lo anterior debido al ambiente estresante que representan los cambios de salinidad en el año en este tipo de ambientes (Dauvin, 2007). En general las familias presentes fueron sedimentívoras y carnívoras como se esperaba; sin embargo, dentro del sistema se encontraron familias filtradoras como Serpulidae y Sabellidae en salinidades de 12 y mezcla de la columna de agua debida a los nortes.

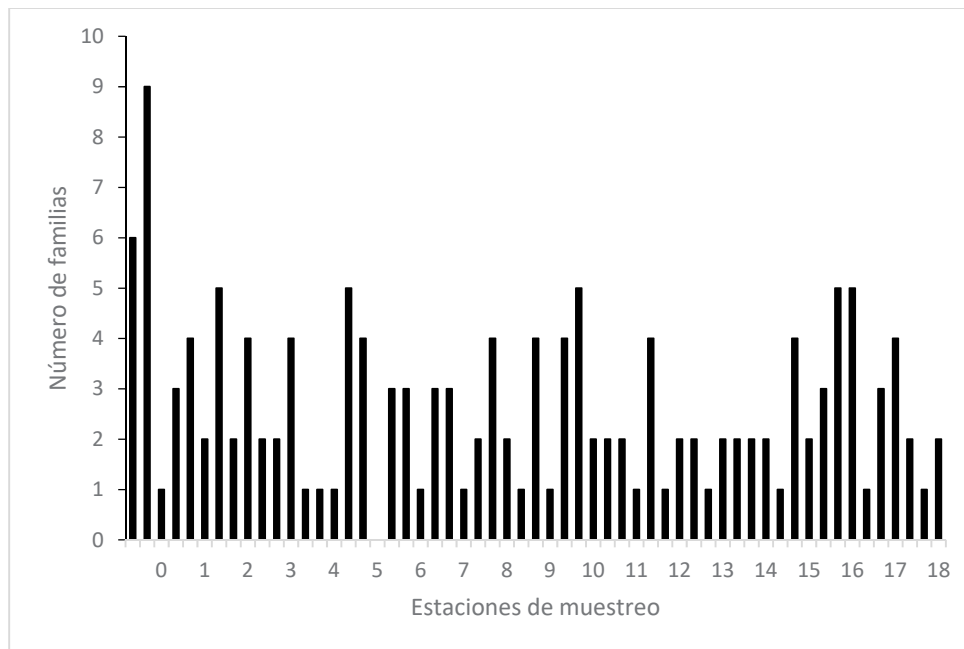


Figura 2. Número de familias presente en cada estación de muestreo con réplica. Estaciones ubicadas del mar (izquierda) a laguna adentro (derecha).

## CONCLUSIONES

El SLM representa un ambiente interesante por su dinámica. El flujo de la marea dentro del sistema genera una cuña salina en el fondo, la cual llega muy adentro del sistema a pesar de las descargas de aguas continentales, con lo cual la salinidad es de 12 y no de 0 como se esperaría en esta zona. Además, la mezcla en la columna de agua y la presencia de rocas y cultivos de ostiones favorecen la presencia de poliquetos en la Laguna Grande, incluso incrementando el número de familias en esta región del SLM.

AGRADECIMIENTOS. Al CONACYT por el apoyo para el proyecto posdoctoral. Al Lab. De Procesos Costeros por los insumos para el proyecto. A los estudiantes del módulo 11 por su ayuda en el muestreo y a la pas. de Biól. Alejandra Gordillo Hernández por su ayuda en la separación.

## REFERENCIAS

Dauvin J.C., 2007. Paradox of estuarine quality: Benthic indicators and indices, consensus or debate for the future. *Marine Pollution Bulletin*, 55(1-6), 271-281.

Domínguez Castanedo N., 2012. Evaluación de la calidad ambiental bentónica de la plataforma interna del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

Grall J., Glémarec M., 1997. Using biotic indices to estimate macrobenthic community perturbations in the bay of Brest. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 44, 43-53.

Hutchings P.A., 1998. Biodiversity and functioning of polychaetes in benthic sediments. *Biodiversity and Conservation*, 7, 1133-1145.

## ESTUDIO PRELIMINAR DE LA COMUNIDAD DE HETERÓPODOS (GASTROPODA PTEROTRACHEOIDEA) CON RELACIÓN A LA TEMPERATURA Y SALINIDAD EN LA ZONA EPIPELÁGICA DEL CAÑÓN DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO

Fernández-Álamo M. A.\*, Fajardo-Labra B. A., Nuñez-Olvera B.

\*Laboratorio de Invertebrados, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, Ciudad de México, Distrito Federal. Correo electrónico: mafa@ciencias.unam.mx

### INTRODUCCIÓN

Los moluscos heterópodos pertenecen a la clase Gastropoda, considerada como la más diversa dentro de dicho phylum (Rosenberg *et al.*, 2009). A pesar de su distribución cosmopolita, presentan una clara afinidad por las zonas tropicales y subtropicales, además de cierta preferencia por las aguas oceánicas sobre las neríticas. Algunos de ellos son bioindicadores al mostrar cambios de distribución, riqueza y abundancia atendiendo a factores ambientales como la temperatura, salinidad, profundidad e incluso a fenómenos como la acidificación de los océanos (Angulo, 2011).

El Cañón de Campeche está ubicado al sur del Golfo de México en la parte oeste de la Bahía del mismo nombre (Mojica, 2003). Su hidrodinámica está determinada principalmente por la corriente de El Lazo, cuya influencia se acentúa en el verano provocando aumentos de temperatura, así como giros ciclónicos y anticiclónicos que afectan al nivel de productividad por el afloramiento y descenso de las masas de agua. En el caso de los moluscos epipelágicos, los estudios realizados en distintas partes del mundo demuestran la marcada influencia de las corrientes y masas de agua en su distribución y riqueza (Xu y Li, 2005; Lemus, 2009), sin embargo en la zona de estudio no se han determinado factores ambientales específicos influyentes en los moluscos heterópodos, justificando por ello la realización del presente trabajo relacionando su presencia con las variaciones de temperatura y salinidad en el Cañón de Campeche.

### MÉTODOLÓGÍA

Las muestras analizadas se obtuvieron en dos campañas oceanográficas realizadas durante los periodos de enero-febrero de 2013 (ZOOMEP I) y junio de 2014 (ZOOMEP II). Los arrastres oblicuos se realizaron a 50 m de profundidad con una red de 51 cm de diámetro en la boca (acoplada con un flujómetro), manga de 180 cm y luz de malla de 125  $\mu\text{m}$ . Las muestras

fueron fijadas en alcohol al 70%. En la primera campaña se muestrearon un total de veinticinco estaciones de las cuales se analizaron diecisiete y en la segunda dieciocho de treinta y uno. Los valores de temperatura (°C) y salinidad (UPS) se registraron con un CTD.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

En ambas campañas se obtuvieron un total de 128 organismos, los cuales fueron determinados a nivel de especie utilizando los trabajos de Tokioka (1961), Van der Spoel (1972), Thiriot-Quévieux (1973) y Seapy y Richter (1993). Se determinaron dos familias, cuatro géneros y doce especies. La familia Atlantidae presentó el mayor número de especies, mientras que en la familia Pterotracheidae sólo una.

### Composición específica

Phylum Mollusca Cuvier, 1795

Clase Gastropoda Cuvier, 1787

Subclase Coenogastropoda Cox, 1960

Orden Littorinimorpha Golikov & Starobogatov, 1975

Superfamilia Pterotracheoidea Rafinesque, 1814

Familia Atlantidae Rang, 1929

Género Atlanta Lesueur, 1817

*A. brunnea* Gray, 1850

*A. echinogyra* Richter, 1972

*A. gaudichaudi* Gray, 1850

*A. helicinoidea* Gray, 1850

*A. inflata* Gray, 1850

*A. lesueurii* Gray, 1850

*A. oligogyra* Tesch, 1906

*A. peronii* Lesueur, 1817

*A. tokiokai* van der Spoel & Troost, 1972

Género Oxygyrus Benson, 1835

*O. inflatus* Benson, 1835

Género Protatlanta Tesch, 1908

*P. souleyeti* Smith, 1888

Familia Pterotracheidae Rafinesque, 1814

Género Firoloida Lesueur, 1817

*F. desmarestia* Lesueur, 1817

### Densidad

La Figura 1 muestra la densidad de organismos estandarizados a 1000 m<sup>3</sup>. Durante el periodo enero-febrero 2013 aparecieron como exclusivas *A. echinogyra* y *A. peronii*, mientras que para Junio 2014 lo fueron *F. desmarestia* y *A. inflata*.



### Relación de parámetros físicos

Los datos de temperatura y salinidad de las estaciones en que se obtuvieron cada una de las especies durante el crucero ZOOMEP I se muestran en el Tabla 1. *A. helicinoidea* se presentó en un mayor intervalo de temperatura (1.54°C), mientras que *A. gaudichaudi*, *A. lesueurii* y *A. echinogyra* se encontraron en estaciones con el mayor intervalo salinidad (2.56 UPS). Así mismo, los menores intervalos le corresponden a *O. inflatus* con una diferencia entre la temperatura máxima y mínima de 0.47°C casi como un intervalo de salinidad de 0.01 UPS.

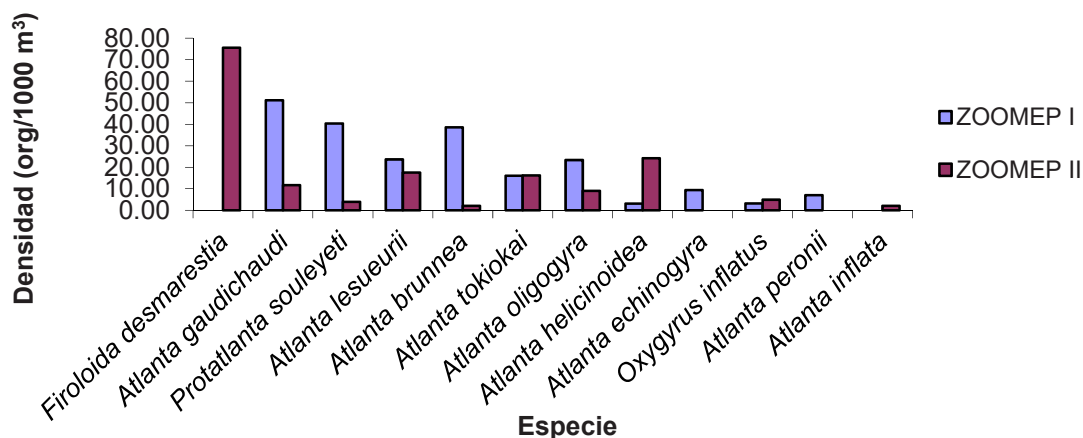


Figura 1. Densidad de organismos (org/1000 m<sup>3</sup>) correspondientes a las campañas oceanográficas ZOOMEP I.

Tabla 1. Intervalos de temperatura (°C) y salinidad (UPS) para cada una de las especies durante las campañas oceanográficas ZOOMEP I en el Cañón de Campeche, Golfo de México.

Especie	Temperatura °C			Salinidad UPS		
	Max	Min	Diferencia	Max	Min	Diferencia
<i>Atlanta brunnea</i>	24.90	24.07	0.83	36.50	35.86	0.64
<i>Atlanta echinogyra</i>	25.01	23.85	1.16	36.91	34.35	2.56
<i>Atlanta gaudichaudi</i>	25.01	23.75	1.26	36.91	34.35	2.56
<i>Atlanta helicinoidea</i>	23.70	22.16	1.54	36.41	36.34	0.07
<i>Atlanta lesueurii</i>	25.01	23.75	1.26	36.91	34.35	2.56
<i>Atlanta oligogyra</i>	24.58	23.33	1.25	36.47	36.37	0.10
<i>Atlanta peronii</i>	24.62	23.62	1.00	36.56	34.10	2.46
<i>Atlanta tokiokai</i>	24.51	23.75	0.76	36.62	36.18	0.44
<i>Oxygyrus inflatus</i>	24.58	24.11	0.47	36.47	36.46	0.01
<i>Protatlantasouleyeti</i>	24.90	23.62	1.28	36.62	34.10	2.52

En el caso de la campaña oceanográfica ZOOME II (Tabla 2), *A. helicinoidea* junto con *A. tokiokai* se presentaron en las estaciones con mayor intervalo de temperatura (7.38°C), mientras que el menor intervalo le corresponde a *P. souleyeti* (1.41°C). Del conjunto de valores de salinidad registrados, el mayor intervalo lo presentó *F. desmarestia* (1.1 UPS) a diferencia de *A. brunnea*, *A. inflata*, *A. oligogyra*, *O. inflatus* que mostraron el menor intervalo para dicho parámetro (0.24 UPS).

Tabla 2. Intervalos de temperatura (°C) y salinidad (UPS) para cada una de las especies durante las campañas oceanográficas ZOOME II en el Cañón de Campeche, Golfo de México.

Especie	Temperatura °C			Salinidad UPS		
	Max	Min	Diferencia	Max	Min	Diferencia
<i>Atlanta brunnea</i>	27.25	22.87	4.38	36.44	36.20	0.24
<i>Atlanta gaudichaudi</i>	27.25	22.87	4.38	36.44	36.03	0.41
<i>Atlanta helicinoidea</i>	28.01	20.63	7.38	36.47	35.72	0.75
<i>Atlanta inflata</i>	27.25	22.87	4.38	36.44	36.20	0.24
<i>Atlanta lesueurii</i>	27.66	22.87	4.79	36.57	35.76	0.81
<i>Atlanta oligogyra</i>	27.25	22.87	4.38	36.44	36.20	0.24
<i>Atlanta tokiokai</i>	28.01	20.63	7.38	36.47	35.89	0.58
<i>Oxygyrusinflatus</i>	27.25	22.87	4.38	36.44	36.20	0.24
<i>Protatlantassouleyeti</i>	26.82	25.41	1.41	36.16	35.89	0.27
<i>Firoloidadesmarestia</i>	27.71	22.87	4.84	36.63	35.53	1.10

Estudios previos en el Golfo de México (Rice y Kornicker, 1965; Michel y Michel, 1991), Castellanos-Osorio y Suárez-Morales, 2001; Lemus-Santana, 2009; Rosenberg *et al.*, 2009; Lemus-Santana, 2011; y Lemus-Santana *et al.*, 2014) han reportado previamente a la mayoría de las especies mostradas en el presente, a excepción de *A. echinogyra* y *A. oligogyra*.

*A. helicinoidea*, *A. tokiokai* y *F. desmarestia* se observaron como euritermas (~20-28° C), mientras que *P. souleyeti*, *A. echinogyra* y *A. peronii* (~23-27° C) pueden ser consideradas estenotermas. Las afinidades registradas coinciden con los trabajos de Angulo (2009) y Cruz (2012).

Finalmente, los valores de salinidad no permiten diferenciar características especiales de las especies, ya que es un parámetro más homogéneo.

## CONCLUSIONES

La relación entre la variación térmica y la densidad de organismos fue evidente en las especies *A. helicinoidea*, *A. tokiokai*, *F. desmarestia*, *P. souleyeti*, *A. echinogyra* y *A. peronii*.

La relación entre la densidad de organismos y las variaciones de salinidad no son evidentes en heterópodos epipelágicos para la zona del Cañón de Campeche.

AGRADECIMIENTOS. Al Dr. César Flores como responsable de la campaña oceanográfica y por facilitar las muestras para su estudio, así como a todo el personal del Laboratorio de Invertebrados de la Facultad de Ciencias de la UNAM.

## REFERENCIAS

- Angulo O., 2009. Taxocenosis de moluscos holoplanctónicos (Mollusca:Gastropoda) y su relación biogeográfica en el Golfo de California. Tesis doctoral, Departamento de Plancton y Ecología Marina, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, Baja California Sur, México. 258 pp.
- Castellanos I., Suárez-Morales E., 2001. Heteropod molluscs (Carinariidae and Pterotracheidae) of the Gulf of Mexico and the western Caribbean Sea. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoológica*, 72(2), 221-232.
- Cruz M., 2012. Preferencia y rangos de tolerancia a la temperatura y salinidad de los pterópodos y heterópodos frente a la costa ecuatoriana. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 17(1), 93-125.
- Lalli C., Gilmer R., 1989. Pelagic Snails. The Biology of Holoplanktonic Gastropod Mollusks. Stanford University Press, Stanford, California, 259 pp.
- Lemus-Santana E., 2009. Distribución y abundancia de moluscos holoplanctónicos en el sur del Golfo de México. Tesis Profesional, Departamento de Biología Comparada, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México. 188 pp.
- Lemus-Santana E., 2011. Estructura de la comunidad de moluscos holoplanctónicos en el sur del Golfo de México. Tesis de maestría, Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México, 148 pp.
- Lemus-Santana E., Sanvicente-Añorve L., Hermoso-Salazar M., Flores-Coto C., 2014. The holoplanktonic Mollusca from the southern Gulf of Mexico. Part 1: heteropods. *Cahiers de Biologie Marine*, 55, 229-239.
- McGowan, J.A., 1967. Distributional atlas of pelagic mollusk in the California Current. *CalCOFI Atlas*, 6, 2-218.
- Michel H.B., Michel J.F., 1991. Heteropod and the cosome (Mollusca: Gastropoda) macroplankton in the Florida Straits. *Bulletin of Marine Science*, 49(1-2), 562-574.

- Mojica E., 2003. Variabilidad de la biomasa zooplanctónica en la región del Cañón de Campeche durante la campaña PROMEBIO-I (5 al 21 de agosto 1999). Tesis de licenciatura, Departamento de Biología Comparada, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México. 50 pp.
- Rice W.H., Kornicker L.S., 1965. Mollusks from the deeper waters of the Northwestern Campeche Bank, Mexico. *Publications of the Institute of Marine Science*, 10, 108-172.
- Rosenberg G., Moretzsohn F., García E.F., 2009. Gastropoda (Mollusca) of the Gulf of Mexico. *En: Felder, D.L., Camp D.K. (eds.). Gulf of Mexico-Origins, Waters, and Biota. Biodiversity*, Texas A & M University Press, Texas. 579-699 p.
- Seapy R.R., Richter G. 1994. *Atlanta Californiensis*, a New Species of Atlantid Heteropod (Mollusca: Gastropoda) from the California Current. *The Veliger*, 36(4), 389-398.
- Thiriot-Quévieux C., 1973. Heteropoda. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 11, 237-261.
- Tokioka T., 1961. The structure of the operculum of the species of *Atlantidae* (Gastropoda: Heteropoda) as a taxonomic criterion, with records of some pelagic mollusks in the North Pacific. *Seto Marine Biological Laboratory*, 9(2), 268-332.
- Van der Spoel S., 1972. Notes on the identification and speciation of Heteropoda (Gastropoda). *Zoologische Mededelingen*, 47(45), 545-560.
- Xu Z.L., Li C., 2005. Horizontal distribution and dominant species of heteropods in the East China Sea. *Journal of Plankton Research*, 27(4), 373-382.

## **CAMBIO ESTACIONAL DEL ZOOPLANCTON EN BAHÍA MAGDALENA, B.C.S.**

**Funes-Rodríguez René\*, Hernández-Trujillo Sergio, Cervantes-Duarte Rafael,  
González Armas Rogelio**

\*Instituto Politécnico Nacional. CICIMAR. Av. IPN s/n Col. Playa Palo Santa Rita C.P. 23096. La Paz, B.C.S. Correo electrónico: rfunes@ipn.mx

### **INTRODUCCIÓN**

El zooplancton ocupa una posición clave de la cadena trófica en la transferencia de energía producida por las algas unicelulares hacia niveles tróficos superiores. Los organismos planctónicos constituyen la mayor proporción de la biomasa del planeta, biodiversidad y base de la alimentación. La función ecológica de los organismos del zooplancton es determinada por su posición e importancia en la cadena alimenticia. Por ejemplo, los filtradores como copépodos, eufáusidos y tunicados se alimentan de diferentes tallas del fitoplancton, detritus, nano y microzooplancton, mientras que otros componentes son carnívoros como las medusa, quetognatos y sifonóforos.

En ecosistemas cálidos un gran crecimiento poblacional, a partir de un bajo número individuos presentes en un tiempo determinado, se debe a una alta tasa de crecimiento. La proporción entre a producción y biomasa de una especie es un índice de su dinámica poblacional, e indica la tasa de cambio de la materia orgánica. El conocimiento de la estructura del plancton y su funcionamiento depende de contestar a preguntas como: donde, cuando, cuanto y cuales grupos ocurren en un área determinada. De esta forma, la información de su riqueza específica y estructura de la comunidad permiten identificar tendencias de largo plazo en su distribución, composición y abundancia poblacional.

Otro aspecto importante, es el valor potencial de las áreas donde ocurre tanto la proliferación del zooplancton, y el éxito en el reclutamiento en función de la calidad del hábitat y requerimientos específicos como zona de desove y crianza de larvas y juveniles de peces (requerimientos de hábitat). En ellas, se destaca la influencia de las relaciones tróficas en la dinámica del ictioplancton y su vulnerabilidad debido a una gran variedad de fuentes de mortalidad del zooplancton e ictioplancton.

Las colecciones de ictioplancton (huevos y larvas de peces) proveen de información de los recursos explotados o potenciales y, en algunas ocasiones, de un espectro generalizado



de los peces que habitan en un área determinada. La detección de áreas y épocas de desove, se utilizan como indicadores de las existencias y detección de cambios poblacionales relacionados con factores ambientales como el natural y antropogénico.

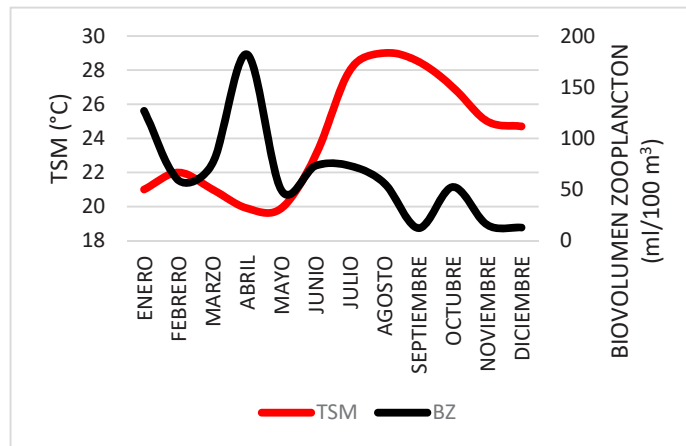
## **METODOLOGÍA**

Durante 2015, en siete estaciones oceanográficas se realizaron muestreos mensuales de zooplancton a bordo de una lancha con motor fuera de borda. Las muestras fueron recolectadas con una red cónica estándar de 505  $\mu\text{m}$  de luz de malla y 0.60 m de diámetro en su boca; equipada con un flujómetro digital calibrado (General Oceanics). El arrastre se realizó sobre la superficie (1 m de profundidad) siguiendo una trayectoria semicircular a una velocidad aproximada de 1 m/s durante cinco minutos. Las muestras fueron preservadas en formalina al 4% con borato de sodio como solución amortiguadora.

En el laboratorio, se midió el biovolumen zooplanctónico por el método de volumen desplazado (Beers, 1976) y posteriormente los valores fueron estandarizados a ml/L de agua de mar (Smith y Richardson, 1977). El zooplancton fue identificado a grandes grupos (Copépodos, Quetogantos, Eufáusidos, Poliquetos, larvas de Decápodos, Medusas, Anfípodos, etc.), utilizando como las principales fuentes bibliográficas los trabajos de Tregouboff y Rose (1957) y Boltovskoy (1981). Finalmente los organismos fueron estandarizados a número de organismos por cada 100 m<sup>3</sup> de agua (Smith y Richardson, 1977).

## **RESULTADOS**

La biomasa del zooplancton no presentó una variabilidad estacional definida. De enero a mayo los valores promedio de biomasa presentaron cambios de hasta dos órdenes de magnitud, observándose a partir de junio una tendencia a reducirse hasta septiembre, cuando después de un repunte cae nuevamente. Los promedios más altos se registraron en enero y abril (127 y 182 ml, respectivamente), de los cuales, solo en abril son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ). La variabilidad estacional en el incremento de la biomasa del zooplancton permitió distinguir una diferencia entre el lado oriental de la bahía (parte interior) y occidental, este último influenciado por la boca de acceso a la zona nerítica adyacente y un canal de navegación, lo que sugiere que son diferentes los mecanismos que intervienen en el incremento o decrecimiento de la producción del zooplancton. En el primer caso, al interior del cuerpo lagunar, fue relacionado con la productividad local y en el segundo caso debido a la influencia de la boca de acceso a la bahía.



De esta forma, la producción de zooplancton asociada a la estación Sarabia (noroeste) tiene como principal fuente de aporte de nutrientes la zona de manglares y la estación Baja Seas (suroeste), con influencia de la boca de acceso, en donde los ciclos de producción son diferenciales, al parecer, relacionados con la variabilidad en las características hidrológicas en la escala estacional. En términos generales la variación del promedio de biomasa tuvo un patrón inverso al de la temperatura superficial, aunque fue durante el segundo semestre cuando la biomasa fue menos abundante.

## DISCUSIÓN

De acuerdo con los antecedentes, la biomasa del zooplancton muestra una tendencia estacional, con valores mínimos de enero a mayo y en el último trimestre del año (Avendaño-Ibarra *et al.*, 2004; Cota-Meza *et al.*, 2015), aunque también se observan incrementos en octubre (Avendaño-Ibarra *et al.*, 2004). En estos estudios, los incrementos en la biomasa del zooplancton son máximos en julio y agosto, a diferencia del presente trabajo, cuando en promedio son significativamente mayores en abril del 2015, al igual que un incremento no significativo en enero del 2015. Esta diferencia, al parecer está dada por la variabilidad interanual, ya que ambos estudios fueron realizados durante condiciones eventos de calentamiento (El Niño: 1982 y 1997), a diferencia del presente trabajo, con un incremento significativo en abril.

El ciclo de producción de zooplancton entre el lado oriental y occidental de la bahía pareciera ser influenciado por la influencia local, pero también por la incorporación de nutrientes a través de la oca de acceso, como es observado en la distribución de la biomasa en estudios anteriores (Esqueda-Escárcega *et al.*, 1982).

AGRADECIMIENTOS. El estudio fue financiado por el Instituto Politécnico Nacional en colaboración con el Instituto Nacional de Pesca. Asimismo, agradecemos el apoyo del Ocean. Roberto Flores Aguilar, BAJASEAS y a Los Sarabias, San. Carlos, B.C.S.

## REFERENCIAS

- Avendaño-Ibarra R., Funes-Rodríguez R., Hinojosa-Medina A., González-Armas R. y Aceves-Medina G., 2004. Seasonal abundance of fish larvae in a subtropical lagoon in the west coast of the Baja California Peninsula. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 61, 125-135.
- Beers J.R., 1976. Determination of zooplankton biomass. *En: Steedman H.F. (Ed.). Zooplankton fixation and preservation. UNESCO Paris.* 35-84p.
- Boltovskoy D., 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. INIDEP, Mar del Plata, Argentina. 936 pp.
- Cota-Meza M.S., Fernández-Álamo M.A., Funes-Rodríguez R., 2015. Abundance of *Flaccisagitta enflata* and analysis of Chaetognatha community in a circadian cycle in Bahía Magdalena lagoon system Baja California Sur, Mexico. *Hidrobiológica*, 25(3), 411-415.
- Esqueda-Escárcega G.M., Esquivel-Herrera A., Funes-Rodríguez R., Green-Ruiz Y.A., González-Armas R., Haro-Garay M.J., Hernández-Rivas M.E., Hernández-Trujillo S., Saldierna-Martínez R.J., SánchezHidalgo Y., Anda M., Sánchez-Ortíz C.A., Vera-Alejandre G.R., 1984. Atlas de distribución y densidad de huevos y larvas de clupeidos y engráulidos en el complejo Bahía Magdalena-Bahía Almejas, Baja California Sur. 1981-1983. *Atlas CICIMAR*, 2, 121.
- Funes-Rodríguez R., González Armas R., Avendaño Ibarra R., 1998. Distribución y abundancia de larvas de peces en el sistema lagunar Bahía Magdalena Almejas Baja California Sur, México. *Hidrobiológica*, 8(2), 55-66.
- Funes-Rodríguez R., Leal-Espinoza J.D., Hinojosa-Medina A., Hernández-Rivas M.E., Flores-Coto C., 2007. Composición, distribución y abundancia de larvas de peces en Bahía Magdalena. *En: Funes-Rodríguez R, Gómez-Gutiérrez J, Palomares-García R (eds.). Estudios ecológicos en Bahía Magdalena. CICIMAR-IPN, La Paz, Baja California Sur, México.* 205-219p.
- Smith P.E., Richardson L., 1979. Técnicas modelo para prospecciones de huevos de larvas de peces pelágicos. *FAO Doc. Pesca*, 175, 107.
- Trégouboff G., Rose M., 1957. Manuel de planctonologie méditerranéenne. Tome II. Centre National de la Recherche Scientifique. Paris. 224p.

## NUEVOS REGISTROS DE DOS OFIUIROS (OPHIURIDA: OPHIURINAE) ASOCIADOS A INFILTRACIONES FRÍAS DE MÉXICO

Gaytán-Caballero A.\*, Tapia de la O Y., Escobar-Briones E.

\*Universidad Nacional Autónoma de México, Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología.  
Correo electrónico: adriana.gaytan@comunidad.unam.mx

En México se encuentra una gran diversidad de ecosistemas de mar profundo entre los que se encuentran aquellos con influencia de procesos quimiosintéticos. El estudio de la biodiversidad en este tipo de ecosistemas ha contribuido con la descripción de nuevos registros de especies en la zona económica exclusiva. Esta información es importante en estudios de línea base y en el fundamento para el planteamiento de hipótesis en estudios futuros tanto de la ecología como de la biogeografía del mar profundo en la región.

La presente contribución tiene como objeto presentar dos nuevos registros para especies de ofiuros que ocurren en el norte del Atlántico y en el Pacífico oriental tropical. Se extiende la distribución de estas especies en las infiltraciones frías del montículo "Chapopote" en el suroeste del Golfo de México y en el margen de Sonora, del Golfo de California, respectivamente.

### MÉTODOS

Los ejemplares se obtuvieron en campañas oceanográficas de los años 2006 y 2010 en colaboraciones con financiamiento de la Unión Europea correspondientes a los proyectos GeoB M67/2b y BIG, respectivamente y en colaboración con el ICML UNAM a través de la Dra. Escobar Briones. En ambas campañas los ejemplares se colectaron con un equipo succionador de sumergibles. Al recuperar el equipo y abordó, los ejemplares se fijaron en etanol absoluto, se realizaron observaciones al microscopio de luz y posteriormente se fijaron nuevamente en etanol (70%). En el laboratorio los especímenes se identificaron a partir de los criterios citados en Lütken y Mortensen (1899), Paterson (1985), Tyler *et al.*, (1995) y Stöhr y Segonzac (2004), con apoyo de un microscopio estereoscópico, y en ejemplares selectos, con el microscopio electrónico de barrido (SAMEB, modelo JEOL JSM6360LV) del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. La talla consideró el diámetro del disco, la biomasa se expresó en unidades

de carbono determinada a partir del peso húmedo fijado (phf) y la constante de Rowe, (1983) equivalente al 3.16% al phf.

## RESULTADOS

Golfo de México.- En el montículo “Chapopote” se obtuvieron 33 ejemplares procedentes de una agregación de mejillones *Bathymodiolus heckerae*, en el hábitat de infiltración de gas sobre asfalto. Los ejemplares examinados se identificaron como *Ophioctenella acies* Tyler *et al.*, 1995. El intervalo de talla de los organismos fue de 2.04-3.22 mm de diámetro del disco y contribuyeron con una biomasa de 0.0077 gC al ecosistema.

El intervalo de distribución de esta especie es a lo largo de ecosistemas profundos quimiosintéticos del Atlántico: ventilas hidrotermales en la cresta meso-Atlántica (sitios Lucky Strike, Rainbow, Broken Spur, TAG, Snake Pit, L'Élan y Logatchev), la agregación de corales profundos en Logachev Mound (Atlántico noreste), las infiltraciones frías de “Blake Ridge” (Atlántico noroeste), el escarpe de Florida (Golfo de México) y la localidad Orinoco B (Caribe) (Stöhr y Segonzac, 2004; Stöhr *et al.*, 2012; Kazanidis *et al.*, 2016). Este trabajo extiende, dentro de la zona abisal, la distribución geográfica de la especie al sur en el Golfo de México.

Golfo de California.- En el margen de Sonora se obtuvieron 800 ejemplares procedentes de siete hábitats en tres sitios asociados a infiltración de gas. Vaconcelos: a) tapetes microbianos de *Beggiatoa* sp., b) tapetes gasterópodos *Hyalogyrina* sp. y c) agregación de vesicómidos *Archivesica gigas*; Juárez: d) agregación de gusanos de tubo i) *Lamellibrancia barhami*, ii) *Escarpia spicata* y e) agregación de siboglónidos; Ayala: f) agregación de vesicómidos *Phreagena soyoae* (syn. *kilmeri*). Estos especímenes se identificaron como *Ophiura scutellata* (Lütken y Mortensen, 1899). El intervalo de talla varió de 5 a 6 mm de diámetro del disco, y la contribución a la biomasa fue de 0.988 gC al ecosistema. *Ophiura scutellata* se conocía solamente de una localidad tipo frente a la costa de Nayarit (México) a 1,244 m colectada en sustratos blandos (Lütken y Mortensen, 1899). Con este registro, la especie extiende su intervalo geográfico al interior del Golfo de California e incrementa su alcance batimétrico a 1,557 a 1,662 m. Este sería el segundo registro conocido para la especie.

## DISCUSIÓN

El patrón de distribución geográfico de la especie *Ophioctenella acies* sugiere una selectividad de localidades abisales con materia orgánica abundante como ecosistemas con



actividad quimiosintética y arrecifes de mar profundo, lo cual se apega a la teoría de “saltos de roca” de especies que colonizan este tipo de ecosistemas (Van Dover *et al.*, 2002).

La especie *Ophiura scutellata* se ha reconocido como especie dominante de los hábitats de infiltraciones de gas en el margen de Sonora y contrasta con el único reporte previo (Lütken y Mortensen, 1899).

## CONCLUSIONES

Se amplía, dentro de la zona abisal, la distribución geográfica de la especie *Ophioctenella acies* al sur del Golfo de México, y se amplía la distribución geográfica de la especie *Ophiura scutellata* al interior del Golfo de California con un incremento en la profundidad dentro de la zona abisal.

AGRADECIMIENTOS. Las autoras agradecen a la Universidad Nacional Autónoma de México. Al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (UNAM). El financiamiento para este estudio proviene de BMBF, DFG, NSF y los proyectos “Factores que definen la variabilidad de la diversidad biológica y biomasa en el mar profundo del Golfo de México” (PAPIIT) y CONACyT 40158F que permitió una colaboración entre la UNAM con Alemania (Universidad de Bremen con el Research Center Ocean Margins) y los EE. UU. (Texas A&M-Corpus Christi). El financiamiento con Francia fue otorgado a la Dra. Anne Godfroy del IFREMER en una colaboración con la Dra. Escobar Briones, el permiso de colecta para estudiar cuenca de Guaymas fue el DAPA/2/281009/3803. A las tripulaciones de los B/Os Meteor y L’Atalante, y equipo técnico del ROV y del sumergible Nautilé respectivamente. A la Dra. S Stöhr por la revisión y acreditación de la identificación de las especies.

## REFERENCIAS

- Kazanidis G., Henry L.A., Roberts J.M., Witte U.F.M., 2016. Biodiversity of *Spongosorites coralliophaga* (Stephens, 1915) on coral rubble at two contrasting cold-water coral reef settings. *Coral Reefs*, 35(1), 193-208. 10.1007/s00338-015-1355-2
- Lütken C., Mortensen C., 1899. *En*: Reports on an exploration off the west coast of Mexico, Central and South America, and off the Galapagos Islands, in charge of Alexander Agassiz, by the U.S. fish commission steamer “Albatross” during 1891. The Ophiuridae. XXIII(2). <http://www.biodiversitylibrary.org/item/91713>.

- Paterson G.L.J., 1985. The deep-sea Ophiuroidea of the north Atlantic Ocean. *Bulletin of the British Museum (Natural History) Zoology*, 49(1), 1-162. Disponible en: <http://biodiversitylibrary.org/page/2273511>.
- Rowe G.T., 1983. Biomass and production of deep-sea macrobenthos. En: Rowe G.T. (ed.). *The sea. Deep-sea biology* Vol. 8. New York: John Wiley & Sons, 97-121p.
- Stöhr S., Segonzac M., 2004. Deep-sea ophiuroids (Echinodermata) from reducing and non-reducing environments in the North Atlantic Ocean. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 84(4722), 1-20.
- Stöhr S., O'Hara T.D., Thuy B., 2012. Global Diversity of Brittle Stars (Echinodermata: Ophiuroidea). *PLoS ONE* 7(3), e31940. doi:10.1371/journal.pone.0031940.
- Tyler P.A., Paterson G.J.L., Sibuet M., Guille A., Murtons B.J., Segonzac M., 1995. A new genus of ophiuroid (Echinodermata: Ophiuroidea) from hydrothermal mounds along the Mid-Atlantic Ridge. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 75, 977-986.
- Van Dover C.L., German C.R., Speer K.G., Parson L.M., Vrijenhoek R.C. 2002. Evolution and biogeography of deep-sea vent and seep invertebrates. *Science*, 295, 1253-1257.

## ESPONJAS MARINAS (PORIFERA: DEMOSPONGIAE) DEL PACÍFICO ORIENTAL TROPICAL MEXICANO: DISTRIBUCIÓN Y NUEVOS REGISTROS

González Erick Esteban\*, Gómez Patricia

\*Unidad Académica Biodiversidad y Ecología Acuática, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, Circuito Exterior S/N. México, D.F., C.P.04510. Correo electrónico: kireacuari@hotmail.com

### INTRODUCCIÓN

A pesar de los avances taxonómicos realizados sobre el Phylum Porifera en la región del Pacífico oriental mexicano (Carballo *et al.*, 2014), aún existe una gran diversidad de especies por describir y un gran número de especies por registrar. Dado que este grupo presenta una gran plasticidad fenotípica que ha causado inconsistencias en su clasificación taxonómica y así mismo filogenética (Bergquist, 1978; Hooper y van Soest, 2002). Las esponjas marinas tienen una gran importancia en los ecosistemas en los que se encuentran ya que tienen la capacidad de retirar hasta un 90% de las bacterias y un 23 a 63% de los virus presentes en el agua (Hadas *et al.*, 2006) y al producir sustancias bioactivas ha sido posible originar nuevos medicamentos de gran valor en la farmacognosia (Regalado *et al.*, 2010). Sin embargo, existe un vacío en el conocimiento taxonómico, que ha provocado décadas de errores en el reconocimiento de especies (Morrow y Cárdenas, 2015). Una de las regiones con menor registro de estudios sobre las esponjas marinas es el Pacífico oriental mexicano, siendo esta una región importante debido a que se encuentra cercana al corredor Marino del Pacífico Este Tropical. Por esta razón, el objetivo del presente trabajo es contribuir con la caracterización de la fauna considerada común de las esponjas marinas (Clase Demospongiae) en algunas localidades de la zona costera del Pacífico Oriental Tropical Mexicano (POTM). El presente trabajo brindará información de especies de gran valor biológico que sentarán bases para diversos estudios a futuro, como en la dinámica de poblaciones, estudios ecológicos, así como de diversidad, entre otros.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron un total de 84 muestras resguardadas en la Colección Nacional del Phylum Porifera Gerardo Green (CNPGG) del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Los sitios de colecta se ubican a lo largo de la zona

costera de algunos estados en la región del POTM (Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Guerrero, Oaxaca y Chiapas). Los ejemplares fueron colectados por medio de buceo SCUBA o por medio de la red de arrastre a bordo del B/O el PUMA en un rango de 3 a 103 m de profundidad. Los diferentes organismos fueron analizados tanto en el microscopio estereoscópico como en el compuesto, tomando en cuenta su morfología externa e interna. Esta última, para definir la estructura esquelética y de espiculación de cada esponja, utilizando para ello diversas técnicas de extracción y merísticas. Para el ordenamiento sistemático se consultó la base de datos *World Porifera Database*, el compendio *Sistema Porifera* y la actualización sistemático-molecular de Morrow y Cárdenas, 2015. Para la determinación específica se revisó la literatura de los diferentes autores de la región. Por último, se integraron láminas con fotomicrografías al microscopio electrónico de barrido (MEB) para el apoyo en la identificación de los ejemplares y obtención de la ultraestructura de microescleras.

## RESULTADOS

Se describen un total de 22 especies pertenecientes a cinco órdenes, siete familias, 14 géneros y siete subgéneros: (*Callyspongia (Cladochalina) acapulcaensis*, *Callyspongia (Cladochalina) sp.*, *Callyspongia (Callyspongia) californica*, *Haliclona (Soestella) caerulea*, *Haliclona turquoisia*, *Amphimedon texotli*, *Gelliodes wilsoni*, *Penares saccharis*, *Geodia media*, *Lissodendoryx (Lissodendoryx) albemarlensis*, *Lissodendoryx (Waldoschmittia) schmidtii*, *Rotuloplocamia sp.*, *Clathria (Microciona) aff. parthena*, *Echinoclathria sp.*, *Antho (Acarinia) illgi*, *Antho (Plocamia) lambei*, *Antho (Plocamia) karyoka*, *Antho (Plocamia) sp.*, *Mycale (Zygomycale) ramulosa*, *Cliona vermifera*, *Protosuberites mexicensis* y *Protosuberites sisyrnus*. De las cuales cinco se consideran nuevos registros para el Pacífico Oriental Tropical Mexicano, dos a nivel género (*Rotuloplocamia sp.* y *Echinoclathria sp.*) y tres a nivel específico (*G. media*, *L. (Lissodendoryx) albemarlensis* y *A. (Acarinia) illgi*). Cuatro de las especies a nivel genérico con grandes expectativas de ser nuevas para la ciencia (*C. (Cladochalina) sp.*, *Rotuloplocamia sp.*, *Echinoclathria sp.* y *A. (Plocamia) sp.*). Adicionalmente se presenta la distribución geográfica de las especies con el fin de conocer la biodiversidad de la región y el rango de dispersión de las especies.

## DISCUSIÓN

Dentro del Océano POTM se han realizado diversos trabajos taxonómicos sobre el Phylum Porifera basándose únicamente en características morfológicas (Cruz-Barraza y Carballo, 2008;

Carballo y Cruz-Barraza, 2010 y Carballo *et al.*, 2013) tal como en el presente trabajo. Sin embargo, y muy recientemente, los estudios moleculares están fortaleciendo tácitamente a los taxonómicos, tratando no sólo de brindar un patrón consistente con las determinaciones específicas de los poríferos sino también de complementar información biológico-genética desconocida hasta el momento. En este sentido, se armoniza con el trabajo de Morrow y Cárdenas (2015) el cual establece una clasificación filogenética para la clase Demospongiae hasta el taxón familia, dejando el género y especie en espera de más información molecular confiable.

El conocimiento sobre la biodiversidad del Phylum Porifera en México se incrementa con la contribución del presente estudio, resaltando el hallazgo de cinco nuevos registros para la región del POTM, dos a nivel genérico (*Rotuloplocamia* sp. y *Echinoclathria* sp.) y tres a nivel específico (*G. media*; *L. (Lissodendoryx) albemarlensis*; *A. (Acarinia) illgi*). Por otro lado, debido a la exhaustiva investigación de las diferentes fuentes científicas, se tiene grandes expectativas de que cuatro de las especies sean nuevas para la ciencia [*Callyspongia (Cladochalina)* sp., *Rotuloplocamia* sp., *Echinoclathria* sp. y *Antho (Plocamia)* sp.]. La redescipción realizada de algunas de las especies pertenecientes a la familia Microcionidae no es menos importante, ya que las descripciones de los autores originales (alrededor de los años 1800-1900) no habían sido registradas desde entonces, siendo éstas muy breves y deficientes, por lo que el presente trabajo, integrando sólo el complemento de las características morfológicas sino también de ilustraciones con fotomicrográficas de las diferentes estructuras esqueléticas y espiculares.

Por último, se presenta la distribución geográfica de las especies en un mapa de la región estudiada, sumando los registros anteriores de manera global, corroborando los nuevos registros.

## CONCLUSIONES

Veintidos especies resultaron del análisis de 84 ejemplares de poríferos pertenecientes a la clase Demospongiae a cinco órdenes, siete familias, 14 géneros y siete subgéneros.

Se consideran cinco nuevos registros para la región del POTM, dos a nivel genérico (*Rotuloplocamia* sp. y *Echinoclathria* sp.) y tres a nivel específico (*Geodia media*, *Lissodendoryx (Lissodendoryx) albemarlensis* y *Antho (Acarinia) illgi*).

Se confirma el hallazgo de cuatro nuevas especies para la ciencia: *Callyspongia (Cladochalina)* sp., *Rotuloplocamia* sp., *Echinoclathria* sp. y *Antho (Plocamia)* sp.



Se amplía la distribución geográfica de 10 especies de esponjas marinas en la zona costera del Océano POTM.

La fauna de las esponjas marinas del POTM es parecida a la región del Pacífico Nor-Oriental debido a que esta región ha tenido mayor esfuerzo de muestreo en comparación al resto del Pacífico Oriental Tropical y Pacífico Sur-Oriental.

AGRADECIMIENTOS. Se agradece al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, el apoyo y las facilidades otorgadas para el desarrollo del presente trabajo y permitir el acceso al material perteneciente a la Colección Nacional del Phylum Porifera Gerardo Green. A la Biol. Yolanda Hornelas por la toma de fotomicrografías al microscopio electrónico de barrido.

## REFERENCIAS

- Carballo J.L., Cruz-Barraza J.A., 2010. A revision of the genus *Mycale* (Poecilosclerida: Mycalidae) from the Mexican Pacific Ocean. *Contribution. Zoologi.*, 79(4), 165-191.
- Carballo J.L., Gómez P., Cruz Barraza J.A., 2014. Biodiversidad de Porifera en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 143-153.
- Cruz-Barraza J.A., Carballo J.L., 2008. Taxonomy of sponges (Porifera) associated with corals from the Mexican Pacific Ocean. *Zoological Studies*, 47, 741-758.
- Gómez P., 2002. Esponjas marinas del Golfo de México y el Caribe. AGT Editor, S.A. México. 134pp.
- Hadas E., Spigel M., Llan M., 2006. Sea ranching of the marine sponge *Negombata magnifica* (Demospongiae, Latrunculiidae) as a first step for latrunculin B mass production. *Aquaculture*, 244, 159-169.
- Hooper J.N.A., 1996. Revision of Microcionidae (Porifera: Poecilosclerida: Demospongiae), with description of Australian species. *Memoirs of the Queensland Museum*, 40, 1-626.
- Hooper J.N.A., Soest R.W.M. van., 2002. Systema Porifera: A guide to the classification of sponges, Nueva York. *Kluwer Academic*, 1(2), 1708.
- Morrow C., Cárdenas P., 2015. Proposal for a revised classification of the Demospongiae (Porifera). *Frontiers in Zoology*, 12(7), 127.
- Regalado L.E., Laguna A., Martínez R.J.R., 2010. Las esponjas marinas como fuente de nuevas sustancias bioactivas. *Agencia de Medio Ambiente*, 1683-8904(19), 1-11.

## EVALUACIÓN DE LA TOXICIDAD DE DETERGENTES EN *Artemia franciscana*

Hernández-Álvarez S.\*, Sobrino-Figueroa A., Álvarez-Silva C.

\*Lab. Ficología aplicada. Lab. Alejandro Villalobos, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Av. Sn. Rafael Atlixco # 186 Col. Vicentina C.P. 09340 D.F. Correo electrónico: coco@xanum.uam.mx

### INTRODUCCIÓN

Los detergentes son productos sintéticos que se utilizan en grandes cantidades para la limpieza doméstica e industrial, están formados por un agente tensoactivo, como el alquilbencensulfonato, el dodecilbencensulfonato y el alquaurilsulfotano y por aditivos como: ablandadores de agua (polifosfatos, silicatos, carbonatos, perboratos), conservadores (sulfato de sodio), pigmentos, enzimas (proteasa y amilasas), estabilizadores de espuma, colorantes, perfumes. Las proporciones en que los distintos componentes entran en la composición de un detergente varían dependiendo de la marca y de su uso (lavandería, lavatrastes, etc.), pero de manera general son: tensoactivo (15%), polifosfato + silicato (30%), perborato sódico (20%), pigmento fluorescente (0.1%) sulfato sódico (20%), enzimas (0.5%) (PROFEPA, 2008). Los compuestos tensoactivos son biodegradables entre un 80 a 90%. Lo anterior indica que de la formulación del detergente sólo el 15% del producto es biodegradable. Por esta razón la mayoría de los detergentes sintéticos son contaminantes persistentes. Debido a que en nuestro país los estudios con detergentes son escasos, en este trabajo se evaluó la toxicidad de 5 marcas de detergentes sobre *Artemia franciscana*, microcrustáceo presente en nuestro país y considerado como organismo indicador de toxicidad de efluentes en la normatividad ambiental vigente (NMX-AA-110-1995-SCFI).

### MÉTODO

Se realizaron ensayos estáticos con duración de 72 horas (APHA, 1994). Se expusieron 80 nauplios, obtenidos de la eclosión de quistes, a una concentración subletal ( $1 \text{ mg L}^{-1}$ ) de diferentes tipos de detergentes: 2 de uso general (Blanca Nieves y Roma), 1 biológico (Foca) y 2 lavatrastes (Axió y Salvo) más un control sin tóxico. Las condiciones durante el bioensayo fueron: Salinidad: 30 ups, temperatura:  $26 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\text{O}_2$  disuelto:  $> 6.2 \text{ ppm}$ . Fotoperiodo: 16 h

luz/8 h oscuridad. Los organismos no se alimentaron durante la prueba. Diariamente se evaluó la tasa de respiración y excreción en los bioensayos, utilizando una cámara hermética de 50 ml de vol. Los datos de respiración y excreción se integraron para determinar el grado de estrés en que estuvieron los organismos, calculando del índice O:N (Bayne, 1979). Asimismo, cada 24 h se tomó 20 organismos al azar para realizar la determinación del nivel de lipoperoxidación, por medio de la evaluación de MDA (Malondealdehídos) (Buege y Aust, 1978) y la actividad de la enzima Acetilcolinesterasa (como indicadora de efectos neurotóxicos) (Ellman *et al.*, 1961). Los datos se analizaron utilizando la prueba de ANOVA y posteriormente se aplicó la prueba de Turkey para determinar la diferencia entre los grupos de organismos expuestos a los detergentes y el grupo control (Zar, 1996).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Durante el bioensayo el porcentaje de mortalidad registrado fue de 0 a 5%, la mortalidad del grupo control fue de 0%.

El consumo de oxígeno en los organismos expuestos a los detergentes fue alto en las primeras 24 horas de exposición y posteriormente disminuyó a las 72 horas de iniciado el ensayo. En los bioensayos con el detergente Axión se obtuvieron los valores más altos de consumo de oxígeno y los más bajos en las pruebas con el producto Roma. Se observaron diferencias significativas en los valores de consumo de oxígeno entre el grupo control y los organismos expuestos a los detergentes ( $p < 0.05$ ). Se observó que los detergentes lavatrastes tuvieron un efecto adverso en la respiración de *Artemia franciscana*, debido a que este producto tiene enzimas y posiblemente afecta las capas lipídicas de los tejidos de las branquias, causando lesiones en los tejidos de las branquias e inevitablemente conduciéndolos a su muerte.

La relación O:N tuvo un valor por arriba de 9 a las 24 hrs de exposición, con excepción de la prueba con el detergente lavatrastes. Se observó un decremento significativo a las 72 hrs en todas las pruebas con valores menores a 9, hecho que indica que los organismos estuvieron en un grado de estrés alto.

Las concentraciones promedio de MDA (malondealdehídos) registradas en los tejidos de *A. franciscana*, muestran que hubo una relación dosis-respuesta directa, ya que al aumentar el tiempo de exposición aumentó el grado de lipoperoxidación en los tejidos de los microcrustáceos. Asimismo, la prueba de ANOVA indicó que existen diferencias significativas entre los valores calculados de MDA de los organismos expuestos a los detergentes y los del

grupo control ( $p < 0.05$ ). Los niveles de MDA fueron altos en los organismos expuestos a los detergentes lavatrastes (145.4 a 213  $\text{nM g}^{-1}$  MDA), el valor obtenido en el testigo fue de 2.4  $\text{nM g}^{-1}$  MDA. Se observó una disminución promedio de un 52% en la actividad de la enzima AchE. Los detergentes que ocasionaron la inhibición más alta de la actividad de esta enzima fueron los lavatrastes.

Los resultados de este estudio indican que concentraciones subletales de detergentes tienen efectos deletéreos en *A. Franciscana*, y los efectos tienen una respuesta negativa que depende del tiempo de exposición. Debido a que el tratamiento de aguas residuales es limitado ya que solo el 14% del total generado recibe algún tipo de tratamiento (Conagua-Semarnat, 2007-2011) y aguas residuales con altas concentraciones de detergentes se descargan directamente a la zona costera, es importante conocer los efectos potencialmente adversos de estos compuestos para proponer medidas de mitigación.

## REFERENCIAS

- APHA, A.W.W.A., W.P.F.C., 1994. Métodos estándar para el examen de aguas y aguas de desecho. 64° Ed. Interamericana. México. 690 pp.
- Bayne, B.L., Moore, M.N., Widdows, J., Livingstone, D.R., Salneio P., 1979. Measurement of the responses of individuals to environmental stress and pollution: studies with bivalve molluscs. *Phil. Trans. Soc. Lond.* 286, 563-581.
- Buege, J.A., Aust, S.D., 1978. Microsomal lipid peroxidation. *Method. Enzym.*, 51, 302-306.
- Conagua, Semarnat. Estadísticas del Agua en México. Ediciones 2007, 2008, 2010 y 2011. México.
- Ellman G.L., Courtney K.D., Andres V., Featherstone R.M., 1961. A new and rapid calorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochem. Pharmacol.*, 7, 88-95
- NMX-AA-110-1995-SCFI. Norma Mexicana. Análisis de agua – Evaluación de toxicidad aguda con *Artemia franciscana* Kellogg (CRUSTACEA – ANOSTRACA) – Método de prueba.
- PROFEPA (Procuraduría Federal de Protección al Ambiente), 2008. Análisis de calidad de detergentes. Revista del consumidor. México.

## **ABUNDANCIA DE LA BIOMASA DE ZOOPLANCTON EN EL PACIFICO ORIENTAL TROPICAL MEXICANO**

**Hernández-Trujillo Sergio\*, González Armas Rogelio, Esqueda Escárcega Gabriela Ma., Funes Rodríguez René**

\*Instituto Politécnico Nacional. CICIMAR. Departamento de Plancton. [strujil@ipn.mx](mailto:strujil@ipn.mx)

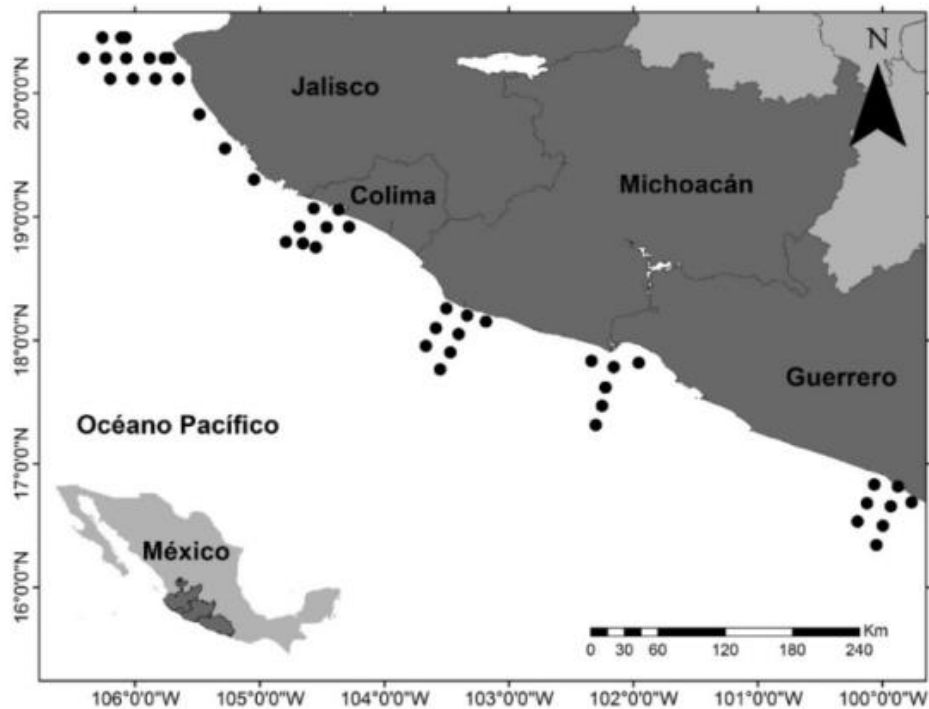
### **INTRODUCCIÓN**

La biomasa de zooplancton es medida para determinar la condición de productividad de los grupos y especies y estimar su contribución en la red trófica (Omori e Ikeda, 1992); puede expresarse como volumen sedimentado, volumen desplazado o peso húmedo, entre otras. En este conglomerado de microorganismos se encuentran representantes de prácticamente todos los phyla conocidos a lo largo y ancho de la columna de agua, con funciones específicas en la transferencia de energía en el ecosistema pelágico. En abril de 2015 se llevó a cabo el crucero oceanográfico denominado Marea Roja-VII, a bordo del B/O El Puma, en la zona costera comprendida entre Cabo Corrientes, Jalisco y la Bahía de Acapulco, Guerrero, en la que se obtuvieron muestras de zooplancton para estimar la abundancia y distribución espacial del biovolumen zooplanctónico.

### **METODOLOGÍA**

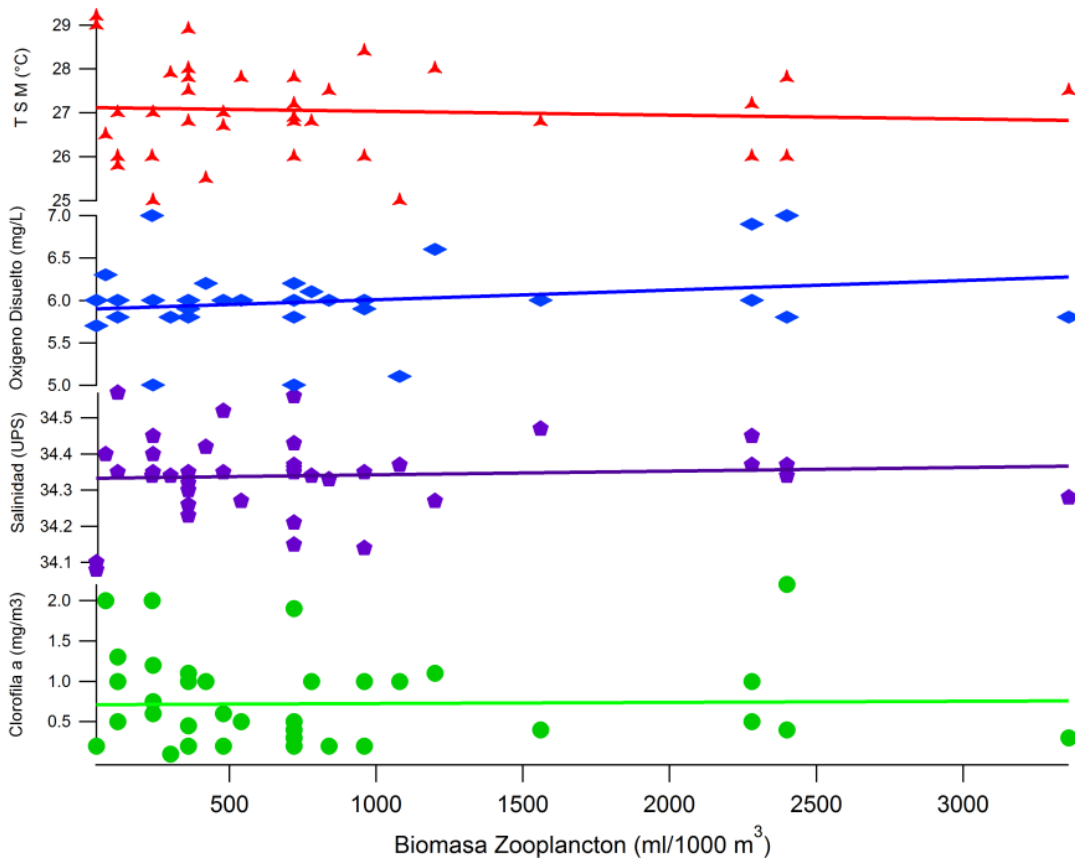
Se obtuvieron 40 muestras de zooplancton con una red cilindro cónica de 0.60 m de diámetro, malla filtrante de 300  $\mu\text{m}$ , 1.5 m de longitud, copo flexible de la misma malla y un flujómetro General Oceanics en la boca de la red para medir el volumen de agua filtrada (Smith y Richardson, 1979). Los lances se realizaron de 100 a 0 m, o menos en función de la batimetría de la estación oceanográfica. Previo a la recolección del plancton, se obtuvieron en la columna de agua registros continuos de clorofila (fluorescencia de la clorofila), oxígeno disuelto, salinidad y temperatura con un CTD Seabird SBE 9 Plus. La medición de la biomasa fue llevada a cabo mediante el método de volumen desplazado (Beers, 1976).





## RESULTADOS

El promedio más alto se obtuvo en el transecto frente a Colima (446 mL 1000 m<sup>-3</sup>), seguido de Michoacán (69 mL 1000 m<sup>-3</sup>), Acapulco (62 mL 1000 m<sup>-3</sup>) y Cabo Corrientes (61 mL 1000 m<sup>-3</sup>); la profundidad de los arrastres fluctuó entre 40-0 y 120-0 m de profundidad. Los máximos promedios de abundancia de biomasa se obtuvieron en aguas con temperatura (10 m) entre 26 y 28 °C, sin determinarse claramente alguna tendencia; por otro lado, el ANDEVA no detectó diferencias significativas de abundancia de biomasa ( $p > 0.05$ ) entre los transectos y tampoco se observaron diferencias significativas costa-océano. Se encontró que la mayor frecuencia del promedio de biomasa de zooplancton estuvo presente en aguas, donde la clorofila *a* se mantuvo en concentraciones no mayores a 1 mg m<sup>-3</sup>, entre 23 y 26.5 °C, en aguas bien oxigenadas (5.6-6.0 mg L<sup>-1</sup>) y con salinidad entre 34.2 y 34.5 UPS. En los diagramas de dispersión fue posible observar una ligera tendencia negativa entre la abundancia de la biomasa de zooplancton y la temperatura del agua TSM, pero no así con las otras tres variables.



## DISCUSIÓN

De acuerdo al boletín hidroclimático del Instituto Nacional de la Pesca (<http://www.inapesca.gob.mx/portal/sala-de-prensa/boletines/349-boletin-hidroclimatico-de-los-mares-de-mexico>) las condiciones oceanográficas en la zona de estudio (temperatura superficial marina y de clorofila *a*) obtenidas por el sensor MODIS-Aqua, de la NASA, muestran que la distribución superficial de la temperatura del agua, en promedio, es coincidente con la medición *in situ* llevada a cabo y que la anomalía térmica positiva era de 1°C. En el caso de la clorofila *a*, reporta que las mayores concentraciones se ubicaron a lo largo de una franja angosta siguiendo el perfil de la costa ( $0.5 \text{ mg m}^{-3}$ ); esas concentraciones coinciden parcialmente con las registradas en este trabajo ya que el intervalo registrado fue mayor ( $0.4 - 2.0 \text{ mg m}^{-3}$ ). La tendencia de la biomasa de zooplancton a reducir su abundancia con el incremento de la temperatura ya ha sido registrada para la zona del noroeste de México influenciada por la Corriente de California (Roemmich, D. y McGowan J., 1995; McGowan *et al.*, 1996; Lavaniegos *et al.*, 1998) y para el Pacífico Central Mexicano, Franco-Gordo *et al.* (2001) también encontraron esa misma tendencia, mucho más pronunciada. Estos últimos autores

determinaron que la abundancia de biomasa en el mes de abril, entre Jalisco y Michoacán, estuvo en los 2,000 mL 1000 m<sup>-3</sup>, en promedio, que es 61% superior a lo registrado en este trabajo. Roemmich y McGowan (1995) demostraron que la tendencia de reducción del biovolumen de zooplancton era sostenida de acuerdo al análisis de los datos; los estudios posteriores sobre este tema también concordaron en mayor o menor medida con esos hallazgos (Lavaniegos *et al.*, 1998), no solo en el Pacífico, sino en el Atlántico Norte (Edwards *et al.*, 2014). Aunque se tiene para la parte norte de la zona de estudio un patrón inicial de la variación estacional de la biomasa de zooplancton en una franja angosta cercana a la línea de costa, los resultados de este trabajo incrementan la información sobre las condiciones y características biológicas de la zona epipelágica y ayudarán a esclarecer el proceso que ocasiona los cambios estacionales y espaciales de esta zona marina tropical mexicana.

### CONCLUSIONES

La relativa homogénea distribución latitudinal de la abundancia del zooplancton está positivamente relacionada con la salinidad, la concentración de clorofila *a* y el oxígeno disuelto, en contraste con la temperatura superficial del mar.

Los resultados obtenidos muestran una reducción de la abundancia de biomasa de zooplancton para el mes de abril, al compararlos con los datos previos para la zona norte del área de estudio.

AGRADECIMIENTOS. Al Instituto Politécnico Nacional por financiar parcialmente las actividades de logística del muestreo a través del proyecto SIP 20150682. A los participantes en el crucero oceanográfico Marea Roja VII, a la tripulación de El Puma y al Dr. David Hernández Becerril, director del proyecto Fitoplancton tóxico y nocivo del Pacífico tropical mexicano: caracterización de las especies y comunidades, y variables ambientales asociadas a los eventos tóxicos y nocivos del IMCL-UNAM por su invitación a participar en el estudio del zooplancton. Los autores son becarios de la COFAA y EDI del IPN.

### REFERENCIAS

- Beers J.R., 1976. Determination of zooplankton biomass. *En*: Steedman H.F. (Ed.). Zooplankton fixation and preservation. UNESCO Paris. 35-84p.
- Edwards M., Helaouet P., Johns D.G., Batten S., Beaugrand G., Chiba S., Hall J., Head E., Hosie G., Kitchener J., Koubbi P., Kreiner A., Melrose C., Pinkerton M., Richardson A.J., Robinson K., Takahashi K., Verheye H.M., Ward P., Wootton P.M., 2014. Global Marine

- Ecological Status Report: results from the global CPR survey 2012/2013. *U.K. Plymouth, SAHFOS Technical Report*, 10, 1-37.
- Franco-Gordo C., Godínez-Domínguez E., Suárez-Morales E., 2001. Zooplankton Biomass Variability in the Mexican Eastern Tropical Pacific. *Pacific Science*, 55(2), 191-202.
- Lavaniegos B., Gomez-Gutierrez R., Lara-Lara Y., Hernandez-Vazquez S., 1998. Long-term changes in zooplankton volumes in the California Current System - the Baja California region. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 169, 55-64.
- McGowan A., Chelton D.B., Conversi A., 1996. Plankton patterns, climate, and change in the California Current. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.*, 37, 45-68.
- Omori M., Ikeda T., 1992. Methods in marine zooplankton ecology. Krieger Publishing Co., Malabar Florida, 332 pp.
- Roemmich D., McGowan J., 1995. Climate warming and the decline of zooplankton in the California Current. *Science*, 267, 1324-1326.
- Smith P.E., Richardson S.L., 1979. Standard techniques for pelagic fish and larvae survey. *FAO Fish. Tech. Pap.*, 175, 1-100.

## TASA DE PRODUCCIÓN DE HUEVOS DE COPÉPODOS DEL PACÍFICO CENTRAL MEXICANO

Hernández-Trujillo Sergio\*, Esqueda Escárcega Gabriela Ma.

\*Instituto Politécnico Nacional-CICIMAR. Departamento de Plancton y Ecología Marina  
Av. IPN s/n Playa Palo Santa Rita, 23096. La Paz, B.C.S. strujil@ipn.mx

### INTRODUCCIÓN

Los copépodos pelágicos son adecuados para estimar la producción secundaria debido a sus elevadas abundancias y a que la duración de sus ciclos de vida es de pocos meses, lo que hace posible monitorear distintas características biológicas de su historia de vida. Sin embargo, en México las estimaciones de producción secundaria de zooplancton son escasas y se han llevado a cabo en el noroeste del Pacífico Mexicano (e.g., Hernández-Trujillo *et al.*, 2008; Gómez-Gutiérrez *et al.*, 1999; Palomares-García *et al.*, 2003), particularmente en el Golfo de California y en algunas de sus lagunas costeras (e.g., García-Pámanes y Lara-Lara, 2001; Esqueda-Escárcega *et al.*, 2013). En esta contribución se presenta la primera medición de producción secundaria en la zona oceánica frente a las costas de Guerrero, mediante la estimación de la tasa de producción de huevos de tres especies de copépodos pelágicos.

### METODOLOGÍA

A bordo del B/O El Puma se efectuaron arrastres verticales (100 a 0 m) con una red cilíndrico-cónica de 1.5 m de longitud y malla filtrante de 333  $\mu\text{m}$  para obtener especímenes vivos de copépodos, activos y sin daño; las recolectas para las incubaciones se llevaron a cabo en tres estaciones ubicadas frente a la costa de Guerrero (Figura 1).



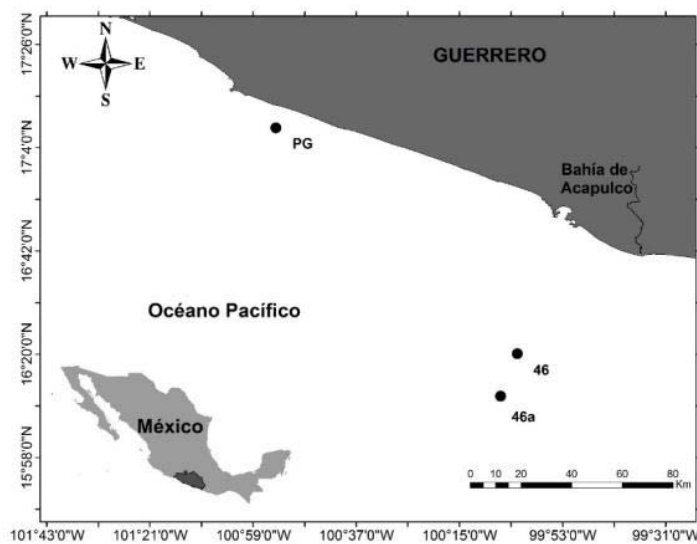


Figura 1. Posición geográfica de las estaciones oceanográficas en las que se llevaron a cabo las incubaciones.

En esas estaciones se utilizó un CTD SeaBird 19 plus para medir la temperatura y la fluorescencia (300 a 0 m). Una vez recuperada la red, en el laboratorio se seleccionaron hembras adultas de *Subeucalanus subcrassus* (Giesbrecht, 1888), *Eucalanus bungii* Giesbrecht, 1893, *Labidocera acutifrons* Dana, 1849, *Euchirella amoena* Giesbrecht, 1888, *Subeucalanus pileatus* (Giesbrecht, 1888), *Pseudodiaptomus euryhalinus* Johnson M.W. 1939 y *Centropages furcatus* (Dana, 1849); las especies fueron identificadas de acuerdo a Palomares-García *et al.* (1998). Las hembras adultas se colocaron por pares en frascos de incubación de 250 mL con agua de 10 m de profundidad, filtrándola a través de una malla de 50 micras a fin de excluir posibles contaminaciones con microzooplancton. Para cada especie se hicieron cuatro lotes o experimentos con 5 réplicas. Las botellas se mantuvieron 24 horas en un contenedor a la temperatura registrada en la estación oceanográfica, la cual fue de 26 °C para la estación PG, 29 °C para la estación 46) y 29.2 °C en la estación 42A. Al término de este lapso se extrajeron las hembras y huevos de cada uno de los frascos utilizando un tamiz de luz de malla de 20 µm. Se contaron los huevos de cada frasco y se midió la longitud del prosoma de cada una de las hembras; la TPH se calculó con la ecuación:  $TPH = (E/Nf)/(24/t)$ , donde  $E$  es el número de huevos producidos,  $Nf$  el número de hembras y  $24/t$  el tiempo de incubación corregido a 24 horas (Hernández-Trujillo *et al.*, 2008). Para calcular el peso en µg C se obtuvo la relación masa-longitud de las especies obtenida por Lavaniegos y Ohman (2007) y

Hernández-Trujillo *et al.* (2013) con el modelo  $M = aLP^b$ , donde  $M$  es la masa en  $\mu\text{g}$ ,  $LP$  es la longitud del prosoma en  $\text{mm}$ ,  $a$  es el intercepto y  $b$  es el coeficiente alométrico (Durbin *et al.*, 1978, Hernández-Trujillo *et al.*, 2013)

## RESULTADOS

En total, se realizaron 28 experimentos de TPH utilizando un total de 280 hembras de las siete especies de copépodos recolectadas; la reproducción solo fue observada en tres de las siete especies empleadas en las incubaciones: *Labidocera acutifrons*, *Subeucalanus pileatus* y *Centropages furcatus* en las estaciones PG, 46A y 46, respectivamente. De las tres especies, *L. acutifrons* tuvo la mayor TPH, en promedio con  $73.9 \text{ huevos} \cdot \text{hembra}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$ , seguida de *S. pileatus* con  $39.5 \text{ h} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$  y *C. furcatus* con  $36 \text{ h} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ . La longitud del prosoma de *L. acutifrons* fluctuó entre 1.6 y 2.2 mm de longitud patrón, la de *S. pileatus* estuvo entre 1.8 y 2.5 mm, y la de *C. furcatus* entre 0.7 y 1.3 mm. Los modelos empleados para calcular el peso de las hembras de *C. furcatus* y *L. acutifrons* fueron el propuesto por Hernández-Trujillo *et al.*, (2013), y para *S. pileatus* el de Lavaniegos y Ohman (2007). Estimaciones de parámetros específicos como longitud del prosoma fueron menores para *C. furcatus*, intermedios para *L. acutifrons*, y altos para *S. pileatus*; en contraste con el contenido de carbón en que *L. acutifrons* fue el mayor y *C. furcatus* el menor. Esta última característica tiene correspondencia con el valor promedio del factor de condición. La relación masa-longitud para cada especie tuvo coeficientes de determinación significativos ( $p < 0.05$ ) de entre 0.63 y 1.

## DISCUSIÓN

El parámetro reproductivo de las especies de copépodos indica que la TPH de *L. acutifrons* fue hasta 500% más alta que la reportada en otras regiones donde se encuentra la especie. *L. acutifrons* habita en ambientes oceánicos tropicales y subtropicales del Atlántico, Pacífico e Índico (Bradford-Grieve *et al.*, 1999) y esta es la primera estimación conocida de TPH para la especie en esta zona del Pacífico mexicano, al igual que para *S. pileatus*. *L. acutifrons* es una especie epiplanctónica que se encuentra en ecosistemas subtropicales y tropicales de todo el mundo en hábitats costeros, neríticos (Bradford-Grieve 1994) y ahora se confirma que también en el ambiente oceánico. En el caso de *C. furcatus* existen varias estimaciones de TPH en varias regiones marinas y la TPH obtenida en la zona de estudio es hasta más del 500% más alta que la reportada por la literatura. Es una especie epipelágica, de ambientes costeros y de distribución cosmopolita (Razouls *et al.*, 2012). La mayoría de los estudios de producción de

huevos se han llevado a cabo con especies de latitudes templadas y subárticas (Mauchline, 1998), por lo que la mayor parte de la literatura omite especies subtropicales, tropicales o cosmopolitas. Sin embargo, esta primera aproximación parece ser consistente con el principio de que en los ambientes tropicales los niveles de abundancia y biomasa son menores que en los templados y subárticos (Fager y McGowan, 1963).

## CONCLUSIONES

Presumiblemente, un primer factor involucrado en la tasa de producción de huevos en cada especie es la temperatura a la que se hicieron las incubaciones, pues en la zona de estudio fue de 26 y 29°C, en tanto que en el resto de las localidades en las que se han efectuado estudios de TPH de la especie, el intervalo de temperatura fue menor. Esta es la primera ocasión que en la zona de estudio se estiman la TPH para copépodos pelágicos. Estas deben ampliarse a un mayor número de taxa a una escala temporal-espacial estacional para establecer una línea base a partir de la cual utilizar esos indicadores y sus parámetros como recurso de análisis de la salud del ecosistema oceánico

AGRADECIMIENTOS. Al Instituto Politécnico Nacional por financiar parcialmente las actividades de logística del muestreo a través del proyecto SIP 20150682. A los participantes en el crucero oceanográfico Marea Roja VII, a la tripulación de El Puma y al Dr. David Hernández Becerril, director del proyecto *Fitoplancton tóxico y nocivo del Pacífico tropical mexicano: caracterización de las especies y comunidades, y variables ambientales asociadas a los eventos tóxicos y nocivos* del IMCL-UNAM por su invitación a participar en el estudio del zooplancton. Los autores son becarios de la COFAA y EDI del IPN.

## REFERENCIAS

- Bradford-Grieve J.M., 1994. The marine fauna of New Zealand: Pelagic Copepoda: *Megacalanidae, Calanidae, Paracalanidae, Mecynoceridae, Eucalanidae, Spinocalanidae, Clausocalanidae*. National Institute of Water and Atmospheric Research, Wellington, Nueva Zelandia. 160pp.
- Bradford-Grieve J.M., Markhaseva E.L., Rocha C.E.F., Abiahy B., 1999. Copepoda. *En: Boltovskoy D., (Ed.), South Atlantic Zooplankton*. Backhuys Publishers, Leiden. 869–1098p.
- Durbin E.G., Durbin A.G., 1978. Length and weight relationships of *Acartia clausi* from Narragansett Bay, R.I. *Limnol. Oceanogr.*, 23, 958-969.

- Esqueda-Escárcega G.M., Hernández-Trujillo S., Aceves-Medina G., Futema-Jiménez S., Hernández-Alfonso J.R., 2013. Pastoreo del microzooplancton en la Ensenada de la Paz, B.C.S., México. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 41(3), 545-557.
- Fager E.W., McGowan J.A., 1963. Zooplankton species groups in the North. *Pacific Science*, 140(3566), 453-460.
- García-Pámanes J., Lara-Lara J.R., 2001. Pastoreo por el microzooplancton en el Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 27(1), 73-90.
- Gómez-Gutiérrez J., Palomares-García R., De Silva-Dávila R., Carballido-Carranza M.A., Martínez-López A., 1999. Copepod daily egg production and growth rates in Bahía Magdalena, México. *Journal of Plankton Research*, 21(12), 2227-2244.
- Hernández-Trujillo S., Zárate-Villafranco A., Pacheco-Chávez R., Esqueda-Escárcega G.M., Hernández-Alfonso J.R., Aceves-Medina G., 2008. Variación estacional de la producción de huevos del copépodo calanoideo *Centropages furcatus* (Dana, 1852) en la Bahía de La Paz, México. *Hidrobiológica*, 18(1, Suplemento), 61-67.
- Hernández-Trujillo S., Esqueda-Escárcega G.M., Futema-Jiménez S., 2013. Prediction Models of Copepods Biomass from the Mass-Length and Carbon Content-Length Relationship. *J. Mar. Biol. Oceanogr.*, 2, 4.
- Lavaniegos B., Ohman M., 2007. Coherence of long-term variations of zooplankton in two sectors of the California Current System. *Progress in Oceanography*, 75(1), 42-69.
- Mauchline J., 1998. The Biology of calanoid copepods. *Advances in Marine Biology*, Academic Press. 710pp.
- Palomares-García R., Suárez-Morales E., Hernández-Trujillo S., 1998. Catálogo de los copépodos (Crustacea) pelágicos del Pacífico Mexicano. Editorial y Litografía Regia de los Ángeles S. A. México, D.F. 352pp.
- Palomares-García R., Martínez A., De Silva R., 2003. Winter egg production rate of four calanoid copepod species in Bahía de la Paz, Mexico. *En: Hendrix M.E. (Ed.). Contributions to the study of the East Pacific Crustaceans 2*. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM. 139-152p.
- Razouls C., de Bovée F., Kouwenberg J., Desreumaux N., 2005-2012. Diversity and Geographic Distribution of Marine Planktonic Copepods. *Disponible en: <http://copepodes.obs-banyuls.fr/en>*



## **INFLUENCIA DEL HÁBITAT SOBRE LA ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES DE POLIQUETOS (ANNELIDA) DEL SUR DEL PACÍFICO MEXICANO**

**Hernández-Alcántara Pablo\*, Velasco-López Francisco F., Solís-Weiss Vivianne**

\*Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. Correo electrónico: pabloh@cmarl.unam.mx

### **INTRODUCCIÓN**

En los fondos blandos los poliquetos son usualmente el grupo dominante de la macrofauna béntica, tanto en número de individuos como de especies (Hutchings, 1998; Brooks *et al.*, 2006), y juegan un papel importante en el funcionamiento del ecosistema (Pagliosa, 2005; Bremner, 2008; Wagner y Barros, 2011). Por tanto, los poliquetos han sido empleados como indicadores de las condiciones ecológicas (Gambi y Giangrande, 1986; Quiroz-Martinez *et al.*, 2012), pero también para determinar los patrones estructurales de la comunidad (Olsgard y Somerfield, 2000; Probert *et al.*, 2001; Olsgard *et al.*, 2003). Sin embargo, en amplias zonas del Pacífico mexicano, la estructura de las comunidades bénticas ha sido poco estudiada y muchos de los invertebrados que ahí habitan son prácticamente desconocidos.

Aunque no existen publicaciones que sinteticen la composición de la fauna del sur del Pacífico mexicano, los registros y bases de datos compiladas por nosotros indican que hay alrededor de 421 especies de poliquetos en ambientes litorales y sublitorales, y alrededor de 66 especies en sus aguas profundas, pero prácticamente no hay información sobre el papel ecológico de los poliquetos en estos ambientes.

Por ello, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar a las comunidades de poliquetos que habitan en el sur del Pacífico mexicano, en términos de su densidad y número de especies, e identificar los patrones espaciales de su estructura comunitaria asociados con las variaciones espaciales de la profundidad y tipo de sedimento.

### **MÉTODO**

Las muestras fueron tomadas a bordo del B/O "El Puma" de la UNAM (campaña "Sedimento 4"), en 38 estaciones del sur del Pacífico mexicano ( $16^{\circ}45'-17^{\circ}14'N$ ;  $99^{\circ}49'-101^{\circ}02'O$ ), ordenadas en 14 transectos perpendiculares a la costa, entre 42 y 109 m de profundidad (Figura 1). El material biológico fue recolectado por medio de una draga Smith-



McIntyre (0.1 m<sup>2</sup>) y los especímenes, identificados a nivel de especie, fueron depositados en la Colección Nacional de Anélidos Poliquetos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (CNAP-ICML, UNAM; DFE.IN.061.0598).

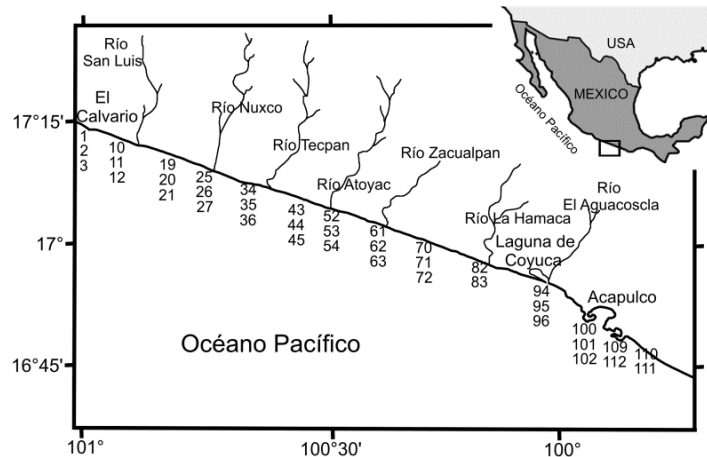


Figura 1. Área de estudio y ubicación de las estaciones de muestreo.

**Análisis de datos.** Los factores “profundidad”, con tres niveles (plataforma interna (42-66 m), media (72-90 m), y externa (94-109 m), y “sedimento” con dos niveles (“arena” con > 50% arena; “lodo” con < 50% arena), fueron establecidos para clasificar a las estaciones. La estructura del hábitat fue definida por medio de un escalamiento no-métrico multidimensional (NMDS), basado en las variaciones de esos dos factores.

De acuerdo con esta configuración, se generó un análisis PERMANOVA, para probar la hipótesis de “no diferencias” en la estructura comunitaria por efecto de los hábitats reconocidos. El análisis fue definido por los factores fijos profundidad y sedimento, y su interacción en el modelo completo, basado en el análisis de similitud Bray-Curtis sobre datos log (x+1) transformados. Usando el PERMANOVA+ add-on para PRIMER v6 software (Anderson *et al.*, 2008), las estaciones fueron ordenadas en un diseño no-balanceado de dos vías, aplicando 9,999 permutaciones aleatorias. Un análisis NMDS también fue generado para definir la similitud entre estaciones de acuerdo con su composición faunística. Posteriormente, los grupos de estaciones fueron sometidas a análisis SIMPER para seleccionar las especies que definen cada ensamblaje.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

Estructura regional del hábitat. El NMDS basado en la profundidad y el tipo de sedimento de las estaciones mostró una estructura representada por cinco hábitats (Figura 2). El hábitat plataforma media-lodo incluyó el mayor número de localidades (15 = 39.5%), mientras que en el ambiente plataforma media-arena estuvo representado por sólo dos estaciones (5.3%).

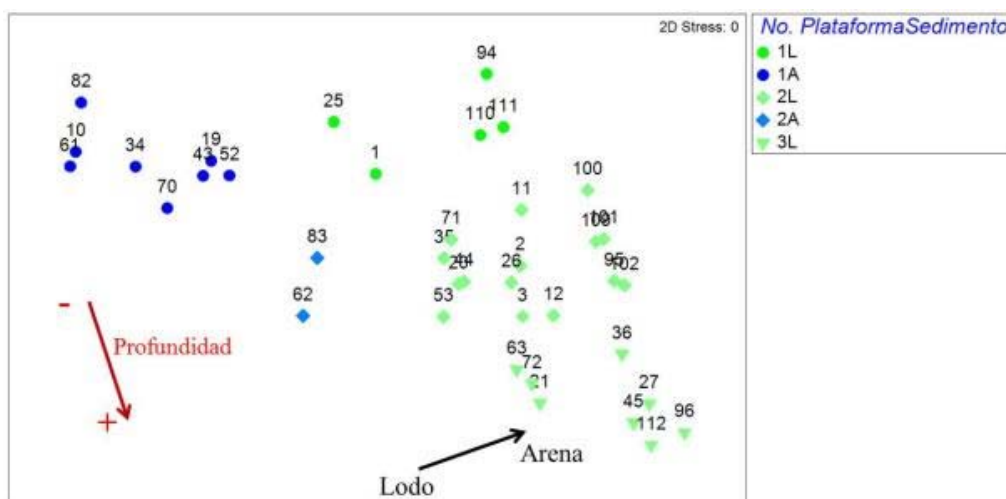


Figura 2. Análisis MDS de 38 estaciones de acuerdo con su profundidad y tipo de sedimento. (1= plataforma interna; 2= plataforma media; 3= plataforma externa; L= lodos; A= arenas).

Estructura comunitaria. Se identificaron 3,741 individuos de 27 familias y 82 especies. Las familias Amphinomidae (1,359 ind. = 36.3%) y Spionidae (1,357 ind. = 36.3%) fueron claramente las más abundantes. En la siguiente familia, Magelonidae, se registraron sólo 283 ejemplares (7.6%). Los anfinómidos estuvieron representados por solo una especie, *Linopherus kristiani*. Aunque en la otra familia abundante, Spionidae, se registraron 8 especies, una de ellas, *Paraprionospio pinnata*, agrupó al 35.8% de la fauna.

Los intervalos de variación de la densidad y número de especies fueron muy amplios: 1 a 417 ind./0.1 m, y 1 a 25 especies/estación (Figura 2). Estos factores bióticos mostraron una relación negativa con la profundidad, por lo que el menor número de individuos y especies fue registrado en sedimentos lodosos.

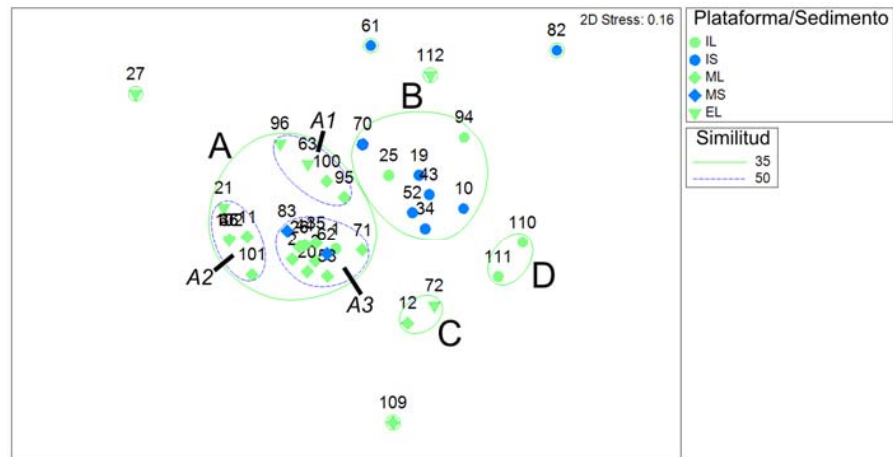


Figura 3. Análisis MDS de la composición faunística en las 38 estaciones. (I= plataforma interna; M= plataforma media; E= plataforma externa; L= lodos; A= arenas)

La configuración del NMDS basada en la composición de especies no mostró una relación directa con los hábitats previamente determinados. Las estaciones fueron principalmente separadas por los cambios batimétricos, ya que la distribución de la fauna no se correlacionó con el tipo de sedimento (Figura 3).

El análisis PERMANOVA confirmó que las diferencias espaciales de la fauna fueron significativamente asociadas con el factor “profundidad” ( $Pseudo-F = 3.66$ ,  $p = 0.001$ ), y que la mayor divergencia a lo largo del gradiente batimétrico se presentó entre la plataforma interna y la media ( $t = 2.258$ ,  $p = 0.001$ ). Por el contrario, la composición de los poliquetos no desplegó diferencias significativas con las variables “arena” o “lodo” ( $Pseudo-F = 0.558$ ,  $p = 0.8$ ).

La configuración faunística generada por el NMDS reflejó los resultados de la prueba PERMANOVA, ya que la distribución de los cuatro agrupamientos de poliquetos estuvo relacionada con la zonación batimétrica (Figura 3). El grupo B se distribuyó en la plataforma interna, y fue caracterizado por *P. pinnata* (36.7%) y *M. marianae* (17.1%). Los grupos C y D estuvieron ligados al grupo B, ya que fueron principalmente definidos por el espionido *P. pinnata* (100 y 17.4%, respectivamente) (Tabla 2), sin embargo, el grupo C fue localizado en la plataforma media y externa, mientras que el grupo D, además de *P. pinnata*, también fue definido por *Aglaophamus verrilli* (15.7%) y *Glycera prosobranchia* (13.2%).

Las estaciones del grupo A se distribuyeron en la plataforma media y externa, y se agruparon debido a la presencia del anfinómido *Linopherus kristiani*, pero diferencias asociadas con su distribución espacial originaron su separación en tres subgrupos (Figura 3): el subgrupo A1, distribuido al oriente del área de estudio, fue caracterizado por *L. kristiani* (41%) y *M.*

*marianae* (33.9%); el subgrupo A2, localizado al occidente fue definido casi exclusivamente por *L. kristiani* (93.7%); y el subgrupo A3, integrado solo por estaciones de la plataforma media fue determinado por *L. kristiani* (51.3%), pero también por *P. pinnata* (28%).

Los estudios cuantitativos sobre las especies de poliquetos en un contexto ecológico son escasos en el Pacífico Este Tropical y virtualmente ausentes en la región central (González-Ortiz *et al.* 1997). Sin embargo, fue evidente que la fauna recolectada en el presente estudio fue menos abundante y diversa que la registrada en otras regiones del Pacífico Mexicano.

Los patrones de distribución de los poliquetos en el sureste del Pacífico mexicano fueron significativamente estructurados por las variaciones batimétricas y por la ocurrencia de *P. pinnata* principalmente distribuido en la plataforma interna y de *L. kristiani*, localizado en la plataforma media y externa. Con un promedio de 12 especies/estación, el agrupamiento *P. pinnata* fue dos veces más diverso que el agrupamiento *L. kristiani* (media = 5 especies/estación). Los patrones de distribución de la fauna de poliquetos poco diversa en la plataforma continental del sureste del Pacífico mexicano fueron diferentes de los observados en las comunidades más diversas del norte del área de estudio, sobre todo de las que habitan en el Golfo de California.

AGRADECIMIENTOS. Agradecemos a Arturo Carranza Edwards, responsable del Proyecto "Sedimento" del ICML-UNAM, su invitación a participar en la campaña oceanográfica "Sedimento 4", y a Juan Pérez Torrijos por la toma de muestras a bordo del B/O "El Puma".

## REFERENCIAS

- Bremner J., 2008. Species traits and ecological functioning in marine conservation and management. *J. Exp. Biol. Ecol.*, 366, 37-47.
- Brooks R.A., Purdy C.N., Bell S.S., Sulak K.J., 2006. The benthic community of the eastern US continental shelf: A literature synopsis of benthic faunal resources. *Cont. Shelf. Res.*, 6, 804-818.
- Gambi M.C., Giangrande A., 1986. Distribution of soft-bottom polychaetes in two coastal areas of the Tyrrhenian Sea (Italy): Structural Analysis. *Estuar Coast Shelf Sci.*, 23, 847-862.
- Hutchings P., 1998. Biodiversity and functioning of polychaetes in benthic sediments. *BiodiversConserv.*, 7, 1133-1145.
- Olsgard F., Somerfield P.J., 2000. Surrogates in marine benthic investigations - which taxonomic unit to target?. *J. Aquat. Ecosyst. Stress Recovery.*, 42, 25-42.

- Olsgard F., Brattegard T., Holthe T., 2003. Polychaetes as surrogates for marine biodiversity: lower taxonomic resolution and indicator groups. *BiodiverConserv.*, 12, 1033-1049.
- Pagliosa P.R., 2005. Another diet of worms: the applicability of polychaete feeding guilds as a useful conceptual framework and biological variable. *Mar. Ecol.*, 26, 246-254.
- Probert P.K., Read G.B., Grove S.L., Rowden A.A., 2001. Macrobenthic polychaete assemblages of the continental shelf and upper slope off the west coast of the South Island, New Zealand. *New Zeal. J. Mar. Fresh.*, 35, 971-984.
- Quiroz-Martinez B., Schmitt F.G., Dauvin J.C., 2012. Statistical analysis of polychaete population density: dynamics of dominant species and scaling properties in relative abundance fluctuations. *Nonlin Processes Geophys.*, 19, 45-52.
- Wagner M., Barros F., 2011. Structural and functional approaches to describe assemblages: Ecological implications for estuarine ecosystems. *Mar. Freshwater Res.*, 62, 918-926.



## **EFFECTO DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS EN LA CLOROFILA-A MEDIDA EN BAHÍA MAGDALENA, BCS DURANTE EL NIÑO - 2015**

**Jimenez Quiroz María del Carmen\***, **Cervantes Duarte Rafael\*\***,  
**García Romero Felipe de Jesus\***, **Martell Dubois Raúl\*\*\***, **Cerdeira Estrada Sergio\*\*\***

\*DGIPP, Instituto Nacional de Pesca; carmen.jquiroz@inapesca.gob.mx. \*\*Depto Oceanología, CICIMAR. \*\*\*CONABIO.

### **INTRODUCCIÓN**

Bahía Magdalena (BM) alberga algunas de las pesquerías más importantes de la costa sudcaliforniana y tiene un gran potencial acuícola debido a su elevada productividad biológica. En esta laguna la biomasa fitoplanctónica es mayor en primavera y al principio del verano, gracias al aporte de nutrientes de las surgencias que se forman en la zona marina contigua, aunque en algunos años también es elevada al final del verano y principio del otoño, cuando los procesos internos fertilizan el medio (Cervantes-Duarte *et al.*, 2012; Cervantes-Duarte *et al.*, 2013). Durante 2015, el Pacífico Mexicano fue afectado por el evento El Niño-La Oscilación del Sur (ENSO) que inició en marzo y alcanzó su punto culminante en noviembre. En otros eventos de intensidad similar, la temperatura se ha elevado algunos grados por arriba del promedio y las surgencias se han debilitado lo que modificó la abundancia y la distribución de la clorofila-a. En este trabajo se describen las condiciones climáticas registradas en 2014 y 2015 tanto en la laguna como en la zona marina adyacente a partir de información obtenida mediante imágenes satelitales, estaciones meteorológicas e indicadores ambientales, y su posible influencia en las variaciones en la abundancia de la clorofila-a, pigmento que puede ser utilizado como un indicador de la biomasa fitoplanctónica de este cuerpo de agua.

### **MÉTODOS**

Para describir los cambios a escala sinóptica se utilizaron imágenes compuestas mensuales de temperatura superficial y clorofila-a obtenidas por el satélite MODIS-Aqua, de las cuales se extrajeron los valores en un transecto paralelo a la costa, ubicado a 10 km de ésta. Las matrices se obtuvieron de la base de datos Giovanni de la NASA (resolución 4 km). La información a escala local consistió en datos de temperatura del aire y precipitación registrados por la Estación Automática Meteorológica de Puerto Cortes de la SEMARINA, la Estación Sinóptica Meteorológica (ESIME) del SMN, instalada en Cd. Constitución y la estación

Constitución de INIFAP, así como mediciones de la precipitación total mensual del satélite Tropical Rainfall Measuring Mission obtenida de la base de datos Giovanni de la NASA. La intensidad de las surgencias se estimó con el índice de Bakún (IB) calculado para Bahía Magdalena por el PFEL-NOAA y la de El Niño con el Oceanic El Niño Index (ONI). Las variaciones en la temperatura superficial y la concentración de clorofila se describen a partir de mediciones efectuadas *in situ*, una vez al mes, durante las mareas muertas de enero a diciembre de 2015, en una red de 9 estaciones de muestreo (Figura 1). Esa información se contrastó con datos puntuales obtenidos *in situ* por Cervantes Duarte y colaboradores entre 2003 y 2011, así como de imágenes diarias del satélite MODIS-Aqua de septiembre de 2002 a diciembre de 2013, de clorofila-*a* y fluorescencia obtenidas del Sistema Satelital de Monitoreo Oceánico de CONABIO.

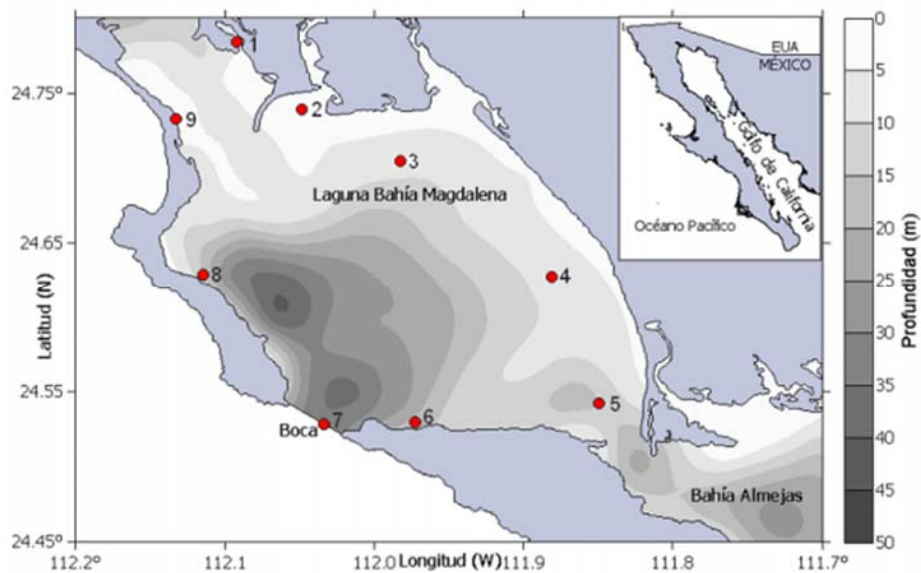


Figura 1. Red de estaciones utilizada en los muestreos durante 2015. Diagrama de RCD y FJG.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La costa suroccidental de la península de Baja California fue muy cálida en 2014 y 2015, debido a la presencia de una alta presión sobre el Golfo de Alaska entre el otoño de 2013 y 2015, así como al desarrollo de un evento El Niño desde febrero/marzo de 2015 que alcanzó su máxima intensidad en noviembre. En este periodo, en la zona marina aledaña a Bahía Magdalena la temperatura superficial marina fue muy elevada y durante el periodo más cálido la anomalía varió de +3 a +5 °C; de manera paralela, el contenido de clorofila medido con el satélite MODIS-Aqua fue entre 40 y 60% inferior al promedio.

La temperatura ambiental (TA) medida en Puerto Cortés (SEMARINA) indica que desde la primavera de 2014 hasta el otoño de 2015 las condiciones fueron tórridas, en tanto que las anomalías térmicas medidas en Cd. Constitución (cuyos datos están significativamente correlacionados con los de Puerto Cortés) variaron de 1 a 2.7 °C en esos meses; por otro lado, la lluvia en invierno fue de 3.5 mm y entre los días finales de junio y el 15 de septiembre de 4.5 mm, estas cantidades fueron menores a la de otros años aunque los datos satelitales sugieren que hubo lluvias ligeras durante el paso de la depresión tropical *Blanca* que no fueron medidas por el sensor pero que posiblemente disminuyeron la TA.

La temperatura del agua medida *in situ* (Figura 2 B) fue elevada durante todo 2015 y a diferencia de un año normal (Figura 2 A), el mes más frío fue abril, en tanto que el periodo más cálido inició en julio a pesar de que la TA más elevada se registró en septiembre, lo cual indica que ingresó agua caliente desde el océano Pacífico.

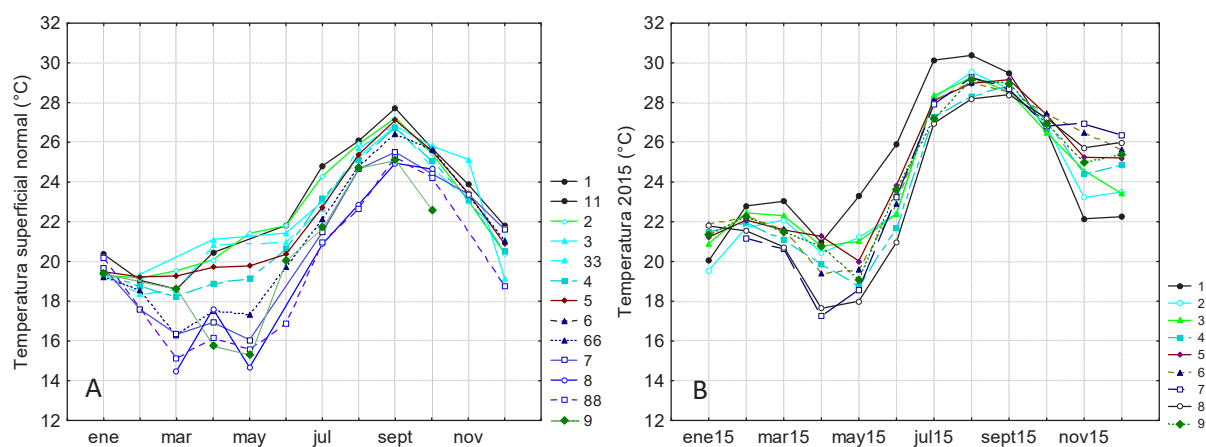


Figura 2. A) Temperatura superficial marina medida en las inmediaciones de las estaciones de muestreo en imágenes promedio obtenidas del satélite MODIS-Aqua, del SATMO-CONABIO; B) Temperatura superficial medida *in situ* en 2015.

Las variaciones del IB sugieren que la intensidad de las surgencias fue menor que en otros años, en especial en mayo de 2014, y en el periodo marzo-junio de 2015, cuando la anomalía fue negativa, excepto en abril cuando fue normal (Figura 3). Estos procesos se debilitan cuando ocurre un evento El Niño, como lo sugiere la relación entre el IB y el ONI ( $p < 0.05$ ).

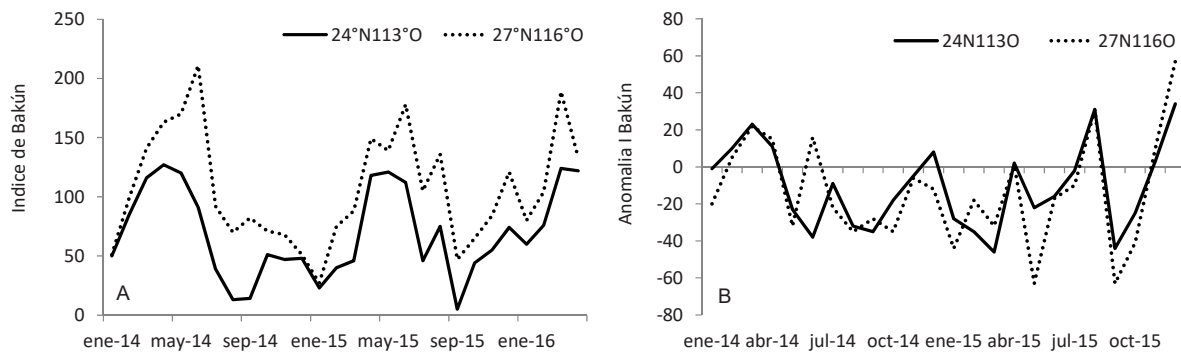


Figura 3. Variaciones del índice de Bakún (A) y sus anomalías (B) en 2014 y 2015.

Las variaciones mensuales en la temperatura registrada en superficie y fondo en BM durante 2015, muestran que desde febrero hasta octubre, el agua de las estaciones ubicadas en las inmediaciones de la boca fue más fría en el fondo que en la superficie; en este lapso la diferencia entre ambos niveles fue menor en abril y mayo, cuando además en esa zona se registraron los valores más bajos medidos en superficie (17- 18 °C). En el muestreo del 25 de junio se observó la mayor diferencia entre superficie y fondo (alrededor de 8 °C) y las menores concentraciones de oxígeno disuelto (1 a 2 mL L<sup>-1</sup>), aunque en ese mes la temperatura en la superficie fue más homogénea que en los meses previos. Esto sugiere que la influencia de la surgencia se presentó desde marzo hasta junio, y que probablemente fue más intensa de abril a junio.

Las variaciones en la clorofila-*a* medida *in situ* por Cervantes-Duarte y colaboradores (Figura 4 A y B) siguen un ciclo estacional bien definido, tanto en las estaciones ubicadas en las inmediaciones de la boca de comunicación con el mar (Figura 4 A) como en las localizadas en el interior del cuerpo de agua (Figura 4B), cercanas al puerto de San Carlos y los esteros Banderitas y San Buto; aunque en estas últimas, aparentemente la clorofila-*a* continua siendo abundante en agosto.

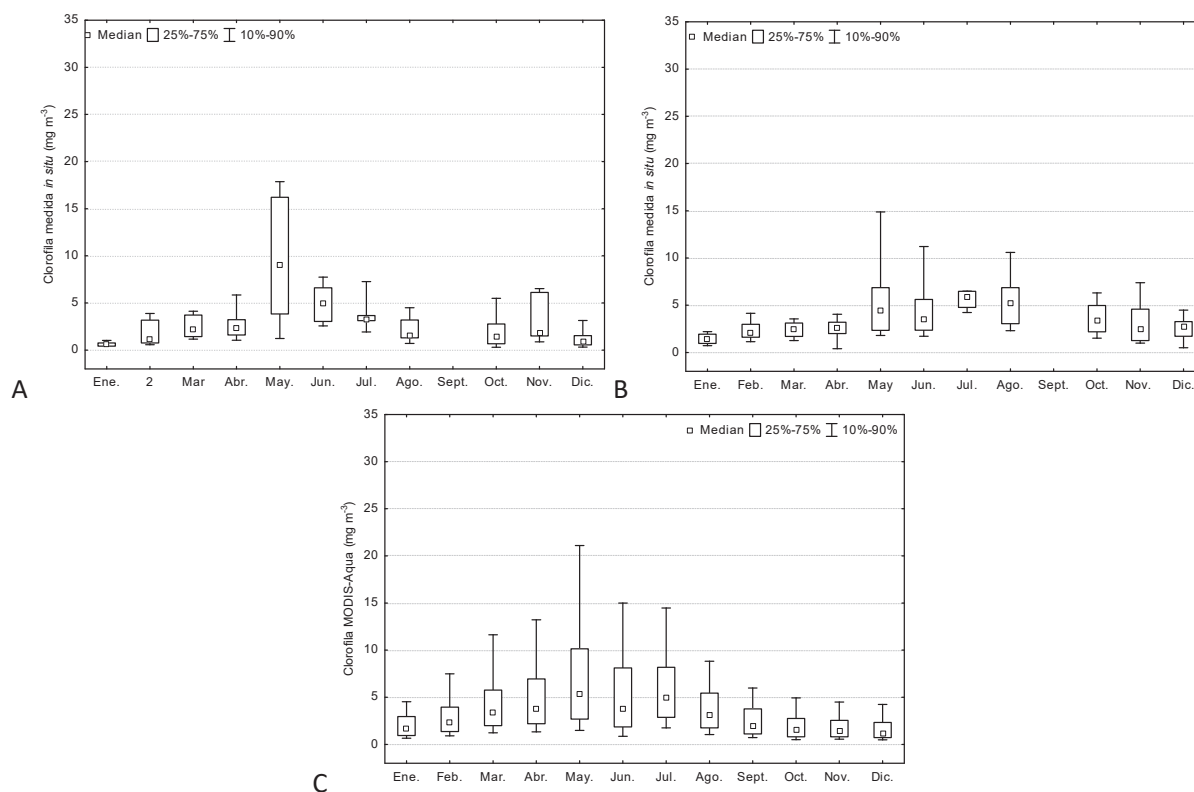
El patrón descrito a partir de datos puntuales fue similar al obtenido de imágenes diarias del satélite MODIS-Aqua en el periodo 2002-2013 (Figura 4C). La comparación fue realizada con datos obtenidos en el sur de la bahía, cerca de la boca de la laguna, en donde hay menos interferencia de la materia orgánica y los sedimentos. De manera similar, los patrones elaborados a partir de los valores de la fluorescencia (*flh*) fueron semejantes a los generados con los datos *in situ*; así en las estaciones cercanas a la boca la cantidad de fitoplancton es mayor desde mayo hasta julio, mientras que en las ubicadas en el interior de la bahía, de mayo



a agosto e incluso septiembre, aunque en esa zona la intensidad de la *flhe* menor que cerca del mar, lo que indica que la biomasa es menor.

Según los datos obtenidos *in situ* y mediante el satélite, el fitoplancton es más abundante en primavera, cuando coinciden las surgencias y la Corriente de California alcanza su máxima extensión (Cervantes-Duarte *et al.*, 2012; Cervantes-Duarte *et al.*, 2013), en la zona de la bahía donde es mayor la influencia marina por lo que es probable que ingrese fitoplancton de la zona marina a la laguna. En el interior del cuerpo de agua, aunque es probable que la biomasa fitoplanctónica sea menor que cerca del mar, ésta es elevada durante un periodo más largo.

En contraste, en 2015 la clorofila además de que fue escasa, el periodo en que fue más abundante abarcó desde abril hasta junio en las estaciones ubicadas en el interior del cuerpo de agua (un lapso más corto que el promedio), mientras que cerca de la boca solo hubo cantidades elevadas en el fondo de la estación 6 (en abril y junio), en donde hay un cultivo de peces marinos, mientras que en el resto de la zona el contenido fue menor a  $1 \text{ mg m}^{-3}$ . Por otro lado, los pigmentos fueron más abundantes en el fondo, posiblemente debido al desplazamiento vertical de las microalgas causado por las elevadas temperaturas superficiales.





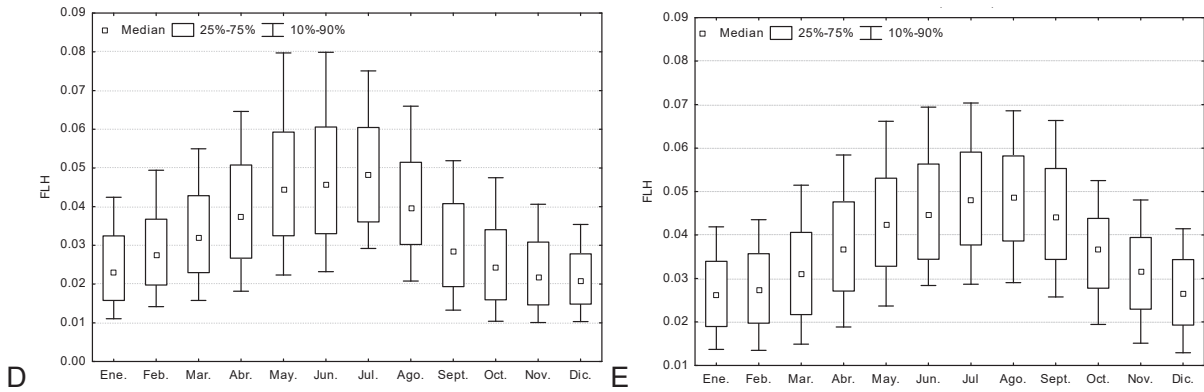


Figura 4. A) Clorofila-a, medida *in situ* en las estaciones cercanas a la boca de comunicación con el mar entre 2003 y 2011. B) Pigmentos registrados *in situ* en el interior del cuerpo de agua. C). Clorofila-a medida con el satélite MODIS-Aqua en las estaciones cercanas a la boca entre 2002 y 2013. D) Fluorescencia de la clorofila medida con el satélite MODIS -Aqua en las estaciones cercanas a la boca. E) Fluorescencia medida en el interior del cuerpo de agua.

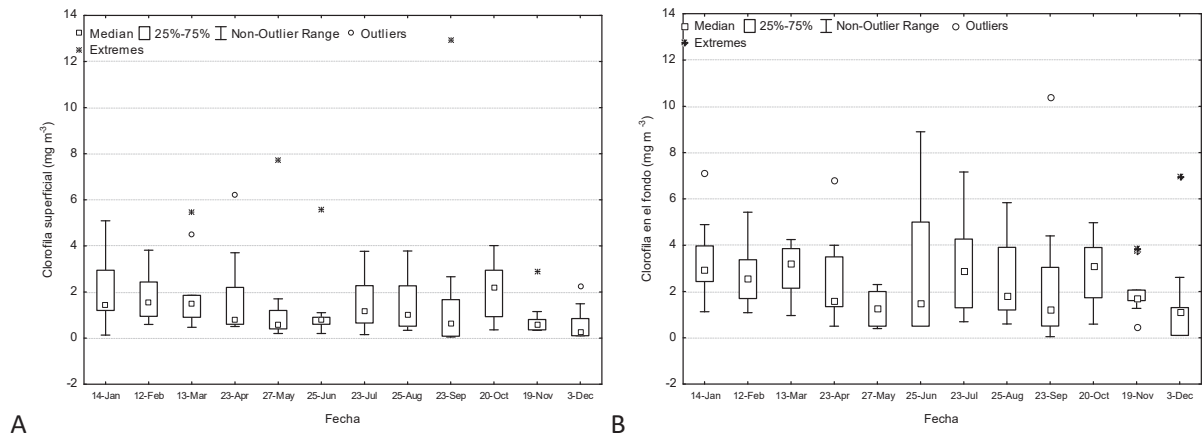


Figura 5. A) Concentraciones de clorofila registradas en la superficie en 2015, los valores más elevados (outliers y extremos) fueron medidos en el interior del cuerpo de agua. B) Clorofila medida en el fondo.

**CONCLUSIONES**

En 2015 las condiciones en Bahía Magdalena fueron muy cálidas como resultado de procesos de escala sinóptica ocurridos en el Pacífico Nororiental y la presencia de El Niño. En consecuencia, la cantidad de clorofila tanto en la zona marina adyacente a la bahía como en el cuerpo de agua fue menor a la promedio, esto probablemente limitó el ingreso del fitoplancton y alteró la duración del periodo en que este es más abundante.

**REFERENCIAS**

- Cervantes-Duarte R., López-López S., Aguirre-Bahena F., González-Rodríguez E., Futema-Jiménez S., 2012. Relevancia de fuentes nitrogenadas nuevas y regeneradas en la columna de agua en Bahía Magdalena (SO Península de Baja California), México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 47(3), 587-592.
- Cervantes-Duarte R., Prego R., López-López S., Aguirre-Bahena F., Ospina-Alvarez N., 2013. Annual patterns of nutrients and chlorophyll in a subtropical coastal lagoon under the upwelling influence (SW of Baja-California Peninsula). *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 120, 54-63.

## SISTEMÁTICA MOLECULAR Y DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES DE *Pyropia* (BANGIALES) DEL PACÍFICO NOROCCIDENTAL MEXICANO

López-Vivas Juan Manuel\*, Muñiz-Salazar Raquel, González-Castro Ana, Ceballos José Gustavo

\*Laboratorio de Oceanografía, Programa de Investigación en Botánica Marina, Universidad Autónoma de Baja California Sur. Carretera al Sur Km. 5.5, Col. Mezquitito CP. 23080 La Paz, Baja California Sur, México. Correo electrónico: jmlopez@uabcs.mx

### INTRODUCCIÓN

La investigación genética y molecular en macroalgas marinas durante la última década, se ha enfocado en dos grandes objetivos: 1) el establecimiento taxonómico y 2) el desarrollo de herramientas moleculares y genéticas para mejorar el cultivo de especies económicamente importantes (Seckbach y Chapman 2010). En la última revisión del orden Bangiales, Sutherland (2011) propone un cambio taxonómico importante integrando nuevos géneros al orden, implementa géneros antiguos que no se encontraban en uso y han resurgido, así como una reagrupación entre las especies. Además de los cinco géneros previamente descritos (Nelson *et al.*, 2006), se establece el género *Miuraea* N. Kikuchi, S. Arai, G. Yoshida, J.A Shin y M. Miyata, 2011. *Clymene* W.A. Nelson, 2011, *Lysithea* W.A. Nelson, 2011. *Fuscifolium* S.C. Lindstrom, 2011 y *Boreophyllum* S.C. Lindstrom, N. Kikuchi, M. Miyata y Neefus, 2011. También se propone la implementación de dos géneros antiguos *Wildemania* De Toni, 1890 y *Pyropia* J. Agardh 1899 (Sutherland *et al.*, 2011). Se han descrito alrededor de 78 especies de *Porphyra* y 64 especies de *Pyropia* en todo el mundo, sin embargo, estas identificaciones solo son basadas en caracteres morfológicos y reproductivos, como: forma, tamaño, color y grosor de las láminas, presencia o ausencia de denticulaciones microscópicas, sexualidad, arreglo divisional y número de estructuras reproductivas, entre otros (Abbott y Hollenberg, 1976). Estudios recientes combinando aspectos bioquímicos, moleculares, morfológicos y ecológicos, han demostrado que varias especies del género *Pyropia* “forman especies” o “complejos” y comprenden un número de entidades similares los cuales mantienen similitudes morfológicas pero son diferentes taxa (Neefus *et al.*, 2002).

En el Pacífico Noroccidental Mexicano se distribuyen diferentes especies del género *Pyropia*. Algunas presentan una amplia distribución en la costa del Pacífico de Norteamérica, otras están restringidas a tan solo 100 km en la costa del pacifico, y otras son estrictamente

endémicas del Golfo de California (Aguilar-Rosas y Aguilar-Rosas, 2003; Aguilar-Rosas *et al.*, 2007; López-Vivas *et al.*, 2014).

Estudios morfológicos de *Pyropia* registran una amplia distribución de algunas especies en las costas del Pacífico Noroccidental Mexicano, sin embargo, es necesario el implemento de herramientas moleculares para confirmar su amplia distribución o su distribución restringida. En estudios anteriores se han registrado errores en la identificación, dado que el género mantiene una gran plasticidad fenotípica, y puede llegar a desarrollar especies crípticas; por lo tanto, el objetivo de este trabajo es establecer las bases moleculares que contribuirán al reconocimiento específico de las especies del complejo *Pyropia*. Para comprender acerca del número de especies del Pacífico Noroccidental Mexicano, y conocer la distribución de estos organismos en el área.

## **METODOLOGÍA**

**Colecta de material.** Las muestras fueron recolectadas del Pacífico Mexicano y Golfo de California durante el periodo 1998-2011 por el Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la UABC y por el Programa de Botánica Marina de la UABCS. Las muestras se encuentran herborizadas y almacenadas en el herbario ficológico FBCS de la UABCS.

**Análisis Morfológico.** Para la observación de los talos herborizados, se analizaron los caracteres morfológicos como: color, forma del talo y tamaño. También se analizaron características microscópicas como: margen del talo, forma de las células, presencia/ausencia de denticulaciones en el margen, sexualidad, fórmula de los paquetes reproductores. Para la observación de los caracteres microscópicos se realizó un corte transversal y longitudinal. Se realizó un registro de las diferencias morfológicas registradas entre haplotipos. Se tomaron fotografías de los ejemplares herborizados con una cámara Olympus modelo SP-500UZ. Para los caracteres microscópicos se empleó una cámara Olympus modelo E-330.

**Análisis Genético.** El ADN genómico se extrajo a partir de 0.2 g de tejido deshidratado en sílica gel, utilizando el método de CTAB/PVP. La eficiencia de la extracción se evaluó con una electroforesis en gel de agarosa al 1.4%. Se amplificó el gen ribosomal SSU (18S) con los primers G06 y J04 (Broom *et al.*, 1999; Jones *et al.*, 2004). Se usó también el gen *rbcL* con primers F67 y el *rbc-spc* (Teasdale y Klein, 2010). El perfil de amplificación y las condiciones de reacción fueron de acuerdo a López-Vivas (2014). La calidad y cantidad de los productos amplificados se evaluó empleando una electroforesis en gel de agarosa al 1.4%, teñida en solución al 10% de Gel-Star (Nucleic Acid Gel Stain, Cambrex #50535) y se visualizó con luz

ultravioleta de 260 nm. Las muestras fueron enviadas al laboratorio molecular SeqXcel en San Diego, California, USA. Los cromatogramas de las secuencias fueron analizadas y editadas con el programa Codon-Code Aligner (Codon Code Corporation, 2006). Se alinearon con MEGA 5 (Tamura *et al.*, 2007). Se compararon con secuencias de diferentes especies de *Pyropia*, *Porphyra*, *Wildelmania*, *Bangia* y otras Bangiales registradas en GenBank, usando BLAST. El número y frecuencia de haplotipos se determinó con el programa DNASP 5.10. El análisis filogenético se realizó mediante la construcción de los árboles filogenéticos del vecino más cercano (Neighbour-Joining), se emplearon los algoritmos disponibles en PAUP V.4.0b10 (Swofford, 2002). Los análisis fueron basados en el modelo evolutivo K80+G Tasa de variación entre sitios, definido en el programa Modeltest v.3.06 (Posada y Crandall, 1998). El árbol filogenético del vecino más cercano, se realizó tomando en cuenta las proporciones de la longitud de las respectivas ramas (Felsenstein, 1985) y se realizó una comparación de 2000 repeticiones (Kimura, 1980, 1983).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este estudio se trabajo con muestras recolectadas en 50 localidades del Pacífico Noroccidental Mexicano, por cada muestra se realizó una extracción de ADN, amplificación (PCR) del gen SSU, *rbcL* y COI electroforesis, purificaron y secuenciación. Para el análisis de haplotipos se utilizaron los programas CODON-CODE, MEGA 5, DNASP. Para el análisis filogenético se realizó un Blast en Genbank, se empleó JModelTest y se determinó el modelo evolutivo K80+G (Kimura, 1980). El árbol filogenético se obtuvo en PAUP 4, siguiendo el criterio del vecino más cercano (Neighbour-Joining). Se identificaron 13 haplotipos en el Pacífico Noroccidental Mexicano, las relaciones filogenéticas y morfológicas demuestran la gran diversidad críptica en *Pyropia*, las diferencias moleculares concluyen que *Pyropia thuretii* solo se distribuye en 3 localidades sureñas. Se registro a *Py. pendula* y *Py. pseudolanceolata*. Se identificaron 9 identidades, es necesario realizar estudios morfológicos profundos para identificar las diferencias entre las especies.

## CONCLUSIONES

El análisis filogenético determino seis clados distribuidos en el área de estudio. *Pyropia thuretii* solo se distribuye en el Sur del Golfo de California. Se identificaron 45 diferencias nucleotídicas entre las secuencias. En el Pacífico Noroccidental Mexicano se distribuyen 13



haplotipos del complejo *Py. thuretii*. Se identificaron 9 identidades, son necesarios mayores estudios morfológicos y moleculares, para registrar y describir a cada una de estas especies.

## REFERENCIAS

- Abbott I.A., Hollenberg G.J., 1976. Marine Algae of California. E.U.A.: Stanford University Press.
- Aguilar-Rosas L.E., Aguilar-Rosas R., 2003. El género *Porphyra* (Bangiaceae, Rhodophyta) en la costa Pacífico de México, II. *Porphyra thuretii* Setchell et Dawson. *Hidrobiológica*, 13: 159-164.
- Aguilar-Rosas R., Aguilar-Rosas L.E., Mateo-Cid L.E., Mendoza-González C., 2007. New records of marine rhodophyta from the Pacific coast of Mexico. *Algae*, 22, 153-157.
- Broom J., Jones W., Hill D., Knight G., Nelson W., 1999. Species recognition in New Zealand *Porphyra* using 18S rDNA sequencing. *Journal of Applied Phycology*, 11, 421-428.
- Codon Code Corporation, 2006. Codon Code Aligner. <http://www.codoncode.com/index.htm>. Consulted on September 20, 2013.
- Felsenstein J., 1985. Confidence limits on phylogenies: an approach using the bootstrap. *Evolution*, 39, 783-791.
- Jones W.A., Griffin N.J., Jones D.T., Nelson W.A., Farr T.J., Broom J.E., 2004. Phylogenetic diversity in South African *Porphyra* (Bangiales, Rhodophyta) determined by nuclear SSU sequence analyses. *Eur. J. Phycol.* 39, 197-211.
- Kimura M., 1980. A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *J. Mol. Evol.*, 16, 111-120.
- Kimura M., 1983. The neutral theory of molecular evolution: Cambridge University Press.
- López-Vivas J., Muñoz-Salazar R., Riosmena-Rodríguez R., Pacheco-Ruiz I., Yarish C., 2014. Endemic *Pyropia* species (Bangiales, Rhodophyta) from the Gulf of California, Mexico. *Journal of Applied Phycology*, 1-13. doi: 10.1007/s10811-014-0366-7
- Neefus C.D., Mathieson A.C., Klein A.S., Teasdale B., Bray T., Yarish C., 2002. *Porphyra birdiae* sp. nov. (Bangiales, Rhodophyta): A new species from the northwest atlantic. *Algae*, 17, 203-216.
- Nelson W.A., Farr T.J., Broom J.E.S., 2006. Phylogenetic relationships and generic concepts in the red order Bangiales: challenges ahead. *Phycologia*, 45, 249-259.
- Seckbach J., Chapman D.J., 2010. Red Algae in the Genomic Age. *In*: Springer.

- Sutherland J.E., Lindstrom S.C., Nelson W.A., *et al.*, 2011. A new look at an ancient order: generic revision of the Bangiales (Rhodophyta). *J. Phycol.*, 47, 1131-1151. doi: 10.1111/j.1529-8817.2011.01052.x.
- Swofford D.L., 2002. PAUP\*. Phylogenetic Analysis Using Parsimony (\*and other methods). Version Version 4. Sunderland, MA: Sinauer Associates.
- Tamura K., Dudley J., Nei M., Kumar S., 2007. MEGA4: Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) Software Version 4.0. *Mol. Biol. Evol.*, 24, 1596-1599. doi: 10.1093/molbev/msm092
- Teasdale B.W. y Klein A.S., 2010. Genetic variation and biogeographical boundaries within the red alga *Porphyra umbilicalis* (Bangiales, Rhodophyta). *Bot. Mar.*, 53. doi: 10.1515/BOT.2010.050.

## VARIABILIDAD INTERANUAL DE *Peridinium quadridentatum* Y *Prorocentrum minimum* EN UN SISTEMA COSTERO ENRIQUECIDO ANTROPOGÉNICAMENTE AL NORTE DE SINALOA, MÉXICO

Martínez-López Aída\*, Escobedo-Urías Diana Cecilia\*\*, Pérez-Morales Alfredo\*\*\*

\*Laboratorio de Fitoplancton, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. \*\*Departamento de Medio Ambiente, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional. \*\*\*Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas, Universidad de Colima. Carretera Manzanillo-Barra de Navidad Km 20, Col. El Naranjo, C.P. 28860, Manzanillo, Colima, México.

### INTRODUCCIÓN

*Peridinium quadridentatum* (sinonimia: *P. quinquecorne*) y *Prorocentrum minimum* son especies de dinoflagelados pequeños (<30  $\mu\text{m}$ ) que comúnmente forman proliferaciones en aguas costeras eutróficas (Martínez-López *et al.*, 2008; Pérez-Morales *et al.*, 2015). Estas especies pueden producir efectos negativos al ecosistema, a las actividades económicas, así como causar impactos negativos en la salud pública (e.g. Heil *et al.*, 2005; Tango *et al.*, 2005; Glibert *et al.*, 2012; Pérez-Morales *et al.*, 2015). El estudio de estos dinoflagelados, ha cobrado auge en la última década, sin embargo hasta la fecha existe un conocimiento limitado de los efectos de la variabilidad climática sobre la magnitud de sus abundancias o frecuencia con la que se incrementan sus poblaciones.

### MATERIALES Y MÉTODOS

En campañas de muestreo mensuales en Laguna Macapule, Sinaloa, entre enero de 2000 y diciembre del 2007, se determinó *in situ* la temperatura, salinidad y pH mediante un medidor de calidad de agua marca *Horiba* modelo U-10 y se recolectaron muestras de agua con un tubo muestreador segmentado (TMS) descrito por Sutherland *et al.*, (1992). Del agua recolectada se analizaron los nutrientes inorgánicos disueltos (nitratos, nitritos, amonio, fósforo reactivo y silicatos) y la clorofila *a*, mientras que la abundancia del fitoplancton se determinó por métodos estándar (Strickland y Parsons, 1972; Utermöhl [Hasle, 1978]).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del análisis de la serie de observaciones entre enero de 2004 y diciembre de 2008, se puede indicar que estacionalmente las concentraciones de fosfatos, nitrógeno inorgánico disuelto (NID) y silicatos tienden a incrementarse desde finales de verano a primavera, decreciendo sus valores en el resto de los meses del año. Asimismo, entre años, se observó una alta variabilidad. De manera general se determinó que las menores concentraciones de nutrientes fueron en 2002 y las más altas en 2008. Esto puede ser atribuido, además del creciente impacto de las actividades antropogénicas que desencadenaron el proceso de eutrofización ya descrito en la zona (Hakspiel-Segura, 2009; Escobedo-Urías, 2010), a la variabilidad climática ocurrida durante ésta década, ya que el Océano Pacífico Norte experimentó fuertes condiciones de La Niña, sobrepuesta a una fase negativa de la Oscilación Decadal del Pacífico, desde finales de 2007 y durante la primavera de 2008, lo cual fue consistente con profundidades más someras de la nutriclina (McClatchie *et al.*, 2008).

Por otra parte, la estacionalidad de *P. quadridentatum* y *P. minimum* fue diferente a la de otros dinoflagelados observados en Laguna Macapule, cuyas proliferaciones se presentaron durante la temporada invierno-primavera. *P. quadridentatum* se presentó durante toda la serie de observaciones, con abundancias menores a  $2 \times 10^3$  células  $L^{-1}$ , excepto en mayo de 2002 y 2008 donde alcanzó su valor máximo ( $14 \times 10^3$  células  $L^{-1}$ ). Los valores de abundancia más altos de esta especie, coincidieron con las concentraciones más altas de clorofila ( $108 \text{ mg m}^{-3}$ ). Por otra parte, *P. minimum* se observó a lo largo del año 2004 y presentó varios incrementos de abundancia celular asociados con concentraciones altas de fósforo ( $>1 \mu\text{M}$ ). Sus abundancias máximas ( $600 \times 10^3$  células  $L^{-1}$ ) ocurrieron en enero de 2004.

Varios estudios sugieren que las proliferaciones de *P. quadridentatum* y *P. minimum* podrían estar relacionadas con agua enriquecida proveniente de eventos de surgencia o bien, con los escurrimientos de agua enriquecida posteriores a los periodos de lluvias intensas. En los sistemas lagunares del litoral norte de Sinaloa, las temperaturas registradas durante sus proliferaciones estuvieron cercanas al mínimo anual, durante un periodo de incremento de silicio y fosfatos. Cabe mencionar que el inicio de las proliferaciones ocurrió durante la temporada de secas de la región, de tal forma que las lluvias no parecen tener relación con estos eventos. Sin embargo, las prácticas agrícolas de la zona aledaña a estos cuerpos de agua costeros, descargan el excedente del agua de riego (enriquecida) durante este periodo, por lo que ésta actividad parece estar más relacionada a las proliferaciones de estos pequeños dinoflagelados. No obstante, especial mención merecen las proliferaciones de *P. minimum*

2004, que fueron soportadas por ingresos episódicos de altas concentraciones de nutrientes a causa de las fuertes lluvias que se presentaron ese año. Adicionalmente, durante marzo de 2008 se inició el dragado de la boca sur de Laguna Macapule, lo cual pudo incrementar sensiblemente las concentraciones de nutrientes en la zona, ya que de acuerdo a lo reportado por Rimstidty Cole (1983), en los cuerpos de agua eutróficos el incremento de sílice puede estar relacionado con la liberación de sílice y silicatos de sedimentos anóxicos (material absorbido a arcillas principalmente).

## CONCLUSIONES

La concentración de nutrientes y clorofila aumentó de 2000 a 2008 lo cual se atribuye en parte a la variabilidad climática. En general, los resultados muestran que los incrementos de los dinoflagelados *Peridinium quadridentatum* y *Prorocentrum minimum* fueron causados por la eutrofización de las entradas terrestres y la variabilidad climática. Especial mención merecen las proliferaciones de *P. minimum* en 2004 que fueron soportadas por ingresos episódicos de altas concentraciones de nutrientes a causa de las fuertes lluvias de ese año.

## REFERENCIAS

- Escobedo-Urías D., 2010. Diagnóstico y descripción del proceso de eutrofización en lagunas costeras del norte de Sinaloa. Tesis de Doctorado en Ciencias Marinas, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN, La Paz, B. C. S., México, 273pp.
- Hakspiel-Segura C., 2009. Variación estacional de la trama trófica microbiana en la Laguna de Macapule, Sinaloa. Tesis de Maestría. IPN-CICIMAR, La Paz, B.C.S., México. 189pp.
- Hasle G.R., 1978. Using the inverted microscope. In: Sournia, A. (Ed.), *Phytoplankton Manual*. UNESCO, Paris, 191-196p.
- Heil C.A., Glibert P.M., Fan C., 2005. *Prorocentrum minimum* (Pavillard) Schiller A review of a harmful algal bloom species of growing worldwide importance. *Harmful Algae*, 4, 49-470.
- Martínez-López A., Escobedo-Urías D.C., Ulloa-Pérez A.E., Aguirre R., 2008. Dynamics of a *Prorocentrum minimum* bloom along the northern coast of Sinaloa, Mexico. *Cont. Shelf Res.*, 28, 1693-1701.
- McClatchie S., Goericke R., Koslow J.A., Schwing F.B., Bograd S.J., Charter R., Watson W., Lo N., Hill K., Gottschalk J., L'Heureux M., Xue Y., Peterson W.T., Emmett R., Collins C., Gaxiola-Castro G., Durazo R., Kahru M., Mitchell B.G., Hyrenbach K.D., Sydeman W.J., Bradley R.W., Warzybok P., Bjorkstedt E., 2008. The State of the California Current, 2007–2008: La Niña conditions and their effects on the ecosystem. *Cal- COFi Reports*, 49, 39-76.



- Pérez-Morales A., Aké-Castillo J.A., Okolodkov Y.B., Campos-Bautista G., 2015. Florecimientos algales nocivos y eutrofización frente a la costa del Puerto de Veracruz, Suroeste del Golfo de México. *E-BIOS* (Universidad Autónoma Metropolitana, México), 2(8), 21-33.
- Rimstidt J.D., Cole D.R., 1983. Geothermal mineralization I: the mechanism of formation of the Beowawe, Nevada, siliceous sinter deposit. *Am. J. Sci.*, 283, 861-875.
- Strickland J.D., Parsons T.R., 1972. A practical handbook for the sea water analysis. *Fish. Res. Bd. Canada, Bull.*, 167, (2nd ed.), 311pp.
- Sutherland T.F., Leonard C., Taylor F.J.R., 1992. A segmented pipe sampler for integrated profiling of the upper water column. *J. Plankton Res.*, 14, 915-923.
- Tango P.J., Magnien R., Butler W., Luckett C., Luckenbach M., Lacouture R., Poukish C., 2005. Impacts and potential effects due to *Prorocentrum minimum* blooms in Chesapeake Bay. *Harmful Algae*, 4, 525-531.

## DESARROLLO DE *Capitella* sp. A (POLYCHAETA: CAPITELLIDAE) DE LA PISCIFACTORÍA DE CASAS D'ALCANAR (TARRAGONA, ESPAÑA) EN CONDICIONES DE LABORATORIO

Méndez Nuria\*

\*Unidad Académica Mazatlán. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. Av. Joel Montes Camarena S/N. Mazatlán 82040, Sinaloa. E-mail: nuri@ola.icmyl.unam.mx

### INTRODUCCIÓN

El poliqueto cosmopolita *Capitella capitata* es considerado como un indicador universal de contaminación por exceso de materia orgánica en medios marinos, el cual contribuye en el reciclaje y eliminación de sustancias tóxicas del fondo. Constituye un complejo de unas 50 especies crípticas morfológicamente similares, pero que difieren en sus patrones enzimáticos, fisiología y en sus modos de reproducción, por lo que no existe entrecruzamiento entre ellas (Blake *et al.*, 2009). En la actualidad, se han descrito alrededor de 17 especies considerando sus ciclos de vida que, en términos generales, siguen un patrón de desarrollo común.

Después de la cópula, las hembras incuban los huevecillos fecundados entre el cuerpo y un tubo incubador. Al inicio se producen las larvas trocóforas que son libres nadadoras y, posteriormente, las larvas metatrocóforas, que pueden o no ser nadadoras dependiendo de la presencia o ausencia de cilios. Una vez que encuentran el sedimento adecuado, se instalan e incrementan el número de segmentos para convertirse en juveniles. Los ganchos encapuchados torácicos se van reemplazando por setas capilares (hasta 7 segmentos) y los adultos son considerados inmaduros cuando presentan 5 segmentos con setas capilares y las hembras tienen ovarios amarillos. Los adultos maduros presentan estructuras reproductoras bien definidas: los machos con espinas genitales y las hembras con huevos celómicos blancos (Méndez, 2015). Se estudió, en condiciones de cultivo con diferente contenido orgánico, el desarrollo del poliqueto *Capitella* sp. A procedente de la piscifactoría de Casas d'Alcanar en Tarragona (España), el cual no había sido descrito previamente.

### MÉTODOLOGÍA

Se recolectaron especímenes de *Capitella* sp. A en la piscifactoría de Casas d'Alcanar (40°32'38"N, 0°33'38"E) y se cultivaron en condiciones de laboratorio (Méndez y Barata, 2015) durante un mes antes de los experimentos. Se realizaron dos experimentos para observar el patrón de desarrollo de la especie bajo diferentes condiciones de enriquecimiento orgánico.

Durante el primer experimento, se colocaron parejas de adultos y después de la eclosión se le dio seguimiento a la duración y tamaño de los organismos desde su nacimiento hasta que alcanzaron la etapa de adultos inmaduros. Se analizaron dos tratamientos con diferentes contenidos de materia orgánica: a) sedimento enriquecido (8.23%) y b) sedimento no enriquecido (1.57%). Estos experimentos duraron 79 y 22 días respectivamente. El segundo experimento consistió en el seguimiento de adultos inmaduros con edades desconocidas, recolectados directamente de los cultivos con: a) sedimento enriquecido (7.3%) y b) sedimento no enriquecido (2%), con duración de 29 y 58 días respectivamente. Los resultados de ambos experimentos se combinaron para tener una idea del ciclo de vida completo.

Para realizar las mediciones, los organismos fueron fotografiados con una cámara Nikon Digital Sight DS-R1 conectada a un microscopio estereoscópico. En cada foto se midieron la longitud y el área del cuerpo mediante el programa de análisis de imagen NIS-Elements AR 3.0. S16, Nikon. Se calculó el volumen del cuerpo asumiendo que los gusanos son cilíndricos, mediante la fórmula:  $V \text{ (mm}^3\text{)} = \pi A^2 4L^{-1}$ , donde A es el área y L es la longitud del cuerpo (Méndez *et al.* 2000). El número de larvas y juveniles medidos varió entre 5 y 15 (una medida por individuo) mientras que, para adultos, se realizaron tres medidas de cada individuo y se obtuvieron los promedios.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los dos experimentos se resumen en la Tabla 1, la cual ha sido modificada de un manuscrito sometido a Ciencia Marina. El tamaño de los individuos y la duración de las distintas etapas de desarrollo variaron ampliamente, como en la mayoría de las especies de *Capitella* descritas anteriormente. Estos resultados demostraron que *Capitella* sp. A es una especie dioica con desarrollo lecitotrófico, con la producción de larvas metatrocóforas ciliadas. El desarrollo lecitotrófico es común en las especies del complejo de *Capitella*. Las larvas bentónicas tienen ventajas en localidades con recursos abundantes: la retención de las larvas dentro del tubo puede favorecer el crecimiento de la población en situaciones en las que el suministro de alimentos no es limitante y por lo tanto, donde la dispersión a nuevas áreas no es esencial (Pearson y Pearson, 1991). Por lo tanto, la poca capacidad de las larvas bentónicas para dispersarse permite la proliferación en áreas reducidas, tales como la piscifactoría de Casas d'Alcanar.

Durante el experimento 1, no se observaron machos ni hembras maduros. En el sedimento enriquecido con materia orgánica del primer experimento, la etapa juvenil pudo

observarse un día después de la liberación de las larvas. El cambio de color con el incremento de segmentos con setas capilares de juveniles fue paulatino, mientras que en el sedimento no enriquecido se observó un retraso y no se alcanzó la etapa de adultos inmaduros. Las hembras inmaduras, con ovarios amarillos y ausencia de ojos, se observaron después de 52 días, con la subsecuente aparición de 7 segmentos con setas capilares (*experimento 1a*). Durante el *experimento 2a*, no se observaron machos ni organismos viejos. En cambio, las estructuras femeninas se observaron en casi todos los individuos, pero no fue posible establecer la duración debido a que las edades eran desconocidas. En el *experimento 2b*, el tamaño y duración de los diferentes estadios fue muy variable (Tabla 1). Estos resultados confirman el papel de la materia orgánica en el desarrollo del complejo de especies de *Capitella*, ya que los sedimentos enriquecidos favorecieron el desarrollo, crecimiento y supervivencia de los juveniles de ambos experimentos, así como la madurez sexual de los organismos del experimento 2.

Únicamente se observaron tres machos en el experimento 2b (de un total de 18 individuos observados), con 7 segmentos portadores de setas capilares. Sus espinas genitales eran de menor tamaño que las de los machos creciendo en sedimento con alto contenido orgánico. Esto sugiere que la escasez de alimento pudo provocar esta alteración morfológica, lo que podría tener desventajas reproductivas debido a que las espinas pequeñas probablemente no son suficientemente fuertes para sujetar a la hembra durante la fecundación.

La combinación de los resultados de sedimentos enriquecidos obtenidos en los dos experimentos permitió estimar la maduración de las hembras a los 64 días de edad aproximadamente (45 días en promedio para la presencia de 5 segmentos con setas capilares en el experimento 1a y 19 días desde la presencia de 5 segmentos con setas capilares hasta la aparición de huevos celómicos blancos en el experimento 2a). Asimismo, se calculó que los gusanos podrían sobrevivir hasta 167 días de edad (máximo 79 días para la presencia de 7 segmentos con setas capilares en el experimento 1a, más 88 días después de esta etapa en el experimento 2a, cuando se registró la máxima mortalidad).

Las características del desarrollo indicaron que *Capitella* sp. A no pertenece a ninguna de las especies lecitotróficas de *Capitella* descritas previamente. Las especies *Capitella* sp. I, sp. IIIa y sp. Y quedan descartadas por ser hermafroditas (Méndez *et al.*, 2000, Méndez 2006). El tamaño de las larvas metatrocóforas de *Capitella* sp. A difiere del de *Capitella* tipo 1 del oeste de Escocia (Pearson y Pearson, 1991), y la duración de este estadio es considerablemente mayor que el de *Capitella* sp. procedente de Vancouver, Canadá (Quian y Chia, 1992). Se calculó que la duración del ciclo de vida de *Capitella* sp. A es de unos 5.6 meses, mientras que

el de *Capitella* cf. *capitata* de la Isla de Elba en Italia es de 9 meses (Lardicci y Ceccherelli, 1994) y el *C. capitata* de Plymouth en Inglaterra puede alcanzar un año (Warren, 1976). La posibilidad de que esta especie pertenezca a la misma población de *Capitella capitata* de Barcelona (España), queda descartada debido a que las larvas metatrocóforas de la segunda especie carecen de cilios (Méndez, 1995).

## CONCLUSIONES

Este es el primer estudio sobre el desarrollo de *Capitella* sp. A que será útil para futuros estudios ecológicos y experimentales. Las diferencias en el desarrollo y estructuras reproductivas indican que esta especie no pertenece a ninguna especie del complejo previamente descrita a nivel mundial. Se confirma la importancia de la materia orgánica en el crecimiento, duración, supervivencia y morfología de este complejo de especies.

Tabla 1. Tamaño y duración de las etapas reproductivas de *Capitella* sp. A durante los dos experimentos (SSC = segmentos con setas capilares).

Experimento 1	a) Sedimento enriquecido			b) Sedimento no enriquecido		
	Volumen promedio ±DE (mm <sup>3</sup> )	Edad (días)	N	Volumen promedio ±DE (mm <sup>3</sup> )	Tiempo a partir de 5 SSC (días)	N
Etapas de desarrollo						
Metatrocóforas	0.005±0.001	1-3	26	0.006±0.003	1	3
Juveniles transparentes	0.014±0.002	2-13	135	0.010±0.004	1-11	91
3 SSC	0.014±0.002	1-12	132	0.010±0.003	1-15	122
Juveniles amarillentos	0.015±0.004	7-30	142	0.008±0.004	9-22	72
4 SSC	0.021±0.028	7-32	147	0.005±0.003	19-22	27
Juveniles rosas	0.132±0.039	32	2			
5 SSC	0.526±0.098	37-52	11			
Adultos rojos	0.841±0.342	37-79	29			
6 SSC	0.867±0.221	59-66	13			
Ovarios amarillos	0.967±0.322	52-79	23			
7 SSC	1.258±0.171	72-79	5			



Experimento 2	a) Sedimento enriquecido			b) Sedimento no enriquecido		
5 SSC	2.209±1.437		6	0.601±0.291		3
6 SSC				1.616±1.403	9-12	5
7 SSC				1.557±0.717	18-24	21
Ovarios amarillos	1.044±0.496	8-22	2	1.342±0.901	6-32	14
Huevos celómicos blancos	1.416±0.715	8-29	3	-	cerca de 53	-
Espinas genitales				-	cerca de 25	-

AGRADECIMIENTOS. Este estudio fue realizado en el Departamento de Química Ambiental del Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua (CSIC; Barcelona, España), a cargo de Carlos Barata, con apoyo de la Dirección General de Apoyo al Personal Académico, UNAM. Jordi Flos, Agustí Montserrat y Agustí Cruelles ayudaron durante el muestreo.

## REFERENCIAS

- Blake J.A., Grassle J.P., Eckelbarger K.J., 2009. *Capitella teleta*, a new species designation for the opportunistic and experimental *Capitella* sp. I, with a review of the literature for confirmed records. *Zoosymposia*, 2, 25-53.
- Lardicci C., Ceccherelli G., 1994. Dinamica di popolazione di una specie del complesso *Capitella capitata* in un piccolo bacino salmastro dell'isola d'Elba. *Biol. Mar. Medit.*, 1, 355-356.
- Méndez N., 1995. Non-pelagic development of *Capitella capitata* (Polychaeta) in the littoral zone of Barcelona, Spain. *Sci. Mar.*, 59, 95-101.
- Méndez N., Linke-Gamenick I., Forbes V.E., 2000. Variability in reproductive mode and larval development within the *Capitella capitata* species-complex. *Invetebr. Reprod. Dev.*, 38, 131-142.
- Méndez N., 2006. Life cycle of *Capitella* sp. Y (Polychaeta: Capitellidae) from Estero del Yugo, Mazatlan, Mexico. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 86, 263-269.
- Méndez N., 2015. El poliqueto *Capitella* spp. Como especie prueba en estudios de ecotoxicología. *Heosphoros*, 1, 46-54.
- Méndez N., Barata C., 2015. Effects of the antidepressant fluoxetine in spiked-sediments on developmental and reproductive features of the polychaetes *Capitella teleta* and *Capitella* sp A. *Ecotoxicology*, 24, 106-118.

Pearson M., Pearson T.H., 1991. Variation in populations of *Capitella capitata* (Fabricius, 1780) (Polychaeta) from the West coast of Scotland. *Ophelia Suppl.*, 5, 363-370.

Qian P., Chia F.S., 1992. Effects of diet type on the demographics of *Capitella capitata* (Annelida: Polychaeta): Lecithotrophic development vs. planktotrophic development. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 157, 159-179.

Warren L.M., 1976. A population study of the polychaete *Capitella capitata* in Plymouth. *Mar. Biol.*, 38, 209-216.

## **GASTERÓPODOS Y BIVALVOS DE LA PRADERA MARINA DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA "LOS PETENES" CAMPECHE**

**Mejía-Pérez M. Isabel \*, García-Pacheco Romeo, Ocampo-Álvarez Héctor,  
Gallegos-Martínez Margarita E.**

Departamento de Hidrobiología, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, San Rafael Atlixco No. 186, Col. Vicentina, Iztapalapa, 09340, México.

\*isabel.mejia.perez@gmail.com

### **INTRODUCCIÓN**

Los gasterópodos y bivalvos destacan por su abundancia y diversidad de especies en la comunidad de las praderas de pastos marinos (Duffy, 2006; Fredriksen *et al.*, 2010; Heck *et al.*, 2003). De hecho, existe una simbiosis entre los pastos marinos, los bivalvos y sus bacterias simbiotes que contribuyen a reducir la acumulación del sulfuro y con ello contribuyen al éxito de los pastos marinos en un medio que de otra forma no les sería favorable debido a la gran cantidad de sulfuro en el sedimento (Van der Heide *et al.*, 2012). Es por esto que el presente trabajo tuvo como objetivo conocer la diversidad y distribución espacial de gasterópodos y bivalvos en la pradera marina de la RBLP para saber si estas responden al gradiente espacial de la pradera marina.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

El estudio se llevó a cabo en la pradera marina más grande y mejor conservada de México, que se localiza en la Reserva de La Biosfera "Los Petenes" en el estado de Campeche. El muestreo abarcó un área de 165 km<sup>2</sup> en la cual se ubicaron 18 estaciones de muestreo divididas en tres transectos perpendiculares a la costa: El transecto más alejado (TA) se ubicó a 0.5 km de la costa, el transecto a media distancia se ubicó a 4.0 km de la costa y el transecto más cercano a la costa (TC) se ubicó a solo a 8.0 km de la costa.

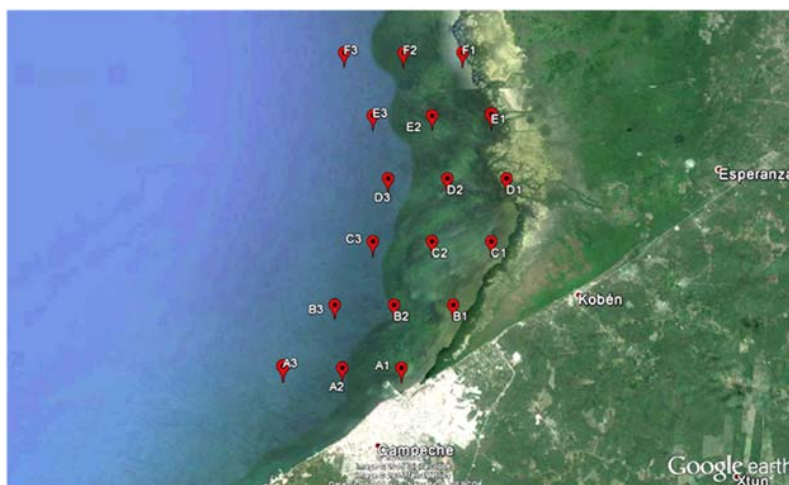
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este trabajo, se identificaron un total de 48 especies de gasterópodos y 30 de bivalvos. La especie más abundantes de gasterópodos fue *Modulus modulus* (128 ind m<sup>-2</sup>), seguida de *Tegula fasciata* (115 ind m<sup>-2</sup>); en el caso de los Bivalvos fue *Codakia orbiculata* (8 ind m<sup>-2</sup>), seguida de *Tellina similis* con (7 ind m<sup>-2</sup>). Los análisis paramétricos nos permitieron encontrar una densidad de gasterópodos de (585.187 ± 93.088) la cual no varió en función de la distancia de la costa (ANOVA,  $\alpha = 0.05$ ,  $p < 0.05$ ). Sin embargo, la riqueza de especies fue significativamente superior en los sitios más alejados (TC) de la costa respecto a los costeros TA (ANOVA,  $\alpha = 0.05$ ,  $p < 0.01$ ). Los análisis no paramétricos también mostraron que la estructura de la comunidad de gasterópodos es diferente entre sitios y la mayor diferencia se presentó entre el transecto más cercano a la costa respecto al transecto más alejado de la costa TC vs. TA (ANOSIM,  $\alpha = 0.02$ ,  $\rho = 0.87$ ). En el caso de los Bivalvos los análisis paramétricos mostraron que la densidad promedio (464 ± 168 ind m<sup>-2</sup>) no presento diferencias significativas entre transectos, pero la riqueza de especies si fue diferente entre transectos. Específicamente los sitios del TA tuvieron menor riqueza de especies que los sitios de TB y TC (ANOVA,  $\alpha = 0.05$ ,  $p < 0.01$ ). Los análisis no paramétricos también mostraron que la estructura de la comunidad de Bivalvos es diferente entre sitios y la mayor diferencia se presentó entre el transecto más cercano a la costa respecto al transecto más alejado de la costa TC vs. TA (ANOSIM,  $\alpha = 0.02$ ,  $\rho = 0.37$ ).

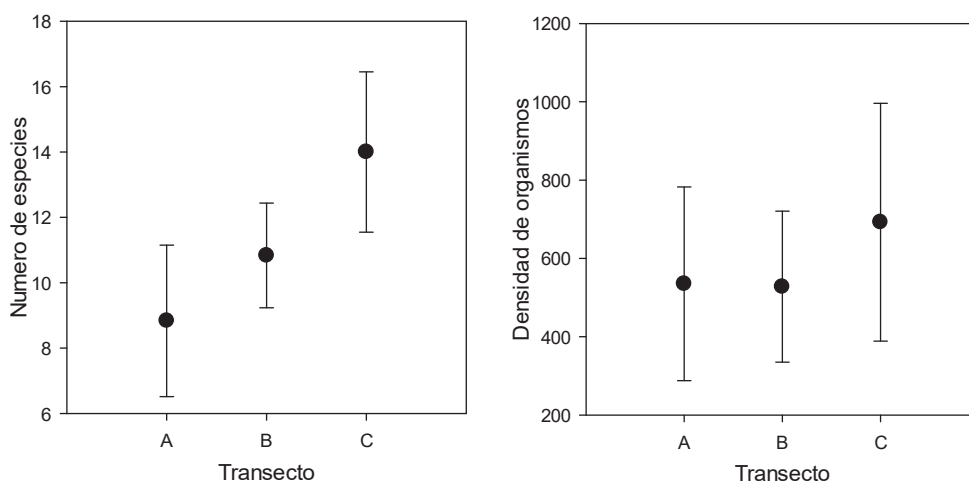
## CONCLUSIÓN

Los resultados encontrados nos permiten sugerir que dentro de la pradera marina la diversidad y distribución de Bivalvos y Gasterópodos es Heterogénea en función de la distancia de la costa y muy seguramente de las variables ambientales que cavarían espacialmente. Dado que las observaciones de campo nos permitieron ver una mayor biomasa de pasto cercana a la costa nuestros resultados sugieren una relación inversa entre la biomasa de pasto y la abundancia, riqueza de especies y diversidad de Gasterópodos y Bivalvos. Esta conclusión va en contra de la idea de que

el pasto marino favorece la diversidad de organismos por lo que nuestros resultados deben estar sujetos a un debate de ideas que expliquen este comportamiento.



**Figura 1.** Ubicación geográfica de los sitios de muestreo, donde: A1, B1, C1, D1, E1, F1 son los sitios pegados a la costa; A2, B2, C2, D2, E2, F2 son los sitios medianamente alejados de la costa y los sitios A3, B3, C3, D3, E3, F3 son los sitios más alejados de la costa. Mapa realizado en el programa Google Earth.



**Figura 2.** A) Riqueza de especies de Gasterópodos entre transectos y B) Densidad de Gasterópodos entre transectos de la pradera marina dentro de la Reserva de la Biosfera Los Petenes.



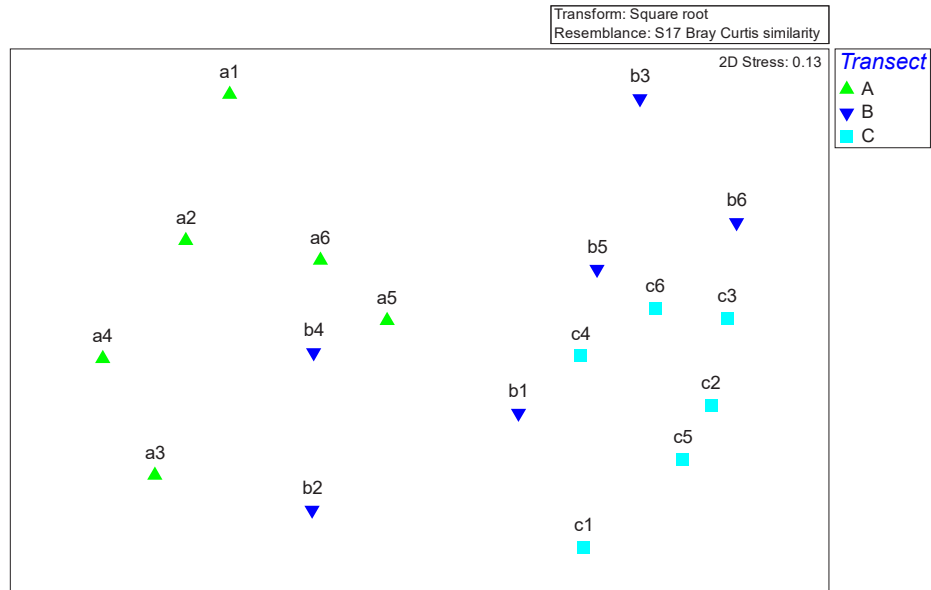


Figura 3. Escalamiento multidimensional no métrico de la comunidad de gasterópodos de la pradera marina dentro de la Reserva de la Biosfera Los Petenes.

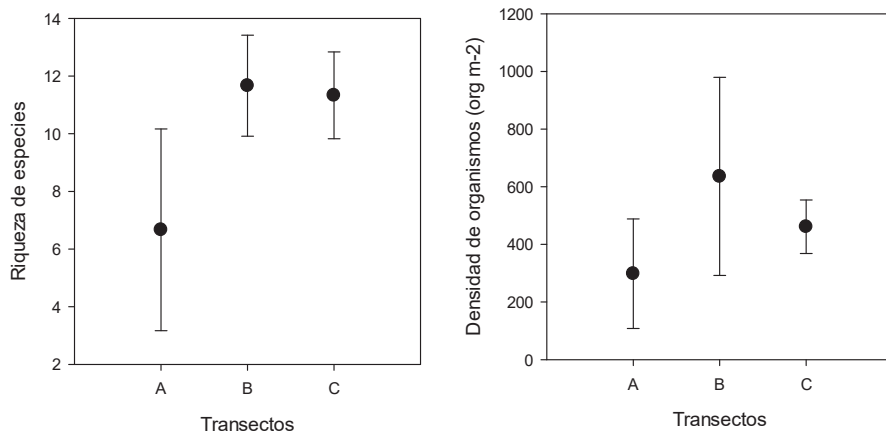


Figura 4. A) Riqueza de especies de Bivalvos entre transectos y B) Densidad de Bivalvos entre transectos de la pradera marina dentro de la Reserva de la Biosfera Los Petenes.

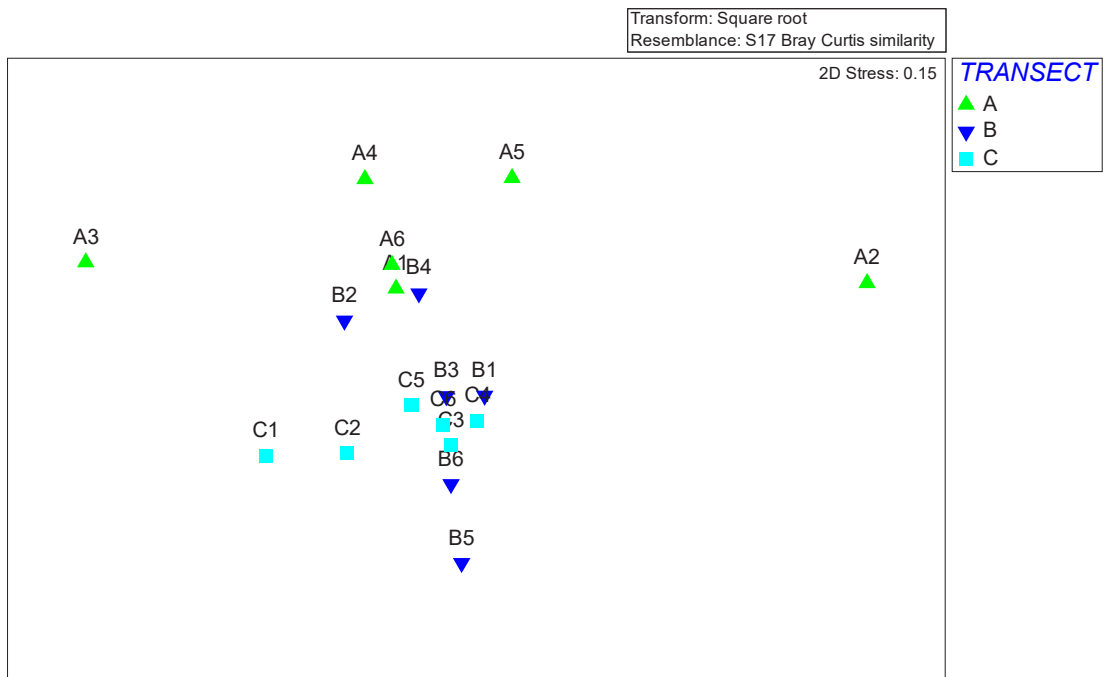


Figura 5. Escalamiento multidimensional no métrico de la comunidad de Bivalvos de la pradera marina dentro de la Reserva de la Biosfera Los Petenes.

AGRADECIMIENTOS. A la Universidad Autónoma Metropolitana por las facilidades para el desarrollo de este proyecto. Al consorcio INECC-SEMARNAT, CONABIO. Por el financiamiento del Proyecto: Fortalecimiento de la Línea base del Golfo de México: Indicadores del estado de salud de las comunidades de pastos marinos en la reserva de la Biosfera los Petenes, Campeche”. Responsable: Dra. Margarita E. Gallegos Martínez.

## REFERENCIAS

Duffy, J.E., 2006. Biodiversity and the functioning of seagrass ecosystems. *Marine Ecology Progress Series*, 311, 233-250.

- Fredriksen, S., De Backer, A., Boström, C., Christie, H., 2010. Infauna from *Zostera marina* L. meadows in Norway. Differences in vegetated and unvegetated areas. *Marine Biology Research*, 6, 189-200.
- Heck Jr. K.L., Orth R.J., 2006. Predation in Seagrass Beds, SEAGRASSES: BIOLOGY, ECOLOGY AND CONSERVATION. Springer Netherlands, Dordrecht, 537-550p.
- Van der Heide, T., Govers, L.L., de Fouw, J., Olf, H., van der Geest, M., van Katwijk, M. M., van Gils, J.A. (2012). A three-stage symbiosis forms the foundation of seagrass ecosystems. *Science*, 336(6087), 1432-1434.

## **DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS POLIQUETOS (ANNELIDA) DE AGUAS PROFUNDAS DEL SUR DEL GOLFO DE CALIFORNIA**

**Mercado-Santiago Araceli J.\*, Hernández-Alcántara Pablo, Solís-Weiss Vivianne**

\*Unidad Académica de Ecología y Biodiversidad Acuática, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito Exterior S/N, Cd. Universitaria, México D.F., 04510, México. \*Correo electrónico: ara.ms@ciencias.unam.mx

### **INTRODUCCIÓN**

La Clase Polychaeta Grube, es la más diversa y abundante del Phylum Annelida Lamarck, con alrededor de 15,000 especies nominales (Tovar-Hernández *et al.*, 2014). La mayoría son marinos y se distribuyen desde la zona intermareal hasta profundidades abisales (Brusca y Brusca, 2003). Los poliquetos son regularmente dominantes en los ambientes macrobénticos, sobre todo de fondos blandos, ya que pueden representar desde el 36 y hasta el 76% o más, del total de individuos y constituyen entre el 25 y el 65% del total de especies presentes en el bentos (Hernández Alcántara, 2002). Debido a su amplia variedad morfológica y tipos de alimentación, estos invertebrados pueden ocupar una gran variedad de hábitats a lo largo de todos los intervalos batimétricos, y en los ecosistemas del mar profundo, los poliquetos probablemente constituyen el grupo biológico más diverso y abundante (Solís-Weiss *et al.*, 2014).

La depresión más larga en el Golfo de California es la Cuenca de Guaymas con una longitud aproximada de 220 km y una profundidad de alrededor de los 2,000 m, pero, en términos generales, las cuencas aumentan en profundidad y complejidad hacia el sur del golfo (3,700 m) (Maluf, 1983).

Particularmente, en el Golfo de California se han realizado numerosos estudios faunísticos y ecológicos en la plataforma continental; sin embargo, los estudios sobre los poliquetos de aguas profundas son notoriamente escasos (Méndez, 2012). En este sentido, el objetivo del presente trabajo es analizar la composición y distribución espacial de las familias de poliquetos que habitan en los mares profundos del sur del Golfo de California.

## METODOLOGÍA

El material biológico fue recolectado en profundidades mayores a 200 m durante dos campañas oceanográficas realizadas en el sur del Golfo de California, a bordo del Buque Oceanográfico “El Puma” de la UNAM. La primera expedición fue llevada a cabo del 23 de abril al 5 de mayo del 2012 (“Estudio comparativo del Golfo de California”), y la segunda fue realizada del 17 de abril al 2 de mayo del 2013 (“Caracterización oceanográfica del sur del Golfo de California”). Durante la campaña del 2012 se muestrearon 9 estaciones con profundidades de 260 a 1,610 m, mientras que en la campaña del 2013 se analizaron 6 estaciones con profundidades de 233 a 2,700 m (Figura 1).

Las muestras fueron recolectadas por medio de un nucleador de caja tipo Reineck y se filtraron con un tamiz de luz de malla de 0.5 mm para separar los organismos macrobénticos. Las muestras fueron fijadas con formol al 10% y los ejemplares preservados en alcohol al 70%, correctamente etiquetados.

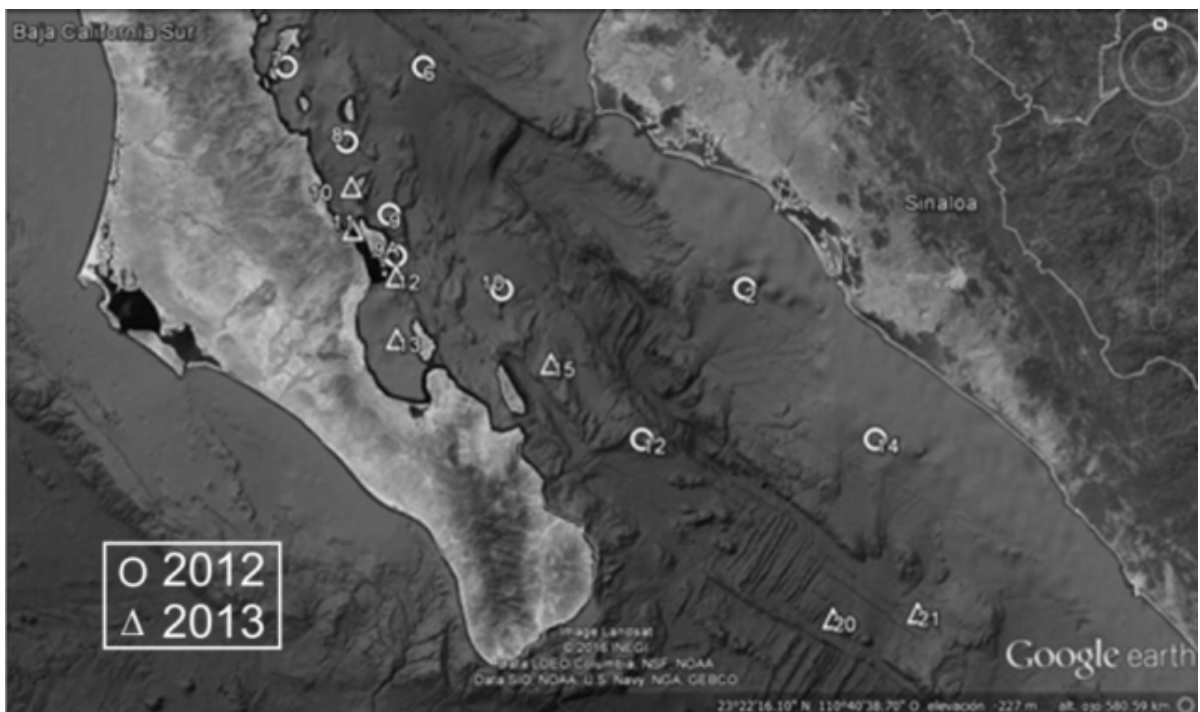


Figura 1. Ubicación geográfica de los sitios de muestreo en el área de estudio. (Modificado de Google Earth).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se recolectaron e identificaron 273 ejemplares de 25 familias de poliquetos, 156 individuos de 21 familias en 2012 y 117 ejemplares de 15 familias en 2013. Las familias más



abundantes fueron Paraonidae (35 ind  $0.1\text{m}^{-2}$ ), Spionidae (32.62 ind  $0.1\text{m}^{-2}$ ), Pilargidae (20.68 ind  $0.1\text{m}^{-2}$ ) y Onuphidae (19.09 ind  $0.1\text{m}^{-2}$ ). Por el contrario, las familias Amphinomidae, Magelonidae, Pectinariidae y Poecilochaetidae estuvieron representadas por un solo ejemplar (Figura 2). En primera instancia, estos resultados son congruentes con los observados previamente en el Pacífico Mexicano, donde los paraónidos y espiónidos han sido regularmente familias abundantes y diversas en aguas profundas (Solís-Weiss *et al.*, 2014). Sin embargo, una de las características más importantes fue el patrón de distribución observado en el sur del Golfo de California, ya que las familias de poliquetos no se distribuyeron ampliamente en estos ambientes y sólo Paraonidae y Nephtyidae se localizaron en la mitad de las estaciones muestreadas (9 estaciones), mientras que 14 de las familias (56%) sólo estuvieron presentes en una o dos localidades (Figura 2).

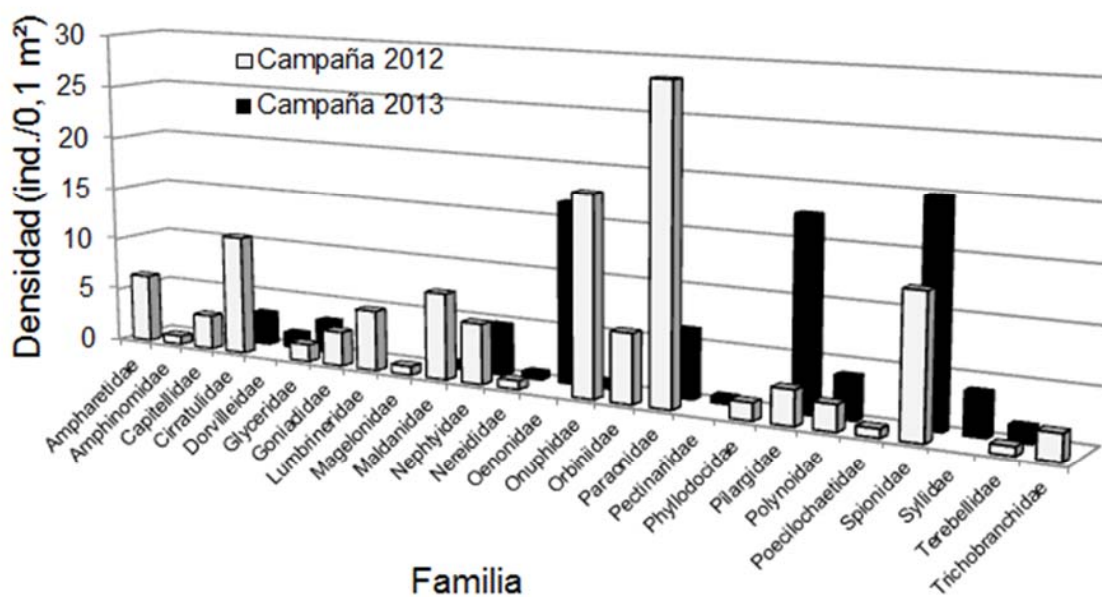


Figura 2. Distribución de los valores de densidad (ind  $0.1\text{m}^{-2}$ ) por familia en cada una de las campañas oceanográficas.

Aunque el mayor número de ejemplares se registró en la estación 10 de la campaña 2013 (41.37 ind  $0.1\text{m}^{-2}$ ), en términos generales, tanto el mayor número de individuos como de familias se presentó durante la campaña 2012 (Figura 3). A pesar de que se observaron

excepciones como en la ya mencionada estación 10 (2013), donde el valor de densidad más alto se relacionó con la presencia de sólo cinco familias, en general, el mayor número de individuos estuvo directamente asociado con un incremento en el número de familias (Figura 3). Por el contrario, en las estaciones 9 (2012), y 11, 12 y 20 de la campaña 2013, donde las densidades son bajas, se presentó un notorio incremento en el número de familias (Figura 3).

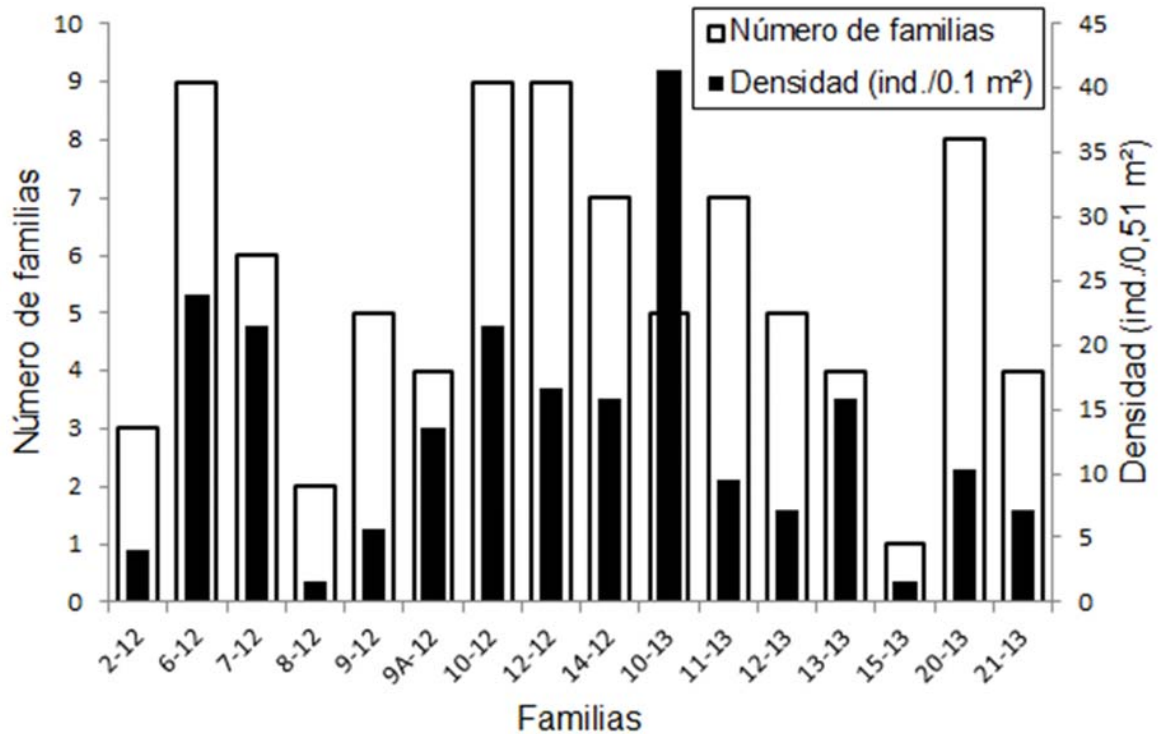


Figura 3. Número de familias y densidad por estación-campaña oceanográfica.

A pesar del comportamiento heterogéneo entre los cambios espaciales de la densidad y el número de familias, las relaciones entre los sitios de muestreo de acuerdo con su composición faunística, generadas por medio del análisis no-métrico multidimensional (NMDS), mostraron que, en primera instancia, la distribución de los poliquetos estuvo directamente asociada con el año en que fueron recolectados los ejemplares (Figura 4), pero también que esas variaciones espaciales estuvieron relacionadas con los niveles batimétricos en los cuales fue recolectada la fauna. Se integraron tres grupos principales de estaciones: el grupo A, integrado únicamente por localidades de la campaña 2013, distribuidas en las vecindades de la Bahía de La Paz, en profundidades entre 233 y 510 m, cuya similitud fue definida por la presencia de la familia Spionidae; esta familia también es una de las más abundantes y ampliamente distribuidas en la plataforma continental del Golfo de California (Hernández-

Alcántara y Solís-Weiss, 2005). El grupo B estuvo integrado por estaciones localizadas en la parte central del área de estudio, en profundidades de 700 a 1,610 m, cuya fauna fue determinada por la presencia de las familias Paraonidae, Cirratulidae y Pilargidae; los paraónidos y cirratúlidos son regularmente abundantes en los ambientes de mar profundo, mientras que los pilárgidos son un grupo euribático pero ninguna de sus especies ha sido considerada numéricamente importante en estos hábitats. Finalmente, en el grupo C se congregaron estaciones con la menor profundidad (260-283 m) situadas al norte del área de estudio y estaciones profundas (2126-2700 m) ubicadas al sur del golfo, cuya similitud faunística fue determinada por la presencia de Paraonidae, Nephtyidae, Polynoidae y Onuphidae, familias ampliamente distribuidas en este tipo de hábitats en el Pacífico Mexicano (Solís-Weiss *et al.*, 2014).

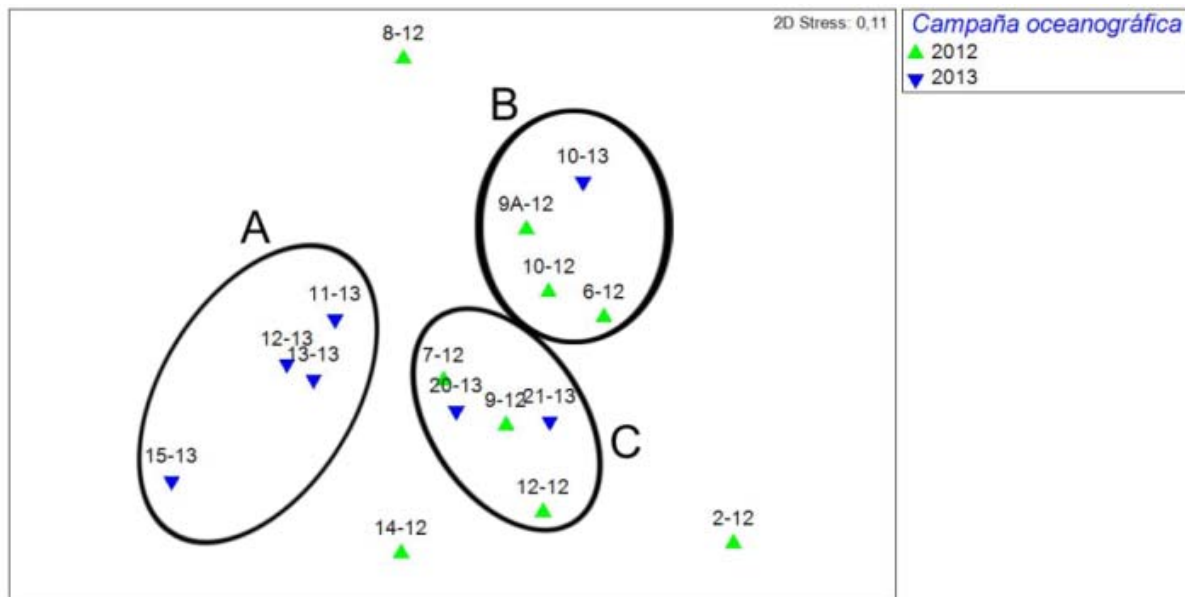


Figura 4. Escalamiento no-métrico multidimensional (NMDS) de las estaciones de muestreo de acuerdo con su composición faunística.

## REFERENCIAS

- Brusca R.C., Brusca G.J., 2003. Phylum Annelida: The segmented worms. *In*: Brusca, R.C., Brusca G.J. (eds.). Invertebrates, 2<sup>nd</sup> edition: Sinuauer Associates. 387-443p.
- Hernández-Alcántara P., 2002. Composición y estructura de las comunidades de poliquetos (Annelida: Polychaeta) bénticos de la plataforma continental del Golfo de California. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México: México. 196 pp.

- Hernández-Alcántara P., Solís-Weiss V., 2005. Seasonal variations of the Spionida (Palpata: Canalipalpata) in the sublittoral zone of the Gulf of California. *Mar Ecol.*, 26, 273-285.
- Maluf L.Y., 1983. Physical oceanography. *In: Case TJ, Cody ML (eds.)*. Island oceanography in the Sea of Cortez, University of California Press. 26-45p.
- Méndez N., 2012. Poliquetos (Annelida, Polychaeta) del talud continental suroriental del Golfo de California y su relación con algunas variables ambientales. *In: Zamorano P, Hendrickx ME, Caso M (eds.)*. Biodiversidad y comunidades del talud continental del Pacífico Mexicano. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 225-242p.
- Solís-Weiss V., Hernández-Alcántara P. y Granados-Barba A., 2014. Los anélidos poliquetos del mar profundo en México. *In: Low-Pfeng A, Peters-Recagno EM (eds.)*. La frontera final: El océano profundo: México, INECC-SERMANAT. 175-214p.
- Tovar-Hernández M.A., Salazar-Silva P., De León-González A., Carrera-Parra L.F., y Salazar-Vallejo S.I., 2014. Biodiversidad de Polychaeta (Annelida) en México: *Rev. Mex. Biodiv.*, 85, 190-196.

## **VARIACIÓN ESTACIONAL E INTERANUAL DE MOLUSCOS HOLOPLANCTÓNICOS FRENTE A LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO; DURANTE 2006- 2008**

**Molina-González Ofir\*, Lavaniegos Bertha E.\*\***

\*Departamento de Ecología Marina, \*\*Departamento de Oceanografía Biológica. CICESE. Carretera Ensenada-Tijuana No. 3918. Zona Playitas. Apdo. Postal 360. 22860 Ensenada, Baja California, México. E-mail: [omolina@cicese.mx](mailto:omolina@cicese.mx)

### **INTRODUCCIÓN**

El programa Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California (IMECOCAL) desarrolla investigaciones sobre el ecosistema pelágico en el sector sur de la Corriente de California (CC). Diversos organismos planctónicos han sido objeto de estudio en la CC. (p ej. Lavaniegos *et al.*, 2010) Sin embargo, escasamente lo han sido los moluscos planctónicos, por lo que en este trabajo se pretende ampliar el conocimiento sobre la variabilidad estacional de estos organismos en dicha región. Los moluscos gasterópodos adaptados a la vida pelágica incluyen a los órdenes Thecosomata y Gymnosomata que en conjunto son comúnmente llamados Pterópodos y la superfamilia Pteritrachoidea (Heterópodos). Todos estos organismos, poseen diversas adaptaciones a la vida pelágica como lo son: El pie modificado para la natación, la mayoría tiene talla pequeña y cuentan con una delgada concha de carbonato de calcio (aragonita) en al menos una fase de su desarrollo. Los Pterópodostecosomados son fitoplanctófagos y utilizan redes mucosas para capturar y enredar partículas (Lalli y Gilmer, 1989), mientras que los gimnosomados son organismos carnívoros que, al igual que los Heterópodos (Van der Spoel y Boltovskoy, 1981), utilizan la vista para localizar a sus presas. Los Pterópodos tecosomados son presa de peces, ballenas, aves marinas, tortugas, medusas y gimnosomados (Van der Spoel, 1996) mientras que los Heterópodos son depredados principalmente por peces.

Existen pocos estudios sobre la distribución de los moluscos pelágicos en la CC. El más completo fue el atlas realizado por McGowan (1967) donde se describe la distribución de 26 especies de Pterópodos y 12 de Heterópodos y un esquema de su biogeografía. Con el fin de profundizar en los efectos del clima sobre moluscos holoplanctónicos de la CC, en el presente estudio se analizó su variabilidad estacional e interanual en abundancia y composición de géneros a lo largo de un transecto latitudinal frente a Baja California durante el periodo de 2006-2008. Durante dicho periodo se presentaron en el Pacífico ecuatorial cambios relacionados con



el ciclo ENSO, observándose desde finales de 2005 condiciones La Niña hasta fines de otoño de 2006, dando paso a un El Niño con máximo en noviembre-diciembre de 2006, este declinó en febrero de 2007 y empezó la transición a La Niña 2007-2008.

## METODOLOGÍA

Las muestras analizadas en el presente estudio proceden de diez cruceros IMECOCAL realizados de 2006 a 2008 durante las temporadas de invierno, primavera y verano. El zooplancton se recolectó mediante arrastres oblicuos con red bogo (71 cm de diámetro de boca y 500  $\mu\text{m}$  de luz de malla) entre los 210 m de profundidad y la superficie. Se midió el volumen de agua filtrada con un flujómetro en la boca de la red. Las muestras se preservaron en formaldehído al 4% neutralizado con borato de sodio. Mediante lances de CTD se midieron temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad y oxígeno disuelto, simultáneamente se obtuvieron muestras de agua para medir oxígeno y clorofila-a. Se seleccionaron muestras en un transecto paralelo a la costa. Los moluscos se contaron e identificaron con un microscopio estereoscópico. Debido a que la concha es indispensable para la identificación, algunos organismos no pudieron ser identificados a nivel de especie, por lo que en este trabajo se usaron solo géneros. Dependiendo de la cantidad de plancton se realizó un fraccionamiento de la muestra (1/8, 1/4 o 1/2) o se analizó completa.

La abundancia de moluscos se estandarizó por volumen de agua filtrada. Debido a que los datos no presentaron una distribución normal se transformaron ( $\log x+1$ ). Se analizó la variabilidad temporal con un ANOVA de 2 factores (mes y año). El acoplamiento físico-biológico se analizó con métodos multivariados, con la rutina BIOENV (PRIMER 6) que correlaciona una matriz de variables biológicas con otra de variables físicas y se realizó una prueba BEST para seleccionar la mejor combinación de variables.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se identificaron 13 géneros de moluscos holoplanctónicos. El Heterópodo *Atlanta* fue el género más abundante seguido por los Pterópodos thecosomados *Limacina* y *Creseis* respectivamente (Figura 1).

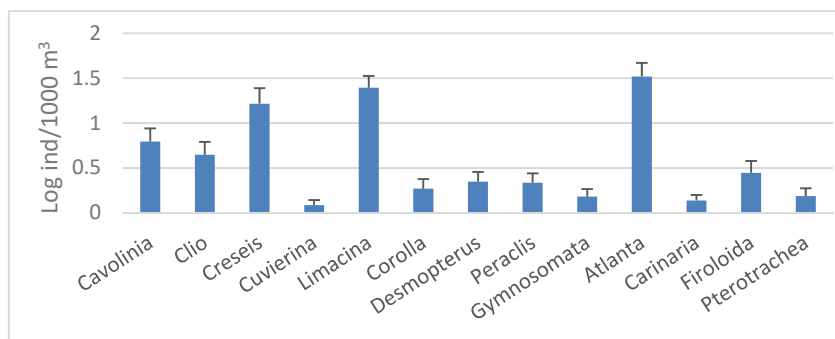


Figura 1. Abundancia media e intervalo de confianza (95%) de los géneros de moluscos holoplanctónicos.

En las comparaciones de las abundancias interanuales así como las estacionales existieron diferencias significativas para la mayoría los géneros analizados (Tabla 1). Sin embargo, fueron más limitadas las diferencias interanuales. Las diferencias altamente significativas ( $p < 0.001$ ) se presentaron en el pterópodo *Corolla* y los heterópodos *Atlanta* y *Firoloida*. En los tres se presentaron mayores abundancias durante 2007, aparentemente asociadas a un evento La Niña. La comparación estacional también resultó altamente significativa para *Corolla* y *Atlanta* y también para *Cavolinia*. Dicho género presentó mayores abundancias en invierno, *Corolla* en primavera y *Atlanta* en verano. *Atlanta* mientras que el orden *Gymnosomata* y el pseudo thecosomado *Corolla* mostraron diferencias altamente significativas en la interacción de factores (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados de la prueba de análisis de varianza de 2 factores (año y estación). En color rojo se resalta en donde existió diferencia estadística altamente significativa.

Género	Año (2006-2007- 2008)		Estación (INV-PRIM-VER)		Interacción	
	p	F	p	F	p	F
<i>Cavolinia</i>	0.03	3.77	<0.001	8.70	0.77	4.45
<i>Clio</i>	0.17	1.83	0.006	5.37	0.16	1.70
<i>Creseis</i>	0.31	1.17	0.04	3.46	0.16	1.69
<i>Cuvierina</i>	0.74	0.30	0.62	0.48	0.005	3.90
<i>Limacina</i>	0.06	2.85	0.001	7.05	0.13	1.83
<i>Corolla</i>	<0.001	15.07	<0.001	12.87	<0.001	9.02

<i>Desmopterus</i>	0.77	0.26	0.08	2.57	0.08	2.20
<i>Peraclis</i>	0.07	2.75	0.003	6.02	0.06	2.40
<i>Gymnosomata</i>	0.31	1.18	0.03	3.63	<0.001	5.52
<i>Atlanta</i>	<0.001	7.90	<0.001	8.92	0.003	4.23
<i>Carinaria</i>	0.15	1.93	0.24	1.44	0.008	3.64
<i>Firoloida</i>	<0.001	9.43	0.01	4.73	0.13	1.85
<i>Pterotrachea</i>	0.015	4.41	0.27	1.33	0.84	0.35

La variabilidad estacional predominó, pero también se observaron diferencias interanuales debido a eventos climáticos como El Niño 2006-2007 y La Niña 2007-2008. Notablemente el pseudo tecosomado *Corolla*, el cual es un fuerte pastoreador, tuvo máximas abundancias en 2007 durante el periodo de transición El Niño-La Niña. La mínima temperatura observada en la capa de mezcla (10.37 °C) durante el periodo de estudio ocurrió en abril 2008, la cual tuvo un efecto negativo, pues se observó una disminución de moluscos pelágicos, a pesar de las altas concentraciones de clorofila registradas (hasta 3.26 mg m<sup>-3</sup>). Posteriormente, en julio de 2008 cuando La Niña se relajó hubo un fuerte incremento de organismos del orden *Gymnosomata* y el Heterópodo *Atlanta*.

Se evaluó el ensamble faunístico donde se obtuvieron dos grupos (Figura 2), el grupo A que es frío y se compone de muestras de primavera principalmente pero sólo de 2006 y 2008 cuando imperaban condiciones La Niña así como 4 muestras de invierno (3 de 2006 y 1 de 2007). Dentro del grupo B se encontraron todas las muestras de verano, por lo que se caracterizó por ser un grupo cálido. El ensamble A tuvo bajas abundancias y estuvo dominado por *Limacina* y *Atlanta*, mientras que el ensamble B mostró alta abundancia de moluscos y una mayor riqueza de géneros.

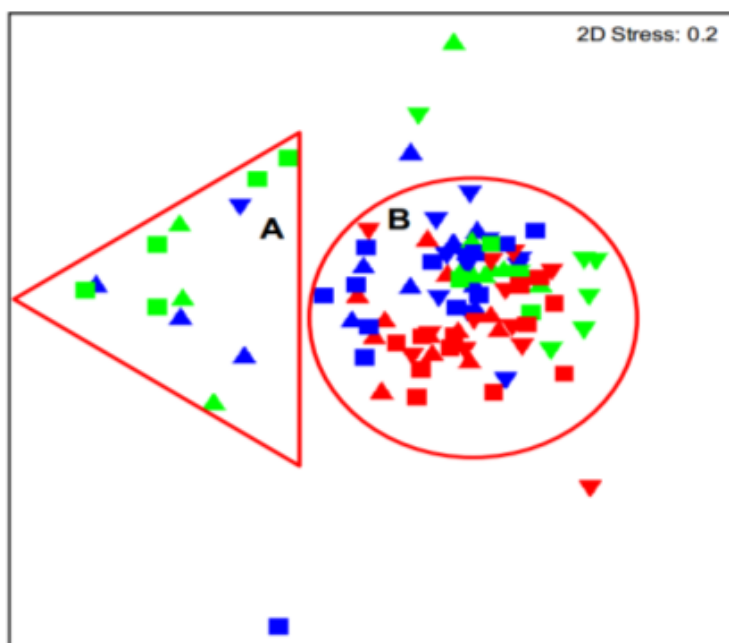


Figura 2. NMDS bidimensional en donde se observa el grupo frío (A) así como el cálido (B).

El acoplamiento físico-biológico, el cual indica que variables tuvieron mayor influencia sobre la estructura de la comunidad de moluscos resultó en diez combinaciones óptimas, aunque todas tuvieron valores de correlación bajos, (de 0.209 a 0.219). Las variables gradiente de salinidad y Chl-a a 10 m se seleccionaron dentro de las 10 combinaciones, seguidas por la temperatura a 100 m y la Chl a 200 m que estuvieron dentro de 8 combinaciones.

## CONCLUSIÓN

A pesar de haber realizado el estudio a nivel genérico se observaron diferencias en composición y abundancia de moluscos holoplanctónicos que sugieren una relación con el ENSO. La variabilidad estacional fue más sobresaliente que la interanual, no obstante, se observaron algunos efectos interanuales como el aumento del pseudotecosomado *Corolla* que durante la transición de El Niño 2006-2007 a La Niña 2007-2008 incrementó su abundancia. Asimismo, en 2006 se observaron las abundancias menores de *Cavolinia*, *Corolla*, *Atlanta*, *Firoloida* y *Pterotrachea*, contrastando con 2007 cuando mostraron sus máximas abundancias; sin embargo, el análisis genérico es poco sensitivo para determinar la variabilidad de estos organismos por lo que no se recomienda para estudios de distribución de moluscos. Sin embargo, los géneros sí reflejaron cambios relativos a la variabilidad climática, por lo que se recomienda continuar con el monitoreo.

**REFERENCIAS**

- Lavaniegos B.E., Ambriz-Arreola I., Hereu C.M., Jiménez-Pérez L.C., Cadena Ramírez J.L. García-García P., 2010. Variabilidad estacional e interanual del zooplancton. En: Gaxiola-Castro Gilberto y Durazo Reginaldo (ed) *Dinámica del ecosistema pelágico frente a Baja California 1997-2007*. 87-126p.
- Lalli C.M., Gilmer R.W., 1989. *Pelagic Snails. The Biology of Holoplanktonic Gastropod Molluscs*. Stanford University Press, Stanford. 259pp.
- McGowan J.A., 1967. *Distributional atlas of pelagic molluscs in the California Current region*. Distributional atlas of pelagic molluscs in the California Current region.
- Van der Spoel S., Boltovskoy D., 1981. Pteropoda. En: Boltovskoy D. (ed) *ATLAS DEL ZOOPLANCTON DEL ATLÁNTICO SUDOCCIDENTAL y métodos de trabajo con el zooplancton marino*. Publicación especial del INIDEP. Mar del Plata, Argentina. 493-531 p.
- Van der Spoel S., 1996. XIII. Pteropoda. En: Gasca R. y E. Suárez (ed). *Introducción al Estudio de Zooplancton Marino*. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)/ CONACYT. México. 407-457p.



## ALIMENTACIÓN DE *Stomolophus meleagris* (SCYPHOZOA: RHIZOSTOMEAE) EN EL SISTEMA LAGUNAR DE MANDINGA, VERACRUZ

Ocaña-Luna J. A.\*, Sánchez-Ramírez M., Roa-Venicio M.

\*Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Departamento de Zoología, Laboratorio de Ecología, Prol. de Carpio y Plan de Ayala s/n, Col. Santo Tomás, Del. Miguel Hidalgo, Ciudad de México, C.P.11340 Correo electrónico: ja\_ocanaluna@hotmail.com

### INTRODUCCIÓN

La especie *Stomolophus meleagris* conocida como medusa bola cañón, es un importante recurso pesquero en países asiáticos (Omori y Nakano, 2001) y actualmente en el estado de Sonora se ha establecido una industria para su exportación (Carta Nacional Pesquera, 2010).

Las medusas son carnívoras (Arai, 1997) e importantes depredadoras del zooplancton (Purcell, 1997). Uno de los primeros estudios sobre la alimentación de escifomedusas fue realizado por Lebour (1919) en éfiras de *Aurelia aurita*, a partir de este conocimiento la búsqueda sobre la alimentación de las medusas ha sido de gran interés debido a que algunas son consumidoras de huevos y larvas de peces de importancia comercial (Arai, 1997).

Algunos estudios sobre la alimentación de *S. meleagris* se han realizado en el Noreste del Golfo de México por Larson (1991), quien señala que la dieta en tallas de 28-82 mm está compuesta por larvas de *Crassostrea virginica* en un 56% y que al aumentar la talla se incrementa la cantidad y diversidad de presas. Por otro lado, Padilla-Serrato *et al.*, (2013) analizan la dieta de esta especie en la laguna costera Las Guásimas al noroeste de México en tallas de 40-140 mm, dichos autores señalan que la dieta de esta especie se compone de moluscos, crustáceos y huevos de anchoas.

Hasta el momento no hay trabajos sobre la alimentación de *S. meleagris* en el sur del Golfo de México por lo que el objetivo es analizar la alimentación de esta especie durante su inmigración al Sistema Lagunar de Mandinga, Veracruz.

### METODOLOGÍA

El Sistema Lagunar de Mandinga se encuentra entre los 19° 00' y 19° 06' de latitud norte y 96° 02' y 96° 06' de latitud oeste; tiene una orientación norte-sur en tanto que la costa cercana

adopta una dirección noreste-sureste conformando la punta de Antón Lizardo hacia el sureste, presenta una extensión superficial de 32.5 km<sup>2</sup>. Según Lankford (1977) este sistema pertenece a la región E; su cuenca hidrológica está formada por los ríos Atoyac con 1790 km y Jamapa con 3600 km (CONAGUA, 2012), cabe señalar que esta laguna al presentar influencia marina y dulceacuícola presenta condiciones polihalinas (20-30) (Lara-Domínguez *et al.*, 2011).

Se analizan los hábitos alimentarios de 33 ejemplares de *S. meleagris* las cuales se recolectaron manualmente o con red de cuchara en febrero de 2014, los ejemplares fueron fijados en formol al 4% neutralizado con borato de sodio en recipientes individuales; se realizó la disección en cada medusa con la finalidad de analizar todas las presas ingeridas, las cuales se identificaron al taxón más bajo posible y se cuantificaron.

Con los datos obtenidos se calculó la Incidencia Alimentaria el cual indica el consumo de las medusas expresado en valor porcentual en una escala de 0-100 % donde el valor máximo indica que todos los ejemplares analizados presentan por lo menos una presa en la cavidad gástrica y se analizó la importancia de cada categoría alimentaria en la dieta de *S. meleagris* mediante el índice de Importancia Relativa de George y Hadley (1979) modificado por Townsend (1983).

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

La incidencia alimentaria fue del 100%; la composición de la dieta estuvo constituida por 23 taxa, esta composición es menor en comparación con el estudio de Larson (1991) quien registra 24 taxa; por otro lado, Padilla-Serrato *et al.*, (2013) registra 13 taxa, el cual es menor a este estudio. Las categorías alimentarias de mayor importancia en la dieta fueron los tintinidos *Favella* sp. (27.8%) y las larvas de bivalvos (32.6%), estos resultados coinciden con el estudio de Larson (1991) quien señala que son una de las presas principales de *S. meleagris* en el noreste del Golfo de México.

## REFERENCIAS

- Arai M.N., 1997. A Functional Biology of Scyphozoa. Chapman & Hall, London 316pp.
- Calder, D. R. 1982. Life history of the cannonball jellyfish, *Stomolophus meleagris* L. Agassiz, 1860 (Scyphozoa, Rhizostomida). *Biological Bulletin*, 162, 149-162.
- Carta Nacional Pesquera, 2010. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. 2ª Sección 93, 15-16p.

- George E.L., Hadley W.F., 1979. Food and habitat partitioning between rock bass (*Ambloplites rupestris*) and smallmouth bass (*Micropterus dolomeieu*) young of the year. *Transactions of the American Fishery Society*, 108, 253-260.
- Lankford R., 1977. Coastal lagoons of Mexico: Their origin and classification. In: Wiley, M. (Ed.). Estuarine processes. Vol II Estuarine Research Federation Conference, Galveston, Texas, Oct 6-9, 1975, Academic Press Inc., Nueva York, 182-215p.
- Lara-Domínguez A., Contreras-Espinosa E., Castañeda-López O., Barba-Macías E. y Pérez-Hernández M.A., 2011. Lagunas Costeras. In: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). La Biodiversidad de Veracruz: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología A. C., México. 301-313p.
- Larson R.J., 1991. Diet, prey selection and daily ration of *Stomolophus meleagris*, a filter-feeding scyphomedusa from the NE Gulf of Mexico. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 32, 511-525.
- Omori M., Nakano E., 2001. Jellyfish fishery in Southeast Asia. *Hydrobiologia*, 451, 19-26.
- Padilla-Serrato J.G., López-Martínez J., Acevedo-Cervantes A., Alcántara-Razo E., Rábago-Quiroz C.H., 2013. Feeding of the scyphomedusa *Stomolophus meleagris* in the coastal lagoon Las Guásimas northwest Mexico. *Hidrobiológica*, 23, 218-226.
- Purcell E.J., 1997. Pelagic cnidarians and ctenophores as predators: selective predation, feeding rates, and effects on prey population. *Annales de Institutè Océanographique*, 73, 125-137.
- Townsend D.W., 1983. The relations between larval fishes and zooplankton in two inshore areas of the Gulf of Maine. *Journal of Plankton Research*, 5, 145-171.

## EFFECTOS DE EVENTOS EL NIÑO Y DEL “WARM BLOB” EN LA BIOMASA FITOPLANCTÓNICA DERIVADA DE SATÉLITE EN EL SISTEMA DE LA CORRIENTE DE CALIFORNIA, EN 2002-2015

**Ortiz-Ahumada José Carlos\***, **Mirabal-Gómez Uriel**, **Álvarez-Borrego Saúl\*\***,  
**Lara-Lara José Rubén**

\*Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B. C., División de Oceanología, Carretera Ensenada-Tijuana #3918, Zona Playitas, Ensenada, CP 22860, Baja California, México. \*\*Autor corresponsal y expositor en modalidad oral, [alvarezb@cicese.mx](mailto:alvarezb@cicese.mx),  
\*\*ORCID-ID: 0000-0002-7586-8678

### INTRODUCCIÓN

El Sistema de la Corriente de California (SCC) se caracteriza por una gran cantidad de meandros, remolinos, filamentos, frentes y estructuras de mesoescala que se extienden de decenas a cientos de kilómetros hacia fuera de la costa y con duración de días a meses (Espinosa-Carreón, 2004). Los eventos de surgencia causan gradientes de biomasa fitoplanctónica (Chl) con valores altos cerca de la costa y un decremento claro hacia fuera de la misma (Álvarez-Borrego, 2004). Los valores altos de Chl cerca de la costa (0-120 km de la costa) soportan poblaciones abundantes de mamíferos marinos, aves y pesquerías importantes. Frente a Ensenada hay un cambio en la dirección del flujo geostrofico superficial de la zona oceánica hacia la costa, denominado “Frente Ensenada”, perpendicular a la costa y extendiéndose de 160 a 500 km de la costa. En la zona oceánica, esta región frontal separa las aguas eutróficas y más frías del norte de las oligotróficas del sur, y es una estructura que persiste a lo largo del año (Peláez y McGowan, 1986; Gaxiola-Castro y Álvarez-Borrego, 1991). El frente es detectable durante la mayor parte del año, pero es fuerte desde finales de marzo hasta principios de junio. El flujo en el frente, de oeste a este, al toparse con la línea de costa se divide en dos: uno dirigido al norte, que forma la intrusión oligotrófica de la Southern California Bight y otro dirigido al sur (Peláez y McGowan, 1986). Este último hace un cambio de dirección hacia fuera de la costa frente a la bahía de San Quintín, de una manera similar a como lo hace el flujo que se aleja de la costa frente a Point Conception, en California. Estos flujos hacia la zona oceánica intensifican las surgencias (Álvarez-Borrego, 2004).

El SCC es influenciado por eventos El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) asociados a incrementos de temperatura superficial del mar (SST) y a decrementos de Chl (Kahru y Mitchell,



2002). Por otro lado, los eventos con SSTs anómalamente bajas (La Niña) pueden tener el efecto opuesto, con valores relativamente altos de Chl. Además, recientemente se presentó un fenómeno de calentamiento anómalo en el Pacífico nororiental (denominado con el apodo en inglés “warm blob”). Este fenómeno se detectó por primera vez en otoño de 2013 (Bond *et al.*, 2015) y terminó en la segunda mitad de mayo de 2016 ([www.ospo.noaa.gov/Products/ocean/sst/anomaly](http://www.ospo.noaa.gov/Products/ocean/sst/anomaly)).

El objetivo principal de este trabajo fue describir y cuantificar, comparativamente, las variaciones de biomasa fitoplanctónica derivada de satélite frente al sur de California – norte de Baja California, y frente al sur de la península, en las escalas estacional e interanual, y explorar los posibles agentes forzantes de estas variaciones (Figura 1). En el norte del área de estudio se compararon dos condiciones oceanográficas diferentes por su posición con respecto al Frente Ensenada. El análisis se llevó a cabo mediante información generada por sensores remotos en las escalas estacional e interanual, con énfasis en procesos físicos como surgencias, la secuencia de eventos ENSO y el “warm blob”.

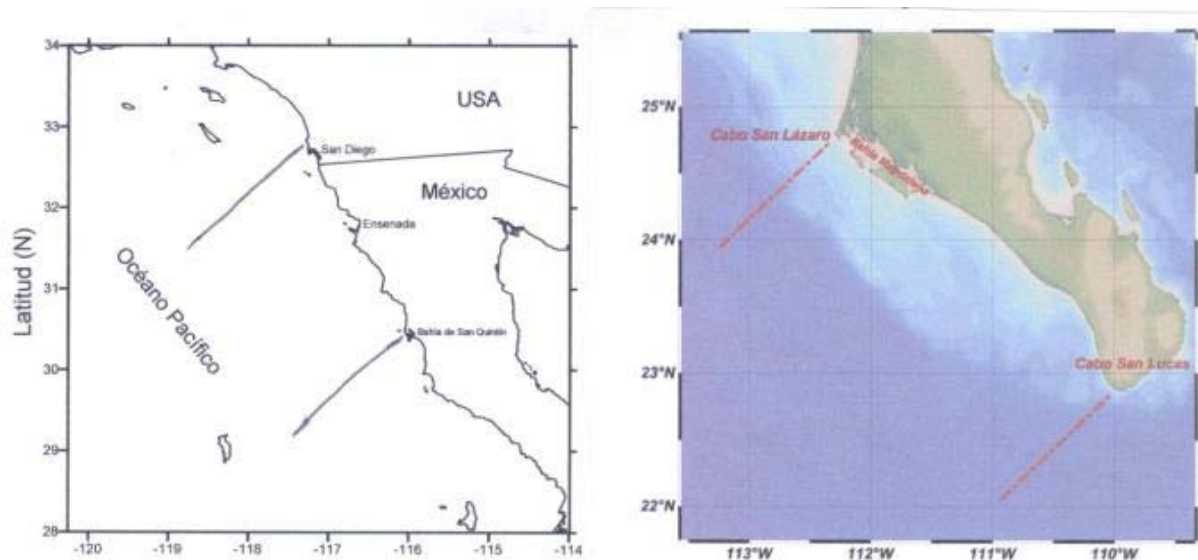


Figura 1. Transectos muestreados para las cuatro zonas: frente a La Jolla (TLJ) y a Bahía San Quintín (TBSQ) (panel izquierdo); y frente a cabo San Lázaro (TCSLA) y a cabo San Lucas (TCSLU) (panel derecho).

## MÉTODOS

Se caracterizó la variación espacial y temporal de la temperatura superficial del mar (SST) y la concentración de clorofila *a* ( $Chl_{sat}$ ), con transectos de 250 km en TLJ y TBSQ, y de 300 km en TCSLA y TCSLU (Figura 1). Se utilizaron composiciones mensuales de SST y  $Chl_{sat}$



del sensor Moderate Resolution Imaging Spectro radiometer (Aqua-MODIS), para el período 2002-2015. Estas se obtuvieron de la página de la NASA (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>), con nivel 3 de procesamiento, con tamaño de píxel de  $9 \times 9$  km<sup>2</sup>. Los datos de SST son de día, con radiación de 11  $\mu$ m, y también con tamaño de píxel de  $9 \times 9$  km<sup>2</sup>.

Para el análisis estadístico se utilizó STATISTICA v.7.0.2. Los datos de Chl<sub>sat</sub> no tienen distribución normal. Se hicieron pruebas Kruskal-Wallis para probar si hubo diferencias interanuales significativas en cada transecto. Al encontrar diferencias significativas se realizaron pruebas post hoc para encontrar cuáles años tenían diferencias con otros. Se construyeron diagramas Hovmöller con los datos de SST y Chl<sub>sat</sub> de todos los años. Los diagramas Hovmöller son series bidimensionales de tiempo y espacio que permiten visualizar las variaciones de las propiedades usando tonos de grises o colores.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

En general, se presentó una variación espacial muy clara de Chl<sub>sat</sub> de la costa hacia mar adentro, con valores más altos en la zona cercana a la costa. En cambio, en general SST mostró una variación espacial diferente con valores menores en la costa que en mar adentro. Aunque se presentaron períodos con inversión del gradiente de SST, con valores mayores cerca de la costa que en mar adentro, generalmente entre otoño y principios de invierno. Cerca de la costa las SST mínimas ocurrieron principalmente en abril y mayo; y las máximas ocurrieron principalmente en septiembre. Los máximos de Chl<sub>sat</sub> a menudo se presentaron en junio. En la zona costera los rangos de Chl<sub>sat</sub> para el período de estudio fueron: 0.1 a 11.9 mg m<sup>-3</sup> para TLJ; 0.1 a 38.6 mg m<sup>-3</sup> para TBSQ; 0.1 a 9.8 mg m<sup>-3</sup> para TCSLA; y 0.1 a 6.5 mg m<sup>-3</sup> para TCSLU. Claramente en la parte sur del SCC las surgencias no producen un efecto fertilizador tan fuerte como en la parte central, frente al norte de Baja California.

Se presentaron variaciones estacionales e interanuales de SST y Chl<sub>sat</sub> en los cuatro transectos, con las primeras como dominantes (Figuras 2 y 3). En la parte norte hubo impactos significativos de los eventos El Niño de tipo Pacífico central (CP) (2002-2003, 2004-2005 y 2009-2010) y del tipo Pacífico oriental (EP) de 2015. En TCSLU se tuvieron impactos intensos de dos El Niño de tipo CP (2004-2005 y 2009-2010) y uno del tipo EP (2015). Hubo evidencias claras de efectos del “warm blob” en la SST y el fitoplancton de la parte costera del SCC. El “blob” fue una masa enorme de agua relativamente cálida en el Pacífico frente a Norteamérica, de México a Alaska y más allá. Las aguas calientes del “blob” fueron pobres en nutrientes y afectaron la vida marina de una forma adversa. El “blob” se manifestó fuertemente frente a la

península de Baja California, incluyendo latitudes tan sureñas como cabo San Lucas ([www.ospo.noaa.gov/Products/ocean/sst/anomaly](http://www.ospo.noaa.gov/Products/ocean/sst/anomaly)). En 2014 no se presentó El Niño, pero la SST fue alta y la  $Chl_{sat}$  fue baja por el efecto del “warm blob.” Este fue muy claro en 2014 y 2015 en TLJ, TCSLA y en TCSLU, pero no en TBSQ. La dinámica costera en el SCC varía espacialmente y esto hace que los impactos de eventos como El Niño y el “warm blob” sean diferentes a lo largo de la península. En 2015 la combinación del tercer El Niño en intensidad en el período 1950-2015 (después de los de 1982-83 y 1997-98) y del “warm blob” causó muy baja  $Chl_{sat}$ , principalmente frente a La Jolla y cabo San Lucas. En general, los valores de  $Chl_{sat}$  más bajos fueron los de TCSLU, seguidos por los de TLJ. TBSQ y TCSLA tienen una mayor dinámica física, con surgencias más intensas, y presentan valores de  $Chl_{sat}$  relativamente altos.

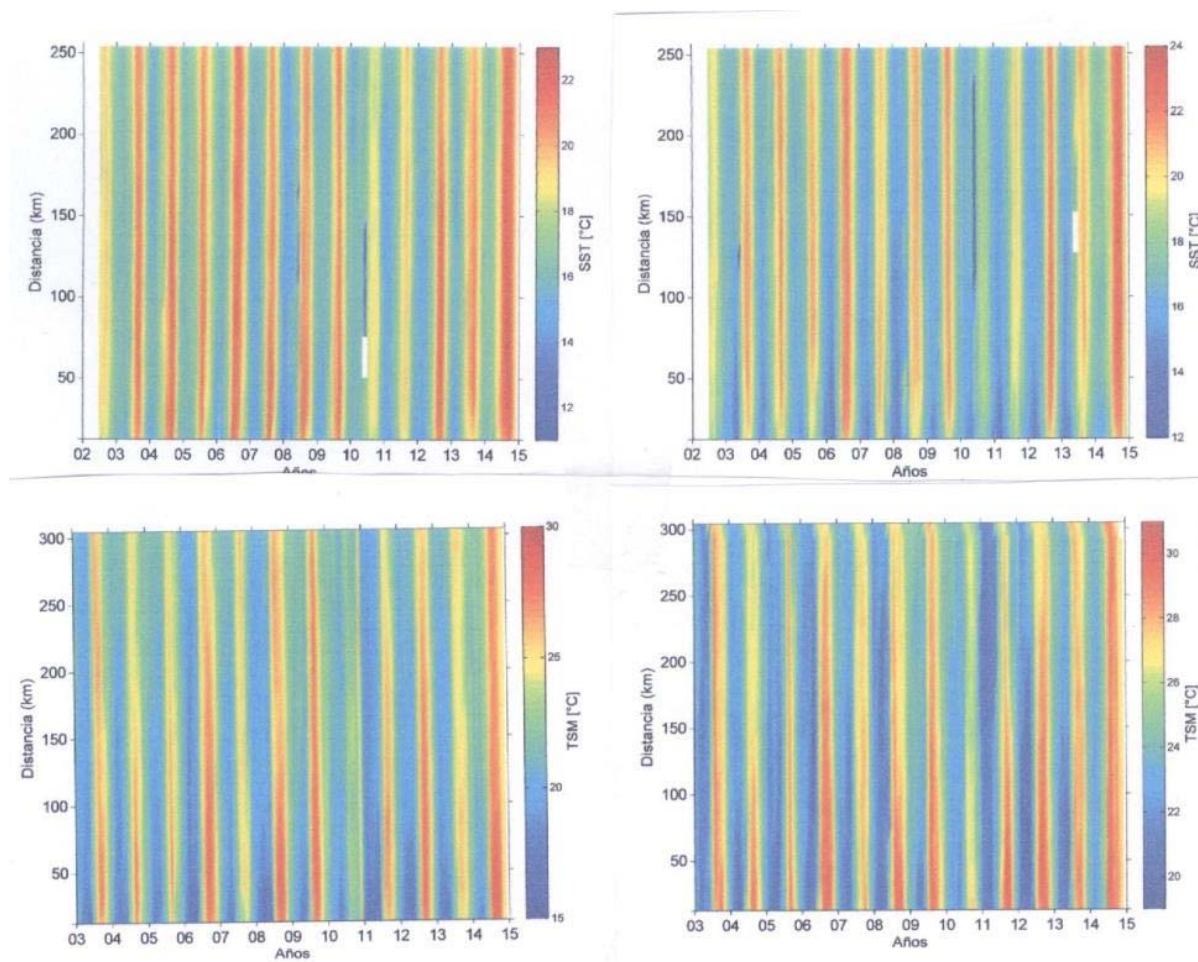


Figura 2. Diagramas Hovmöller para SST en los transectos TLJ (superior izquierdo), TBSQ (superior derecho), TCSLA (inferior izquierdo) y TCSLU (Inferior derecho). Nótese que las escalas de las barras de colores son diferentes.

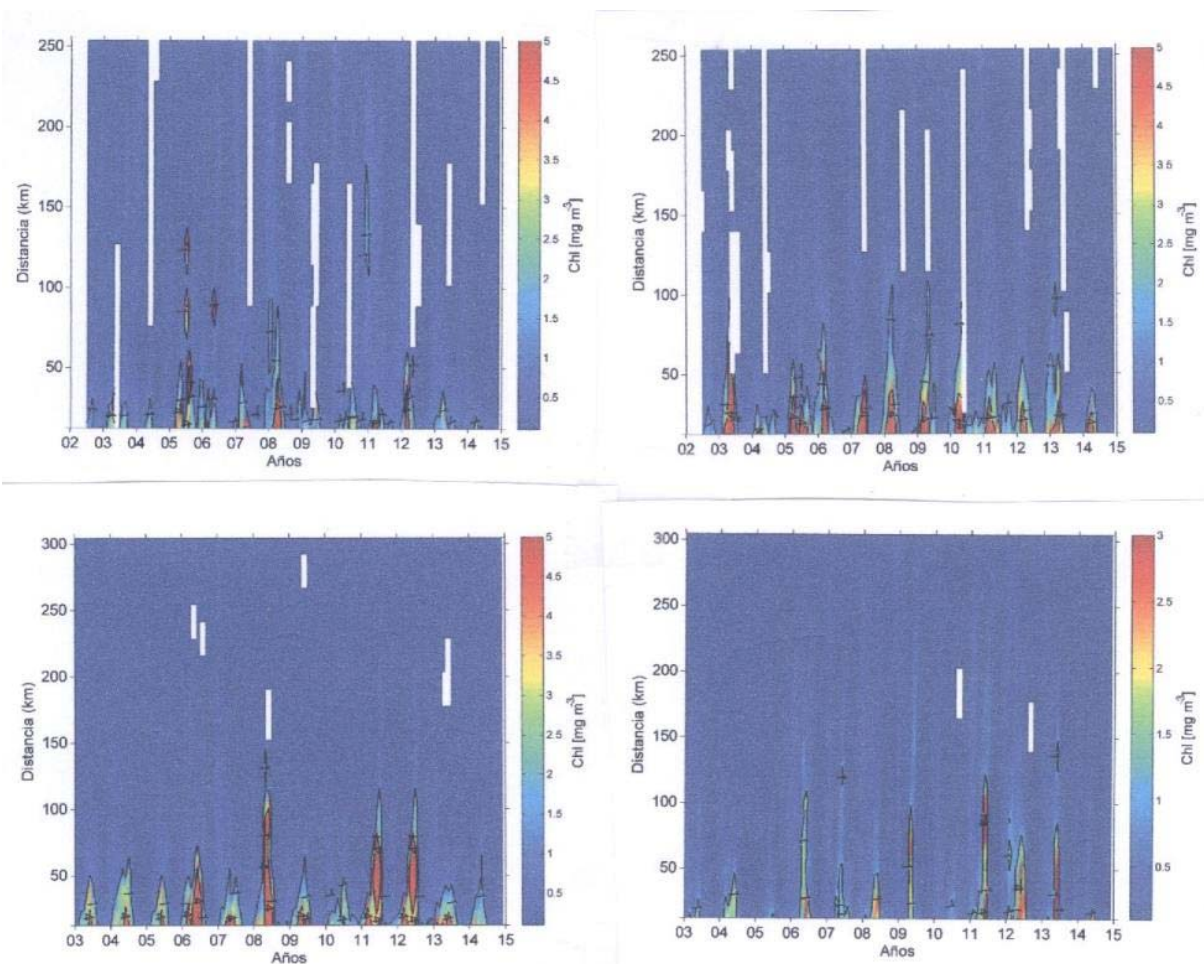


Figura 3. Diagramas Hovmöller para  $Chl_{sat}$  en los transectos TLJ (superior izquierdo), TBSQ (superior derecho), TCSLA (inferior izquierdo) y TCSLU (Inferior derecho). Nótese que la escala de la barra de colores de TCSLU es diferente (con valores más bajos).

## REFERENCIAS

- Álvarez-Borrego S., 2004. Dinámica de nutrientes y fitoplancton en una laguna costera fuertemente afectada por surgencias costeras. *Cienc. Mar.*, 30(A): 1-19.
- Bond N.A., Cronin M.F., Freeland H., Mantua N., 2015. Causes and Impacts of the 2014 Warm Anomaly in the NE Pacific. *Geophys. Res. Lett.*, 42, 3414–3420.
- Espinoza-Carreón T.L., Strub P.T., Beier E., Ocampo-Torres F., Gaxiola-Castro G., 2004. Seasonal and interannual variability of satellite derived chlorophyll pigment, surface height, and temperature off Baja California. *J. Geophys. Res.*, 109(C3), 1978-2012.



- Gaxiola-Castro G., Álvarez-Borrego S., 1991. Relative assimilation numbers of phytoplankton across a seasonally recurring front in the California Current off Ensenada. *CalCOFI Reports*, 32, 91-96.
- Kahru M., Mitchell B.G., 2002. Influence of the El Niño–La Niña cycle on satellite-derived primary production in the California Current. *Geophys. Res. Lett.*, 29(17), 27.
- Peláez J., McGowan J.A., 1986. Phytoplankton pigment patterns in the California Current as determined by satellite. *Limnol. & Oceanogr.*, 31, 927-950.

**PREFERENCIA ALIMENTICIA DE *Noctiluca scintillans* FRENTE A *Gymnodinium catenatum*, *Lingulodinium polyedra* (DINOFLAGELLATA) Y *Actinopterychus octonarius* (BACILLARIOPHYTA)**

**Padilla Huerta Jaquelinne\*, Quijano-Scheggia Sonia I.\*\*, Olivos-Ortiz Aramis\*\*, Pérez-Morales Alfredo\*\*, Álvarez-García Carmen\*\*, Gaviño-Rodríguez Juan H.\*\*,  
Sosa-Avalos Ramón\*\***

\*Facultad de Ciencias Marinas, Universidad de Colima, Carretera Manzanillo-Barra de Navidad Km 20, Col. El Naranjo C.P. 28860. Manzanillo, Colima, México. \*\*Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas, Universidad de Colima, Carretera Manzanillo-Barra de Navidad Km 20, Col. El Naranjo C.P. 28860. Manzanillo, Colima, México.

## **INTRODUCCIÓN**

*Noctiluca scintillans* es un dinoflagelado heterótrofo con forma globular, citoplasma transparente y sin cloroplastos, miden entre 200 y 2000  $\mu\text{m}$  y cosmopolita. Se alimenta de una gran variedad de presas que incluyen fitoplancton, huevos, larvas y pellets fecales de crustáceos como organismos zooplanctónicos utilizando un tentáculo con el cual realiza movimientos lentos; y puede llegar a limitar el crecimiento poblacional de copépodos al competir por el alimento y por alimentarse de sus huevos (Kjørboe y Titelman, 1998; Tomas, 1997). Estos organismos son capaces de generar florecimientos algales y al ser dominantes afectan negativamente la cadena trófica, por la predación intensiva sobre otros organismos fitoplanctónicos (como las diatomeas) provocando una insuficiencia a los eslabones superiores de esta cadena (Sato, Hernández y Viñas, 2010). Además en ocasiones pueden causar la muerte masiva de peces e invertebrados marinos por acumulación de amonio y depleción de oxígeno (Cortés-Altamirano, Hernández Becerril y Luna-Soria, 1995; Harrison *et al.*, 2011).

Por estas razones el objetivo de este trabajo es generar conocimiento de las preferencias alimenticias de esta especie para tener mayor información sobre su rol ecológico como posibles reguladores de poblaciones fitoplanctónicas.

## **METODOLOGÍA**

Las muestra de *N. scintillans* fueron obtenidas durante un florecimiento ocurrido en la Laguna de Cuyutlán, Colima el día 19 de mayo 2016. En el laboratorio las muestras se mantuvieron a  $20^{\circ}\text{C} \pm 1$ , con ciclos de luz:oscuridad 12:12 hrs. Los organismos fueron observados mediante un microscopio estereoscópico Leica MZ75 y transferidos con pipeta de plástico a una caja Petri con medio de cultivo L1 a 30 ups (Guillard y Hargraves, 1993). Se



estimó la abundancia de cada uno de los cultivos utilizando una cámara Sedgewick Rafter y seleccionando al menos 300 organismos (Karlson, Cusak y Bresnan, 2010). Se calcularon abundancias celulares similares de cultivos *Actinoptychus octonarius* (diatomea), *Gymnodinium catenatum* y *Lingulodinium polyedra* (ambos dinoflajelados). Para el estudio de preferencia alimenticia se conjuntaron las especies en una placa de 6 pozos con medio L1 y al menos 10 *N. scintillans*. El experimento se realizó por duplicado, la placa fue observada diariamente con el fin de encontrar organismos con células recientemente ingeridas de las que se identificaron las células presentes en sus vacuolas, éstas fueron extraídas con una pipeta de plástico, fijadas con formol al 1% por una hora y transferidas a alcohol de 70% para su conservación y observación en un microscopio óptico Leica DMLS. Los organismos parcialmente digeridos se contabilizaron como no identificados (NI).

## RESULTADOS

El contenido observado en el interior de sus vacuolas muestra claramente como *N. scintillans* ingiere las tres especies agregadas como alimento en distintas proporciones (Figura 1). Los organismos preferidos por *N. scintillans* fueron en primer lugar *Actinoptychus octonarius* con 70 individuos ingeridos que representan el 22.7% de la abundancia relativa, en segundo lugar *Lingulodinium polyedra* con 64 organismos identificados en las vacuolas (21.7%) y el menos ingerido corresponde a *Gymnodinium catenatum* con 14 individuos (5.4%).

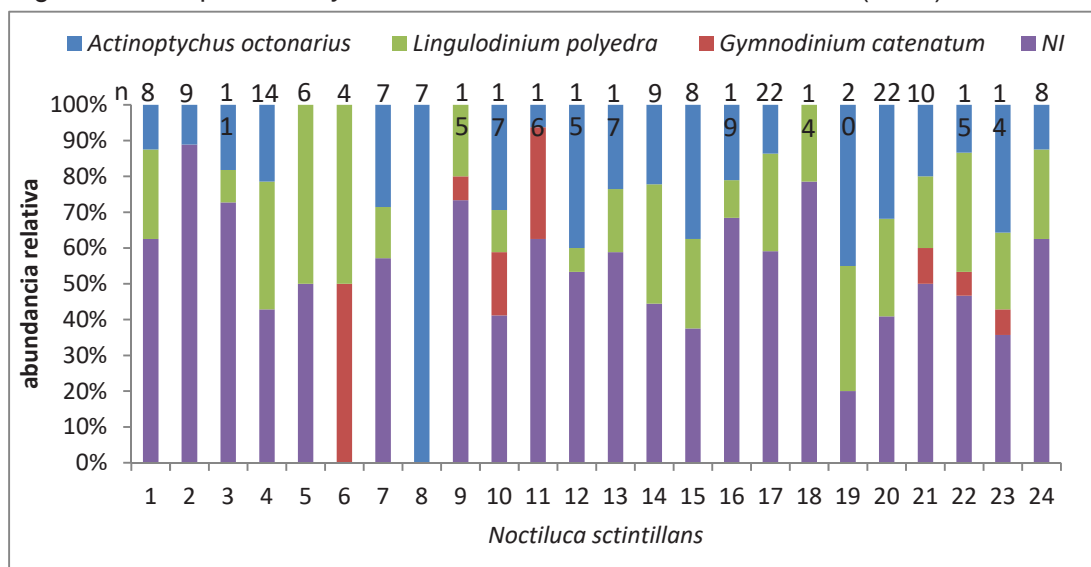


Figura. 1.- Abundancia relativa de organismos ingeridos en 24 ejemplares de *Noctiluca scintillans* (n = número de organismos contabilizados)

## DISCUSIONES

Las preferencias alimenticias de *N. scintillans* durante el desarrollo del experimento muestran mínima diferencia entre la ingesta de la diatomea *A. octonarius* y el dinoflagelado *L. polyedra*, esto se puede atribuir a *N. scintillans* prefiere alimentarse de organismos inmóviles (Kiørboe y Titelman, 1998), además se ha reportado que las diatomeas aumentan su densidad en menos tiempo en comparación con los dinoflagelados y brindan un mayor aporte energético y la reserva de éstas son a largo plazo, minimizando el costo energético en la digestión de alimentos (Zhang, Liu, Guo y Harrison, 2016). Asimismo, Kiørboe y Titelman (1998) encontraron que *N. scintillans* tiene en cuenta la velocidad de ascenso de la presa y que las diatomeas se adhieren mejor que los dinoflagelados a su tentáculo.

Por otra parte (Harrison *et al.*, 2011) realizó una revisión acerca de la distribución mundial de *N. scintillans* y documentó que esta especie además de abundar en zonas de alta productividad, se presenta en zonas de surgencia y con eutrofización, donde las diatomeas dominan siendo "fuente de alimento preferido". Respecto a *G. catenatum*, de acuerdo con Bustillos-Guzman, Vale y Band-Schmidt (2011), *N. scintillans* efectúa una importante depredación sobre él, asimismo registraron que éste parece no ser un alimento adecuado ya que no satisface su crecimiento por el daño bioquímico causado, por lo que podríamos atribuir el escaso consumo observado en ésta circunstancia.

## CONCLUSIONES

Nuestros resultados apuntan que *N. scintillans* tiene una alimentación selectiva, y que la mínima preferencia alimenticia existente entre la diatomea *A. octonarius* y el dinoflagelado *L. polyedra* se debe a su movilidad, aporte y gasto energético, y a la adherencia el flagelo, lo que puede tener un papel importante en trama tróficas asociadas a los florecimientos algales.

## REFERENCIAS

- Bustillos-Guzman J., Vale P., Band-Schmidt C., 2011. Presence of benzoate type toxins in *Gymnodinium catenatum* Graham isolated from the Mexican Pacific. *Toxicon*, 57(6), 922-926. doi: 10.1016/j.toxicon.2011.02.023.
- Cortés-Altamirano R., Hernández Becerril D.U., Luna-Soria R., 1995. Mareas rojas en México: una revisión. *Rev. Lat. Microbiol.*, 37, 343-352.
- Guillard R.R.L., Hargraves, P.E., 1993. *Stichochrysis immobilis* is a diatom, not a chrysophyte. *Phycologia*, 32, 234-236.

- Harrison P.J., Furuya K., Glibert P.M., Xu J., Liu H.B., Yin K., Ho A.Y.T., 2011. Geographical distribution of red and green *Noctiluca scintillans*. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 29(4), 807-831. doi: 10.1007/s00343-011-0510-z
- Karlson B., Cusak C., Bresnan E., 2010. Microscopic and molecular methods for quantitative phytoplankton analysis: UNESCO.
- Kjørboe T., Titelman, J., 1998. Feeding, prey selection and prey encounter mechanisms in the heterotrophic dinoflagellate *Noctiluca scintillans*. *Journal of Plankton Research*, 20(8), 1615-1636.
- Sato N.E., Hernández D., Viñas M.D., 2010. Hábitos alimentarios de *Noctiluca scintillans* en aguas costeras de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Latin american journal of aquatic research*, 38(3), 403-412.
- Tomas C.R., 1997. Identifying marine phytoplankton. San Diego: Academic Press.
- Zhang S., Liu H., Guo C., Harrison P.J., 2016. Differential feeding and growth of *Noctiluca scintillans* on monospecific and mixed diets. *Marine Ecology Progress Series*, 549, 27-40.

## VARIABILIDAD ESTACIONAL DEL ZOOPLANCTON EN LA LAGUNA DE GUERRERO NEGRO, B.C.S.

Palomares-García Ricardo\*

\*Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN). Departamento de Plancton y Ecología Marina. Av. Instituto Politécnico Nacional s/n Col. Playa Palo de Santa Rita C.P. 23090, La Paz, B.C.S., México. COFAA y EDI. \*rpalomar@ipn.mx

### INTRODUCCIÓN

El predominio de uno o dos grupos holoplanctónicos (copépodos y quetognatos) y una fuerte variación estacional del componente meroplanctónico, son una constante en diversos estudios realizados en las lagunas costeras del Pacífico mexicano (Castro-Longoria y Hamman, 1989; Palomares-García y Gómez-Gutiérrez, 1996; Lavaniegos y González-Navarro, 1999; Palomares *et al.*, 2003). Debido a que el gasto de energía que implica el responder a un ambiente con fuertes variaciones, estos sitios mantienen regularmente niveles bajos de diversidad (Siokou-Frangou, 1996; Palomares-García *et al.*, 1999). Los copépodos pueden aportar entre un 50 y un 90% del volumen del zooplancton (Palomares-García, 1992), en tanto que la contribución del resto de los grupos que lo componen cambia en función de la variabilidad de las condiciones ambientales, la disponibilidad de alimento e incluso, de las fuentes de contaminación. No obstante, algunos elementos del meroplancton (decápodos bentónicos, equinodermos, etc.), pueden llegar a ser dominantes en períodos cortos de tiempo, en coincidencia con una marcada estacionalidad de su época reproductiva (Siokou-Frangou, 1996). No obstante que, en aguas oceánicas de la costa occidental de la península de Baja California y en el Golfo de California se han realizado diversos estudios sobre la abundancia, la distribución y la temporalidad del zooplancton (Brinton y Townsend, 1980; Brinton *et al.*, 1986; Lavaniegos y Lara-Lara, 1990; Gómez-Gutiérrez y Robinson-Mendoza, 1997; Gómez-Gutiérrez *et al.*, 1999; Lavaniegos y González-Navarro, 1999) la distribución de este componente ha sido pobremente estudiado en los sistemas costeros de Baja California Sur, restringiéndose a una sola laguna denominada Bahía Magdalena, ubicada en la porción central del estado (Palomares-García, 1992; Palomares-García y Vera-Alejandre, 1995; Gómez-Gutiérrez *et al.*, 1999; Palomares-García *et al.*, 2003; López-Ibarra y Palomares-García, 2006). De hecho, no existen antecedentes documentales de estudios previos en la laguna de Guerrero Negro y los estudios esporádicos que se han hecho, no han sido publicados.

**OBJETIVO**

Caracterizar la variabilidad estacional de la estructura de la comunidad zooplanctónica en la laguna Guerrero Negro B. C. S. y su relación con la variabilidad ambiental.

**METODOLOGÍA**

Se realizaron muestreos mensuales de zooplancton en la laguna de Guerrero negro, Baja California Sur, México, en una red de 10 estaciones de septiembre de 2013 hasta agosto de 2014. Los arrastres se realizan durante el día en marea viva, utilizando una red cónica de 333  $\mu\text{m}$  de luz de malla (0.6 m de diámetro en la boca, provista con un flujómetro calibrado) durante cinco minutos de acuerdo a la metodología de Smith y Richardson (1979). Las muestras fueron fijadas con formaldehído al 4% neutralizado con borato de sodio en saturación. Los volúmenes de biomasa zooplanctónica (BZ) fueron determinados utilizando el método del volumen desplazado (Beers, 1976). Los grupos del zooplancton se analizaron a partir de alícuotas (de 12.5 a 50 ml de biomasa) utilizando una pipeta Stempel y se identificaron a nivel de orden con la ayuda de un microscopio estereoscópico ZEISS. Cada nectóforo de sifonóforo fue contabilizado como un individuo. Todos los taxones se contabilizaron y los datos de abundancia se estandarizaron a 100  $\text{m}^3$  de agua filtrada, siguiendo la metodología de Smith y Richardson (1979).

**RESULTADOS Y DISCUSIONES**

En las lagunas costeras al igual que en diversas bahías y estuarios de la península de Baja California, existe una comunidad zooplanctónica muy diferente a la observada en las aguas adyacentes, en términos de la composición y la abundancia de las especies que la integran. En el zooplancton lagunar, dominan por su abundancia una o pocas especies (generalmente copépodos) y la diversidad es baja, en tanto que la fauna de las aguas adyacentes aparece en términos absolutos y relativos menos abundantes en el interior de las bahías (Castro-Longoria y Hamman, 1989; Palomares-García y Gómez-Gutiérrez, 1996; Lavaniegos y González-Navarro, 1999).

En la comunidad zooplanctónica de la laguna de Guerrero Negro, se observa el típico predominio de uno o dos grupos holoplanctónicos (copépodos, cladóceros y/o quetognatos), que estacionalmente pueden alternar su dominio con algunos grupos del meroplancton, como pueden ser; formas larvales de organismos del necton y bentos (meroplancton) tales como



decápodos y larvas de gasterópodos. Durante el otoño y buena parte de la primavera el predominio del grupo de los copépodos es superior al 90%, aunque su abundancia mensual presenta fuertes variaciones (Figura 1), alcanzando el máximo poblacional durante el mes de noviembre de 2013 y el mínimo durante los primeros meses de la primavera, época en la cual se registró el mínimo de biomasa (marzo y abril de 2014) en toda la laguna. No obstante, el cambio más notable se observó durante el verano, cuando diversos tipos de decápodos y peces tienen su máximo reproductivo (Figura 2).

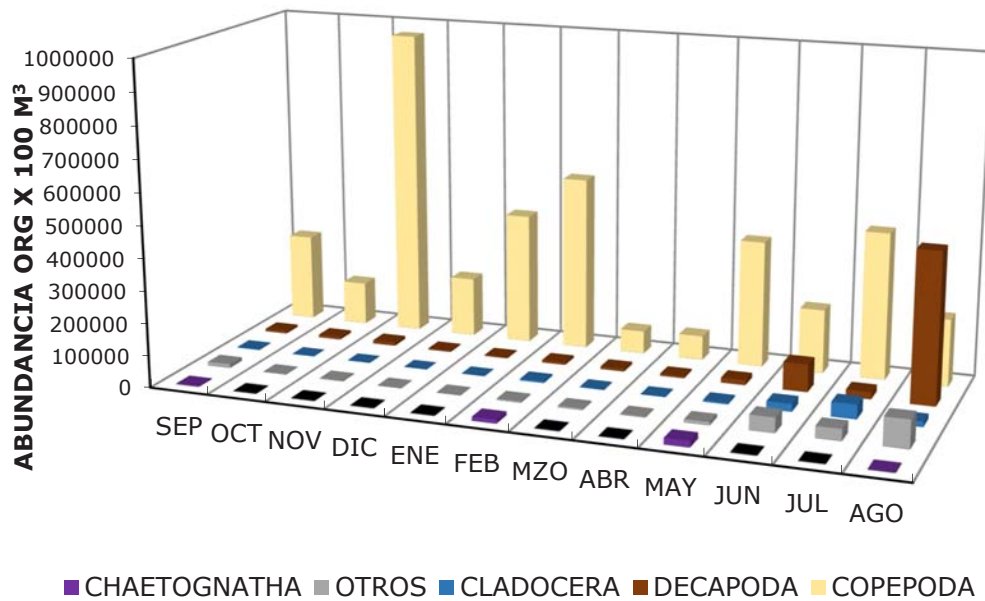


Figura 1. Abundancia relativa de los grupos dominantes durante el ciclo anual 2013–2014, en la laguna de Guerrero Negro, B.C.S.



Figura 2. Abundancia total de los grupos que integran el meso-zooplancton (barras) y clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ) en Guerrero Negro, B. C. S., durante el ciclo anual 2013-2014 (a-septiembre, b-octubre, c-noviembre, d-diciembre, e-enero, f-febrero, g-marzo, h-abril, i-mayo, j-junio, k-julio, l-agosto).

En el estero de Punta Banda, ubicado en el estado de Baja California, Jiménez-Pérez y Lara-Lara (1990), encuentran una comunidad zooplanctónica muy semejante a la observada en esta laguna, donde el grupo de los copépodos rebasa el 98% de la abundancia del zooplancton durante la primavera y la mayor parte del verano, siendo el copépodo *Acartia californiensis* la especie dominante, aportando entre 11% y 12% (Jiménez-Pérez y Lara-Lara, 1990). En la laguna de Guerrero Negro ocurre algo semejante, aunque los niveles que aporta el grupo de los copépodos, están por debajo 68% en mayo, 73% en junio y 63% en julio) de lo observado en el estero de Punta Banda. La fuerte variación estacional del componente meroplanctónico, al igual que en diversas lagunas costeras del Pacífico mexicano (Palomares *et al.*, 2003), se relaciona muy probablemente, con el gasto de energía que implica el responder a un ambiente con fuertes variaciones ambientales (Figura 3), lo que se traduce en niveles bajos de diversidad en lagunas subtropicales (Siokou-Frangou, 1996; Palomares-García *et al.*, 1999). Sin embargo, la diversidad observada es mucho mayor a la registrada en una comunidad típicamente templada (Jiménez-Pérez y Lara-Lara, 1990). En la laguna de Guerrero Negro el estrés ambiental, está en relación directa con su fisiografía, que se caracteriza por presentar una amplia zona intermareal, donde se observan amplias variaciones de temperatura, salinidad turbidez y oxígeno disuelto, que esta interconectada por canales de navegación, que permiten el ingreso de aguas costeras donde se registra una mayor constancia hidrológica, expresada como menores intervalos de temperatura, salinidad, turbidez y oxígeno disuelto. De esta forma, la distribución del zooplancton y el gradiente de abundancia hacia el interior de la laguna está determinado por el origen de las diferentes poblaciones (lagunares u oceánicas), pero también por los diferentes mecanismos de desarrollo, crecimiento poblacional y la tasa de mortalidad. Las poblaciones residentes deben tener un crecimiento poblacional que compense las pérdidas por mezcla y flujos hacia fuera de la bahía. En tanto que las especies no residentes, que ingresan vía intercambio de marea, pueden sufrir un crecimiento neto negativo y por tanto la dilución de sus poblaciones. De forma tal, que la dominancia de las especies residentes es una consecuencia del crecimiento neto poblacional entre estas y las especies que ingresan a la bahía.

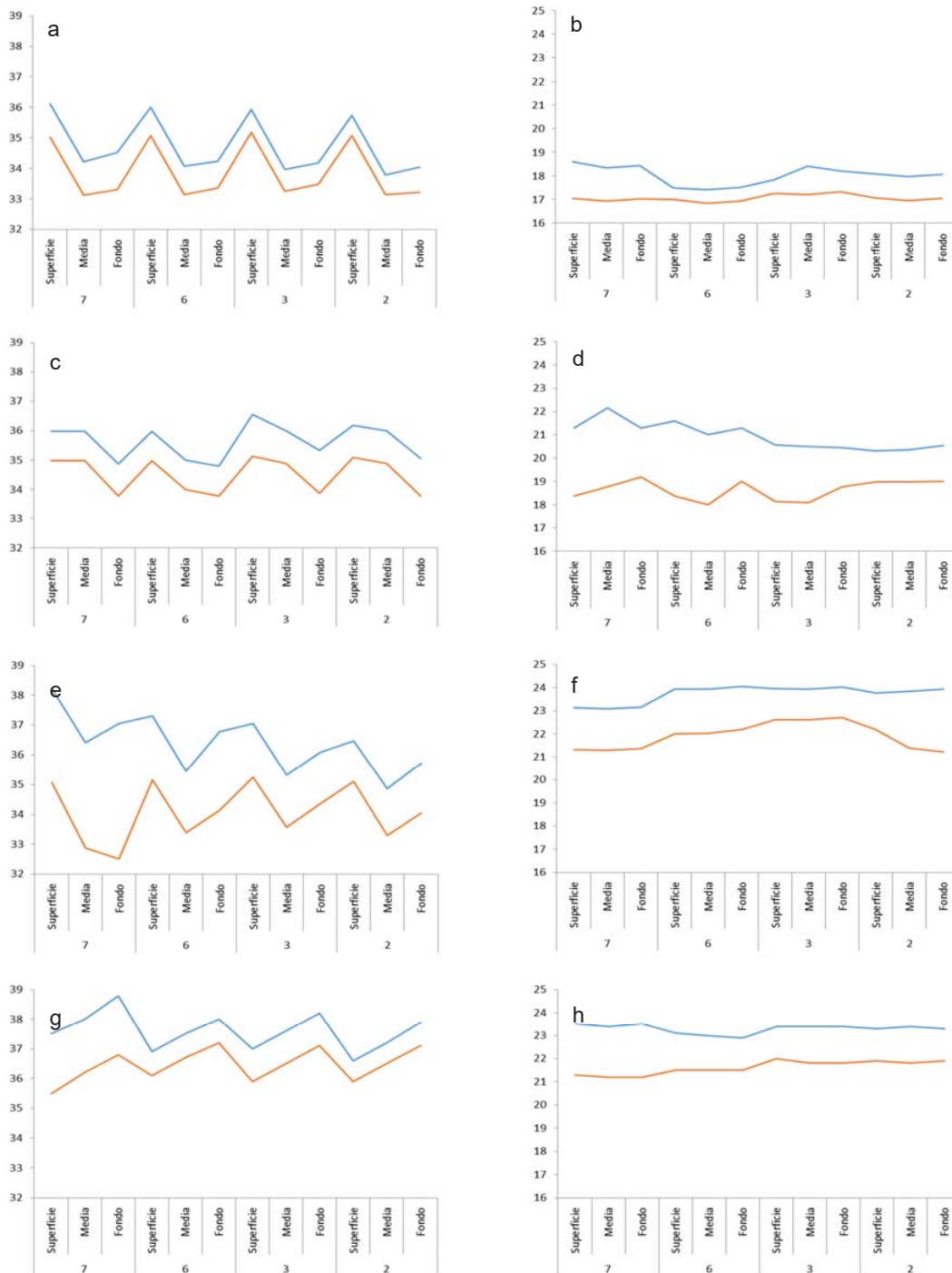


Figura 3. Salinidad y temperatura máxima (línea azul) y mínima (línea roja) por estación de muestreo en Guerrero Negro, B. C. S., durante el ciclo anual 2013-2014 (a-b primavera, c-d verano, e-f otoño, g-h invierno).



## CONCLUSIONES

Las condiciones de estrés ambiental y competencia en el interior de la bahía modulan la composición de la comunidad zooplanctónica y son opuestas al establecimiento de una comunidad con alta diversidad.

AGRADECIMIENTOS. Se reconoce el apoyo de la SIP-IPN para el proyecto Variabilidad de la Comunidad Zooplanctónica de la Laguna Guerrero Negro B. C. S. Clave SIP: 20150999.

## REFERENCIAS

- Castro-Longoria H., Hamman G., 1989. Biomasa y composición general de la comunidad de zooplancton en la Bahía de Todos Santos, B.C., México, durante el evento de El Niño 1982-1983. *Ciencias Marinas*, 15(4), 1-20.
- Gómez-Gutiérrez J., Palomares-García R.J., De Silva-Dávila R., Carballido-Carranza M.A., Martínez-López A., 1999. Copepod daily egg production and growth rates in Bahía Magdalena, México. *Journal of Plankton Research*, 21(12), 2227-2244.
- Gómez-Gutiérrez J., Robinson C.J., 1997. Circadian biomass and abundance changes of five euphausiid species along the West Coast of Baja California México, December of 1993. *Ciencias Marina*, 6(1), 27-35.
- Jiménez-Pérez L.C., Lara-Lara J.R., 1990. Zooplankton biomass and community structure in the Estero de Punta Banda. *Ciencias Marinas*, 16(1), 35-48.
- Lavaniegos B.E., González-Navarro E., 1999. Grupos principales del zooplancton durante El Niño 1992-93 en el Canal de San Lorenzo, Golfo de California. *Revista de Biología Tropical*, 47(1), 129-140.
- López Ibarra A.G., Palomares García J.R., 2006. Estructura de la taxocenosis de copépodos en Bahía Magdalena, B.C.S., México, durante El Niño 1997/98. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 41(1), 63-76.
- Palomares-García J.R., 1992. Análisis de la taxocenosis de los copépodos en el complejo lagunar de Bahía Magdalena-Almejas, B.C.S., durante 1985-1986. *Ciencias Marinas*, 18(3), 71-92.
- Palomares-García J.R., Vera-Alejandre, 1995. Predation upon Pacific sardine (*Sardinops sagax*) larvae by cyclopoid copepods. *Journal of Crustacean Biology*, 15(1), 196-201.
- Palomares G.R., Gómez G.J., 1996. Copepod community structure at Bahía Magdalena, Mexico during El Niño 1983-1984. *Estuar. coast. Shelf. Sci.*, 43, 583-595.



Palomares-García R., De Silva-Dávila R., Martínez-López A., Funes-Rodríguez R., Carballido-Carranza M.A., Avendaño-Ibarra R., Hinojosa-Medina A., López-Ibarra G.A., 2003. Biological effects of El Niño 1997-98, in a shallow subtropical ecosystem. *Geofísica Internacional*, 42(3), 455-466.

Siokou-Frangou I., 1996. Zooplankton annual cycle in a Mediterranean coastal area. *Journal of Plankton Research*, 18(2), 203-223.

## OVOGÉNESIS DE LA MEDUSA *Stomolophus meleagris* DE LAGUNAS COSTERAS DE VERACRUZ

Pérez-Alvarado A. G. P. C.\*, Ocaña-Luna J. A., Sánchez-Ramírez M.

\*Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Departamento de Zoología, Laboratorio de Ecología. Prol. de Carpio y Plan de Ayala s/n, Col. Santo Tomás, Del. Miguel Hidalgo, Ciudad de México, C.P. 11340. Correo electrónico: Andaga\_182@hotmail.com

### INTRODUCCIÓN

La medusa *Stomolophus meleagris* también llamada bola de cañón, tiene un ciclo de vida que se distingue por una alternancia de generaciones entre una medusa planctónica con reproducción sexual y un polipo bentónico con reproducción asexual (Calder, 1982). Esta especie tiene importancia comercial en países asiáticos ya que es utilizada en la industria alimentaria (Huang, 1988). En México comenzó a ser explotada de manera comercial en el Sistema Lagunar Carmen-Pajonal-Machona y exportada para la industria alimentaria a países asiáticos a partir de 1999 (Chávez-Solano, 2000). Debido a la alta demanda del producto, la medusa bola de cañón está incluida en la Carta Nacional Pesquera específicamente para la Bahía de Las Guásimas, Sonora (DOF, 2010); así mismo, su captura fue autorizada a través de permisos de pesca de fomento en el sur de Sonora, Oaxaca y Tabasco (CONAPESCA-SAGARPA, 2008). Esta medusa recientemente se ha registrado en los sistemas lagunares de Mandinga y Alvarado, en el Estado de Veracruz (Ocaña-Luna *et al.*, 2015).

Se ha estudiado con anterioridad la ovogénesis de *S. meleagris* usando técnica de microscopía electrónica (Eckelbarger y Larson, 1992), con organismos de la costa oriental de Florida; la variación lipídica de los ovocitos durante el desarrollo gonádico fue observada por Carvalho-Saucedo *et al.* (2009), por otro lado en el sistema lagunar Carmen-Pajonal-Machona se analizaron hembras maduras con ovocitos en tres estadios de desarrollo (ovogénesis primaria, previtelogénesis y madurez) (Ocaña-Luna *et al.*, 2014). El objetivo del presente trabajo fue describir el desarrollo de los ovocitos de *Stomolophus meleagris* en sistemas lagunares del Estado de Veracruz.

## **METODOLOGÍA**

Con la finalidad de obtener ejemplares de *S. meleagris* se realizaron muestreos 2013, 2014 y 2015 en las lagunas de Mandinga Grande y Camaronera. Las recolectas se efectuaron con una red de cuchara (50 × 38 cm) y con contenedores de plástico. Los organismos se fijaron con formalina al 4% neutralizada con borato de sodio.

En el laboratorio los ejemplares se enjuagaron previamente con agua corriente para eliminar el exceso de formalina, se tomaron medidas del diámetro de la campana (mm), peso húmedo (gr) y volumen (mL) para cada ejemplar.

Posteriormente se tomó una porción de la gónada de las hembras a través de la abertura subgenital a la cual se le proceso histológicamente con las técnicas de Rojo Oleoso y Hematoxilina-Eosina, la primer técnica consiste en la inclusión del tejido gonádico en medio para congelación, los cortes se realizaron con ayuda de un micrótomo-criostato a 12  $\mu$ m de espesor y se montaron con ayuda de portaobjetos Leica con el lado superior adhesivo para evitar la pérdida de tejido, se montaron y se tiñeron con la técnica de Rojo Oleoso; esta técnica permite observar la acumulación de lípidos en el citoplasma de los ovocitos, para definir su estado de desarrollo. En la segunda técnica el tejido se deshidrató con series de etanol se trasparenteó con tolueno y se incluyó en parafina de 60°, los cortes se realizaron a 8  $\mu$ m de espesor y se tiñeron con la técnica de Hematoxilina-Eosina. Se tomaron tres laminillas al azar de cada hembra, de ambas técnicas, en las cuales se observaron y fotografiaron los cortes a 10X y 40X, los ovocitos fueron clasificados de acuerdo a sus características y talla en: ovogénesis primaria, previtelogénesis y madurez.

## **RESULTADOS Y DISCUSIONES**

Se analizó un total de 179 ejemplares, la hembra más grande midió 185 mm de diámetro de la campana, muy cercano a lo señalado para las costas de Tabasco y Sonora (200 mm) por Gómez-Aguirre (1980) y Carvalho-Saucedo *et al.*, (2012), respectivamente. En febrero se presentaron en su mayoría ejemplares juveniles de tallas pequeñas, mientras que en abril y mayo todos los ejemplares presentaron gónada evidente y fueron de tallas mayores a 50 mm.

En las laminillas procesadas con la técnica de Rojo Oleoso se observó que los ovocitos en ovogénesis primaria no presentaron vitelo, su núcleo se tiñe de color gris-morado y tienen formas semicirculares, los ovocitos en previtelogénesis se tiñen de color naranja-gris el núcleo aún no está completamente rodeado de vitelo pero ya se pueden apreciar algunos lípidos teñidos, por último en los ovocitos en etapa de madurez el núcleo se tiñe de color gris-morado y

se ve completamente rodeado de vitelo el cual se tiñe de un color anaranjado intenso (Figura 1-A), se observaron ovocitos de tallas entre 9.51 a 68.62  $\mu\text{m}$ .

Por otro lado en la técnica de hematoxilina-eosina los ovocitos en ovogénesis primaria se observan de color morado intenso, los previtelogénicos ya tienen un tono rosa con un núcleo tenue y un nucléolo morado intenso, por último los ovocitos maduros presentan un color rosa intenso con un núcleo rosa tenue y un nucléolo morado (Figura 1-B), en esta técnica se observaron ovocitos en tallas de 8.87-64.85  $\mu\text{m}$ .

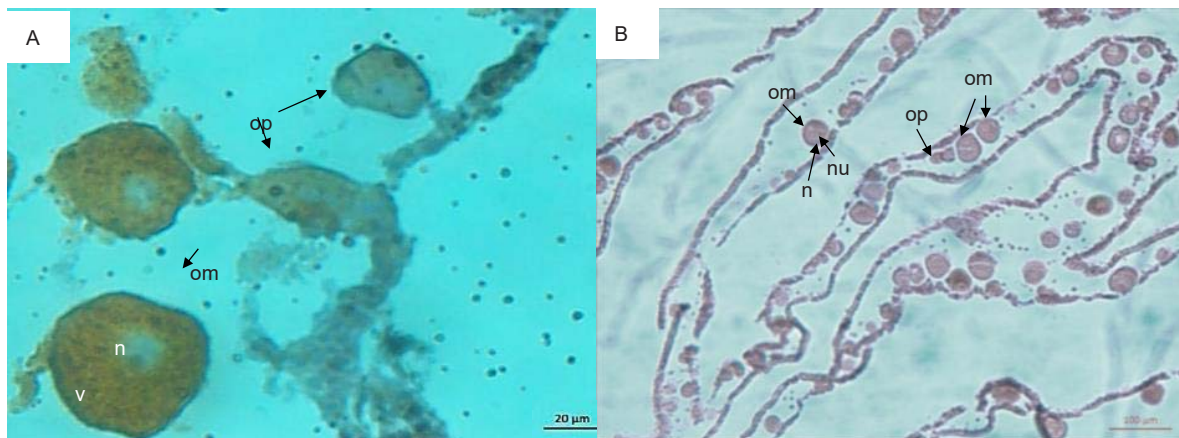


Figura 1. Gónada de hembra de *Stomolophus meleagris* de dos sistemas estuarino-lagunares de Veracruz. A. Técnica Rojo Oleoso, 40X. B. Técnica H-E, 10X. op ovocito previtelogénico; ov, ovocito maduro; n, núcleo; un, nucléolo; v, vitelo.

En los ovocitos de *S. meleagris* de los Sistemas de Veracruz se observó que el aumento en la cantidad de lípidos está relacionado con su tamaño, del mismo modo Carvalho-Saucedo *et al.*, (2009) mencionan que la cantidad de triglicéridos aumenta conforme el ovocito madura.

En el presente trabajo se observaron ovocitos en los tres estadios de madurez, que coincide con lo mencionado por Ocaña-Luna *et al.*, (2104) para el sistema lagunar Carmen-Pajonal-Machona, Tabasco.

## CONCLUSIONES

El ejemplar hembra más grande presentó una talla de 185 mm de diámetro de la campana y 1077 g de peso húmedo, la hembra más pequeña madura sexualmente presentó un diámetro de la campana de 50 mm y peso húmedo de 35 g. Ambas técnicas histológicas son complementarias para observar de desarrollo de los ovocitos. Las hembras presentan simultáneamente ovocitos en los tres estadios de desarrollo.



**REFERENCIAS**

- Calder D.R., 1982. Life history of the cannonball jellyfish, *Stomolophus meleagris* L. Agassiz, 1860 (Scyphozoa, Rhizostomida). *Biological Bulletin*, 162, 149-162.
- Carvalho-Saucedo L., García-Domínguez F., Rodríguez-Jaramillo C., López-Martínez J., 2009. Variación lipídica en los ovocitos de la medusa *Stomolophus meleagris* (Scyphozoa: Rhizostomeae), durante el desarrollo gonádico, en la laguna Las Guásimas, Sonora, México. *Revista de Biología Tropical*, 58, 119-130.
- Carvalho-Saucedo L., López-Martínez J., García-Domínguez F., 2012. Fecundidad de la medusa *Stomolophus meleagris* (Rhizostomeae: Stomolophidae) en el Golfo de California. *Revista de Biología Tropical*, 60, 1721-1729.
- Chávez-Solano S., 2000. Una medusa para el menú. La diversificación de la actividad pesquera en Tabasco. *Desarrollo sustentable*, 2, 22-23.
- CONAPESCA-SAGARPA, 2008. Boletín pesquero y acuícola. Hacia una pesca y acuicultura sustentables. Publicación quincenal, 25, 1-11.
- Cruz G.A., Rocha A. y de la Cruz G., 1980. El impacto del dragado sobre la hidrología del Sistema Lagunar de Mandinga, Veracruz, México. Resumen I Congreso sobre Problemas Ambientales en México. Instituto Politécnico Nacional, México.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2010. Carta Nacional Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Diario Oficial de la Federación México. 236pp.
- Gómez-Aguirre S. 1980. Variación estacional de grandes medusas (Scyphozoa) en un sistema de lagunas costeras del sur del Golfo de México (1977/1978). *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 29, 183-185.
- Ocaña-Luna A., Pérez-Alvarado A.G., Sánchez-Ramírez M., Romero-Castillo J., 2014. Desarrollo gonádico de *Stomolophus meleagris* en el Sistema Lagunar Carmen-Pajonal-Machona. Memoria del Congreso Iberoamericano de Histología. Cuernavaca, Morelos. Octubre 2014.
- Ocaña-Luna A., Sánchez-Ramírez M., Aguilar-Durán R., 2015. Macromedusas y ctenoforos del Sistema Arrecifal Veracruzano y lagunas costeras asociadas, p. 121-138. En: A. Granados-Barba, L. Ortíz-Lozano, D. Salas-Monreal y C. Gonzalez-Gándara (eds.). Aportes al conocimiento del Sistema Arrecifal Veracruzano: hacia el corredor arrecifal del Suroeste del Golfo de México. Universidad Autónoma de Campeche. 138pp.



Sánchez A.J., Soto L.A., 1993. Distribución de camarones inmaduros (Decapoda: Penaeidae) en el Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical*, 41, 81-88.

## ESTUDIO PRELIMINAR DE LA ESTIMACIÓN DE LA EDAD DE *Lutjanus inermis* (CURVINA ROJA), EN PUERTO ÁNGEL, OAXACA, MÉXICO

Pérez Olivares Iztzel \*, Palma Barrón Eduardo, Salgado Ugarte Isaías H.

\*Laboratorio de Biometría y Biología Pesquera, FES Zaragoza, Campus II. Batalla 5 de mayo S/N esq. Fuerte de Loreto, Ejército de Oriente Iztapalapa, 09230, México, D.F. Correo electrónico: iztzel.p.o@gmail.com

### INTRODUCCIÓN

La determinación de la edad y la modelación del crecimiento, son pasos fundamentales en el estudio y comprensión de ecología de las poblaciones ícticas, además son prerequisites para lograr una adecuada regulación de la explotación de estas poblaciones.

En el Pacífico sur, en el estado de Oaxaca se ha identificado al menos 194 especies de peces, 34 de crustáceos y 83 de moluscos por medio de en la pesca artesanal. En el caso de peces los que sobresalen son los pargos por su precio y demanda en el mercado (Cerdenares-Ladrón de Guevara *et al.*, 2014); sin embargo, se ha reportado que la pesca de pargos se encuentra en su máximo sostenible en el Pacífico Sur (Arreguín-Sánchez *et al.*, 2011); por ello, Oaxaca requiere de atención para llevar a cabo estudios que permitan conocer la dinámica poblacional de los pargos que son explotados en dicho lugar, con el fin de lograr una explotación sostenida en la zona.

El presente trabajo tiene como objetivo determinar la edad de *Lutjanus inermis* a través de la lectura de otolitos.

### MATERIAL Y MÉTODO

#### Zona de estudio

Puerto Ángel, pertenece al municipio de Pochutla del estado de Oaxaca. Se localiza a 96°29'27.1" de longitud oeste, 15°39'56.1" de latitud norte.

Posee un clima tipo **Aw<sub>0</sub>(w)igw**", se observan 2 épocas bien marcadas correspondientes a la época de secas, que abarca los meses de noviembre a abril-mayo y la época de lluvias que abarca de mayo-junio a octubre. (Tapia-García y Gutiérrez, 1998). La canícula ocurre de julio a agosto.

**Actividades de campo**

Se realizaron visitas mensuales (marzo 2014 a diciembre 2015) a la zona de desembarque de Puerto Ángel, Oaxaca; los organismos de *Lutjanus inermis* se obtuvieron de la captura realizada por los pescadores locales. Los ejemplares se transportaron en una hielera con mezcla frigorífica (agua-sal) al laboratorio donde se conservaron en un frigorífico.

**Actividades de laboratorio**

Para ser procesados, los organismos se descongelan durante 24 horas en un refrigerador; una vez descongelados se tomaron las siguientes medidas: longitud total, furcal, patrón y altura y los siguientes pesos: total, tracto digestivo, hígado, gónadas y eviscerado.

Para extraer los otolitos se realizan dos cortes en la cabeza, el primero en dirección dorso-ventral a la altura del borde posterior de los opérculos y hasta la altura de los ojos y otro en dirección antero-posterior desde arriba de los ojos hasta el corte anterior. Se retiró la masa encefálica para extraer los otolitos con ayuda de unas pinzas, se enjuagan y se secan con papel absorbente. Se guardan en bolsas plásticas con cierre hermético de 3.7 cm por 5 cm y se etiquetaron.

Para pulir los otolitos se utilizó un rectificador Dremel 300 de velocidad variable; se coloca el otolito con la cara interna hacia arriba en una superficie dura y plana, y se adhiere con una cinta doble faz gruesa o sobre pequeños trozos de material adhesivo (Polibutileno).

**Procesamiento de datos***Composición de tallas.*

Para conocer la distribución de tallas de la especie se utilizaron estimadores de densidad por kernel (EDKs).

La obtención de los EDKs y el cálculo de bandas “óptimas” se realizaron mediante las rutinas computarizadas de Salgado-Ugarte *et al.* (1993, 1995a, 1995b, 1997); Salgado-Ugarte (1995, 2002); Salgado-Ugarte *et al.*, 2005), Salgado-Ugarte (2013) y Mosqueda-Romo y Salgado-Ugarte (2011) para el paquete estadístico Stata (StataCorp, 2013).

*Relación longitud-peso*

Se determinó mediante una regresión no lineal (función potencial).

*Validación de marcas de crecimiento*

Para la validación de formación de anillos se utilizó la razón de incremento marginal (Casselman, 1987), a partir de la siguiente fórmula:

$$(R - r_n) / (r_n - r_{n-1}).$$

Dónde:  $R$  = radio total;  $r_n$  = longitud del foco al último anillo de crecimiento en el otolito;  $r_{n-1}$  = longitud del foco al penúltimo anillo.

## RESULTADOS PRELIMINARES

Los EDKs mensuales tanto de machos como hembras muestran que el intervalo de tallas de los organismos se concentra entre los 20 cm y los 25 cm; para ambos sexos las tallas más pequeñas (menores a 20 cm) se registraron en marzo 2014, octubre y diciembre 2015. Las tallas mayores (de 25 cm) para ambos sexos se registraron en los meses de agosto, septiembre 2015.

En la relación peso longitud se obtuvo una  $b = 2.78$  (Figura 1).

$$L_p = 0.3907 P^{0.278}$$

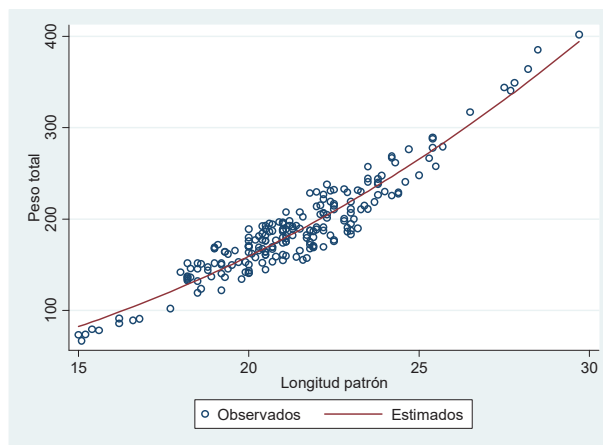


Figura 1. Relación peso longitud general de *Lutjanus inermis*

Para la razón de incremento marginal, los valores más bajos se obtuvieron en octubre 2014 y 2015, lo cual indica que los anillos se forman de forma anual; al comparar la razón de incremento marginal con el *IGS*, se observa que al aumentar el *IGS* el crecimiento disminuye (Figura 2).

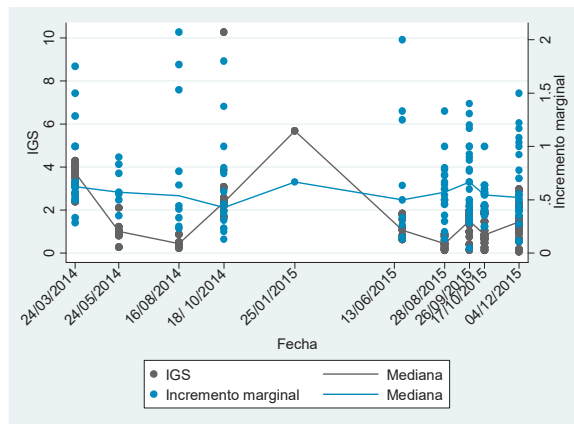


Figura 2. Comparación entre el IGS con la razón de incremento marginal para *Lutjanus inermis*.

Con lo anterior se reporta que el organismo con mayor edad fue de 6 años, teniendo dos machos y una hembra de esta edad. Las edades más abundantes fueron 2 y 3 años.

## DISCUSIÓN

El tipo de crecimiento que presenta *Lutjanus inermis* es alométrico negativo ( $b = 2.78$ ), es decir que el pez es menos pesado para la longitud que alcanza.

La relación observada entre el IGS y la razón de incremento marginal al ser negativa, nos indica que el crecimiento de los organismos se ve limitado por la reproducción, esto se debe a que durante la reproducción el organismo gasta la mayor parte de sus reservas energéticas en el desarrollo de las gónadas (Blas-Aritio, 2003)

Los anillos se forman de manera anual, lo cual quedó válido con la razón de incremento marginal, ya que los valores más bajos se registraron en octubre 2014 y 2015.

## CONCLUSIONES

- *Lutjanus inermis* presenta un crecimiento alométrico negativo.
- La reproducción limita el crecimiento.
- Los organismos más longevos fueron de seis años, siendo dos machos y una hembra. En las capturas predominan individuos de 2 a 3 años.



**REFERENCIAS**

- Arreguín-Sánchez F., Arcos-Huitrón E., 2011. La pesca en México: estado de la explotación y uso de los ecosistemas. *Hidrobiológica*, 21, 431-462.
- Blas-Aritio, 2003. *Zoología de vertebrados*. Barcelona, España.
- Casselman J.M., 1987. Determination of age and growth. *In: The biology of fish growth*. S. Gill (ed.). Academic Press, London, London.
- Cerdenares-Ladrón de Guevara G., E. Ramírez-Antonio, S. Ramos-Carrillo, G. González-Medina, V. Anislado-Tolentino, D. López-Herrera, S. Karam-Martínez, 2014. Impacto de la actividad pesquera sobre la diversidad biológica. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 1, 95-114.
- Salgado-Ugarte I.H., 1995. Nonparametric methods for fisheries data analysis and their application in conjunction with other statistical techniques to study biological data of the Japanese sea bass *Lateolabrax japonicus* in Tokyo Bay. Tesis de doctorado en Biociencia Acuática desarrollada en el Departamento de Pesquerías, Facultad de Agricultura de la Universidad de Tokio, Japón. 389pp.
- Salgado-Ugarte I.H., 2002. Suavización no paramétrica para análisis de datos. FES Zaragoza y DGAPA, UNAM, México. 189pp.
- Salgado-Ugarte I.H., Gómez-Márquez J.L., Peña-Mendoza B., 2005. Métodos actualizados para análisis de datos biológico-pesqueros. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza y DGAPA, UNAM, México. 235pp.

## USO DE ESTIMADORES DE DENSIDAD POR KERNEL PARA DATOS CIRCULARES EN EL ANÁLISIS DE LA ÉPOCA REPRODUCTIVA DE *Trachinotus rhodopus*

Pérez-Olivares Iztzel\*, Salgado-Ugarte Isaías H.

\*Laboratorio de Biometría y Biología Pesquera, FES Zaragoza, Campus II. Batalla 5 de mayo S/N esq Fuerte de Loreto, Ejército de Oriente Iztapalapa, 09230, México, D.F. Correo electrónico: iztzel.p.o@gmail.com

### INTRODUCCIÓN

Una de las herramientas más importantes para el análisis de la distribución de los datos son los estimadores de densidad por kernel (*EDKs*), ya que resuelven los problemas del efecto del origen y la discontinuidad de los histogramas tradicionales, y proporcionan guías para escoger la amplitud de intervalo más adecuada; además pueden estructurarse con amplitud variable de ventana, para ajustarse por abundancia o escasez de observaciones. Estos estimadores también pueden aplicarse para analizar la distribución de datos circulares; así como en los *EDKs* lineales, es posible calcular reglas prácticas para elegir el ancho de ventana óptimo para kernel cuártico (Fisher, 1993) o con el parámetro de dispersión ( $\kappa$ ) de la distribución de von Mises (equivalente circular de la Gaussiana) (Taylor, 2008). Estos estimadores proporcionan una herramienta muy poderosa que lleva a un conocimiento profundo de características importantes de distribución circular tales como simetría, sesgo y modalidad.

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el uso de *EDKs* circulares como un método para conocer la época reproductiva de *Trachinotus rhodopus* en Puerto Ángel, Oaxaca.

### MÉTODO Y MATERIAL

Puerto Ángel, pertenece al municipio de Pochutla del estado de Oaxaca. Se localiza a 96°29'27.1" de longitud oeste, 15°39'56.1" de la latitud norte.

Posee un clima tipo  $Aw_0(w)igw$ "; se observan 2 épocas bien marcadas correspondientes a la época de secas, que abarca los meses de noviembre a abril-mayo y la época de lluvias que abarca de mayo-junio a octubre. (Tapia-García y Gutiérrez 1998). La canícula ocurre de julio a agosto.

Se realizaron visitas mensuales durante el periodo de marzo 2013 a enero 2014, a la zona de desembarque de Puerto Ángel, Oaxaca; los organismos se obtuvieron de la captura

realizada por los pescadores locales. Los ejemplares se transportaron en una hielera con mezcla frigorífica (agua-sal) al laboratorio donde se conservaron en un frigorífico.

### **Actividades de laboratorio.**

Para ser procesados, los organismos se descongelan durante 24 horas en un refrigerador; una vez descongelados se tomaron las siguientes medidas: longitud total, furcal, patrón y altura y los siguientes pesos: total, tracto digestivo, hígado, gónadas y eviscerado.

Además se determinaron de manera macroscópica las fases gonadales, con base a la escala de madurez de desovadores parciales de la FAO (Holden y Raitt, 1975).

### **Procesamiento de datos**

Para calcular los *EDKs* circulares se siguieron las rutinas de Salgado-Ugarte y Pérez-Hernández (2014) para el programa Stata, considerando sólo los estados IV (maduros) y V (después de la puesta) de la escala de madurez.

## **RESULTADOS**

Se observó que los individuos con fases maduras (IV y V) se concentraron en los meses de marzo-abril y en noviembre.

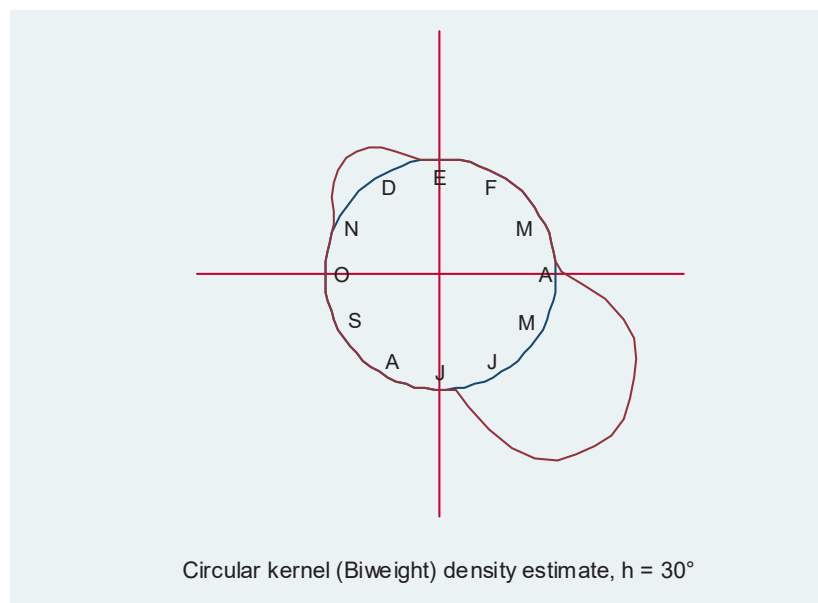


Figura 1. EDK circular para los estados IV y V de madurez gonádica.

Los valores altos de IGS se registraron de abril a mayo y en noviembre (Figura 2).

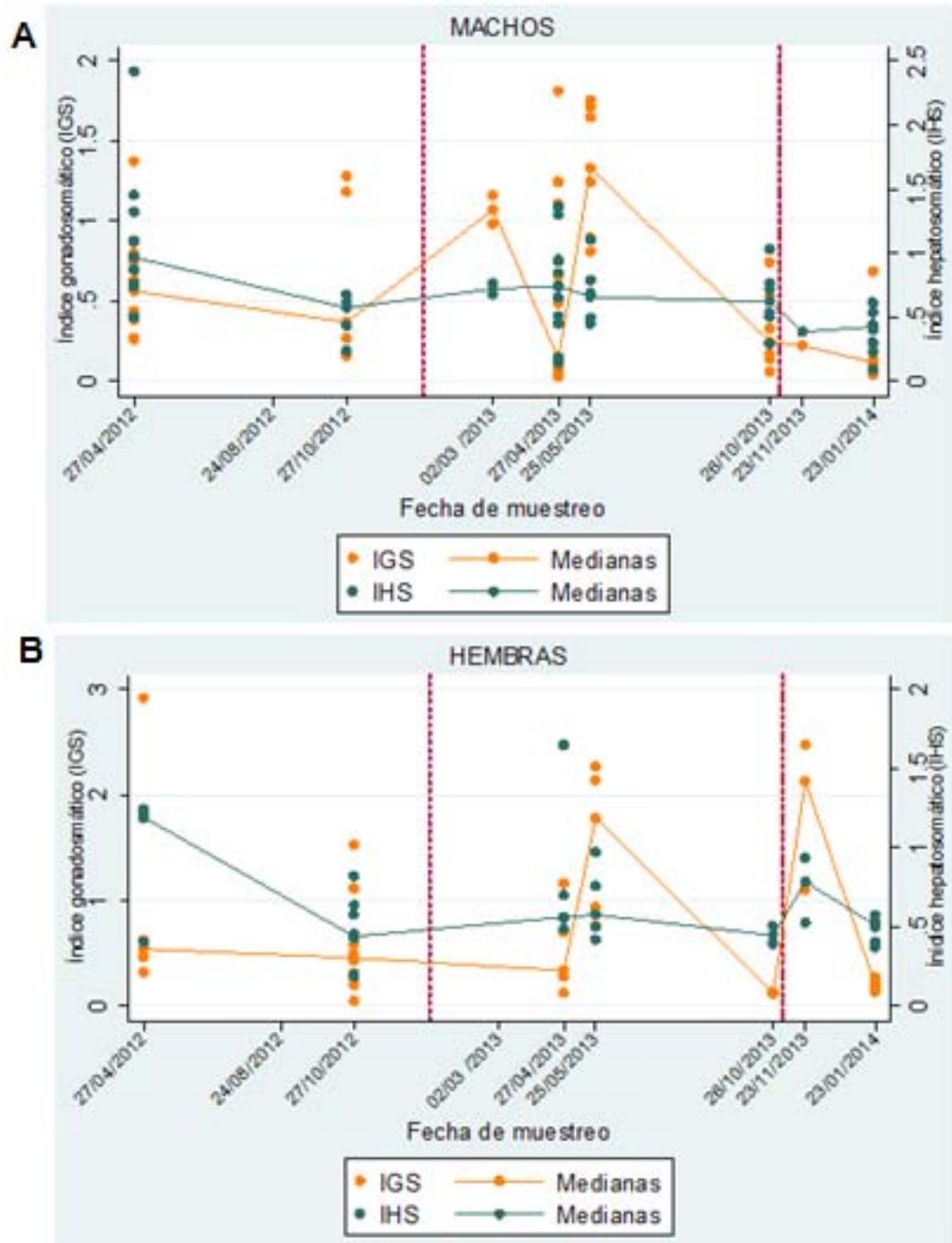


Figura 2. Variación mensual de los valores medianos de IGS e IHS en: A) machos B) hembras.

## DISCUSIÓN

Se observó que los datos se concentran en los meses de marzo-abril y en noviembre, lo cual coincide con el tradicional índice gónadosomático (IGS); esto indica que es durante éstos meses que *Trachinotus rhodopus* se reproduce. En ésta temporada se dan las surgencias, las cuales traen consigo el ascenso de aguas profundas que, de manera importante, aportan nutrientes inorgánicos (nitratos, silicatos y fosfatos) los cuales, junto con luz suficiente favorecen el crecimiento del fitoplancton y con esto generan una alta productividad biológica. Lo anterior genera condiciones óptimas de nutrientes favoreciendo una mayor disponibilidad de alimento (Moyle y Cech Jr., 2004; Arias-Aréchiga, 2005; Lara-Lara, 2008).

## CONCLUSIÓN

Los EDKs circulares, son una herramienta muy útil para visualizar el ciclo reproductivo de *Trachinotus rhodopus*.

## REFERENCIAS

- Arias C.J.A., Zanibon-Filho E., Ayala, B.E., 2006. Cycle reproductive indicators for Yamú brycon amazónicos in captivity. *Orinoquia*, 10, 24-34.
- Fisher, N.I. 1993. *Statistical analysis of circular data*. Cambridge University Press, Cambridge, 296pp.
- Holden M.J., Raitt D.F.S., 1975. *Manual de ciencia pesquera Parte 2: Métodos para Investigar los Recursos y su Aplicación*. FAO. Roma, Italia.
- Moyle P.B., Cech J.J.Jr., 2004. *Fishes: an Introduction to Ichthyology*. 5ª Ed. Prentice-Hall. New Jersey. 612pp.
- Lara-Lara J.R., 2008. Los ecosistemas marinos. *En: Capital natural de México, Vol. 1: Conocimiento actual de la Biodiversidad*. CONABIO, México. 135-158p.
- Salgado-Ugarte I.H., Pérez-Hernández, M.A., 2014. Estimación de densidad por núcleo (kernel) para datos circulares. XXIX Foro Internacional de Estadística, 01 al 03 de octubre de 2014. UPAEP, Puebla, México.
- Taylor, C.C., 2008. Automatic bandwidth selection for circular density estimation. *Computational Statistics and Data Analysis*, 52(7), 3493-3500.



## ABUNDANCIA DE *Liriope tetraphylla* EN LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

\*Pérez-Barrera M., Sánchez-Ramírez M. y Ocaña-Luna J. A.

\*Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Departamento de Zoología, Laboratorio de Ecología. Prol. de Carpio y Plan de Ayala s/n, Col. Santo Tomás, Del. Miguel Hidalgo, Ciudad de México, C.P. 11340. Correo electrónico:monsebarrera06@gmail.com

### INTRODUCCIÓN

*Liriope tetraphylla* es una hidromedusa que pertenecen al Orden Trachymedusae y a la Familia Geryoniidae (Daly *et al.*, 2007). Es una especie holoplanctónica con desarrollo directo, es tolerante a bajas salinidades y se distribuye ampliamente en ambientes tropicales como subtropicales (Ramírez y Zamponi, 1981). En México, se encuentra en el Pacífico Tropical Oriental (Segura-Puertas.1984); se ha registrado desde el Estado de Veracruz hasta las costas de Yucatán (Loman-Ramos *et al.*, 2007) y en la costa del Mar Caribe (Suárez-Morales *et al.*, 1999); en el Sur del Golfo de México en la Laguna de Términos, Campeche (Gómez-Aguirre, 1977; Canudas-González, 1979). Es una especie depredadora sobre distintos organismos como: crustáceos, huevos y larvas de peces (Ramírez y Zamponi, 1981). El objetivo de este estudio es analizar la abundancia de *L. tetraphylla* en la Laguna de Tamiahua.

### METODOLOGIA

En la Laguna de Tamiahua se establecieron 22 estaciones en donde se tomaron las muestras de zooplancton durante los meses de febrero, mayo, agosto y noviembre de 2011, realizando arrastres superficiales en forma circular a velocidad constante durante 5 minutos con ayuda de una lancha con motor fuera de borda, con una red de zooplancton estándar de una apertura de malla de 500  $\mu\text{m}$  y un diámetro de la boca de 50 cm a la cual se le adaptó un flujómetro para calcular el volumen de agua filtrada. Simultáneamente en cada estación se registró la salinidad (ups) con un refractómetro y la temperatura superficial del agua ( $^{\circ}\text{C}$ ) con un termómetro de mercurio. Los ejemplares se fijaron en formalina al 4% neutralizada con borato de sodio, posteriormente se separaron los organismos pertenecientes a la especie, se cuantificaron y se calculó la densidad ( $\text{ind } 100 \text{ m}^{-3}$ ). La abundancia se correlacionó con factores abióticos (temperatura y salinidad) y bióticos (densidad de huevos y larvas de peces) mediante el coeficiente de correlación de rangos de Spearman.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

Se determinaron un total de 55,985 organismos de *L. tetraphylla*; se registró en los cuatro meses de muestreo, con dos pulsos de abundancia, el primero en febrero (2009.54 ind 100 m<sup>-3</sup>) y el segundo en noviembre (4748 ind 100 m<sup>-3</sup>), la menor abundancia en mayo (11.07 ind 100 m<sup>-3</sup>). Los organismos de esta especie se registraron en salinidades de 13 a 37 ups y temperaturas de 13 a 34.5°C.

Presentó una correlación negativa con la temperatura, salinidad y abundancia de huevos de peces (Tabla 1).

Tabla 1. Correlación de rangos de Spearman ( $r_s$ ) entre la densidad de *Liriope tetraphylla*

	Temperatura (°C) $r_s$	Salinidad (ups) $r_s$	Larvas de peces $r_s$	Huevos de peces $r_s$	$r_s$	$\alpha$
<i>Liriope tetraphylla</i>	-0.348 *	-0.379 *	-0.167	-0.319 *	0.210	0.05

*Liriope tetraphylla* fue una especie muy abundante durante el muestreo, ya que es considerada una especie cosmopolita (Ramírez y Zamponi, 1981) asociada con aguas oceánicas templadas y tropicales, es una especie muy común en costas mexicanas (Gasca y Loman-Ramos, 2014). Se ha registrado en la Laguna de Términos en Campeche (Canudas-González, 1978), en la planicie costera del noreste de México, entre el estuario del río Mayo y el estuario del río Santiago, abarcando los estados de Sonora, Sinaloa y Nayarit (Gómez-Aguirre, 1991), en las Costas del Mar Caribe (Suárez-Morales *et al.*, 1999), y en la plataforma continental de los estados de Veracruz, Tabasco y Campeche (Martell-Hernández *et al.*, 2014).

## CONCLUSIONES

*Liriope tetraphylla* es una especie estuvo presente todo el año en la Laguna de Tamiahua, con la mayor densidad en el mes de noviembre y febrero cuando se presentan las menores temperaturas en el sistema.

**REFERENCIAS**

- Canudas-González A., 1979. Contribución al conocimiento de las medusas (Coelenterata) de la Laguna Términos, Camp. México. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 6, 183-188.
- Daly M., Brugler M.R., Cartwright P., Collins A.G., Dawson M.N., Fautin D.G., France S.C., McFadden C.S., Opresko D.M., Rodriguez E., Romano S., Stake J., 2007. The phylum Cnidaria: a review of phylogenetic patterns and diversity three hundred years after Linnaeus. *Zootaxa*, 1668, 127-182.
- Gasca R., Loman-Ramos L., 2014. Biodiversidad de Medusozoa (Cubozoa, Scyphozoa e Hydrozoa) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 154-163.
- Gómez-Aguirre S., 1977. Observaciones comparativas de resultados de estudios del plancton de lagunas costeras del Golfo de México. Mem. II Simp. Latinoam. *Oceanogr. Biol. Universidad de Oriente*, 24, 21-33.
- Gómez Aguirre S., 1991. Contribución al estudio faunístico de celenterados y ctenóforos del plancton estuarino del noroeste de México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*, 62(1), 1-10.
- Loman-Ramos L., Ordóñez-López U. y Segura-Puertas L., 2007. Variación espacial de la comunidad de medusas (Cnidaria) del sur del Golfo de México, durante otoño de 1999. *Hidrobiológica*, 17, 203-212.
- Martell-Hernández L.F., Sánchez-Ramírez M., Ocaña-Luna A., 2014. Distribution of planktonic cnidarian assemblages in the southern Gulf of Mexico, during autumn. *Revista Chilena de Historia Natural*, 87, 1-11.
- Purcell J.E., Mills C.E., 1988. The correlation between nematocyst types and diets in pelagic hydrozoa. En: Hessinger D.A., Lenhof H.M. (Eds.). *The Biology of Nematocysts*. Academic Press, San Diego. 463-485p.
- Ramírez F.C., Zamponi M.O., 1981. Hydromedusae. In: Boltovskoy D. (ed.). Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental and métodos de trabajo con el zooplancton marino. Publicación Especial del Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Mar de Plata. 443-469p.
- Suárez-Morales E., Gasca R., Segura-Puertas L., 1999. Medusae (Cnidaria) Assemblages off the Caribbean Coast of Mexico. *Journal of Coastal Research*, 15, 140-147.

Segura-Puertas L., 1984. Morfología, sistemática y zoogeografía de las medusas (Cnidaria: Hydrozoa y Scyphozoa) del Pacífico Tropical Oriental. *Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. Publicaciones Especiales*, 8, 1-320.

## INTER-RELACIONES ENTRE LA COMUNIDAD DE PECES HERBÍVOROS Y LA COMUNIDAD MACROALGAL DEL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO

Piceno-Ramírez Lazuli\*, Morales-Aranda Aura, Horta-Puga Guillermo

UBIPRO, FES Iztacala, UNAM. Correo electrónico: lazuli\_piceno@hotmail.com

### INTRODUCCIÓN

Uno de los componentes de mayor importancia dentro de un sistema arrecifal son las macroalgas bentónicas, ya que algunas especies, por ejemplo las coralinas encostrantes (AC), contribuyen directamente en la construcción del arrecife (Vermeij *et al.*, 2011). Mientras que otras, como las algas filamentosas (AF) y las algas carnosas (MA), son las principales competidoras de los corales por espacio, luz y nutrientes (Chuch *et al.*, 2011). La relación entre corales y algas está controlada principalmente por la actividad de los peces herbívoros, quienes determinan la composición y estructura de las comunidades macroalgales (Littler y Littler, 2000). Estos organismos al alimentarse de MA y AF, suprimen la colonización y crecimiento de éstas en el arrecife, y al evitar a las algas coralinas (AC), proporcionan áreas de sustrato libre para el reclutamiento coralino (Ceccarelli *et al.*, 2005). Desafortunadamente las comunidades de peces herbívoros se ven cada vez más afectadas por la sobrepesca, esto a provocado un cambio de fase en la comunidad arrecifal, en los cuales las macroalgas sustituyen a los corales hermatípicos como las especies dominantes (McClanahan *et al.*, 2002). Tal es el caso del Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV), el cual se encuentra ubicado frente a la ciudad y puerto de Veracruz, por lo tanto existen impactos directos relacionados con las actividades humanas, como la sobrepesca, la cual representa un factor importante en la disminución de las poblaciones de peces herbívoros, y por lo tanto en el incremento de las comunidades macroalgales y el desplazamiento de la cubierta coralina (Horta-Puga *et al.*, 2015). Debido a esto, el presente trabajo tuvo como objetivo determinar la relación cuantitativa entre la cobertura de los principales gremios macroalgales arrecifales y la composición de la comunidad de peces herbívoros del Sistema Arrecifal Veracruzano, para determinar su estado de conservación.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Para determinar si la actividad de los peces herbívoros influye directamente en la presencia de las macroalgas bentónicas, específicamente en las MA y las AF, se determinó la abundancia de ambas comunidades en dos épocas ambientalmente contrastantes



consecutivas, lluvias (sep-oct/2013) y secas (mar/2014). Los datos corresponden a las campañas C08 y C09, respectivamente, del proyecto CONABIO GM005. El muestreo incluyó 10 arrecifes del SAV; cinco del Grupo Norte: La Galleguilla (GL), Hornos (HO), Isla de Sacrificios (IS), Isla Verde (IV), Pájaros (PJ); y cinco del Grupo Sur: Anegada de Afuera (AF), La Blanca (BL), Cabezo (CA), Chopas (CH) e Isla de Enmedio (IE). En cada arrecife se estableció un sitio de muestreo en el talud de sotavento a una profundidad entre 9 y 12 m, excepto en los arrecifes La Blanca y Chopas que por ausencia de esta zona se muestreó en el talud de barlovento. Para determinar la cobertura de los tres gremios más importantes de macroalgas bentónicas arrecifales (*sensu* Littler y Littler, 2000): MA, AF y AC, se utilizó la técnica del fotocuadrante. Esta consiste en obtener un mínimo de 120 fotografías en un cuadrante de 25 x 25cm, delimitado por un marco de PVC, del fondo arrecifal, para abarcar un área de muestreo total de 7.5 m<sup>2</sup>. Se evaluó la imagen por estimación visual, para obtener la cobertura en unidades porcentuales de cada gremio. Para determinar la abundancia de peces herbívoros se utilizó el método conocido como censo estacionario visual (Bohnsack y Bannerot, 1986) con algunas modificaciones. Éste consiste en ubicar al observador en el sitio de muestreo, con el punto de visión (ojos del observador) a 3 m sobre el fondo arrecifal. La zona de muestreo corresponde a un cilindro imaginario de 6 m de altura (desde el fondo) y un radio de 3 m en todas direcciones. El volumen total del cilindro es de 141 m<sup>3</sup>, el cual se utilizó para los cálculos de la abundancia. Cada censo, 12 en total por estación de muestreo, implicó el conteo de todos los peces herbívoros observados durante 5 min (60 min en total). De cada pez se determinó la especie y la talla (longitud total). Para determinar los parámetros ecológicos se utilizó el índice de Shannon-Wiener y el índice de Equitatividad de Pielou.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Las macroalgas bentónicas dominaron el sustrato del fondo arrecifal con un promedio de (48±17%) y (50±14%) durante las campañas C08 y C09 respectivamente. Las AC representaron el gremio con mayor cobertura (20±12%) en C08, seguido por las AF (16±16%) y las MA (13±10%). Mientras que en la C09 se observó que las AF representaron el gremio con mayor cobertura (36±15%), seguido por las AC (12±6%) y las MA (2±4%).

Para la comunidad de peces herbívoros, se determinó la riqueza específica, la biomasa y abundancia relativa de cada especie. En la C08 se censaron un total de 1959 individuos, que corresponden a 16 especies con una densidad (0.12 Ind m<sup>-3</sup>) y biomasa promedio de (8.4 g m<sup>-3</sup>). En la C09 se observaron 2040 individuos, correspondientes a 18 especies con densidad

promedio de (0.15 ind m<sup>-3</sup>) y biomasa (14.6 g m<sup>-3</sup>). Las especies dominantes en términos del número de individuos en prácticamente todos los sitios y durante las dos campañas fueron: *Stegastes diencaeus*, *Stegastes leucostictus* y *Stegastes partitus*.

El análisis de correlación lineal simple entre biomasa, abundancia y densidad de peces herbívoros con la cobertura de MA, durante la C08, mostró valores bajos ( $r = -0.09, -0.20, 0.14$ ), lo mismo que la relación con AF ( $r = 0.24, -0.29, 0.25$ ). De igual manera, la relación algal e íctica durante la C09 mostró valores bajos, para MA ( $r = -0.17, 0.18, -0.15$ ) y para AF ( $r = 0.03, -0.25, 0.0$ ).

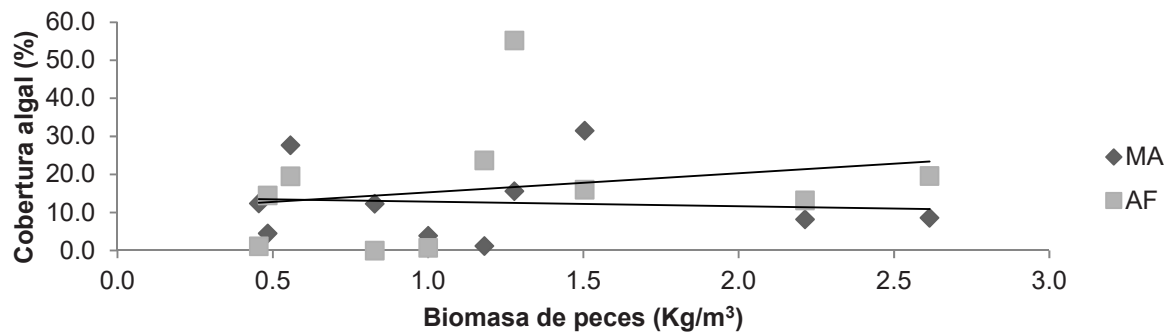


Figura 1. Relación algal e íctica campaña de monitoreo C08

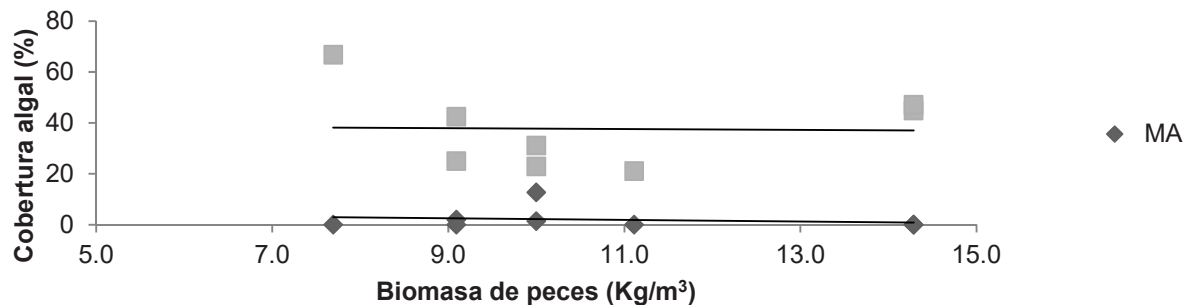


Figura 2. Relación algal e íctica campana de monitoreo C09

Se considera que las correlaciones entre la comunidad algal e íctica presentaron valores muy bajos y poco significativos ( $< 0.3$ ), en comparación con otros autores como Hoey y Bellwood (2011) quienes encontraron una fuerte relación ( $< 0.5$ ) entre la biomasa de macroalgas y la biomasa de peces herbívoros; sin embargo, la actividad de estos organismos varía enormemente en espacio y tiempo (Pinheiro *et al.*, 2013); por esta razón, podría presentar una gran diversidad de respuestas en el SAV, dependiendo el hábitat, las especies presentes, o

el grupo algal del que se alimentan. Se reconoce que las poblaciones de peces herbívoros no son capaces de controlar el crecimiento excesivo de las algas tras la disminución de la cubierta coralina, y desafortunadamente la cobertura coralina del SAV a disminuido hasta abarcar el 20% o menos del sustrato por efecto del intenso desarrollo costero, la sobrepesca, la contaminación ambiental y las perturbaciones naturales como huracanes o enfermedades (Horta-Puga *et al.*, 2015). Lo que ha contribuido con el aumento de otros organismos bentónicos, en particular algas filamentosas que colonizan rápidamente las superficies de coral muerto, formando céspedes algales, gracias a su alta productividad fotosintética (Norstrom *et al.*, 2009).

## **CONCLUSIONES**

Los peces herbívoros más frecuentes y abundantes en el SAV pertenecen al género *Stegastes*, los cuales contribuyen con el establecimiento de algas filamentosas y presentan una baja eficiencia sobre el control de la expansión de macroalgas en el arrecife. Los peces herbívoros que mantienen bajas coberturas algales y contribuyen con el establecimiento de nuevos corales como acantúridos y escáridos son escasos o ausentes. La correlación entre la cobertura de los principales gremios algales y la abundancia de la comunidad de peces herbívoros, resultó ser muy baja. Así, no se encontró evidencia cuantitativa que indique que los peces estén regulando la cobertura algal en el SAV. La ausencia de la relación entre los principales gremios algales y la comunidad de peces herbívoros es probablemente un indicativo de que el SAV es un ambiente seriamente impactado, donde la baja cobertura coralina a dado lugar a espacios libres que son ocupados inmediatamente por algas filamentosas y debido a su gran extensión, la diversidad abundancia y biomasa de peces herbívoros presentes resulta insuficiente para el control de la expansión de las algas en el arrecife.

**AGRADECIMIENTOS.** El presente trabajo es parte del Proyecto CONABIO GM005, el cual no hubiera sido posible sin la participación de los compañeros de la "Bodeguita Arrecifal" de la FES Iztacala, UNAM.

## **REFERENCIAS**

Bohnsack J.A., Bannerot S.P., 1986. A Stationary Visual Census Technique for Quantitatively Assessing Community Structure of Coral Reef Fishes. U.S. Department of Commerce Malcolm Baldrige. National Oceanic and Atmospheric Administration National Marine Fisheries Service, 12-21p.

- Ceccarelli D.M., Jones P.G., McCook J.L., 2005. Effects of territorial damselfish on an algal-dominated coastal coral reef. *Coral Reefs*, 24, 606-620.
- Chuc C.A., Ortegón A.I., Tuyub M.A.A., Suárez S.J., 2011. Cambio de Fase Coral-Algas en el Arrecife de Coral de Mahahual, en el Caribe Mexicano. Universidad Autónoma de Yucatán. México, 28-31p.
- Hoey A.S., Bellwood D.R., 2011. Suppression of herbivory by macroalgal density: a critical feedback on coral reefs?. *Ecology Letters*, 14, 267-273.
- Horta-Puga G.J., Tello-Musi J.L., Beltrán-Torres A., Carricart-Gavinet J.P., Carriquiry J.D., Villaescusa-Celaya J., 2015. Veracruz Reef System: a hermatypic coral community thriving in a sedimentary terrigenous environment. *In*: Granados-Barba A, Ortiz-Lozano L, Salas-Monreal D, González-Gándara C. (eds.), Aportes al conocimiento del Sistema Arrecifal Veracruzano: hacia el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México. Universidad Autónoma de Campeche. 366 pp.
- Littler M.M., Littler S.D., 2000. Assessment of coral reefs using herbivory/nutrient assays and indicator groups of benthic primary producers: a critical synthesis, proposed protocols, and critique of management strategies. *Aquatic conservation: marine and freshwater ecosystems*, 17, 195-215.
- McClanahan T.R.B., Cokos A., Sala E., 2002. Algal growth and species composition under experimental control of herbivory, phosphorus and coral abundance in Glovers Reef, Belize. *Marine Pollution Bulletin*, 6, 441-451.
- Norstrom A.V., Nyström M., Lokrantz J., Folke C., 2009. Alternative states on coral reefs: beyond coral-macroalgal phase shifts. *Marine Ecology Progress Series*, 376, 295-306.
- Pinheiro H.T., Martins A.S., Joyeux J.C., 2013. The importance of small-scale environment factors to community structure patterns of tropical rocky reef fish. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 93, 1175-1185.
- Vermeij M.J.A., Dailer M.L., Smith CM., 2011. Crustose coralline algae can suppress macroalgal growth and recruitment on Hawaiian coral reefs. *Marine Ecology Progress Series*, 422, 1-7.

## **PRODUCCIÓN PRIMARIA POR FRACCIONES DE TAMAÑO EN UNA ZONA COSTERA DEL PACÍFICO TROPICAL MEXICANO, MEDIANTE MICROSCOPIA, HPLC Y CITOMETRÍA DE FLUJO**

Ponce-Manjarrez E.J.\*, Varona-Cordero F.\*\*, López-Mejía D.\*, Hernández-Becerril D.U.\*\*,  
Gutiérrez-Mendieta F.J.\*

\*Laboratorio de ecosistemas costeros, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. epm@xanum.uam.mx. \*\*Laboratorio de ecología y diversidad de fitoplancton, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México.

### **INTRODUCCIÓN**

Los ambientes costeros son altamente productivos a nivel mundial, siendo el fitoplancton el principal productor primario. Las condiciones ambientales que las caracterizan favorecen el desarrollo de especies de tallas grande (Goldman, 1993; Lara-Lara y Bazán-Guzmán, 2005). Esta producción está condicionada por las variables ambientales, donde la disponibilidad de luz es el principal factor limitante. Sin embargo, estudios recientes han demostrado que la fracción nano+pico tiene un papel muy importante en la producción primaria de los ambientes costeros, debido a su alta tasa de asimilación de nutrientes (Gin *et al.*, 2000; Glé *et al.*, 2008).

Por lo anterior el objetivo de este trabajo fue determinar la contribución de las diferentes fracciones de tamaño al total de la producción primaria fitoplanctónica en una zona costera del estado de Guerrero.

### **MATERIAL Y MÉTODO**

Durante la campaña oceanográfica MAREAR-VIII, (1 al 11 de abril de 2016) a bordo del B/O El Puma, se realizó un experimento de producción primaria en una estación cercana a la costa de Guerrero (Figura 1); las muestras se tomaron a diferentes profundidades (5, 10, 15, 20, 25 y 30 m) con una botella Niskin de 10 L. En cubierta el agua se separó en dos fracciones, la total ( $> 45 \mu\text{m}$ ) se tomó directamente de la botella, y la fracción nano+pico ( $2.0 - 20 \mu\text{m}$ ) se filtró a través de una malla de  $20 \mu\text{m}$  para eliminar la fracción microfitoplanctónica. Para la determinación de la producción primaria se utilizó el método de botellas claras y oscuras (Gaarder y Gran, 1927), y las botellas se incubaron a las mismas profundidades a las que se tomaron, durante un periodo de 5 horas con el barco a la deriva.



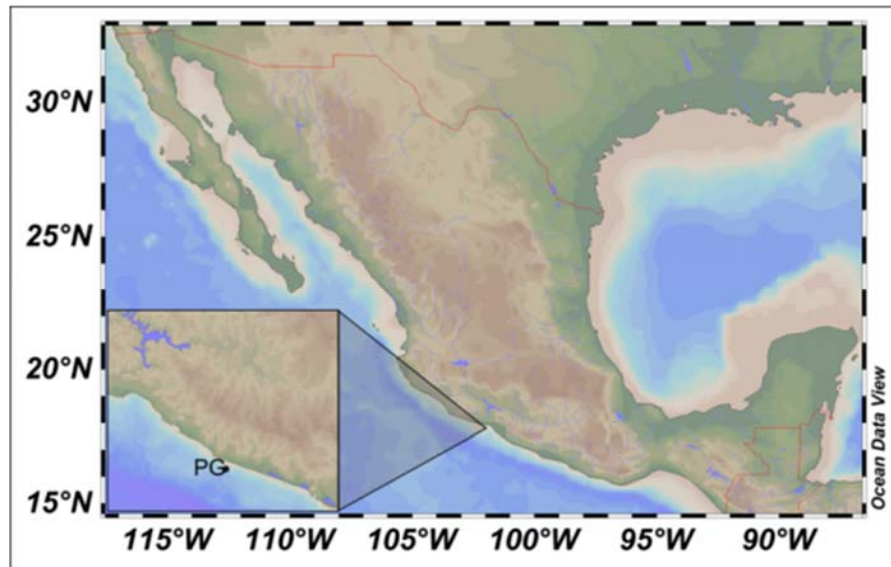


Figura 1. Estación en la que se llevó a cabo el experimento de producción primaria.

De la misma muestra de la botella Niskin se filtró 1 L de agua en filtros GF/F de 25 mm de diámetro para la determinación de pigmentos totales; para los pigmentos de la fracción nano+pico, se pre filtró 1 L de agua a través de una malla de 20  $\mu\text{m}$  con la finalidad de eliminar el microfitoplancton, posteriormente el agua se filtró a través de un filtro GF/F de 25 mm de diámetro. Los pigmentos fueron analizados siguiendo el método de Vidussi *et al.* (1996) en un cromatografo HP1100; el agua resultante de la filtración para pigmentos se almacenó en botellas de plástico y se mantuvo a  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  para la determinación de nutrientes, (Strickland y Parsons, 1972). Las muestras de citometría de flujo se fijaron con glutaraldehído, se almacenaron en nitrógeno líquido y fueron analizadas siguiendo el método propuesto por Marie *et al.* (1997). Finalmente se tomaron muestras de fitoplancton de botella y se fijaron con una solución de acetato-lugol (Wetzel y Likens, 1991), una vez en el laboratorio se analizaron siguiendo el método de Utermöl (1958).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados muestran que la producción primaria neta generada por la fracción micro solo se registró en los primeros 10 m de profundidad alcanzando valores máximos de  $94.3\text{ mg C L}^{-1}\text{ h}^{-1}$ . A partir de los primeros 10 m de profundidad fue la fracción nano+pico la responsable de la producción primaria total, alcanzando los valores máximos de  $237.18\text{ mg C L}^{-1}\text{ h}^{-1}$  a los 20 m de profundidad. Lo anterior contrasta con lo reportado por diversos autores ya que

generalmente es la fracción microfitoplanctónica la que genera entre el 60 y 90% de la producción neta total en ambientes costeros (Gin *et al.*, 2000; Lara-Lara y Bazán-Guzmán, 2005; Legendre y Rassoulzadegan, 1995; Li *et al.*, 2015). Nuestros resultados pueden estar asociados con el hecho de que las altas concentraciones de nutrientes presentes en esta profundidad ( $\text{NH}_4 = 1.7 \mu\text{M}$  y  $\text{PO}_4 = 1.6 \mu\text{M}$ ) pueden favorecer el desarrollo de las fracciones de tamaño pequeñas (Facca y Sfriso, 2007).

A partir del análisis por HPLC se estimó la presencia de seis grupos fitoplactónicos en ambas fracciones: bacilariofitas, haptofitas, dinofitas, clorofitas, cianofitas y proclorofitas. En el caso de la fracción micro, fueron las bacilariofitas las que contribuyeron con un porcentaje mayor que el resto de los grupos, con un 60% en casi toda la columna de agua, con excepción de los 15 m donde alcanzaron el 90%; esto puede estar relacionado con el hecho de que las bacilariofitas se caracterizan por asimilar rápidamente los nutrientes disponibles en la columna de agua (Legendre *et al.*, 1999; Li *et al.*, 2015). *Leptocilindrus danicus* fue la especie más abundante con  $27.53 \times 10^4$  cels  $\text{L}^{-1}$ ; las cianofitas ocuparon el segundo lugar alcanzando un 30% de abundancia en casi toda la columna de agua y contrario a lo mostrado por las bacilariofitas a los 15 m contribuyeron solamente con un 2%, ya que este grupo se caracteriza por asimilar eficientemente el amonio (Sommer, 1999). Las dinofitas fueron el tercer grupo en orden de importancia contribuyendo con un 10%, donde *Heterocapsa* sp. fue la especie más abundante con  $6.7 \times 10^4$  cels  $\text{L}^{-1}$ , la presencia de este grupo solo se registró a partir de los 15 m, probablemente porque a esta profundidad la mezcla turbulenta disminuye y se genera un ambiente más estable, lo cual favorece el desarrollo de dinofitas (Domínguez *et al.*, 2005; Margalef, 1978), por lo que se concluye que las bacilariofitas de la fracción micro fueron las responsables de la producción primaria en los primeros 10 m de profundidad.

Al igual que en el caso anterior, en la fracción nano+pico las bacilariofitas fueron las dominantes con un 40% alcanzando el máximo hacia el fondo (30 m) con 50%, coincidiendo con el aumento en la concentración de amonio, evidenciando la afinidad que tiene este grupo con las formas nitrogenadas (Goldman, 1993). Las cianofitas fueron el segundo grupo dominante alcanzando cerca del 50% a los 15 m, coincidiendo con la abundancia del género *Synechococcus* sp. el cual alcanzó la máxima abundancia a los 10 m con  $2.9 \times 10^5$  cels  $\text{L}^{-1}$ . Esta distribución se puede asociar con el hecho de que las máximas abundancias de cianofitas coincidieron con la máxima concentración de amonio y con el hecho de que *Synechococcus* sp. presenta gran afinidad con el amonio (Glé *et al.*, 2008).

Finalmente, las proclorofitas se distribuyeron en toda la columna de agua, alcanzando un porcentaje máximo a partir de los 15 m con 5%, lo cual coincidió con las máximas abundancias del género *Prochlorococcus* sp. ( $4 \times 10^4$  cels L<sup>-1</sup> a 15 m). Karl and Church (2014) mencionan que las proclorofitas se distribuyen en ambientes con baja intensidad de luz, gracias a que el pigmento fotosintético de este grupo (divinil clorofila *a*) representa una adaptación a los ambientes de penumbra (Jeffrey *et al.*, 2011). Adicionalmente, las máximas concentraciones de fósforo se registraron a partir de los 15 m y el género *Prochlorococcus* sp. se caracteriza por asimilar eficientemente este nutriente (Stomp *et al.*, 2007). Con base en lo anterior se puede concluir que al igual que en la fracción micro, las bacilariofitas, cianofitas y proclorofitas fueron las responsables de toda la producción primaria generada a partir de los 15 m de profundidad.

## CONCLUSIONES

La fracción micro estuvo dominada por las bacilariofitas, principalmente por *Leptocylindrus danicus*, especie que alcanzó una abundancia de  $27.53 \times 10^4$  cels L<sup>-1</sup>. A este grupo se le atribuyó la producción primaria en los primeros 10 metros de la columna de agua.

La fracción nano+pico sustituyó y superó la producción de la fracción micro a partir de los 15 m de profundidad, esta fracción estuvo dominada por las cianofitas, alcanzando una abundancia de 50% y representadas principalmente por el género *Synechococcus*; y por las bacilariofitas, las cuales contribuyeron con el 40% de la abundancia.

Se registró la presencia de *Prorococcus* sp. a partir de detección de divinil clorofila *a* y el análisis de citometría de flujo y fue a los 15 m de profundidad donde se alcanzó su abundancia máxima con  $4 \times 10^4$  cels L<sup>-1</sup>.

## REFERENCIAS

- Domínguez R.B., Barbosa A.B., Galvão H.M., 2005. Nutrients, light and phytoplankton succession in a temperate estuary (the Guadiana, south-western Iberia). *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 64, 249-260.
- Facca C., Sfriso A., 2007. Epipelagic diatom spatial and temporal distribution and relationship with the main environmental parameters in coastal waters. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 75, 35-49.
- Gaarder T., Grhan H.H., 1927. Investigations on the production of plankton in the Oslo Fjord. In: Rapp. P. V. Reun. Cons. Perm. Int. Explor. Met.
- Gin K.Y.-H., Lin X., Zhang S., 2000. Dynamics and size structure of phytoplankton in the coastal waters of Singapore. *J. Plankton Res.*, 22, 1465-1484.

- Glé C., Del Amo Y., Sautor B., Laborde P., Chardy P., 2008. Variability of nutrients and phytoplankton primary production in a shallow macrotidal coastal ecosystem (Arcachon Bay, France). *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 76, 642-656.
- Goldman J., 1993. Potential role of large oceanic diatoms in new primary production. *Deep Sea Res. Part I Oceanogr. Res. Pap.*, 40, 159-168.
- Jeffrey S.W., Wright S.W., Zapata M., 2011. Microalgal classes and their signature pigments. In: Roy, S., Llewellyn, C.A., Egelad, E.S., Johnsen, G. (Eds.), *Phytoplankton Pigments*. Cambridge University Press, Cambridge. 845pp.
- Lara-Lara R., Bazán-Guzmán C., 2005. Distribución de la clorofila y producción primaria por clases de tamaño en la costa del Pacífico mexicano. *Ciencias Mar.*, 31, 11-21.
- Legendre L., Rassoulzadegan F., 1995. Plankton and nutrient dynamics in marine waters. *Ophelia*, 41, 153-172.
- Legendre L., Rassoulzadegan F., Michaud J., 1999. Identifying dominant estimates process (physical versus biological) in pelagic marine ecosystems from field estimates of chlorophyll-*a* and phytoplankton production. *J. Plankton Res.*, 21, 1643-1658.
- Li Q., Legendre L., Jiao, N., 2015. Phytoplankton responses to nitrogen and iron limitation in the tropical and subtropical Pacific Ocean. *J. Plankton Res.*, 37, 306-319. doi:10.1093/plankt/fbv008
- Margalef R., 1978. Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in a unstable environment. *Acta Ocean.*, 1, 493-509.
- Marie D.F., Partensky J.S., Vaulot D., 1997. Enumeration and cell cycle analysis of natural populations of marine picoplankton by flow cytometry using the nucleic acid stain SYBR Green I. *Appl. Environ. Microbiol.*, 63, 186-193.
- Sommer U., 1999. A comment on the proper use of nutrient ratios in microalgal ecology. *Arch. für Hydrobiol.*, 146, 55-64.
- Stomp M., Huisman J., Vörös L., Pick F.R., Laamanen M., Haverkamp T., Stal L.J., 2007. Colourful coexistence of red and green picocyanobacteria in lakes and seas. *Ecol. Lett.*, 10, 290-298. doi:10.1111/j.1461-0248.2007.01026.x
- Strickland J.D.H., Parsons T.R., 1972. A practical handbook of seawater analysis, Segunda Ed. ed. Ottawa.
- Utermöhl H., 1958. Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. Mitteilungen der Int. Vereinigung für Theoretische und Angew. Limnol., 9, 1-38.

Vidussi F., Claustre H., Bustillos-Guzman J., Cailliau C., Marty J., 1996. Determination of chlorophylls and carotenoids of marine phytoplankton: separation of chlorophyll *a* from divinyl- chlorophyll *a* and zeaxanthin from lutein. *J. Plankton Res.*, 18, 2377-2382.

Wetzel G.R., Likens E.G., 1991. Limnological analyses. Springer-Verlag, Nueva York.



## RELACIONES FILOGENÉTICAS DEL DINOFLAGELADO *Cochlodinium polykrikoides* AISLADO DE LAS COSTAS DE COLIMA

Quijano-Scheggia Sonia I.\*, Rivera-Vilarelle María\*\*, Olivos-Ortiz Aramis\*,  
Pérez-Morales Alfredo\*, Álvarez-García Carmen\*, Gaviño-Rodríguez Juan H.\*,  
Sosa-Avalos Ramón\*

\*Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas, Universidad de Colima, Carretera Manzanillo-Barra de Navidad Km 20, Col. El Naranjo C.P. 28860. Manzanillo, Colima, México. Correo: quijano@ucol.mx \*\*Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Colima, Km 9 Carretera Colima-Coquimatlán. C.P. 28400. Coquimatlán, Colima, México.

### INTRODUCCIÓN

En el océano el fitoplancton constituye la base de la red trófica agrupando a diversos grupos taxonómicos. Bajo condiciones adecuadas estos microorganismos son capaces de proliferar y ocasionar florecimientos algales nocivos (FAN), que por su gran abundancia pueden ocasionar condiciones adversas como agotamiento de oxígeno o turbidez del agua y en algunos casos ciertas especies pueden generar toxinas. *Cochlodinium polykrikoides* es un dinoflagelado desnudo marino planctónico con un cíngulo distintivo en forma de espiral. Puede ser causante FAN y se ha asociado con la muerte de peces en Japón y Corea (Tang y Gobler, 2011). Esta especie fue descrita en las costas del Pacífico mexicano por primera vez en 1999 en la bahía de Manzanillo (Morales-Blake *et al.*, 2001) y en el año 2000 en el golfo de California (Gárate-Lizárraga *et al.*, 2004) y nuevamente en la bahía de Manzanillo en el año 2000 (Morales-Blake *et al.*, 2001; Meave del Castillo, 2014). Para la identificación de especies fitoplanctónicas se ha utilizado el análisis filogenético inferido en base a diferentes marcadores moleculares estándar de fácil amplificación Stern *et al.* (2012) propone utilizar el Espaciador Transcribible Interno (ITS por sus siglas en inglés) como código de barras para los dinoflagelados.

El objetivo del estudio fue analizar las secuencias de *C. polykrikoides* aisladas de la zona y compararlas con otras regiones geográficas para inferir su posible afiliación.

### METODOLOGÍA

A partir de muestras tomadas durante un FAN en las costas del Estado de Colima se aislaron células de *C. polykrikoides*. Para la aislación se utilizó en un microscopio invertido Motic AE31 y con micropipeta se trasladaron a cajas con medio de cultivo L1 (Guillard y Hargraves, 1993), al aumentar su número se escaló a un volumen de 250 mL en matraces

Erlenmeyer. Los cultivos fueron mantenidos en una cámara de incubación en condiciones controladas con una temperatura de  $21 \pm 1$  °C, fotoperiodo de 12:12 h Luz:Oscuridad, e irradiancia de  $90 \mu\text{mol quanta m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Los cultivos fueron cosechados en su fase exponencial por centrifugación. Se extrajo el ADN utilizando la técnica de Doyle and Doyle (1987). Se amplificó el gen ITS1-5.8S-ITS2 utilizando los primers universales ITS1 y ITS4 utilizando los tiempos de Stern *et al.* (2012). Las muestras fueron secuenciadas por Macrogen Corea. Se utilizó el programa Bioedit para alinear y editar (Hall, 1999) y el programa Mega para realizar el análisis filogenético Neighbor-Joining (NJ) and Maximum-Likelihood (ML)(Kumar *et al.*, 2004). Se utilizó el modelo Kimura 2-parámetros (KP2) (Kimura, 1980) con 1000 réplicas bootstrap en análisis NJ y 100 en ML. Se realizó un análisis bayesiano (Mr Bayes) de 2000000 generaciones a una temperatura = 0.2 y con una frecuencia de muestreo de 100 (Ronquist *et al.*, 2012). La estructura secundaria del ITS2 se modeló con el programa en línea ITS2 Database (Selig *et al.*, 2008) (<http://its2-old.bioapps.biozentrum.uni-wuerzburg.de/cgi-bin/index.pl?custom>). Las hélices fueron nombradas de acuerdo a Mai and Coleman (1997). Para ilustrar el ITS2 se utilizó el programa VARNA (Darty *et al.*, 2009), para el análisis de CBC se utilizó el programa 4SALE (Seibel *et al.*, 2006) y posteriormente se realizó una comprobación con el CBCAnalyzer (Wolf *et al.*, 2005).

## RESULTADOS

El análisis filogenético mostró dos clados de *C. polykrikoides* con valores de bootstrap robustos (> 84) en los tres análisis realizados (NJ, ML y BI). El primer grupo corresponde a cepas provenientes de Corea y en el segundo grupo se encuentran las secuencias del presente estudio con valores de bootstrap de 100 que forman un clado con cepas aisladas de La Paz Baja California, México y China (Figura 1).

La estructura secundaria modelada del fragmento de ITS2 presentó 4 hélices. El análisis mostró 59 polimorfismos, 4 hCBC (Hemi-Compensatory Base Change) y 4 CBC (Compensatory Base Change), de estos últimos 3 en la hélice III considerada la más conservada evolutivamente.

NJ

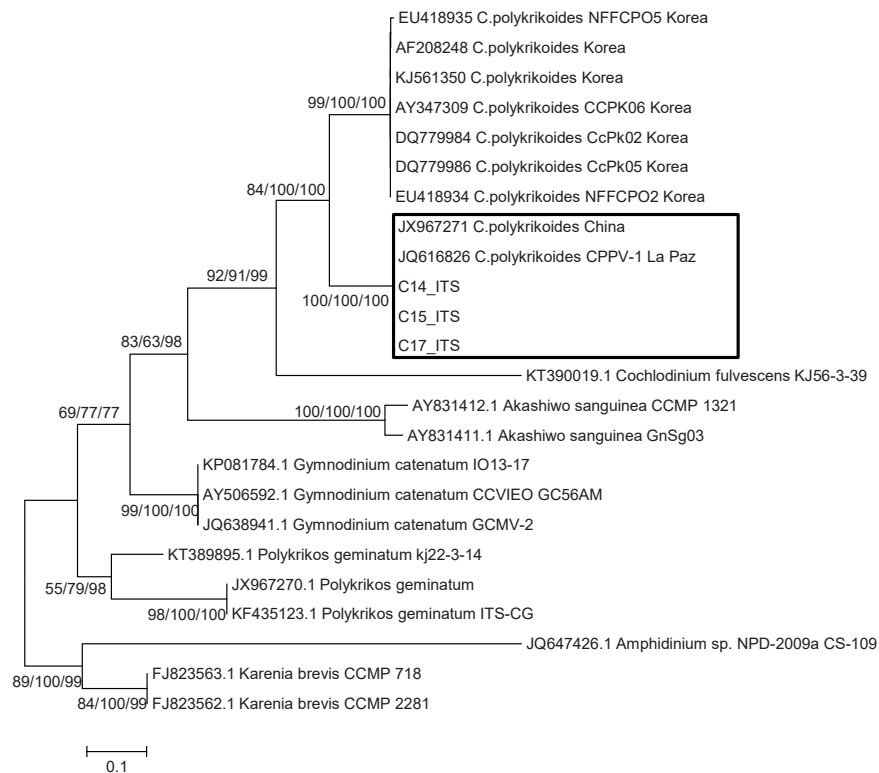


Figura 1.- Árbol filogenético Neighbor-Joining (NJ) de *Cochlodinium polykrikoides* basado en las secuencias de ITS1- 5.8S-ITS2. Los valores de Bootstrap corresponden a NJ, Maximum Likelihood (ML) e Inferencia Bayesiana (BI).

## DISCUSIÓN

El análisis filogenético en la actualidad ha demostrado ser una herramienta precisa para la identificación de especies fitoplanctónicas ya que su identificación por rasgos morfológicos no es determinante para células que por su tamaño o textura no pueden ser correctamente manipuladas con técnicas convencionales. Este tipo de análisis permite incluso identificar cepas de la misma especie que han colonizado distintas regiones biogeográficas, llegando a adaptarse a distintas condiciones bióticas/abióticas y que pueden expresar o no cierto comportamiento ante factores estresores (Bolch y de Salas, 2007; Butron *et al.*, 2011). Los resultados de este trabajo muestran un 100% de similitud entre las cepas de México (Manzanillo y La Paz) y China en los tres árboles (NJ, MP, BI), lo que permite hipotetizar que las cepas presentes en las costas del Pacífico mexicano, identificadas por primera vez entre los años 1999-2000 (Morales-Blake *et al.*, 2001; Gárate-Lizárraga *et al.*, 2004) pudieron haber sido

introducidas desde China por aguas de lastre de buques comerciales que desde aquellos años comenzaron a arribar las costas del occidentales del país como ha sido descrito por (Meave del Castillo, 2014).

## REFERENCIAS

- Bolch C.J.S., de Salas M.F., 2007. A review of the molecular evidence for ballast water introduction of the toxic dinoflagellates *Gymnodinium catenatum* and the *Alexandrium* "tamarensis complex" to Australasia. *Harmful Algae*, 6, 465-585.
- Butron A., Orive E., Madariaga I., 2011. Potential risk of harmful algae transport by ballast waters: The case of Bilbao Harbour. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 747-757.
- Darty K., Denise A., Ponty Y., 2009. VARNA: Interactive drawing and editing of the RNA secondary structure. *Bioinformatics*, 25, 1974.
- Doyle J.J., Doyle J.L., 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochem. Bull.*, 19, 11-15.
- Gárate-Lizárraga I., López-Cortés D.J., Bustillos-Guzmán J., Hernández-Sandoval F., 2004. Blooms of *Cochlodinium polykrikoides* (Gymnodiniaceae) in the Gulf of California, Mexico. *Rev. Biol. Trop.*, 52, 51-58.
- Guillard R.R.L., Hargraves P.E., 1993. *Stichochrysis immobilis* is a diatom, not a chrysophyte. *Phycologia*, 32, 234-236.
- Hall T.A., 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for window 95/98/NT. *Nucleic Acids Symp. Ser. Nucleic Acids Symposium Series*, 41, 95-98.
- Kimura M., 1980. A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *J. Mol. Evol.*, 16, 111-120.
- Kumar S., Tamura K., Nei M., 2004. MEGA3: integrated software for molecular evolutionary genetics analysis and sequence alignment. *Brief Bioinform.*, 5, 150-163.
- Mai J.C., Coleman A.W., 1997. The internal transcriber spacer 2 exhibits a common secondary structure in green algae and flowering plants. *J. Mol. Evol.*, 44, 258-271.
- Meave del Castillo M.E., 2014. Plancton marino introducido por agua de lastre. *In: (coords.), R. M. y P. K. [Ed.] Especies acuáticas invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 289-308p.*
- Morales-Blake A., Cavazos-Guerra C., Hernández Becerril D.U., 2001. Unusual HABs in Manzanillo Bay, Colima, Mexico. *Harmful Algae News*, 22, 6.

- Ronquist F., Teslenko M., van der Mark P., Ayres D.L., Darling A., Höhna S., Larget B., Liu L., Suchard M.A., Huelsenbeck J.P., 2012. MrBayes 3.2: Efficient Bayesian Phylogenetic Inference and Model Choice Across a Large Model Space. *Systematic Biology*, 61, 539-542.
- Seibel P.N., Müller T., Dandekar T., Schultz J., Wolf M., 2006. 4SALE—a tool for synchronous RNA sequence and secondary structure alignment and editing. *BMC bioinformatics*, 7, 1.
- Selig C., Wolf M., Müller T., Dandekar T., Schultz J., 2008. The ITS2 Database II: homology modelling RNA structure for molecular systematics. *Nucleic Acids Research*, 36, 377-380.
- Stern R.F., Andersen R.A., Jameson I., Küpper F.C., Coffroth M.A., Vaultot D., Le Gall F., Véron B., Brand J.J., Skelton H., 2012. Evaluating the ribosomal internal transcribed spacer (ITS) as a candidate dinoflagellate barcode marker. *PloS one*, 7, e42780.
- Tang Y.Z., Gobler C.J., 2011. The green macroalga, *Ulva lactuca*, inhibits the growth of seven common harmful algal bloom species via allelopathy. *Harmful Algae*, 10, 480-488.
- Wolf M., Friedrich J., Dandekar T., Müller T., 2005. CBCAnalyzer: inferring phylogenies based on compensatory base changes in RNA secondary structures. *In silico biology*, 5, 291-294.



## RELACIÓN ENTRE LA DESCARGA DEL RÍO JAMAPA Y LAS ENFERMEDADES CORALINAS DE LOS ARRECIFES LA BLANCA, CHOPAS E ISLA DE ENMEDIO, SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO, GOLFO DE MÉXICO

Rivera-Ortega Jacqueline\*, Horta-Puga Guillermo

\*UBIPRO, FES Iztacala, UNAM. Correo electrónico: kharma\_3@comunidad.unam.mx

### INTRODUCCIÓN

Los corales hermatípicos (Cnidaria, Scleractinia) al igual que cualquier ser vivo son susceptibles a enfermarse; así, las enfermedades coralinas, se caracterizan por provocar alteraciones en la superficie coralina, tales como la pérdida de tejido asociada a bandas con coloración diferente (Blanca, Amarilla, Negra y Roja) o manchas aisladas (Negra y Blanca), delimitadas por una interfaz entre el tejido saludable y no saludable, que va de unos cuantos milímetros a varios centímetros de ancho (Richardson, 1998; Raymundo y Harvell, 1999). Estas enfermedades son causadas, principalmente por microorganismos patógenos los cuales de manera natural están presentes en el medio, pero bajo circunstancias aún desconocidas, se desarrollan en el tejido coralino causando incluso la muerte (Rosenberg *et al.*, 2007). Al parecer, la prevalencia y frecuencia de las enfermedades coralinas ha ido en aumento en las últimas décadas, lo que se relaciona con el deterioro ambiental sostenido de las zonas costeras tropicales (Carricart-Ganivet *et al.*, 2011; Goreau *et al.*, 1998; Harvell *et al.*, 1999). En especial, se considera que la influencia proveniente de la descarga de sistemas fluviales es una fuente potencial de patógenos, como son: *Vibrio*, *Desulfovibrio*, *Beggiatoa*, *Phormidium*, *Serratia*, *Aurantimonas* y *Thalassomonas* (Rosenberg *et al.*, 2007). El Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV), el más extenso del Golfo de México (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993), ubicado frente a la ciudad y puerto de Veracruz, con todo el impacto ambiental que esto implica, adicionalmente está influenciado por el río Jamapa, cuya cuenca hidrológica abarca más de 3500 km<sup>2</sup> de extensión. Así, el río es una fuente directa de nutrientes, contaminantes químicos y materia orgánica (Horta-Puga, 2007). Por lo anterior, esto nos llevó a cuestionarnos: ¿es realmente el río Jamapa una fuente de patógenos hacia la zona costera? Y si es así: ¿las comunidades coralinas que se ubican en los arrecifes más cercanos a la desembocadura, y por lo tanto potencialmente más impactados por su descarga, presentarán una mayor prevalencia de enfermedades coralinas? Así, el objetivo de este estudio fue el determinar si existe una relación entre la descarga del río Jamapa, el cual desemboca directamente en el SAV, y la incidencia de enfermedades en las comunidades coralinas presentes en los arrecifes La Blanca,

Chopas e Isla de Enmedio (ubicados a una distancia creciente de la desembocadura, respectivamente), durante el periodo 2009-2014. Para lo cual se determinó la proporción de corales enfermos y el tipo de enfermedades presentes en estos tres arrecifes, a lo largo el tiempo; así como si existía una relación entre los volúmenes de descarga del río Jamapa y la proporción de corales enfermos.

## **METODOLOGÍA**

Para poder determinar la influencia potencial de la descarga fluvial del río Jamapa, se eligieron tres sitios de muestreo (arrecifes), ubicados a una distancia creciente de la desembocadura, y dentro de los límites de la pluma fluvial; los arrecifes elegidos fueron Blanca (10.6 km), Chopas (15.4 km), e Isla de Enmedio (18.1 km). En cada sitio se ubicó una estación de muestreo en el talud, entre 9-12 m de profundidad. Para determinar la prevalencia (proporción de colonias enfermas), se usó la técnica de transectos en línea (10 m de longitud), paralelos al contorno arrecifal, y se realizaron tantos transectos como fuese necesario para muestrear al menos 100 colonias coralinas. En cada transecto se cuantificaron el número de colonias sanas y enfermas, y en su caso se determinó visualmente la enfermedad que lo afecta y el porcentaje de afectación por colonia (Horta-Puga y Tello-Musi, 2009). El muestreo se llevó a cabo, en lo posible, semestralmente, por el periodo 2009-2014, durante los meses de marzo-abril (secas) y septiembre-octubre (lluvias), para poder contrastar los periodos de mayor y menor influencia por descarga fluvial. Así, se pudo determinar la variabilidad espacial y temporal en la proporción de la comunidad que presentó alguna enfermedad, y el tipo de afección presente. Para poder determinar la relación entre el volumen de descarga fluvial y la prevalencia de enfermedades coralinas, se obtuvieron de la CONAGUA los datos hidrométricos (gasto diario:  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ) de la estación más próxima a la desembocadura (Estación Paso del Toro), con el cual posteriormente se calculó el gasto promedio mensual para el periodo 2009-2013. Con lo anterior, se determinó la prevalencia de enfermedades coralinas, las enfermedades con mayor abundancia en los sitios de muestreo, y los datos se compararon con el gasto medio de la estación hidrométrica. Cabe señalar que los datos utilizados para elaborar este estudio son parte de los resultados obtenidos dentro del Proyecto CONABIO GM005: Sistema Arrecifal Veracruzano, condición actual y programa permanente de monitoreo: II Etapa.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se llevaron a cabo 9 muestreos de campo (C01: oct/09; C02: mar/10; C03: oct/10; C04: jun/11; C05: oct/11; C06: oct/12; C07: mar/13; C08: sep/13; C09: abr/14). En estos se determinó corales con síntomas visibles 7 diferentes enfermedades (Banda Amarilla, Banda Negra, Hiperplasia, Lunares Blancos, Mancha Negra, Necrosis Rápida y Plaga Blanca) 6 de ellas en las tres localidades y una más, Necrosis Rápida, únicamente presente en Isla de Enmedio. La enfermedad más frecuente fue Lunares Blancos (52%), seguida de Plaga Blanca (18.2%) y la menos abundante Necrosis Rápida (1.0%). El total de colonias incluidas en este estudio fue de 3,766, de las cuales el 5.1% mostró algún síntoma de enfermedad. La prevalencia en el arrecife La Blanca fue 9.0% (n = 134), la de Chopas 2.3% (n = 42), y la de Isla de Enmedio 1.2% (n = 19).

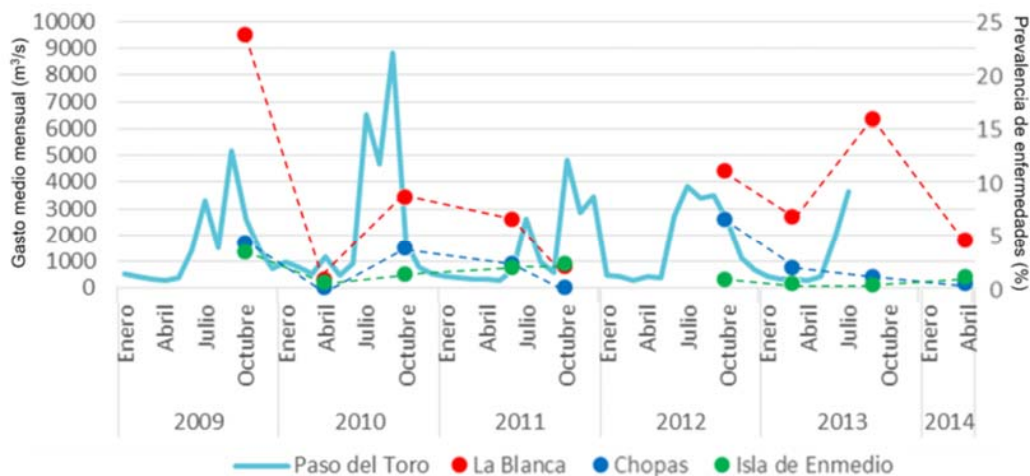


Figura 1. Variación de la prevalencia de las enfermedades coralinas en los arrecifes La Blanca, Chopas e Isla de Enmedio (2009-2014) y volumen de la descarga del Río Jamapa, Veracruz, México.

La prevalencia en La Blanca fue mayor en las campañas C01 (23.7%), C04 (8.6%), C06 (11.0%) y C08 (15.8%); coincidiendo con Chopas, en las campañas C01 (4.2%), C03 (3.8%) y C06 (6.5%); y con Isla de Enmedio en la campaña C01 (3.4%). Al aplicar la prueba de ANOVA a la prevalencia total de enfermedades de los tres arrecifes, dio como resultado que existen diferencias estadísticamente significativas entre arrecifes ( $F_o = 6.80 > F = 3.47$ ). Por lo anterior, se aplicó la prueba de LSD ( $8.57 < 11.5$  y  $14.37$ ), con lo que pudo determinar que el arrecife La Blanca, que presenta la mayor prevalencia, es el que presenta diferencias con respecto a los otros dos arrecifes. Finalmente, para determinar si existe influencia fluvial se aplicó una prueba de correlación lineal simple, entre la prevalencia promedio por campaña, por sitio y el volumen de descarga (gasto medio mensual) y la descarga del Río Jamapa, este mostró para el arrecife la

Blanca una menor correlación ( $r = 0.50$ ,  $p < 0.05$ ), que para los arrecifes Chopas ( $r = 0.52$ ,  $p < 0.05$ ) e Isla de Enmedio ( $R = 0.66$ ,  $p < 0.05$ ). En general la correlación entre la prevalencia total de los 3 arrecifes y la descarga es  $r = 0.57$ ;  $p = 0.18$ .

Es importante mencionar que, como se esperaba, el arrecife donde se presentó la mayor prevalencia de enfermedades en la comunidad coralina fue en el arrecife La Blanca, cuyo valor promedio de afección fue del 9% ( $n = 134$ ), por lo que se observa un gradiente definido en el cual el arrecife más cercano a la costa es el que presenta una mayor prevalencia de enfermedades.

La prevalencia promedio total de enfermedades coralinas para los 3 arrecifes muestreados de 2009 a 2014, muestra en términos generales un comportamiento similar, mostrando valores más altos en época de lluvias (septiembre-octubre), y generalmente más bajas en época de secas (marzo-abril), acorde con la hipótesis planteada en este estudio, donde los periodos con mayor descarga fluvial en la zona costera del Golfo de México, corresponde a un aumento en la prevalencia de enfermedades coralinas, comportamiento que puede repetirse en mayor o menor intensidad en los 3 sitios de muestreo.

Finalmente, acorde a diversos estudios que proponen que existe un aumento en la severidad de las enfermedades, tal como es el caso de la Banda Amarilla, como consecuencia de un aumento en la descarga de aguas residuales (y por tanto un aumento en la cantidad de patógenos presentes en la columna de agua) (Brunno *et al.*, 2003; Redding, 2013; Larsen y Webb, 2009), con este estudio se propone que existe una relación entre la prevalencia general de enfermedades coralinas en los 3 arrecifes muestreados y el aumento en el número de patógenos en respuesta al aumento en el volumen de agua descargado por el río Jamapa en época de lluvias.

## **CONCLUSIONES**

Se identificaron 7 enfermedades coralinas: Banda Amarilla, Banda Negra, Hiperplasia, Lunares Blancos, Mancha Negra, Plaga Blanca (La Blanca, Chopas e Isla de Enmedio) y Necrosis Rápida (Isla de Enmedio), siendo la más frecuente Lunares Blancos (52.6%), seguida de Plaga Blanca (18.2%) y Mancha Negra (13.0%), donde presumiblemente, los corales masivos presentaron una mayor sensibilidad. Siendo el primer reporte existente en la literatura de la enfermedad de Lunares Blancos. El arrecife La Blanca presenta una mayor prevalencia de enfermedades coralinas y existe en los tres arrecifes una mayor proporción de corales enfermos en época de mayor descarga, por lo que se propone que el río Jamapa influencia directamente



a la proporción de corales enfermos del arrecife La Blanca, presentando un menor impacto en Chopas e Isla de Enmedio, aumentando así la proporción de corales enfermos en época de mayor descarga y disminuyendo en época de secas en los tres arrecifes muestreados, a lo largo de las campañas 2009-2014.

## REFERENCIAS

- Bruno J.F., Peters L.E., Harvell C.D., Hettinger A., 2003. Nutrient enrichment can increase the severity of coral diseases. *Ecology Letters*, 6, 1056-1061.
- Carricart-Ganivet J.P., Beltrán-Torres A.U., Horta-Puga G., 2011. Distribution and prevalence of coral diseases in Veracruz Reef System, Southern Gulfs of Mexico. *Diseases of Aquatic Organisms*, 95, 181-187.
- Carriquiry J.D., Horta-Puga G., 2010. The Ba/Ca record of corals from the Southern Gulf of Mexico: Contributions from land-use changes, fluvial discharge and oil drilling muds. *Marine Pollution Bulletin*, 60, 1625-1630.
- Goreau T.J., Cervino J., Goreau M., Hayes R., Hayes M., Richardson L., 1998. Rapid spread of Caribbean coral reef diseases. *Revista de Biología Tropical*, 46, 157-171.
- Harvell C.D., Kim K., Burkholder J.M., Corwell R.R., Epstein P.R., Grimes D.J., Hofmann E.E., Lipp E.K., Osterhaus A.D.M.E., Overstreet R.M., Porter J.W., Smith G.W., Vasta G.R., 1999. Emerging marine diseases. Climate links and anthropogenic factors. *Science*, 285, 1505-1510.
- Horta-Puga G., 2007. Impactos ambientales. *En: Tunell J.W., Chavez E.A., Withers K., (eds.). Coral reefs of the southern Gulf of Mexico, Texas A & M University Press, EU. 182-236p.*
- Horta-Puga G., Tello-Musi J.L., 2009. Sistema Arrecifal Veracruzano: condición actual y programa permanente de monitoreo: Primera Etapa. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Informe final SNIB-CONABIO proyecto DM005. México D.F.
- Larsen M.C., Webb R.M.T., 2009. Potential effects of runoff, fluvial sediment, and nutrient discharges on the coral reef of Puerto Rico. *Journal of Coastal Research*, 25(1), 189-208.
- Raymundo L., Harvell C.D., 2008. The objectives and scope of this manual. *En: Raymundo L.J., Couch C.S., Harvell C.D., (eds.). Coral disease handbook. Currie Communications, Melbourne. 7-16p.*
- Redding J.E., Meyers-Miller R.L., Baker D.M., Fogel M., Raymundo L.J., Kim K., 2013. Link between sewage-derived nitrogen pollution and coral diseases severity in Guam. *Marine Pollution Bulletin*, 79, 57-63.
- Richardson L., Goldberg W.M., Kuta K.G., Aronson R.B., Smith G.W., Ritchie K.B., 1998. Florida's mystery coral-killer identified. *Nature*, 392, 557-558.



Rosenberg E, Koren O., Reshef L., Efrony R., Zilber-Rosenberg I., 2007. The role of microorganisms in coral health, disease and evolution. *Nature*, 5, 355-362.

## CRECIMIENTO RELATIVO DE TRES ESPECIES DE QUITONES (MOLLUSCA: POLYPLACOPHORA) DEL LITORAL ROCOSO DE MONTEPÍO, VERACRUZ, MÉXICO

Rodríguez-Vázquez Rodrigo Adrián\*, Lemus-Santana Elia, Sanvicente-Añorve Laura

\*Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. Apdo. Postal 70-305, 04510 México, D.F. Correo electrónico: rod1519@ciencias.unam.mx

### INTRODUCCIÓN

La clase Polyplacophora (del griego *polys*, muchos; *plax*, placas; y *phoreys*, portador) (García-Ríos, 2003), posee un escudo dorsal conformado por ocho placas (valvas) imbrincadas y articuladas, que se encuentran rodeadas por un cinturón o perinoto (Kaas y Van Belle, 1985). En su lado ventral, los quitones poseen un pie que es el encargado de la fijación de los organismos al sustrato (García-Ríos, 2003). Estos animales habitan exclusivamente el ambiente marino y se distribuyen en todos los océanos del mundo (Kaas y Van Belle, 1985; García-Ríos, 2003). La mayoría de las especies son habitantes obligados de sustratos duros y pueden encontrarse en costas rocosas y zonas coralinas (Lyons y Moretzsohn, 2009). La alimentación de los quitones es variada; no obstante, la mayoría de las especies se alimentan de algas adheridas al sustrato.

Al ser los quitones habitantes de la zona litoral, cuentan con la capacidad de soportar ambientes de alta energía, es decir, ambientes que se encuentran expuestos al constante embate de las olas en las zonas supra, meso e infralitoral (García-Ríos, 2003). Los estudios morfológicos y alométricos de estos animales en relación a su ambiente son aún incipientes.

Debido a esto, el presente trabajo tiene como objetivo principal analizar y comparar las relaciones morfométricas de las tres especies más abundantes de los quitones recolectados en Montepío, Veracruz.

### MATERIALES Y MÉTODOS

La recolección del material biológico se llevó a cabo en dos expediciones al campo: del 25 al 26 de abril y del 28 al 30 de octubre de 2014, en la zona del litoral rocoso de Montepío, Veracruz. El muestreo de los organismos se efectuó durante la marea baja, examinando cuidadosamente la superficie de las rocas mediante buceo libre.

Los quitones recolectados fueron depositados en frascos de cristal con agua de mar, debidamente etiquetados. Para evitar la contracción de los organismos en el proceso de

fijación, estos se sumergieron en una solución de aceite de clavo diluida con agua de mar para su relajación. Al término de este proceso, los ejemplares se fijaron con etanol al 70%.

Los quitones recolectados se identificaron al nivel taxonómico más específico posible mediante el uso de literatura especializada. Se analizó el crecimiento relativo de las especies más abundantes ( $n = 12$ ). A cada individuo se le midió la longitud, el ancho y la profundidad con ayuda de un micrómetro, a fin de establecer las relaciones morfométricas.

Para analizar el crecimiento relativo de las especies se tomó la longitud total como la variable independiente ( $L$ ), y el ancho total ( $A$ ) y la profundidad ( $P$ ) como las variables dependientes. Cada par de variables se ajustó a una ecuación de tipo potencial para analizar el grado de alometría en el crecimiento del organismo (Gould, 1966).

$$y = bx^k$$

El valor del parámetro de crecimiento  $k$  indica si el crecimiento en los organismos es de tipo isométrico ( $k = 1$ ), alométrico positivo ( $k > 1$ ) o alométrico negativo ( $k < 1$ ). Un crecimiento isométrico indica que ambas variables crecen en la misma proporción, en tanto que un crecimiento de tipo alométrico indica que una de ellas crece más rápidamente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se recolectaron 83 individuos pertenecientes a seis especies: *Lepidochitona rosea*, *Chaetopleura apiculata*, *Ischnochiton kaasi*, *Lepidochitona bullocki*, *Lepidochitona liozonis* y *Acanthochitona zebra*.

La especie *I. kaasi* no cuenta con registros previos en México. De acuerdo con Ferreira (1987) esta especie puede ser fácilmente confundida con *I. erythronotus* e *I. striolatus* debido a que las tres especies son muy similares en color, forma y hábitat, aunque difieren en la microescultura del tegumento y las escamas del cinturón. En este trabajo, se recurrió a la técnica de microscopía electrónica de barrido con el fin de realizar la correcta identificación de los individuos. Así, gracias a ello fue posible observar sus características distintivas: 17 costillas o más en las escamas del cinturón y el diente lateral mayor de tipo tricúspide.

Se analizó el crecimiento relativo de las especies más abundantes: *L. rosea*, *C. apiculata* e *I. kaasi*. El crecimiento de las especies *L. rosea* y *C. apiculata*, fue en cuanto a la relación largo-ancho de tipo isométrico (prueba de  $t$ ,  $p > 0.05$ ); estas especies pertenecen a la familia Ischnochitonidae. Watters (1991) analizó el crecimiento relativo de varias especies de quitones y menciona que dicha familia presenta un crecimiento isométrico en cuanto a la relación largo-ancho, lo cual concuerda con lo aquí observado. En contraste, *I. kaasi* presentó un crecimiento

de tipo alométrico negativo. Estudios sobre crecimiento relativo de quitones mencionan que dentro de la misma familia hay géneros que pueden desviarse del crecimiento isométrico, como es el caso de esta especie aquí analizada (Watters, 1991).

Para las especies *L. rosea* y *C. apiculata*, la relación largo-profundidad fue de tipo alométrico negativo (prueba de *t*,  $p < 0.05$ ). Baxter (1982), analizó la morfometría de una especie perteneciente al mismo género que *L. rosea* y observó un crecimiento tipo isométrico.

## CONCLUSIONES

El crecimiento relativo de las especies dominantes *Lepidochitona rosea* y *Chaetopleura apiculata* fue de tipo isométrico para la forma del cuerpo, pero alométrico negativo para la profundidad. En contraste, *Ischnochiton kaasi* presentó un crecimiento de tipo alométrico negativo para la forma del cuerpo, pero isométrico para la profundidad. Este estudio aporta nuevos elementos al conocimiento de la biometría de los quitones de México.

AGRADECIMIENTOS. Los autores agradecen a M.B. Mendoza-Garfias, responsable del Lab. de Microscopía Electrónica del Instituto de Biología (UNAM) por la toma de fotografías, así como a Faustino Zavala y Martha Reguero por su ayuda en las diferentes etapas de este estudio.

## REFERENCIAS

- Baxter J.M., 1982. Allometric and morphological variations of whole animal and valve dimensions in the chiton *Lepidochitona cinereus* (L.) (Mollusca: Polyplacophora). *Journal of Molluscan Studies*, 48, 275-282.
- Ferreira J.A., 1987. Two new species of *Ischnochiton* (Mollusca: Polyplacophora) in the western central Atlantic. *Bulletin of Marine Science*, 40(1), 145-151.
- García-Ríos C.I., 2003. Los quitones de Puerto Rico. Isla Negra Editores, Puerto Rico. 208pp.
- Gould S.J., 1966. Allometry and size in ontogeny and phylogeny. *Biological Reviews*, 41, 587-640.
- Kaas P., Van Belle R., 1985a. Monograph of living chitons (Mollusca: Polyplacophora). 1. Order Neoloricata: Lepidopleurina. Brill-Backhuys, Leiden. 240pp.
- Lyons W.G., Moretzsohn F., 2009. Polyplacophora (Mollusca) of the Gulf of Mexico. In: Felder D.L., Camp, D.K., (Eds), Gulf of Mexico: Origins, Waters, and Biota. 1: Biodiversity. A&M University Press, Texas, 569-578p.

Watters T., 1991. Utilization of a simple morphospace by polyplacophorans and its evolutionary implications. *Malacologia*, 33(1-2), 221-240.



## DISTRIBUCIÓN ESPACIOTEMPORAL DE GRUPOS DE GRANDES PECES PELÁGICOS EN EL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE

Uribe-Martínez Abigail\*, Brenner Jorge\*\*, Cuevas Eduardo\*\*\*

\*Posgrado en Geografía-UNAM. Cd. Universitaria, Copilco Universidad, C.P. 04510. Correo electrónico: abigailum@gmail.com \*\*The Nature Conservancy, Texas. \*\*\*CINVESTAV, Unidad Mérida, Depto. Recursos del Mar, Lab. Percepción Remota y SIG.

### INTRODUCCIÓN

El Gran Ecosistema Marino que es el Golfo de México (GoM) tiene rasgos oceanográficos que influyen en complejos procesos que se reflejan en la biodiversidad marina de la región (Heileman y Rabalais, 2009). El aporte de agua principal sucede a través de la Corriente de Lazo, su principal característica oceanográfica. De esta se desprenden giros que transportan masas de agua tropical al resto del golfo, provocando procesos físico-químicos que tienen importantes implicaciones en la distribución de la biota (Schmitz *et al.*, 2005).

Las aguas del interior del GoM son utilizadas como hábitats de alimentación y rutas de migración por numerosas especies que están asociados a estructuras oceánicas como frentes, giros y corrientes (Ottersen *et al.*, 2004). En esta zona oceánica existen grandes vacíos de conocimiento sobre los patrones espaciales y temporales de la biodiversidad que alberga.

Los centros de agregaciones bióticas (hotspots) pueden estar determinados por interacciones tróficas como oportunidades de alimentación, por servir como corredores migratorios o destinos de reproducción de la megafauna marina como en el caso de los peces pelágicos (Palacios *et al.*, 2006). Debido a que muchas de las especies de megafauna pelágica tienen un rol trófico importante como depredadores tope o secundarios, pueden ser utilizadas como un indicador de la distribución de una cadena trófica subyacente y convertirlos en especies clave para la conservación de ecosistemas marinos (Hooker y Gerber, 2004).

Las especies de grandes peces pelágicos tienen ciclos de vida vulnerables a alteraciones en sus hábitats y poblaciones. Reconocer sus patrones de agregación espacial y temporal de la megafauna es fundamental para identificar conflictos entre su realización y conservación con actividades antropogénicas. Tales patrones de distribución pueden ser evaluados a través de estimaciones de riqueza de distintos grupos de interés (Tittensor *et al.*, 2010).

Actualmente existe un acervo importante de registros históricos de colecciones, avistamientos, muestreos sistemáticos, rastreos satelitales entre otros tipos de información

almacenados en bases de datos disponibles de forma libre (Flemons *et al.*, 2007; Halpin *et al.*, 2009) y con los que se realizan estudios a escalas de cuencas (Gaiji *et al.*, 2013; Fujioka *et al.*, 2014). El objetivo de este estudio fue estructurar una aproximación cuantitativa para evaluar patrones espaciales y estacionales de la distribución de grupos de grandes peces pelágicos del GoM y Mar Caribe. Esta aproximación servirá de plataforma para estructurar la evaluación de la distribución de otros grupos de biota pelágica de particular interés ecológico.

## **MÉTODOS**

El área de estudio se limita a la parte marina del área comprendida entre las coordenadas extremas: 98°O, 30.5°N - 79°O, 15.5°N.

A partir de la revisión de bases de datos publicadas en línea (SNIB de la CONABIO, OBIS de la IOC UNESCO, SEAMAP de DukeUniversity, GBIF de GBIF.org, BioGoMx, FishBase, NOAA-Fisheries) sumado a la colección de datos obtenida por el proyecto Mapping migratory species of Gulf of Mexico (Brenner *et al.*, *in press*). Se seleccionaron registros para seis grupos de grandes peces pelágicos: dorados, picudos, tiburones pelágicos y túnidos.

De la revisión de las bases de datos se definieron las listas de especies que serían incluidas en cada grupo de peces, con presencia dentro del GoM y Mar Caribe y de hábitos principalmente pelágicos. Los datos fueron integrados en bases de datos independientes para cada grupo de interés. Se consideraron únicamente los registros que incluyeran coordenadas e información temporal y que fueran registros posteriores a 1970. Debido a la alta redundancia de datos, se eliminaron registros que se asumieron duplicados si una observación de la misma especie tenía la misma fecha y coordenadas. Finalmente se generaron bases de datos espaciales (formato shapefile) independientes para cada grupo de especies.

Se definió y construyó una rejilla de análisis con resolución espacial de 50 km por lado. En el GoM existe un fuerte sesgo espacial hacia el territorio estadounidense, particularmente en términos de la cantidad y cobertura de los datos. Para contender con este sesgo (Kot *et al.*, 2010; Beck *et al.*, 2014), así como por la naturaleza de algunos de los datos fuente, se adoptaron 2 estrategias: por un lado, los rastreos satelitales fueron depurados para conservar únicamente un registro por individuo por celda (50 km por lado) en la rejilla de análisis. Por otro lado se ponderó el número de observaciones en cada celda perteneciente a la zona económica exclusiva de los Estados Unidos entre el número de observaciones en el resto del área.

Cada observación ponderada fue sumada a su celda correspondiente de forma estacional para obtener la densidad de observaciones. Se calculó el índice de riqueza específica de Margalef ( $D_{Mg} = \frac{S-1}{Ln(n)}$ ), para cada grupo por estación del año en cada celda.

## RESULTADOS

Para la base de datos de dorados se obtuvieron 54,632 observaciones no repetidas de dos especies. Del grupo de macarelas se compilaron 25,222 puntos de ocho especies. Por su parte, para el grupo de picudos se compilaron 8,577 registros únicos correspondientes a seis especies. De las seis especies consideradas como rayas, se recompilaron 3,488 registros únicos. Para los tiburones con hábitos pelágicos se recopilieron 7,003 registros no repetidos correspondientes a 30 diferentes especies que, a pesar de contener el mayor número de especies, es un grupo con muy pocas observaciones.

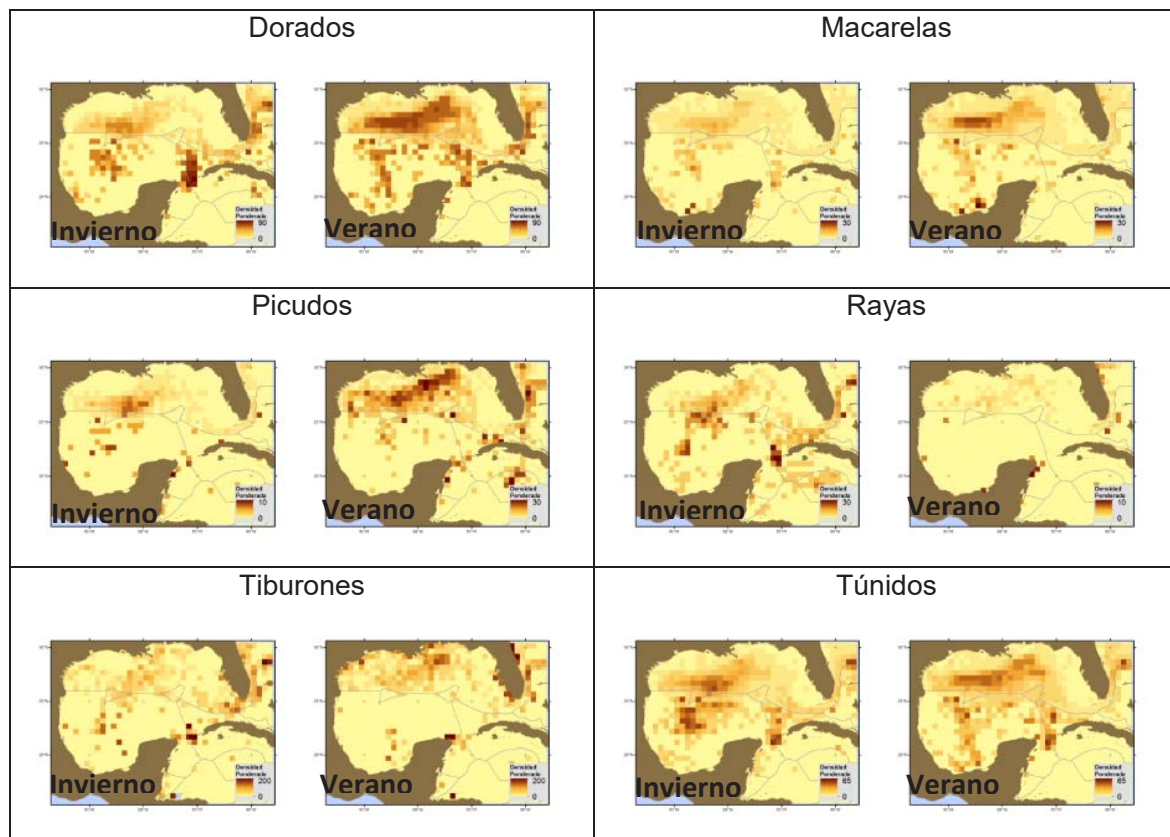


Figura 1. Densidad de observaciones estacionales ponderadas por la Zona Económica Exclusiva de E.U. de seis grupos de peces pelágicos.

Finalmente, del grupo de túnidos se recolectaron 84,237 registros únicos de las ocho especies consideradas, siendo el grupo con mayor número de observaciones. Se generaron 24 mapas de la distribución espacial de la densidad de observaciones ponderadas, una de cada grupo por estación (Figura 1), así como 20 mapas de la distribución estacional del índice de riqueza específica de Margalef para cada grupo, excepto para los dorados, pues solo son dos especies.

## **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

Se encontraron diferencias en los patrones espaciales para los seis grupos, siendo las estaciones de verano e invierno en las que las agrupaciones de observaciones están más aglomeradas, probablemente debido a que la primavera y el otoño son periodos de transición de las condiciones ambientales, así como de migración de algunas especies. Casi todos los grupos, excepto las rayas y los túnidos se observan más densos en el GoM Norte durante el verano, particularmente fuera de la plataforma continental de Texas-Louisiana. Las Macarelas y los tiburones presentan menor densidad de observaciones en invierno que en verano en todo el GoM, al contrario de las rayas, cuyas observaciones son escasas durante el verano. La región profunda del centro-oeste del GoM (entre los  $-96^{\circ}\text{O}$ - $21^{\circ}\text{N}$  y los  $-91^{\circ}\text{O}$ - $17^{\circ}\text{N}$ ) presenta altas concentraciones de registros de dorados, macarelas y túnidos de manera recurrente, así como de tiburones y rayas en el invierno. Esta zona se caracteriza por ser muy dinámica, debido a la presencia de giros derivados de la Corriente de Lazo (Day *et al.*, 2004). El índice de Margalef en las macarelas y los túnidos muestra mayor valor de riqueza específica en los bordes de la distribución de las observaciones. Ambas muestran que las costas de Veracruz y Campeche pueden ser zonas importantes para la distribución de estos grupos. En la riqueza de tiburones y picudos se aprecian patrones similares a los obtenidos con la densidad de registros. El grupo de las rayas contiene poca información para obtener mapas de riqueza espaciotemporal.

Como se menciona por otros autores (Meyer *et al.*, 2015), es esencial incluir estrategias para manejar el sesgo espacial en datos obtenidos de bases públicas para la generación de información robusta de su distribución. De igual forma se requiere evaluar las posibles ausencias de las especies contra un muestro desbalanceado entre regiones. Con estos resultados se puede observar la carencia de información proveniente de Honduras, Belice, Cuba y México. Particularmente, llama la atención los vacíos de datos en el Mar Caribe, pues de manera consistente los grupos muestran falta de información, a pesar de que varias especies de grandes peces se reportan en la región.



Se continúa la exploración de otras opciones para el tratamiento de datos desbalanceados y la evaluación de la respuesta en los índices de riqueza de especies. Finalmente, esta aproximación se está aplicando para el estudio de otros grupos de pelágicos mayores a fin de evaluar su distribución espacial y temporal conocida debido al interés ecológico y de manejo que estos representan en el GoM y Mar Caribe.

**AGRADECIMIENTOS.** Queremos agradecer al Posgrado en Geografía y a los apoyos PAEP por el apoyo económico otorgado para realizar esta investigación. De manera especial a TNC-Texas por la confianza y el apoyo que nos han otorgado para realizar esta colaboración. Al Laboratorio de Percepción remota y SIG del Cinvestav-Merida por el apoyo para la presentación de este trabajo.

## REFERENCIAS

- Beck J., Böller M., Erhardt A., Schwanghart W., 2014. Spatial bias in the GBIF database and its effect on modeling species. *Ecological Informatics*, 19, 10-15.
- Brenner J., Voight C., Mehlman D. *in press*. Migratory Species in the Gulf of Mexico Large Marine Ecosystem. Technical Report and Executive Summary. The Nature Conservancy, Arlington.
- Day J., Diaz de León A., González G., Moreno-Casasola P., Yañez-Arancibia A., 2004. RESUMEN EJECUTIVO. *En: Caso, M., Pisanty, I., Ezcurra, E. (eds). Diagnóstico ambiental del Golfo de México, Volumen 1. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT).*
- Flemons P., Guralnick R., Krieger, J., Ranipeta A. Neufeld D., 2007. A web-based GIS tool for exploring the world's biodiversity: the global biodiversity information facility mapping and analysis portal application (GBIF-MAPA). *Ecological Informatics*, 2, 49-60.
- Fujioka E., Kot C.Y., Wallace B.P., Best B.D., Moxley J., Cleary J., Donnelly B., Halpin P.N., 2014. Data integration for conservation: Leveraging multiple data types to advance ecological assessment and habitat modeling for marine megavertebrates using OBIS-SEAMAP. *Ecological Informatics*, 2, 13-26.
- Gaiji S., Chavan V., Ariño A.H., Otegui J., Hobern D., Sood R., Robles E., 2013. Content assessment of the primary biodiversity data published through GBIF network: Status, challenges and potentials. *Biodiversity Informatics*, 8, 94-172.



- Halpin P.N., Read A.J., Fujioka E., Best B.D., Donnelly B., Hazen L.J., Kot C., Urian K., LaBrecque E., Dimatteo A., Cleary J., Good C., Crowder L.B., Hyrenbach K.D., 2009. OBIS-SEAMAP: The world data center for marine mammal, sea bird, and sea turtle distributions. *Oceanography*, 22(2), 104-115, doi:10.5670/oceanog.2009.42
- Heileman S., Rabalais N., (2009). XV-50 Gulf of Mexico: LME # 5. Disponible en: [http://lme.edc.uri.edu/images/Content/LME\\_Briefs/lme\\_5.pdf](http://lme.edc.uri.edu/images/Content/LME_Briefs/lme_5.pdf). Consultado en mayo de 2014.
- Hooker S.K., Gerber L.R., (2004). Marine Reserves as a Tool for Ecosystem-Based Management: The Potential Importance of Megafauna, 54(1), 27-39.
- Kot C.Y., Fujioka E., Hazen L.J., Best B.D., Read A.J., Halpin P.N., 2010. Spatio-temporal Gap Analysis of OBIS-SEAMAP Project data: Assessment and Way Forward. *PLoS ONE*, 5, e12990. Doi: 10.1371/journal.pone.0012990.
- Meyer C, Kreft H, Guralnick RP, Jetz W., 2015. Global priorities for an effective information basis of biodiversity distributions. *PeerJ PrePrints* 3:e1057 <https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.856v1>
- Ottersen G., Alheit J., Drinkwater K., Friedland K., Hagen E., Stenseth N.C., 2004. The response of fish to ocean climate variability. *Marine Ecosystems and Climate Variation: The North Atlantic*, N. C. Stenseth *et al.*, Eds., Oxford University Press, 252 and xiv pp.
- Palacios D.M., Bograd S.J., Foley D.G., Schwing F.B., 2006. Oceanographic characteristics of biological hot spots in the North Pacific: A remote sensing perspective. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 53(3-4), 250–269. doi:10.1016/j.dsr2.2006.03.004.
- Schmitz W.J., Biggs D.C. Lugo-Fernandez A., Oey L., Sturges W., 2005. A Synopsis of the Circulation in the Gulf of Mexico and on its Continental Margins. En: *Circulation in the Gulf of Mexico: Observations and Models*. Eds: Wilton Sturges, Alexis Lugo-Fernandez. Geophysical Monograph Series 161pp.
- Tittensor D.P., Mora C., Jetz W., Lotze H.K., Ricard D., Berghe E. Vanden, Worm B., 2010. Global patterns and predictors of marine biodiversity across taxa. *Nature*, 466(7310), 1098-101. doi:10.1038/nature09329.

## EFFECTO DEL FENÓMENO EL NIÑO 2015 Y EL HURACÁN “PATRICIA” SOBRE LOS ARRECIFES CORALINOS DE TENACATITA Y CARRIZALES, PACÍFICO TROPICAL MEXICANO.

Valle-Figueroa Miriam C.\*, Michel-Morfín J. Emilio\*, Arciniega Judith\*, Serrano Martín\*,  
Cortez Dulce\*, Landa Víctor\*, Reyes-Bonilla Héctor\*\*

\*Departamento de Estudios para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras. Universidad de Guadalajara. ([valle.figueroa4@gmail.com](mailto:valle.figueroa4@gmail.com)).

\*\*Laboratorio de Ecología del Bentos, Departamento de Biología Marina Universidad Autónoma de Baja California Sur.

### INTRODUCCIÓN

Los sistemas de arrecifes coralinos de la costa occidental de México constituyen biomas de gran diversidad, proporcionan alimento y refugio a muchas especies marinas y ofrecen variados servicios ambientales como protección a la zona costera y provisión de material de construcción (Reyes-Bonilla, 2003). En el Pacífico tropical oriental, los incidentes de blanqueamiento de los arrecifes de coral se han visto fuertemente correlacionados en tiempo e intensidad, con el calentamiento anómalo de las aguas superficiales de los océanos durante los eventos de El Niño (Glynn, 1984; Glynn *et al.*, 1988). Eventos anteriores de blanqueamiento de los arrecifes de coral inducidos por El Niño, han dado como consecuencia mortalidades masivas de coral (Glynn, 1990).

El Niño actual (ENSO 2015-2016) es uno de los más intensos que se hayan registrado y causó un evento masivo de blanqueamiento de coral en el Pacífico (NOAA, 2015). Este mayor calentamiento dio lugar a una notablemente activa temporada de ciclones. Entre los huracanes que se formaron, destacó el Huracán “Patricia”, que alcanzó rápidamente el estatus de huracán categoría 5, la máxima en la escala de Saffir-Simpson. En los días en que se gestó “Patricia” el Pacífico mexicano era una enorme alberca térmica con temperaturas de hasta 30 °C en la superficie y capas inferiores (González, 2016). El huracán “Patricia” tocó tierra el 23 de octubre del 2015, y si bien había perdido fuerza, sus vientos alcanzaron los 270 kilómetros por hora. CONAGUA (CONAGUA, 2015) estimó un oleaje de 6 a 8 metros en la costa sur de Jalisco. El punto de contacto se presentó en territorios de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala (RBCC), muy cerca del arrecife de Tenacatita, Jalisco y a 50 km del arrecife de Carrizales, Colima (González, 2016). La conjunción de dos fenómenos, el fenómeno del Niño originando altas temperaturas y un evento masivo de blanqueamiento de corales y el impacto de un gran

Huracán, pudieran tener efectos importantes sobre las comunidades coralinas cercanas al punto donde el Huracán tocó tierra, por lo que se planteó el objetivo de evaluar los efectos causados de estos fenómenos atmosféricos sobre los arrecifes de Tenacatita y Carrizales, ambos situados en el Pacífico tropical mexicano.

## **METODOLOGÍA**

El arrecife coralino de Tenacatita, se localiza en la porción sur del estado de Jalisco, en la región conocida como Costa Alegre, en el Municipio de La Huerta, México, entre las coordenadas geográficas Latitud 19°16'49" N y Longitud 104°52'20" W (Fig. 1), es también conocido como arrecife de Playa Mora. Se considera un arrecife litoral que se caracteriza por permanecer parcialmente expuesto durante bajamares extremas. Está constituido en su mayor parte por especies de corales pétreos del género *Pocillopora*. Bahía Carrizales se encuentra en la costa del Pacífico central mexicano, en la línea costera del estado de Colima, adyacente a las Bahías de Santiago y Manzanillo (Latitud 19°05'00" N y Longitud 104°26'00" W) (Fig. 2). En el Pacífico central mexicano existe una alta variabilidad hidrológica, debido a la influencia de la Corriente de California y la Corriente Occidental Mexicana de corte tropical, en el área se registra una temperatura promedio anual de la superficie del mar de 27 a 28 °C (Kessler, 2006). Es importante mencionar que el efecto del ENSO tiene gran influencia en los patrones hidrológicos de la zona (Ambriz-Arreola *et al.*, 2012).

Se realizó una evaluación inicial del estado de las comunidades arrecifales mencionadas, durante los meses de noviembre y diciembre de 2015. Se realizaron recorridos lineales sobre los arrecifes, utilizando el método de foto-transecto. Para asegurar la calidad de las fotografías digitales, se empleó un bastón elaborado de material PVC, de 1 m de altura en el que se instaló en un extremo una Cámara Sealife Mini II Waterproof Digital y en el otro extremo un Coral Health Chart (Siebeck *et al.*, 2006) y un profundímetro. Se tomaron fotografías cada 50 cm sobre un recorrido lineal de 20 m. En función de la profundidad del área de estudio, se utilizaron técnicas subacuáticas como buceo libre y buceo autónomo. En las áreas muestreadas, cada recorrido se delimitó en su inicio y fin por medio de un GPS marca Garmin® modelo GPSmap 60CSx, mediante el seguimiento del buzo por un nadador en la superficie. Una vez tomadas las fotografías, las imágenes se procesaron en el programa "CPCe" (Coral Point Count with Excel Extensions) (Kohler y Gill, 2006), con la finalidad de determinar cobertura coralina, porcentaje de blanqueamiento y daños sobre los corales causados por el oleaje intenso, entre otras observaciones. Las fotografías digitales fueron procesadas utilizando

la rutina de asignación de puntos aleatorios dentro de recuadros estratificados de 10 cm. De cada una de las fotografías del transecto se seleccionó un recuadro virtual de 50x50 cm, donde se estimó el porcentaje de cobertura de coral, el porcentaje de coral blanco, el porcentaje de coral parcialmente blanco, el porcentaje de coral roto y de manera general, se realizaron observaciones sobre el estado de salud de los arrecifes y se determinaron los parámetros ambientales.



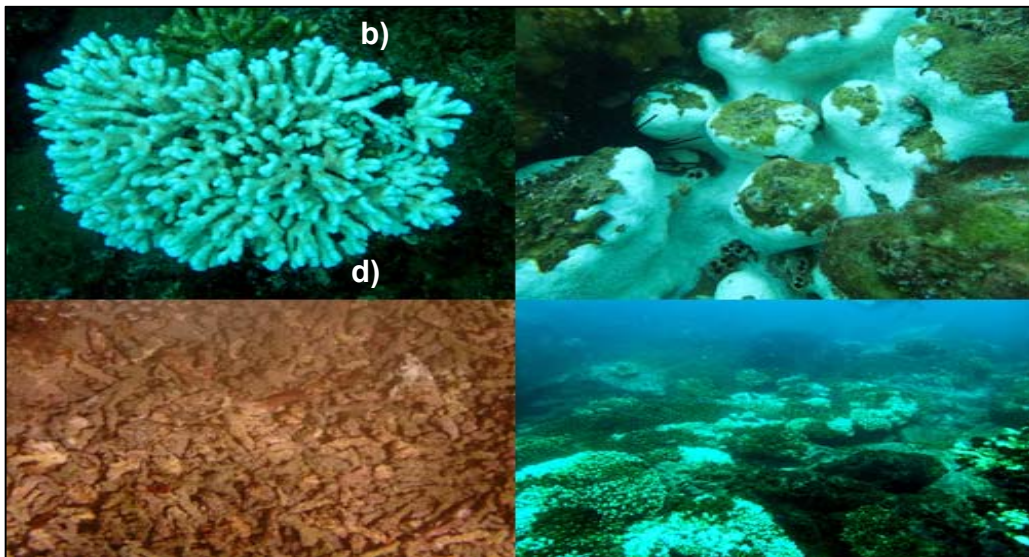
Figura 1. Arrecife coralino Tenacatita, Jalisco. Figura 2. Arrecife coralino de Carrizales, Colima.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

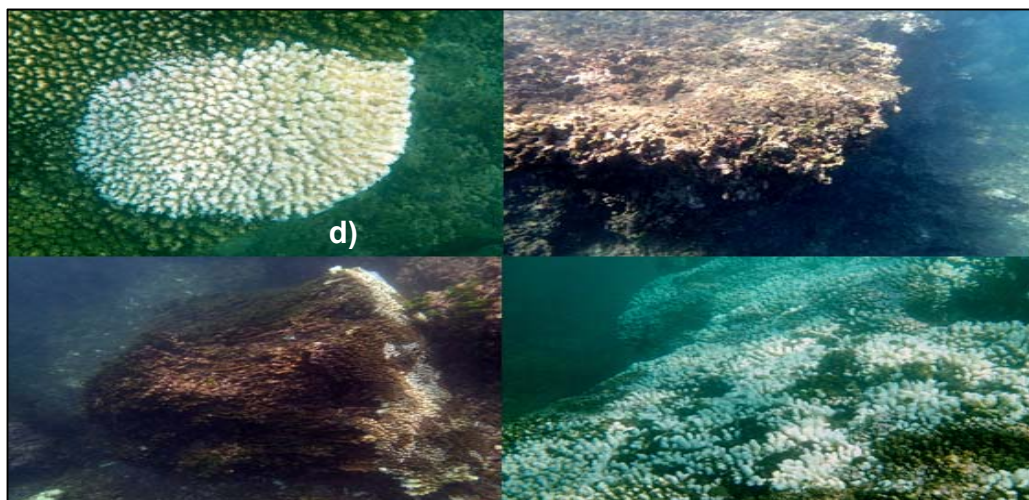
Las 296 fotografías analizadas mostraron una cobertura de coral del 90% en Tenacatita y del 55% para Carrizales. Como se muestra en las figuras 3 y 4, en los dos arrecifes se observaron numerosas colonias de corales blanqueadas, por efecto del calentamiento del agua del mar, además de eso, se observaron daños causados por el fuerte oleaje que se presentó con el huracán. Los resultados preliminares permiten una estimación del 40 y 65% de porcentaje de blanqueamiento para Tenacatita y Carrizales, respectivamente. En el caso particular del arrecife de Tenacatita, amplias zonas de crecimiento coralino fueron impactadas fuertemente lo que ocasionó que se quebraran las puntas de los corales o fueran barridos y en algunos casos, que bloques grandes de coral fueran partidos o destruidos. Estos daños son más evidentes en la zona somera del arrecife de Tenacatita, la cual suele estar a una profundidad promedio de un metro, pero en periodos de mareas bajas queda al descubierto. En los días posteriores al huracán, se observaron numerosos fragmentos de coral en la playa cercana al área arrecifal. En el arrecife de Carrizales, que se extiende entre los 2 y los 12 metros de profundidad, se observaron también daños al arrecife y por consiguiente la presencia de fragmentos de coral, sin embargo, fueron menores que los que se presentaron en el arrecife de Tenacatita, presumiblemente por encontrarse este último, muy cercano a la zona en que el huracán tocó tierra. La Tabla 1 muestra que el coral de Tenacatita fue principalmente dañado por el embate



de las olas del Huracán Patricia, estimando que el 50% de la cobertura coralina cae dentro de las categorías de coral roto o barrido. Además, este arrecife presentó un 42% de coral blanco y parcialmente blanco. En contraste, el arrecife de Carrizales presentó menores daños por efectos del huracán "Patricia"; sin embargo, presentó un 73% de coral blanco y parcialmente blanco ocasionado por el efecto de El Niño.



**Figura 3.** a) *Pocillopora damicornis* blanqueado b) *Porites lobata* blanqueado c) *Pocillopora damicornis* roto d) Vista submarina de Carrizales, Colima.



**Figura 4.** a) *Pocillopora damicornis* blanqueado b) Coral barrido c) Bloque de *Pocillopora damicornis* roto d) Vista submarina de Tenacatita, Jalisco.



**Tabla 1.** Porcentajes de los estados del coral en los arrecifes de Tenacatita y Carrizales.

	Tenacatita				Carrizales			
	<i>Pocillopora damicornis</i>	<i>Pocillopora verrucosa</i>	<i>Pocillopora capitata</i>	<i>Porites lobata</i>	<i>Pocillopora damicornis</i>	<i>Pocillopora verrucosa</i>	<i>Pocillopora capitata</i>	<i>Porites lobata</i>
<b>Blanco</b>	10.4	1.4	0.4	0	25.8	0.6	12	5.8
<b>Parcialmente blanco</b>	29.3	1.8	1.3	0	41.2	1.7	3.4	0.1
<b>Barrido</b>	34.3	0.7	0.2	0	2.4	0	0	0
<b>Roto</b>	15.9	0	0.4	0	6.4	0.1	0.1	0
<b>Saludable</b>	3.4	0	0.4	0	9.4	0.4	1.1	0.3

## CONCLUSIONES

Se observaron amplias áreas de corales blanqueados por efecto de las altas temperaturas en los dos arrecifes. Se presentaron daños en las estructuras coralinas de Tenacatita y Carrizales, siendo mayores en Tenacatita, debido a la cercanía a la zona de entrada a tierra del huracán "Patricia".

AGRADECIMIENTOS. A Andrés Báez, Daniel Valdivia, Anatalia Fernández, Mar Zambrano, Héctor Hernández, Valeria Molina, Eduardo días y Sergio briones. Estudiantes de la Universidad de Guadalajara por su apoyo en los buceos y en el trabajo de campo. Este estudio fue parcialmente financiado con fondos de Investigación CUCSur-Universidad de Guadalajara.

## REFERENCIAS

- Ambriz-Arreola, I., Gómez-Gutiérrez, J., Franco-Gordo, M.D.C., Lavaniegos, B.E., Godínez-Domínguez, E., 2012. Influence of coastal upwelling downwelling variability on tropical euphausiid abundance community structure in the inshore Mexican central Pacific. *Marine Ecology Progress Series.*, 451, 119-136.
- CONAGUA, 2015. Comisión Nacional del Agua. Recuperado de <http://www.conagua.gob.mx/SalaPrensa.aspx?n1=21641&n2=Comunicados>.
- Glynn, P.W., 1984. Widespread coral mortality and the 1982-83 El Niño warming event. *Environ. Conserv.*, 11,133-146.
- Glynn, P.W., 1988. El Niño warming, coral mortality and reef framework destruction by echinoid bioerosion in the eastern Pacific. *Galaxea*, 7,129–160.
- Glynn, P.W., 1990. Coral mortality and disturbances to coral reefs in the tropical eastern Pacific. *In: Glynn P.W. (ed). Global ecological consequences of the El Niño Southern Oscillation. Elsevier Oceanographic Series, Amsterdam, 55-126p.*

- González del Castillo E., 2016. La corta e intensa vida del huracán Patricia, una insólita tormenta que creció en forma explosiva. *Rev. Divulgación de la ciencia de La UNAM ¿Cómo vez?*, 207, 16-19.
- Reyes-Bonilla H., 2003. Coral reefs of the Pacific coast of México. Cortés J. (ed.). *Latin American Coral Reefs*. Elsevier, Amsterdam. 331-349p.
- Kessler, W.S., 2006. The circulation of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography*, 69(2), 181-217.
- Kohler, K.E., Gill, S.M., 2006. Coral Point Count with Excel extensions (CPCe): A visual basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology. *Computer and Geosciences*, 32, 1259-1269.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2015. Disponible en; [http://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/bleachingoutlook\\_cfs/outlook\\_cfs\\_pacific.php](http://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/bleachingoutlook_cfs/outlook_cfs_pacific.php).
- Siebeck U.E., Marshall N.J., Kluter A., Hoegh-Guldberg O., 2006. Monitoring coral bleaching using a colour reference card. *Coral Reefs*, 25, 453-460.

## FITOPLANCTON DE RED Y ESPECIES POTENCIALMENTE NOCIVAS EN BAHÍA MAGDALENA, B.C.S., EN 2015

Vázquez Gómez Norberto\*; Barón Campis Sofia Alida\*

\*Instituto Nacional de Acuicultura y Pesca. Pitágoras No. 1320, Col. Santa Cruz Atoyac. Ciudad de México. C.P. 03310. \*norberto.vgomez@inapesca.gob.mx y norvagom5@yahoo.com.mx

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha observado una mayor presencia de microalgas (Hallegraeff, 1993, 2010), o mareas rojas; Son florecimientos algales o “blooms” (Rodríguez Gil *et al.*, 2007), que se deben a la eutrofización del medio acuático, en donde los nutrientes están disponibles en gran cantidad (Pollinger, 1986). Suelen ser estacionales, aparecen cada ciclo anual (Ochoa *et al.*, 2003), y generalmente no tienen efectos directos en el ecosistema. Sin embargo, en los últimos años se están presentando con mayor frecuencia (Garate Lizárraga *et al.*, 2001), son más masivos y duraderos, y están ocasionando impactos diversos en el entorno inmediato. Cuando tienen efectos que impactan al ecosistema se les llama florecimientos algales nocivos (FAN) los cuales se han asociado con el calentamiento global principalmente y otros fenómenos relacionados. Una FAN puede ser nociva, tóxica o dañina por el efecto sobre el resto de la comunidad biótica y la salud humana. Es nociva, si el efecto es indirecto a través del abatimiento del oxígeno o nutrientes que les son indispensables a otros organismos, o bien dañina cuando físicamente se obstruye una función vital, como podría ser el caso de la respiración por obstrucción de las agallas. Una proliferación tóxica es aquella que produce daño a través de sustancias químicas que tienen efecto en la fisiología de los organismos afectados (Smayda, 1997).

Los efectos nocivos y tóxicos ocurren en el ámbito ecológico, económico, etc. Las pesquerías y acuicultura pueden ser afectadas notablemente. Ochoa (2003) señala los envenenamientos y muertes de humanos y animales marinos debido al contacto a toxinas producidas por microalgas. Por lo tanto, es muy importante conocer las especies de microalgas que se presentan en una zona geográfica determinada, cuantificar sus poblaciones y saber sus efectos diversos sobre el ambiente, los recursos y la salud pública.

Aunque no se registraron mareas rojas en Bahía Magdalena en 2015, hubo especies que forman FANs; por tal razón, el objetivo del presente trabajo es describir las especies más abundantes en una región de importancia ecológica como lo es Bahía Magdalena y las que pueden causar FAN y sus impactos potenciales, con énfasis en la pesca y la acuicultura.

## METODOLOGÍA

El lugar o área de estudio es Bahía Magdalena, B.C.S. región considerada como una de las de mayor productividad (Cruz-Escalona *et al.*, 2003). Se realizaron muestreos mensuales en 7 estaciones con red de arrastre (malla de 30  $\mu\text{m}$ ), de enero a diciembre de 2015. Dos de estas estaciones fueron zonas de cultivo, la estación Baja Seas, donde se cultiva jurel y los Sarabias (cultivos de ostión). Las muestras, una vez colocadas en frascos, se fijaron con Lugol Acetato, fueron observadas e identificadas taxonómicamente con microscopio óptico a 10x y 40X. Se tomaron fotografías a las especies observadas con una cámara digital y se revisaron antecedentes de especies nocivas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron 353 organismos de las muestras obtenidas con la red de arrastre en todas las estaciones de muestreo (Figura 1). Diatomeas y Dinoflagelados figuran como los grupos principales con 52% y 43% respectivamente, las Cianofitas representan solo el 3% y los Silicoflagelados son aún más escasos (1.41%). Esto es compatible con los resultados de la recolección con botella.

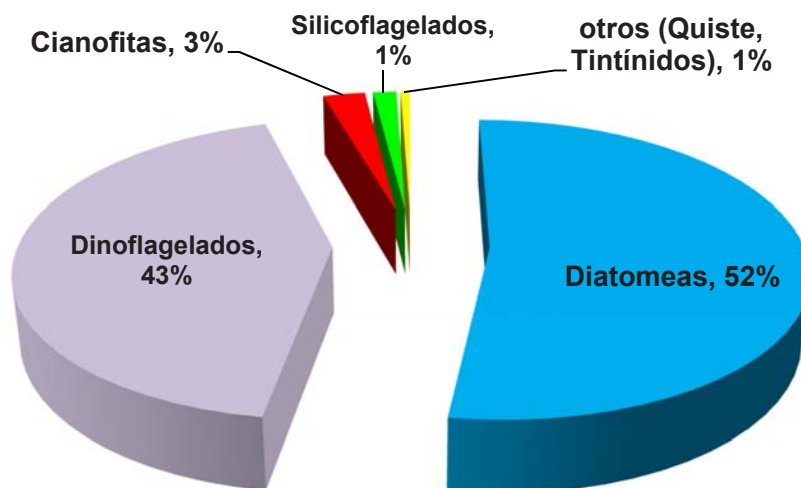


Figura 1. Composición específica de especies de microalgas de red en Bahía Magdalena durante 2015.

En la figura 2 se observa la distribución de especies capturadas con red de arrastre durante el 2015; en octubre se registró la mayor cantidad de especies, seguido por abril y junio.

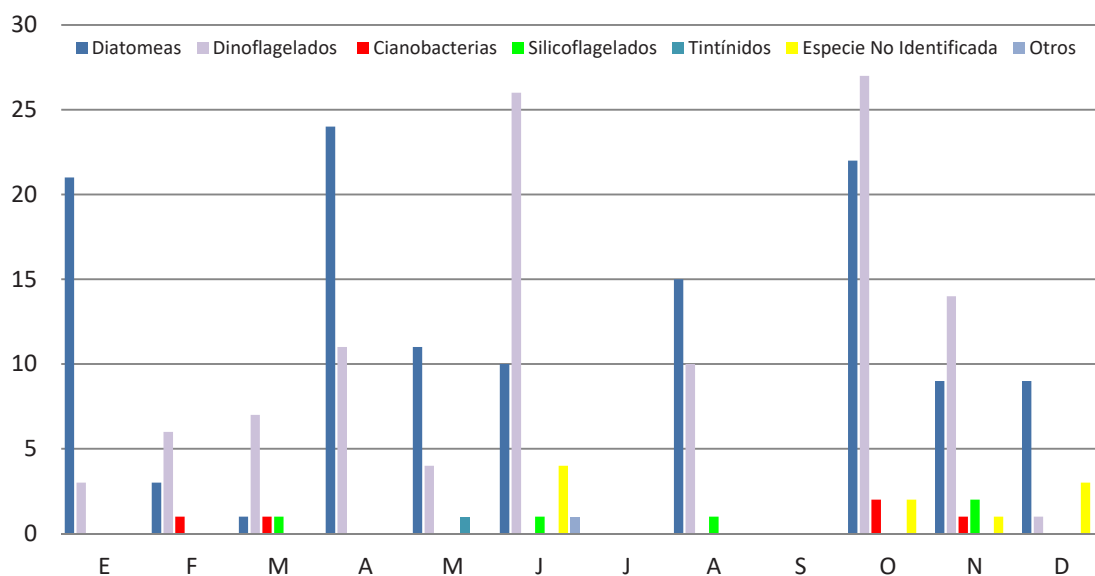


Figura 2. Distribución de grupos taxonómicos de las microalgas recolectadas con red en Bahía Magdalena en 2015

### Impactos de las microalgas

Las proliferaciones de microalgas son estacionales, y están en concordancia con los ciclos naturales; sin embargo, con frecuencia tienen impactos negativos sobre el ecosistema e incluso afectan considerablemente otras actividades de importancia para el hombre. Y por otro lado también tienen múltiples beneficios. En México hay aproximadamente 70 especies de microalgas consideradas nocivas: principalmente dinoflagelados (47 taxones) y diatomeas (15 especies); además de raphidophytes (4-5 especies), Cyanobacterias (3 especies), Haptophyta y Dictyochophyceae con 1 especie cada una. En Bahía Magdalena, en muestras de red, se obtuvieron 60 taxones de diatomeas, 51 de dinoflagelados, 2 de Cianofitas y 4 de Silicoflagelados. Las especies nocivas y/o tóxicas fueron: tres diatomeas *Chaetocero* ssp., *Pseudonitzschia cfungens*, y *Thalassioshira* sp.; 14 dinoflagelados: *Alexandrium* sp., *Ceratium furca*, *Karenia* sp. y *Ornithocercus* sp. y *Protoceratium reticulatum*, con una especie cada una; *Gymnodinium* y *Prorocentrum* con dos especies y *Dinophysis* (5 especies).

En la tabla 1 se observa los impactos que potencialmente producirían las especies nocivas y/o tóxicas de las microalgas de red observadas en Bahía Magdalena. Los daños a las pesquerías, acuicultura, al ambiente y a la salud pública en última instancia representan pérdidas económicas.



Tabla 1. Fitoplancton potencialmente nocivo y su impacto en la pesca, acuicultura y medio ambiente

<b>Especie (s) responsable (s)</b>	<b>Impacto</b>
<p><b><i>Prorocentrummicans</i>, <i>Ceratiumfurca</i></b></p> <p><b><i>Chaetoceros</i> spp.</b></p> <p><b><i>Gymnodiniumbreve</i>, <i>Alexandrium</i> pp</b></p> <p><b><i>Prorocentrum</i> spp.,</b></p> <p><b><i>Cylindrothecaclosterium</i></b></p>	<p>Disminución y falta del oxígeno (anoxia, hipoxia) → muerte de peces, invertebrados, etc.</p> <p>Daño mecánico a estructuras y órganos → obstrucción y necrosis de branquias</p> <p>Disminución de la transparencia</p> <p>Producción de toxinas → muerte de peces, invertebrados, etc.</p> <p>Disminución de biodiversidad → muerte de invertebrados, peces, reptiles, aves y mamíferos marinos</p> <p>Intoxicación de seres vivos → animales silvestres, hombre, etc</p> <p>Pesquerías Comerciales → Disminución o impedimento para pescar obstrucción de redes y otras artes de pesca</p> <p>Acuicultura → Muerte de especies cultivadas, disponibilidad de agua</p> <p>Producción de espuma, mucílago → Impide las operaciones de pesca y afecta los cultivos</p> <p>Olor repulsivo, discoloración dificultad para respirar, molestias en los ojos, etc</p>

## CONCLUSIONES

En 2015 no se registraron proliferaciones en Bahía Magdalena, pero se encontraron especies de microalgas que son nocivas y tóxicas; y pueden representar un serio peligro para los recursos pesqueros y las actividades de acuicultura de la región. Lo anterior encuentra fundamento en los antecedentes de investigaciones similares en Bahía Magdalena cuando ha habido proliferaciones masivas de microalgas. Por su importancia ecológica y riqueza de recursos, Bahía Magdalena debería de estar sujeta a un programa de monitoreo para conocer mejor sus ciclos, que incluyen también el fitoplancton, el mejor conocimiento de estos redundarían en la posición de aprovechar mejor sus potenciales y prevenir los fenómenos que podrían afectarla, lo que incluye a las FANs.

## REFERENCIAS

Cruz-Escalona V.H. *et al.*, 2003. Análisis funcional de la red trófica de Bahía Magdalena Baja California Sur, México. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 41(3), 519-544.

- Hallegraeff, G.M., 1993. A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia*, 32(2), 79-99.
- Hallegraeff G.M., 2010. Ocean climate change, phytoplankton community responses, and harmful algal blooms: A formidable predictive challenge. *Journal of Phycology*, 46(2) 220-235.
- Moreno J.R. *et al.*, 2012. Aspectos ecológicos y metodológicos del muestreo, identificación y cuantificación de cianobacterias y microalgas eucariotas. Reduca (Biología). *Serie Microbiología*, 5(5), 110-125.
- Ochoa *et al.*, 2003. Diferentes términos utilizados para describir las "Mareas Rojas" *Rev. Biol. Trop.* 51(3), 621-628.
- Ochoa J.L., 2003. ENSO phenomenon and toxic red tides in Mexico. *Geofísica Internacional*, 42(3), 505-515.
- Rodríguez Gil L.F. *et al.*, 2007. Determinación de la Marea Roja en las Costas del Estado de Yucatán, México. *GCFI*, 59.
- Smayda J.T., 1997. What is a bloom? A commentary. *Limnol. Oceanogr.*, 42, 1132-1136.





# Oceanografía Física





## ANÁLISIS ESPECTRAL DERIVATIVO DEL PARQUE NACIONAL ARRECIFE DE PUERTO MORELOS UTILIZANDO SENSORES REMOTOS

Aguirre Gómez Raúl\*

\*Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito Exterior, CDMX, 04510. E-mail: raguirre@igg.unam.mx

### INTRODUCCIÓN

La estimación y distribución de la biomasa fitoplanctónica a través de la cuantificación y mapeo de la concentración de clorofila ha sido una de las principales aplicaciones de la percepción remota de aguas costeras (Khorram, 1985). Los sensores remotos hiperespectrales permiten una cuantificación más precisa de la clorofila midiendo sus pronunciadas características espectrales. La alta resolución espectral de estos sensores permiten la aplicación de algoritmos de curvatura espectral o de segunda derivada (Campbell y Esaias, 1983). El objetivo del presente estudio es mostrar el potencial del uso de derivadas en el análisis de la respuesta espectral de varios sitios de muestreo localizados en el Parque Nacional Arrecifes de Puerto Morelos (PNAPM). Con base en esto, asociar la respuesta espectral de los diferentes elementos en PNAPM (agua, fitoplancton, corales, sustancia amarilla y sedimento) con los picos del espectro de derivada (absorción y reflectancia) en datos radiométricos y en imágenes satelitales.

### METODOLOGÍA

**Área de estudio.** El PNAPM se localiza en la Península de Yucatán, en la costa del Mar Caribe, en el estado de Quintana Roo, (21°00'00" y 20°48'33" N; 86°53'14.40" y 86°46'38.94" W). El clima es cálido, sub-húmedo con lluvias en verano. La temperatura promedio anual de 26.3 °C, con un máximo en el verano de 32.5 °C y una mínima en el invierno de 13 °C. Posee una humedad relativa promedio anual de 84%. En la región se presentan vientos alisios dominantes, con "nortes" entre octubre y mayo y una temporada de huracanes entre junio y noviembre.

**Trabajo de campo.** Se realizaron siete salidas de campo del 16 al 24 de agosto de 2010 de acuerdo a un plan de muestreo preestablecido (Figura 2). En cada punto de muestreo se realizaron tres mediciones radiométricas utilizando el espectroradiómetro GER-1500, de las 9:00-15:00 hrs.

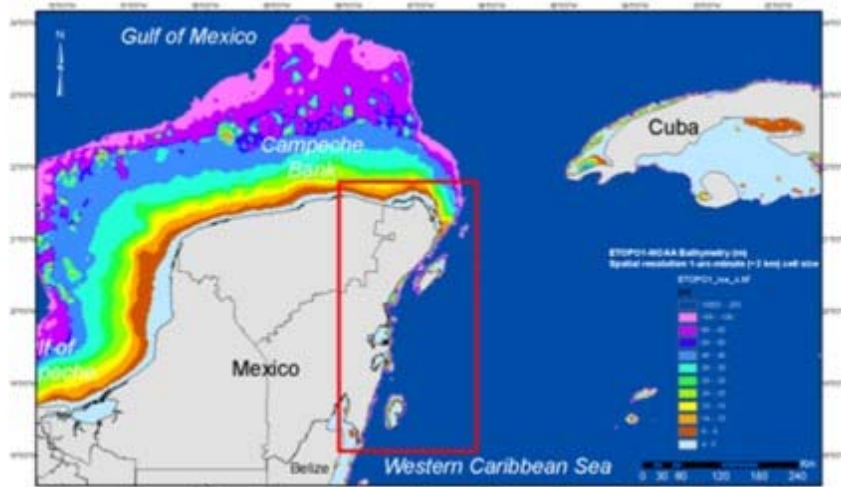


Figura 1. Área de estudio. Parque Nacional Arrecife Puerto Morelos

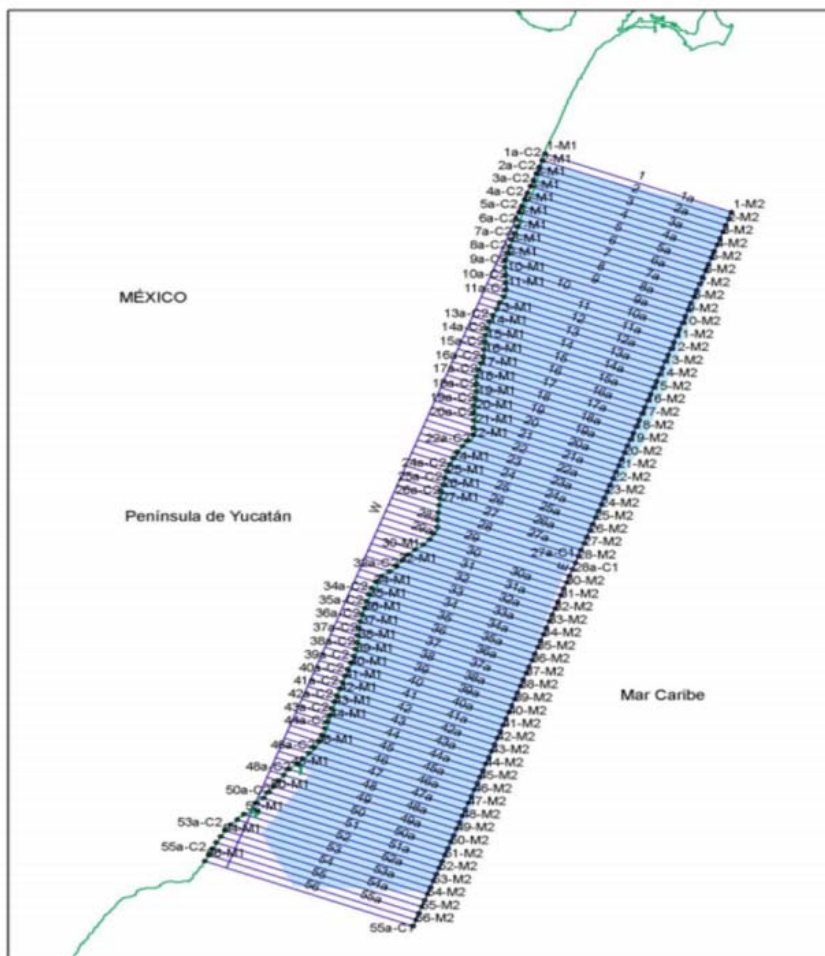


Figura 2. Plan de muestreo. Rumbos: costa-zona profunda (C); zona profunda-costa (M).

**Análisis espectral derivativo.** Las curvas de reflectancia obtenidas en cada sitio fueron promediadas para obtener una sola curva representativa de cada sitio. Utilizando el software de análisis espectral Peakfit 4.0, las curvas promediadas fueron analizadas en rango espectral 350 a 800 nm, mediante filtros polinomiales las curvas fueron suavizadas y derivadas hasta cuarto orden (Savitsky y Golay, 1964), para obtener los máximos y mínimos que representan picos de absorción y reflexión del agua de mar.

**Análisis de imágenes.** Se analizó una imagen del satélite WorldView obtenida el 20 de diciembre de 2010. A esta imagen se le aplicó el algoritmo de curvatura espectral propuesto por Campbell y Esaias (1983).

$$G_{m,n}(\lambda) = \left[ \frac{S(\lambda)^2}{S(\lambda_{1-m}) * S(\lambda_{1+n})} \right] \quad (1)$$

$$\nabla^2 \log(S) = -\log G_{2,2}(\lambda) \quad (2)$$

Combinando 1 y 2, y considerando la bandas verde (550), Azul (440) y roja (670), se obtiene:

$$\nabla^2 \log \text{Banda} (550) = -\log \left[ \frac{(\text{Banda}550)^2}{(\text{Banda}440) * (\text{Banda}670)} \right] \quad (3)$$

Las cualidades del filtro  $\nabla^2$  y las propiedades lineales permiten la detección de máximos y mínimos y la eliminación de señales ajenas como las atmosféricas (Philpot, 1991).

## RESULTADO

La Figura 3 muestra las firmas espectrales y su derivada de sitios de muestreo con presencia de corales, de sustancia amarilla en la zona costera y de un ojo de agua oligotrófica. Los picos de absorción y de reflectancia, se muestran en la Tabla 1.

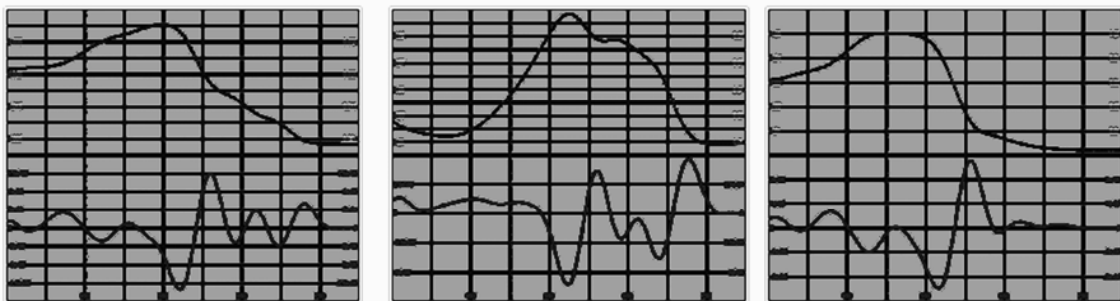


Figura 3. Firmas espectrales de corales, sustancia amarilla y ojo de agua

Tabla 1. Picos de absorción y reflectancia de los principales elementos del PNAPM

<b>Elemento</b>	<b>Absorción (nm)</b>	<b>Reflectancia (nm)</b>
<b>Corales</b>	421, 505, 608, 669	470, 571, 640, 696
<b>Substancia amarilla</b>	608	572, 640, 690
<b>Ojo de agua</b>	428, 606, 669	477, 564, 642

Por otro lado, la aplicación del algoritmo de curvatura espectral a la imagen de satélite WorldView, permite observar, en varias estaciones de muestreo (Tabla 2), la presencia de zonas de absorción debidas a la clorofila a.

Tabla 2. Extracto de estaciones de muestreo con la presencia de picos de absorción hallado con el algoritmo de curvatura espectral.

<b>Estación</b>	<b>Absorción (azul)</b>	<b>Absorción (rojo)</b>
52C4	431	670
52C5	425	668
51M4	-	667
49M5	431	-
47M6	-	666
41M5	439	648
50C4	-	665
45M7	436	674
43M3	433	669
44C4	432	675
41M3	427	663
32C1	-	669
29M5	428	668
25M4	414	-

En la Figura 4a se observa una composición en color natural, utilizando las bandas correspondientes a la terna RGB. La Figura 4b muestra la imagen de la segunda derivada. Aquí se pueden observar zonas con presencia de vegetación asociada al sistema coralino (rojo), la presencia de clorofila (amarillo) y las zonas de arena y pasto marinos (verde), principalmente.



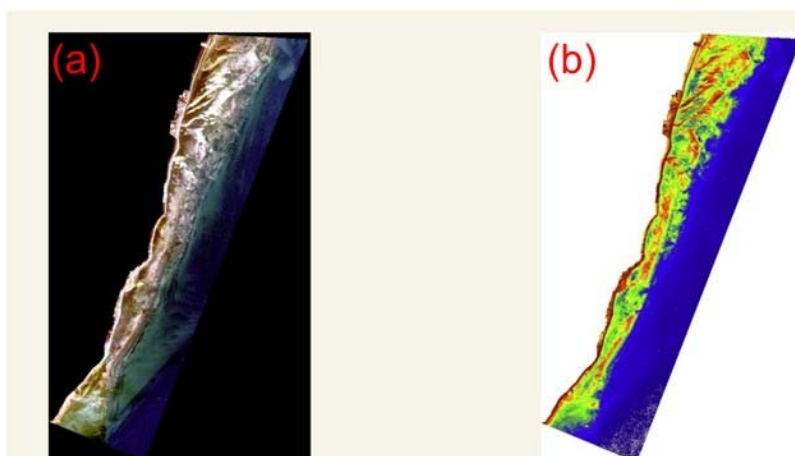


Figura 4. Imagen satelital original en color natural e imagen de segunda derivada

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El método derivativo aplicado tanto a las firmas espectrales como a la imagen de satélite, permite la identificación de la clorofila, a través de sus longitudes de onda de absorción en las regiones azul y roja del espectro (420-430; 665-670 nm) y de reflectancia en el verde (560-570 nm). Por otro lado, realiza una corrección atmosférica intrínseca que nos permite ubicar, gracias a sus características espectrales, la presencia de corales.

AGRADECIMIENTOS. Al Dr. Sergio Cerdeira por invitarme a participar en la campaña de reconocimiento de PNAPM, así como de proporcionar la imagen de satélite WorldView. Al Biol. Alvar Fuentes Breña por el procesamiento de la imagen de satélite.

## REFERENCIAS

- Campbell J., Esaias W., 1983. Basis for spectral curvature algorithms in remote sensing of chlorophyll. *Applied Optics*, 22, 1084-1093.
- Khorram S., 1985. Remote sensing of water quality in the Neuse River Estuary, North Carolina. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 51(3), 329-341.
- Grew G., 1981. Real-time test of MOCS algorithm during Superflux 1980. NASA, Washington DC, CP-2188, 301-322p.
- Philpot W.D., 1991. The derivative ratio algorithm: avoiding atmospheric effects in remote sensing. *IEEE Transactions in Geoscience and Remote Sensing*, 29, 350-357.
- Savitzky A., Golay M.J., 1964. Smoothing and differentiation of data by simplified least squares procedures. *Analytical Chemistry*, 36(8), 1627-1639.



## HIDRODINÁMICA Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN LA LAGUNA DE JULUAPAN, COLIMA

**Bracamontes-Ramírez Joel\*, Gaviño-Rodríguez Juan H., Carbajal-Pérez Noel, Obeso-Nieblas Maclovio**

\*CEUNIVO, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad de Colima. Carretera. Manzanillo-Barra de Navidad Km 20, Campus El Naranjo. Manzanillo, Colima, México. C.P. 28860. Correo electrónico: joelbra.92@gmail.com jbramirez@ucol.mx

### INTRODUCCIÓN

La laguna de Juluapan está ubicada al oeste de la Bahía de Santiago en el Municipio de Manzanillo, Colima (Figura 1); tiene un área aproximada de 98 Ha., es un cuerpo somero con una profundidad promedio de un metro y zonas que quedan expuestas e inundan con el ciclo de marea, es un cuerpo de agua que tiende a azolverse por los grandes aportes de sedimentos de las escorrentías continentales en época de lluvias, su hidrodinámica depende de la comunicación marina que tiene con la bahía, la cual ha experimentado periodos de azolvamiento intermitentes que ha hecho necesaria su apertura de manera artificial, dada la intensa dinámica de sedimentos presente. Es de gran importancia conocer los aspectos hidrodinámicos que influyen en su trayectoria y distribución espacial, así como la forma en que éstos evolucionan a través del tiempo, ya que de ellos depende el buen funcionamiento ecológico de la laguna (Luna y Zepeda, 1980; D.H.M.S., 2006; Gaviño-Rodríguez *et al.*, 2011).

El objetivo de este trabajo fue mediante un modelo bidimensional explícito de diferencias finitas, que también considera dinámica de sedimentos de carga de fondo, determinar la circulación ocasionada por marea y arrastre del viento, así como la evolución temporal y distribución espacial de los sedimentos en Juluapan.

### METODOLOGÍA

Se utilizó modelación bidimensional de diferencias finitas en una malla con una resolución espacial de 13 m, en la dirección E-W y de 9 m en la N-S, para conocer los patrones de circulación en la laguna y en la zona oceánica adyacente ocasionados por el régimen característico semidiurno con una marea M2 y amplitud del nivel medio superior de 36 cm, por el arrastre de vientos estacionarios que soplan en las direcciones E, NE, N y NW con magnitud de  $5 \text{ m s}^{-1}$  y el régimen de brisa promedio máximo de cada mes, los que se obtuvieron de

información meteorológica de los años 2005 al 2014 de la estación de Manzanillo del Servicio Meteorológico Nacional.

Después se siguió la trayectoria de las partículas en suspensión, inmersas en circulación por marea y por viento. Así como la trayectoria de manchas correspondientes a sedimento en suspensión en procesos de difusión turbulenta, los que se modelaron con el método de Monte Carlo, y con una banda turbulenta de  $0.006 \text{ m s}^{-1}$ . La dinámica de sedimentos por carga de fondo se calculó mediante una ecuación semi-empírica de conservación de sedimentos, en donde los procesos de erosión-sedimentación sólo ocurren en las zonas, donde la velocidad es mayor que un valor crítico de  $30 \text{ cm s}^{-1}$ . Finalmente, se delimitaron los cambios visibles en la configuración de sedimentos en el canal de acceso mediante imágenes satelitales de *Google Earth* en el periodo 2003 al 2014.



Figura 1. Localización del área de estudio, laguna de Juluapan, Manzanillo, Colima.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

Del procesamiento y análisis de mediciones de niveles de agua y corrientes con un ADP, realizadas tanto en el interior de la Laguna de Juluapan, como en el exterior en la zona aledaña a la comunicación marina, se infiere que la hidrodinámica lagunar está regida principalmente por la onda de marea, que penetra por la comunicación marina y por los vientos que soplan en su superficie (Galicia, 1987; Galicia *et al.*, 2008). La reconstrucción de la señal armónica muestra correlaciones mayores a 0.95 para los niveles de agua, es de carácter semidiurno, siendo la S2 la de mayor amplitud (laguna: 12 cm, océano: 22 cm), siguiendo la O1 (laguna: 8.6 cm; océano: 15 cm), la M2 (laguna: 6.6 cm; océano: 13.5 cm), la K1 (laguna: 6.6 cm; océano: 15 cm), y las de aguas someras fueron despreciables.

De acuerdo a los cálculos, la marea ocasiona patrones de circulación que solo invierten de dirección entre pleamar y bajamar, por lo que las elipses de marea degeneran en rectas, la zona cercana a la comunicación marina presenta una dinámica muy intensa, pues siempre están presentes gradientes de presión que ocasionan velocidades mayores a los  $30 \text{ cm s}^{-1}$  y son comunes valores máximos de  $1 \text{ m s}^{-1}$ , lo que está en buena concordancia con las observaciones en la zona (Gaviño *et al.*, 2011; Luna y Zepeda, 1980). Estos cálculos sirvieron para determinar el tiempo de residencia en la laguna, que resultó ser de aproximadamente un día; la existencia de un desfase y amortiguamiento en la amplitud (de 36 cm a 22 cm), entre los niveles en el exterior e interior de la laguna, esto debido a la reducción abrupta del área hidráulica en los estrechamientos, lo que también ocasiona gradientes intensos de presión y altas velocidades en los estrechamientos (Fugate *et al.*, 2005; Farreras, 2006; Stamou *et al.*, 2010).

Las patrones de circulación producidos por vientos, muestran que la dirección de la corriente está altamente correlacionada con la dirección de la componente del viento a lo largo de la costa y que es común la presencia de múltiples giros, la magnitud de las velocidades que se generan son menores a  $6 \text{ cm s}^{-1}$ , por lo que el principal factor de la hidrodinámica en la laguna es la propagación de la marea externa a su interior (Carniello *et al.*, 2005; Farreras, 2006).

La trayectoria de las partículas inmersas en marea tiende a regresar al punto de partida, salvo en los lugares donde existen no-linealidades importantes, de la misma manera las partículas inmersas en circulación por viento siguen los patrones de giros y tienden a permanecer en el interior de la laguna, esto es consistente con otros estudios que muestran la dispersión en la dirección de la corriente, salvo cuando éstas se comienzan a difundir (Mason *et al.*, 1995; Siegel *et al.*, 2005). Las manchas de sedimento inmersas en la circulación presentaron radios de dispersión máximos de 200 m en un mes de simulación.

La dinámica de sedimentos por carga de fondo se presentó en la vecindad del canal de comunicación y a la del estrechamiento interno, donde las zonas de erosión-sedimentación se presentan de manera alternada en forma de franjas colindantes, lo que muestra que el sedimento viaja cortas distancias para depositarse (Montaño-Ley *et al.*, 2013; Montaño-Ley *et al.*, 2015). Durante 360 periodos de simulación el sedimento muestra un balance de  $210.485 \text{ m}^3$ . Finalmente se encuentra que la exportación neta de sedimento fue de  $7.78 \text{ m}^3$  siendo consistentes con otros estudios (Montaño y Carbajal, 2008; Montaño-Ley *et al.*, 2013) y mostrando que la laguna se erosiona en muy pequeña escala; lo que podría indicar que el canal

de acceso tiene propensión a cerrarse. Estos aspectos muestran semejanza cualitativa con la evolución de los márgenes lagunares obtenidas de imágenes satelitales de *Google Earth*.

## CONCLUSIONES

La marea es el principal factor de forzamiento de la hidrodinámica dentro de la laguna de Juluapan, esta produce las máximas velocidades en los estrechamientos debido a la morfología de la cuenca.

El viento es un forzante secundario en la hidrodinámica de Juluapan debido a que éstos son muy débiles en cuanto a magnitud, y las máximas rachas son en verano.

Las partículas al ser forzadas por viento sólo se moverían dentro de sus respectivos vasos. Con el forzamiento de marea ocurriría lo mismo a excepción de las cercanías a ambos estrechamientos.

Las zonas de erosión y sedimentación están contiguas. Estas zonas están asociadas a fuertes gradientes de presión producidos por marea, los cuales ocasionan las velocidades intensas necesarias para mover el sedimento y también a los gradientes batimétricos que pueden actuar como barreras.

El modelo es capaz de producir en buena medida lo observado en imágenes satelitales, siendo la interacción de la barra arenosa y el canal de comunicación, los sitios en el que el sedimento presenta mayor dinamismo.

Finalmente, durante 360 periodos se mueven  $7.78 \text{ m}^3$  de sedimento fuera de la laguna, lo que da indicios de que la laguna de Juluapan se erosiona en una tasa muy pequeña, y tiende a cerrar la comunicación marina.

## REFERENCIAS

- Carniello L., Defina A., Fagherazzi S., D'alpaos L., 2005. A combined wind wave-tidal model for the Venice lagoon, Italy. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, (2003–2012), 110(F4).
- D.H.M.S. 2006. Rescate de la laguna de Juluapan y desarrollo del proyecto turístico-habitacional. Desarrollo Habitacional y Marina de Santiago, S.A. de C.V. Manifiesto de Impacto Ambiental, 11-13p.
- Farreras S., 2006. Hidrodinámica de Lagunas Costeras. CICESE.
- Fugate D.C., Friedrichs C.T., Bilgili A., 2005. Estimation of residence time in a shallow back barrier lagoon, Hog Island Bay, Virginia, USA. *In: International Conference on Estuarine and Coastal Modeling*, Charleston, South Carolina, USA.



- Galicia-Pérez M.A., 1987. Modelación hidrodinámica numérica de las bahías de Manzanillo y Santiago. Tesis de maestría. UNAM, México.
- Galicia-Pérez M.A., Gaviño-Rodríguez J.H., Torres-Orozco E., 2008. Aspectos de la Circulación Marina y el Oleaje en la Bahía de Manzanillo. Revista IRIDIA. Universidad de Colima. 6. 40-49p.
- Gaviño-Rodríguez J.H., Reyes-Herrera E.A., Obeso-Nieblas M., Quijano-Scheggia S., García-García M., Olivos-Ortiz A., Patiño-Barragán M., Galicia-Pérez M.A., 2011. Aspectos hidrodinámicos de la Laguna de Juluapan, Colima. Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar. Ordenamiento Costero.
- Luna H.J.R., Zepeda G.J.A., 1980. Hidrología y estratigrafía de la Laguna de Juluapan, Col. Dirección General de Oceanografía. Instituto Oceanográfico. 56pp.
- Mason L.B., Hardy T.A., Bode L., 1995. Model of hydrodynamic and particle tracking for sediment dispersal-Nelly Bay. Department of Civil and Systems Engineering, James Cook University.
- Montaño y Carbajal N., 2008. Numerical experiments on the long-term morphodynamics of the Colorado River Delta. *Ocean Dynamics*, 58(1), 19-29.
- Montaño-Ley y Carbajal N., Páez-Osuna F., 2014. Bed load transport of sediments and morphodynamics in the Topolobampo coastal lagoon system, Mexico. *Journal of coastal conservation*, 18(1), 55-67.
- Montaño-Ley y Carbajal N., Páez-Osuna F., 2015. Sediment dynamics in a complex coastal lagoon system of the Gulf of California. *Journal of Coastal Conservation*, 1-12.
- Siegel H., Seifert T., Schernewski G., Gerth M., Ohde T., Reißmann, J., Podsetchine V., 2005. Discharge and transport processes along the German Baltic Sea Coast. *Ocean Dynamics*, 55(1), 47-66.
- Stamou A.I., Dimitriadis P., Memos C., 2010. Determination of Residence Times in semi-enclosed Coastal Lagoons with Mathematical Models.



## CONECTIVIDAD ENTRE LAS COSTAS DEL GOLFO DE CALIFORNIA Y EL PACÍFICO NORORIENTAL: ESTUDIO NUMÉRICO.

Flores Morales Ana Laura\*, Parés Sierra Alejandro\*\*.

\*Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. FCM-UABC. alflores@uabc.edu.mx, \*\*Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE).

### INTRODUCCIÓN

Entender la conectividad en el océano es relevante, no sólo para estudiar los patrones oceánicos de algunas propiedades físicas en sí, sino que es un elemento que debe ser considerado en muchos de los fenómenos que impactan al medio ambiente, algunos naturales y otros provocados por el hombre. En términos generales éstos pueden estar relacionados con el intercambio de propiedades hidrodinámicas, con la dispersión de contaminantes, la distribución de nutrientes, la dinámica poblacional y/o al intercambio genético de diversas especies marinas (Siegel *et al.*, 2003; Cowen, 2000). Una forma de estudiar la conectividad es con una visión Lagrangeana (*i.e.* considerar partículas inertes suspendidas en un campo de velocidad determinado), de esta manera las partículas (que en términos prácticos podrían asemejarse con larvas de algún ser marino, o bien con partículas de algún contaminante).

Este trabajo tiene como zona de estudio al Golfo de California (GC) y parte de las costas del Pacífico Nororiental, en términos de conectividad cabe hacerse varias preguntas, por ejemplo: ¿Existirá la posibilidad de que partículas (larvas) que son producidas en cierto lugar, por ejemplo el Golfo de California, salgan de éste y colonicen otras zonas, como por ejemplo la costa occidental de la península de Baja California (BC) u otras zonas costeras del Pacífico?, si fuera así ¿Cómo lo harían, en qué periodos, con qué probabilidad?, ¿Habrá zonas de tránsito preferencial entre una región y otra?, ¿Qué papel juegan los giros oceánicos en atrapar o expulsar las partículas (*e.g.* larvas, nutrientes, contaminantes)? El objetivo de este trabajo es estudiar y cuantificar de manera estadística la conectividad estacional entre el GC y zonas del Pacífico Nororiental. Además de los métodos Lagrangeanos, se utilizaron métodos numéricos estadísticos basados en cadenas de Markov para establecer los patrones estacionales dominantes del potencial de conectividad entre las regiones antes mencionadas.

## **METODOLOGÍA**

Como primera aproximación para analizar la conectividad se utilizarán trazadores o partículas inertes moviéndose dentro de un fluido. Lo primero que se necesita es el campo de circulación sobre el cual estas partículas fluirán, para ello se emplearon salidas del campo de velocidad de una implementación para la región, basada en el modelo hidrodinámico ROMS (Regional Ocean Modeling System, Shchepetkin y McWilliams, 2005). Como segundo paso se implementó un modelo Lagrangeano que ayude a entender el comportamiento de estos trazadores. Y posteriormente se utilizó un método estadístico basado en cadenas de Markov, el cual ayudará a estudiar el movimiento de las partículas Lagrangeanas, lo que permitirá obtener patrones o rutas "más probables" de la conexión entre las diferentes regiones de interés.

En términos generales el método consiste en visualizar el sistema como un gran número de trayectorias empezando en "varios puntos" del espacio fase y observar su flujo siguiendo el mapeo de celda a celda. La información básica del sistema se da como un campo vectorial, y el objetivo principal es "descubrir" el comportamiento global del sistema. Para finalmente contabilizar, principalmente tres zonas en particular, celdas de equilibrio (puntos fijos), soluciones periódicas (celdas periódicas y sus periodos), y dominios o formas de atracción de cada atractor. Este algoritmo de transporte de "celda a celda" y su aplicación a la oceanografía física ha sido recientemente desarrollado por Parés-Sierra A. y Flores-Morales A.L. 2014-2015.

## **RESULTADOS Y DISCUSIONES PRELIMINARES**

En las figuras se muestra un ejercicio de este método aplicado en un área del GC, en ellas se muestra cuanto tiempo tardaría una partícula que sale de cierto lugar (ej. Bahía Kino y Huatabambo), y en un cierto momento (15 de abril del 2000, 15 de mayo del 2005), en llegar a regiones vecinas.

Sin olvidar que se trata de simulaciones numéricas, a primera aproximación y bajo ciertas condiciones de circulación, este tipo de mapas pueden emplearse como guía para analizar los patrones estacionales de retención o expulsión de partículas, para aplicaciones como las que se han expuesto en los objetivos de este trabajo. Este método y sus aplicaciones logra ver de una forma más cuantitativa y estadística, las trayectorias generadas por el movimiento de las partículas como un sistema dinámico, y de ahí es que se construyen los mapas de probabilidad de transporte de "celda a celda", que, a través de estadística tipo "cadenas de Markov" (Salas-Martinez, 2013) que incluyan la probabilidad y tiempos de arribo a lugares específicos dentro del dominio.

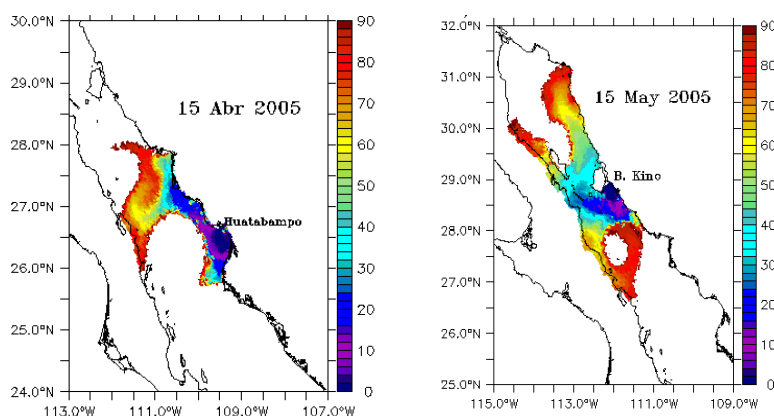


Figura 4. Tiempo de arribo más probable de una partícula saliendo de Huatabampo (izquierda) y de Bahía Kino (derecha), los colores significan el "tiempo probable" en días.

Uno de los aportes más importantes del trabajo es, que fue posible cuantificar la conectividad entre regiones de forma más confiable, *i.e.* en términos de tiempos de ida o llegada, pero está medida del tiempo pesada con su probabilidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Cowen, R.K., 2000. Connectivity of Marine Populations: Open or Closed? *Science*, 287(5454), 857–859.
- Flores-Morales A.L., A. Pares-Sierra, R. Pérez-Enríquez. Modelos Numéricos oceánicos, como herramienta para estudiar la dispersión de virus que infectan al camarón en aguas del Golfo de California. Mayo 2014. XI Encuentro Participación de la Mujer en la Ciencia. León, Gto, México.
- Parés-Sierra A., Flores-Morales, A.L., 2014. A method for the evaluation of global source and destination characterization of geophysical data. Conference: AGU fall meeting 2014, San Fco, CA.
- Parés-Sierra A., Flores-Morales, A.L., 2015. Global characterization of geophysical data using lagrangean data and Markov-chain statistics. Conference: EGU General Assembly 2015, Viena, EGU2015-14667.
- Peven P., Marchesiello P., Debreu L., Lefevre J., 2007. Software tools for pre- and post-processing of oceanic regional simulations. *Environ. Modell. Software*, 23, 660-662.
- Saavedra-Sotelo N.C., Calderon-Aguilera L.E., Reyes-Bonilla H., López-Pérez R.A., Medina-Rosas P., Rocha-Olivares, A., 2011. Limited genetic connectivity of *Pavonagigantea* in the Mexican Pacific: *CoralReefs*, 30, 677-686.

- Salas Martínez J., 2013. Cadenas de Markov desde el punto de vista de las aplicaciones. Tesis de la Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México.
- Shchepetkin, A.F., McWilliams, J.C., 2005. The regional oceanic modeling system (ROMS): a split-explicit, free-surface, topography-following-coordinate oceanic model. *Ocean Modelling*, 9(4), 347-404.
- Siegel D., Kinlan B., Gaylord B., Gaines S., 2003. Lagrangian descriptions of marine larval dispersion. *Marine Ecology Progress Series*, 260, 83-96.
- Siegel, D.A., Mitarai, S., Costello, C.J., Gaines, S.D., Kendall, B.E., Warner, R.R., Winters, K.B., 2008. The stochastic nature of larval connectivity among nearshore marine populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(26), 8974-9.

## UNA CLIMATOLOGÍA ELEMENTAL (1996-2013) DE LA TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE DEL MAR DE LA ZONA DE TRANSICIÓN TÉRMICA DEL PACÍFICO MEXICANO SUBTROPICAL.

**Gallegos García Artemio\*, Rodríguez Sobreya Ranulfo, Lecuanda Camacho Raymundo.**

\*Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, 04510, Delegación Coyoacán, Ciudad de México. Correo electrónico: gallegos@cmarl.unam.mx

### INTRODUCCIÓN

La variabilidad de la temperatura de la superficie del mar (TSM) revela la intensidad de los flujos de energía, momento y masa entre las 'capas límite' del océano y de la tropósfera baja. Por ende, todo análisis estadístico elemental de la distribución espacio-temporal de la variabilidad de la TSM en una región específica del océano, sirve como un método para estudiar la termodinámica, el movimiento y otras características oceanográficas regionales de la capa de mezcla del océano (CMO) inducido por estos flujos. Tal es el caso del estudio y la descripción de los procesos de interacción océano-atmósfera que configuran la zona de la transición térmica del Pacífico mexicano subtropical, recurriendo al análisis de los estadísticos básicos de la distribución espacio-temporal de la variabilidad de la TSM en esta región.

### METODOLOGÍA

A partir de imágenes satelitales diarias de la TSM correspondientes al periodo de enero de 1996 a diciembre de 2013, se calcularon medias mensuales de esta variable. Dentro del área geográfica cubierta por tales imágenes, se eligieron tres transectos rectilíneos de 1800 km de longitud cada uno, con una separación de 100 km entre ellos y en dirección paralela a la costa mexicana del Pacífico subtropical, entre las latitudes de 24.5 °N y 6.0 °N. Se aplicó el 'método de cuadrados mínimos' para ajustar, con polinomios de grado diez, los valores promedio de la TSM a lo largo de cada transecto y para cada mes. Con las curvas polinomiales resultantes, una para cada mes y cada transecto, se estimaron diversos estadísticos elementales de la TSM: promedios, anomalías y varianzas, cuyo examen sirvió para hacer inferencias y conjeturas acerca de los procesos de interacción océano-atmósfera que ocurren en esta área de estudio. Fue necesario definir en cada transecto tres tramos: (a) la zona de la transición térmica (ZT), (b) la zona de la alberca caliente (AC) y (c) la zona frente al Golfo de Tehuantepec (GT).



## **RESULTADOS Y DISCUSIONES**

Los estadísticos promedios de la TSM en el área de estudio indican la existencia de un gradiente térmico promedio de  $1.25 \times 10^{-2} \text{ }^\circ\text{C km}^{-1}$ , de norte a sur, en el tramo 'ZT' de cada transecto. En los tramos intermedios 'AC' el gradiente térmico promedio es casi nulo y la temperatura media es de  $27.0 \text{ }^\circ\text{C}$ . En los tramos 'GT' el gradiente térmico se invierte y toma un valor promedio de  $-0.7 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C km}^{-1}$ , lo cual hace evidente la influencia térmica de la intensa mezcla vertical en la CMO, que de manera intermitente ocurre en el Golfo de Tehuantepec. Por un lado, el análisis comparativo de los 'meses típicos' permite distinguir la duración de las etapas de calentamiento y enfriamiento de la CMO en la zona de la transición térmica del área de estudio (ZT). La primera ocurre de marzo a octubre y la segunda, más rápida, de noviembre a marzo (figura 2). Esto indica que la transferencia de calor de la CMO a la capa límite troposférica, por evaporación y conducción, es más eficaz que la absorción de calor de la CMO por radiación neta. Nuestro análisis de la variabilidad de las curvas de la TSM no muestra rasgos que permitan ponderar con certidumbre la contribución de la advección de calor y la precipitación pluvial en la termodinámica de la CMO en el área de estudio. Por otro lado, las anomalías de la TSM con respecto a diversos 'estados base' de referencia (promedios) exhiben desviaciones estándar irregulares en espacio y en tiempo, de tamaño tal que no se encontró correlación alguna, estadísticamente significativa, con eventos de escala interdecadal como El Niño-Oscilación del Sur. Dada la cortedad temporal de la información analizada de sólo 18 años, tampoco fue posible identificar tendencias de escala climática de la TSM en el área de estudio.

## **CONCLUSIONES**

El Pacífico mexicano subtropical es una región notablemente activa en la transferencia de calor, en forma de evaporación, radiación infrarroja y conducción, de la CMO a la tropósfera. Ello explica la persistente y rápida transformación de las tormentas tropicales que arriban a esta región y su conversión a intensos huracanes, esos que año con año azotan las costas mexicanas. El estudio de la variabilidad espacio-temporal de la TSM usando datos de radiometría satelital se ve limitada por la nubosidad, que inserta en las imágenes satelitales de la TSM extensas áreas carentes de información térmica y en cuyas matrices de números correspondientes, los métodos de interpolación numérica se complican. Por esta razón es necesario recurrir a transectos rectilíneos de la TSM en los que dicha interpolación es viable. El presente trabajo es solo un ejercicio en el estudio de los procesos de interacción océano-

atmósfera que ejemplifica las posibilidades que tiene la elección, el despliegue geográfico y la interpolación numérica de los transectos de la TSM para el análisis óptimo de su distribución y variabilidad espacio-temporal.

## **APLICACIÓN DEL RADAR DE APERTURA SINTÉTICA (SAR) EN LA DETECCIÓN ESTACIONAL DE ONDAS INTERNAS EN EL NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA**

**Gámez Soto Diego \*, Shirasago Germán Bernardo, Pérez Lezama Edgar Leonardo, Obeso Nieblas Maclovio y Guevara Guillen Cristóbal**

\*Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas IPN. Av. Instituto Politécnico Nacional s/n Col. Playa Palo de Santa Rita Apdo. Postal 592. Código Postal 23096. La Paz, B.C.S. México Tels. +52(612) 1234658, 1234734 y 1234666. E-mail: arawing\_02@hotmail.com

### **INTRODUCCIÓN**

Las ondas solitarias o solitones, son una clase de ondas no lineales, observadas frecuentemente con una forma compleja en el océano. Una corriente de marea que fluye sobre estructuras topográficas, tales como umbrales y la plataforma continental en un océano estratificado puede producir ondas internas de frecuencia mareal. Estas ondas fueron por primera vez observadas a principios del siglo 20 originadas por la interacción entre las mareas y la topografía del fondo marino (Zeilon, 1912). Varios autores han mencionado que estas ondas se observan generalmente en verano, al estar atrapadas en una termoclina estacional fuerte y poco profunda (Apel *et al.*, 2006; Chapman *et al.*, 1997; Colosi *et al.*, 2001), con períodos del orden de 10 min y longitudes de onda que van desde 100 a 2000 m aproximadamente. Sus amplitudes son generalmente del orden de 10 m, pero puede ser tan grande como 100 m en ciertos lugares (Holbrook *et al.*, 1980).

Las ondas internas pueden propagarse por varios cientos de kilómetros y transportar masa y momentum y con frecuencia son asociadas con un cambio en la estratificación. Su propagación, lleva consigo una considerable velocidad de cizalladura que puede producir importantes procesos de turbulencia y mezcla. La mezcla a menudo introduce nutrientes de aguas más profundas a la columna de agua, lo cual genera procesos de fertilización de zona que modifican el ecosistema marino (Apel, 2002; Gaxiola-Castro *et al.*, 2002).

En el Golfo de California se han realizado estudios muy escasos de ondas internas y limitados a un corto periodo de tiempo, con datos de satélites y mediciones *in situ*, a pesar de su importancia como un mar con alta productividad y los efectos que estas ondas producen para contribuir a dicha productividad (Fu y Holt, 1982; Gaxiola-Castro *et al.*, 2002; Filonov y Lavín, 2003). El objetivo de éste primer estudio en el Golfo de California, fue determinar la variabilidad estacional en la detección de ondas internas en un periodo 7 años (2000-2006), para lo cual fue necesario determinar el número de imágenes necesarias para detectar trenes de

ondas para este tipo de estudios, en función de la disponibilidad de imágenes almacenadas en las bases de datos ya existentes, que para nuestro caso es de la Agencia Espacial Europea (ESA).

Área de estudio. Las coordenadas del Norte del Golfo de California corresponden a los 32°N-115°W y 28°N-112°W. Su cuenca es poco profunda con un valor medio de 200 m (Figura 1). Una de las características topográficas más importantes de esta zona es la presencia de las Grandes Islas Ángel de la Guarda y Tiburón. La zona de este archipiélago está caracterizada por una complejidad tanto batimétrica como en su dinámica marina. El Canal de Ballenas, situado entre la Península y la Isla Ángel de la Guarda, presenta una profundidad máxima de ~1600 m, a diferencia de la Cuenca Tiburón situada entre las Islas Ángel de la Guarda y Tiburón, que presenta una profundidad máxima de ~500 m (Shepard, 1950). El Canal de Ballenas, se encuentra asilado del golfo central por una cordillera submarina que alcanza una profundidad de ~450 m (Álvarez-Borrego, 2007). Alrededor de estas islas, se localizan cuatro umbrales; el de San Lorenzo, San Esteban, Delfín y Canal de Ballenas.

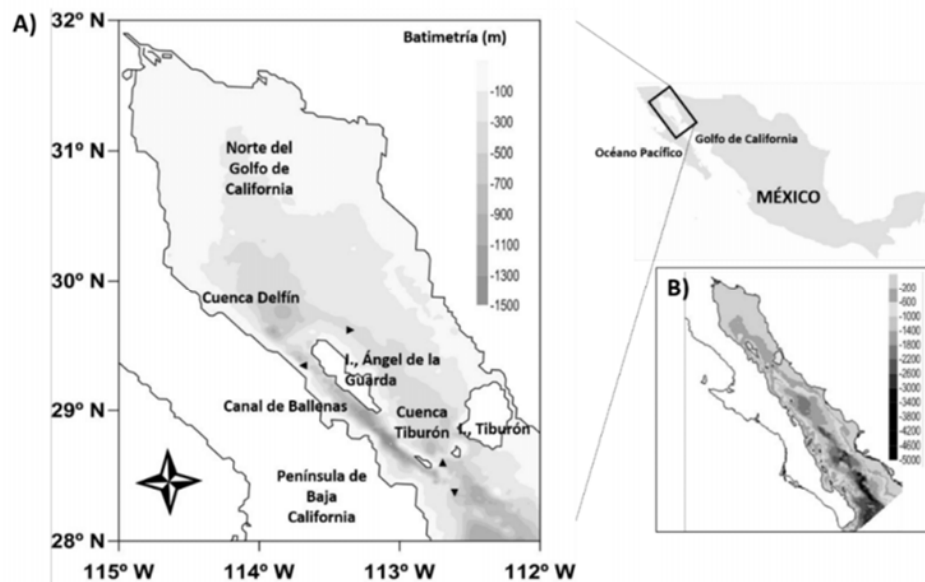


Figura 1. Área de estudio. A) Norte del Golfo de California, con la localización de las Grandes Islas, cuencas, umbrales y batimetría (m). Los triángulos denotan la ubicación de los umbrales (►) Delfín, (◄) Canal de Ballenas, (▲) San Lorenzo y (▼) San Esteban. B) Batimetría del Golfo de California (m).

## MATERIAL Y MÉTODOS.

Se analizaron 369 imágenes en formato SAR\_IM\_0P (ERS-2) y ASA\_IM\_0P (ENVISAT), proporcionadas por la Agencia Espacial Europea (ESA), para detectar ondas internas, por medio de sus firmas de retrodispersión (backscattering). Estas imágenes, cuentan

con una cabecera de datos, la cual incluye información como es; el nombre del satélite, órbita, track, número de registro o de identificación, pasó del satélite (ascendente o descendente), fecha y hora de la adquisición. Las imágenes están compuestas por 3 cuadros (frames) que pertenecen a la misma órbita y cubren un área de 100x300 km aproximadamente. Debido a la discontinuidad en espacio y tiempo en la adquisición de imágenes SAR por la ESA durante los 7 años se infirió la incidencia de ondas internas por estación del año. Se calcularon el número de imágenes SAR necesarias para detectar una con ondas internas con la ecuación  $N=1/((n_{iw}/n_{si}))$ , donde N es el número de imágenes SAR requeridas para obtener una escena con ondas internas,  $n_{iw}$  es el número de imágenes con ondas internas y  $n_{si}$  es el número de imágenes SAR obtenidas para cada estación del año. El denominador se calculó usando el total de imágenes SAR adquiridas por la ESA y el número de imágenes con ondas internas para cada estación de cada año. Posteriormente se obtuvo el promedio para cada estación de todo el periodo de estudio.

## RESULTADOS

De las 369 imágenes SAR analizadas, sólo 66 (18%) mostraron la presencia de trenes de ondas internas. Estos registraron diferentes patrones de distribución y en algunos casos se observó una fuerte interferencia entre los trenes, en sus trayectorias de propagación. En su mayoría estuvieron conformados por 1-8 trenes de ondas internas con diferentes direcciones y números de ondas. En este análisis estacional, se encontró que el invierno presentó la menor ocurrencia de imágenes con ondas internas con una proporción promedio de 1:15, significando que se requirieron 15 imágenes SAR para detectar un tren de ondas internas, a diferencia de primavera y verano que presentaron una tasa promedio de 1:4 y en otoño esta fue de 1:8 (Figura 2).

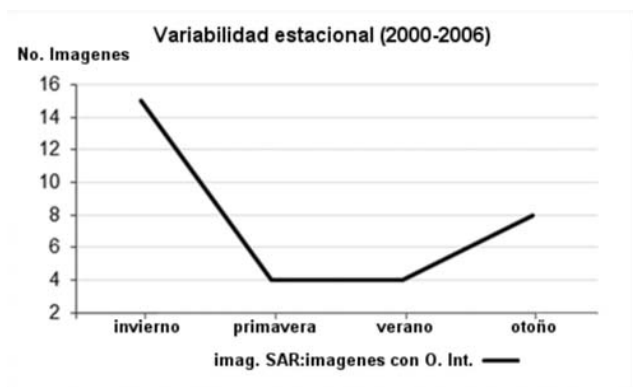


Figura 2 Proporción promedio estacional del número de imágenes SAR adquiridas por la ESA e imágenes con ondas internas, en la parte Norte del Golfo de California.



## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El presente trabajo permitió identificar la presencia de OI en el NGC mediante imágenes SAR, durante los 7 años analizados. Este estudio es el primero en describir la variabilidad estacional de OI en este mar de forma cuantificable. La alta detección en primavera y verano de ondas internas y una menor en otoño y poca en invierno es consistente con las condiciones hidrográficas en el Golfo de California, prevaleciendo una capa de mezcla somera y una termoclina escarpada en primavera y verano. En otoño la capa de mezcla se engrosa permaneciendo la termoclina, mientras que en el invierno las condiciones frías generan una capa de mezcla y una termoclina no muy definidas (Lavín y Marinone 2003; Castro *et al.*, 2006). Se concluye que las imágenes del tipo mirada rápida (quick look), de baja resolución son muy útiles en la detección de los fenómenos marinos, como en este caso de estudio de ondas internas. Por lo que en lo particular, en este estudio se detectaron fenómenos en 369 imágenes SAR, de las cuales solo en el 18% (66 imágenes) se observaron ondas internas, en la parte norte del Golfo de California.

AGRADECIMIENTOS. Este trabajo fue realizado con el apoyo del Instituto Politécnico Nacional, CONACYT y la Agencia Espacial Europea (ESA). También damos las gracias a COFAA y EDI por los apoyos económicos brindados.

## BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez-Borrogo S., 2007. Oceanografía de la región de las grandes islas Cap., 2. Bahía de los Ángeles: Recursos naturales y comunidad, Línea base 2007. Ed. Gustavo D. Danemann and Exequiel Ezcurra (Eds.). San Diego California. 45-65p.
- Apel J.R., 2002. Oceanic internal waves and solitons. An atlas of oceanic internal solitary waves. Global Ocean Associates. Prepared for Office of Naval Research-Code 322 PO.
- Apel J.R., Ostrovsky L.A., Stepanyants Y., Lynch J.F., 2006. Internal solitons in the ocean. Report MERCIRA0695, Milton S. Eisenhower Research Center, Johns Hopkins APL Technical Digest. The Johns Hopkins University, Baltimore, Maryland, US. 69pp.
- Chapman R.D., Golenko N.N., Paka V.T., Sabinin K., Vlasenko V.I., 1997. Dynamics of Baroclinic Tides on the US Shelf. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*, 33, 702-714.

- Colosi J.A., Beardsley R.C., Lynch J.F., Gawarkiewicz G., Ching-Sang C., Scotti A., 2001. Observations of nonlinear internal waves on the outer New England continental shelf during the summer Shelfbreak Primer study (1978-2012). *Journal of Geophysical Research; Coastal*, 106(C5), 9587-9601.
- Filonov A.E., Lavín M.F., 2003. Internal tides in the northern Gulf of California. *Journal of Geophysical Research Coastal*, 108(C5), 3151-X.
- Fu L.L., Holt B., 1982. Seasat views oceans and sea ice with synthetic aperture radar. *Jet Propulsion Laboratory Publication* 81-120, Pasadena CA.
- Gaxiola-Castro G., Álvarez-Borrego S., Nájera-Martínez S., Zirino A.R., 2002. Internal wave's effect on the Gulf of California phytoplankton. *Ciencias Marinas*, 28(3), 297-309.
- Holbrook J.R., Apel J.R., Tsai J.J., 1980. The Sulu Sea Internal Soliton Experiment, Part B: Observations of large-amplitude nonlinear waves. *EOS*, 61, 1009-X.
- Lavín M.F., Marinone S.G., 2003. An overview of the physical oceanography of the Gulf of California, in *Nonlinear Processes in Geophysical Fluid Dynamics*. In: Velasco O.U., Sheinbaum J., Ochoa, J., (ed). Springer, New York. 173–204p.
- Shepard F.P., 1950. EW Scripps cruise to the Gulf of California. Part III: Submarine topography of the Gulf of California. *The Geological Society of America Member*, 43, 1-32.
- Zeilon N., 1912. On tidal boundary-waves and related hydrodynamic problems. *Handi Kongliga Svenska Vetenskaps-Akademien*, 47(4), 1-46.

## ANÁLISIS TEMPORAL 2009-2016 DE ALGUNOS PARÁMETROS AMBIENTALES EN LA LAGUNA DE CUYUTLÁN, COLIMA, MÉXICO

Gaviño-Rodríguez Juan Heberto\*, Reyes-Herrera Ezequiel Alejandro\*\*,  
Obeso-Nieblas Maclovio\*\*\*, Quijano-Scheggia Sonia Isabel\*.

\*CeUnivo U de C., gavinho@ucol.mx, \*\*Posgrado UNAM, Instituto de Biología, \*\*\*CICIMAR-IPN, la Paz, B.C.S., FACIMAR U de C.

### INTRODUCCIÓN

En este trabajo se utiliza análisis armónico para determinar las amplitudes del periodo fundamental anual y sus señales armónicas en la evolución temporal de las mediciones de los parámetros temperatura y humedad relativa del aire y de la temperatura, salinidad y profundidad de la columna de agua en la laguna costera de Cuyutlán. En base a una serie de datos nocturnos de temperatura y humedad relativa del aire, temperatura, salinidad y profundidad de la columna de agua, en varios puntos alrededor de las márgenes de los vasos II y III de la Laguna de Cuyutlán, que fueron recabados con una frecuencia de al menos 2 veces por mes durante los periodos de 08.2009 a 07.2010 (sin apertura y ampliación del Canal de Tepalcates), y de 05.2013 a 06.2016 (con apertura, ampliación y dragado del Canal de Tepalcates) y se promediaron por recorrido (Figura 1) para cada vaso, se hace un análisis armónico con el objeto de ver si existe alguna periodicidad y en tal caso que periodos y con qué amplitudes están presentes y que tanto explican las observaciones.



Figura 1. Superposición de algunos recorridos realizados y de algunos puntos donde se efectuaron mediciones en el Vaso III

En el presente trabajo se utilizó el método de análisis armónico de manera similar a como se utilizó en Reyes-Herrera (2012). Con el objetivo de determinar la variabilidad temporal la amplitud y fase con que está presente la señal climática anual y sus armónicos en los datos nocturnos de temperatura y humedad relativa del aire, temperatura, salinidad y profundidad de la columna de agua en la Laguna de Cuyutlán.

## METODOLOGÍA

Si por la naturaleza de los datos, se sabe que están presentes ciertas periodicidades, su amplitud (intensidad con la que se manifiestan) y fase se pueden determinar con análisis armónico: y la evolución temporal de una variable se puede expresar como una combinación lineal de funciones armónicas de ciertos periodos  $p_k$  dados. Es decir, si una serie temporal de datos  $\hat{T}_t$  se puede expresar de la forma:

$$T_t = \sum_{k=1}^m A_k \cos(\omega_k t - \phi_k) = \sum \{a_k \cos(\omega_k t) + b_k \sin(\omega_k t)\} = \sum \{a_k C_{kt} + b_k S_{kt}\} \quad t = t_1, \dots, t_n \quad (1)$$

donde  $\omega_k = 2\pi / p_k$ , es la frecuencia angular,  $\phi_k$  la fase correspondiente y como  $a_k = A_k \cos(\phi_k)$ ,  $b_k = A_k \sin(\phi_k)$ , se tiene que las amplitudes y fases de cada señal involucrada se obtiene de  $A_k^2 = a_k^2 + b_k^2$  y  $\phi_k = \arctan(b_k / a_k)$ , una vez que se conocen  $a_k$  y  $b_k$ . En general los tiempos  $t_k$  en los cuales se realizan las mediciones, están espaciados en este caso arbitrariamente.

La ecuación (1) se puede escribir en forma matricial como

$$\hat{T}_t = [\hat{C}_{1t} \hat{C}_{2t} \dots \hat{C}_{nt}] \hat{a} + [\hat{S}_{1t} \hat{S}_{2t} \dots \hat{S}_{nt}] \hat{b} \quad (2)$$

o también  $\hat{T}_t = [\hat{C}_t] \hat{a} + [\hat{S}_t] \hat{b}$ ;  $\bar{T}_t = \bar{a}[\bar{C}_t] + \bar{b}[\bar{S}_t]$

donde  $\bar{a} = [a_1 \ a_2 \ \dots \ a_n]$ ,  $\bar{b} = [b_1 \ b_2 \ \dots \ b_n]$ ,  $\bar{T}_t = [T_{t1}, T_{t2}, \dots, T_{tn}]$ ,  $\bar{C}_{kt} = [C_{kt1}, C_{kt2}, \dots, C_{ktn}]$

$$\bar{S}_{kt} = [S_{kt1}, S_{kt2}, \dots, S_{ktn}], \quad C_{ktl} = \cos(\omega_k t_l), \quad S_{ktl} = \sin(\omega_k t_l), \quad [\hat{C}_t] = [\hat{C}_{1t}, \dots, \hat{C}_{nt}]$$

Los  $a_k$  y  $b_k$  se obtienen de la condición de que la suma de los cuadrados de los residuos sea mínima, es decir

$$R^2 = \bar{R}\hat{R} = (\bar{T}_t - \bar{a}[\bar{C}_t] + \bar{b}[\bar{S}_t])(\hat{T}_t - [\hat{C}_t]\hat{a} + [\hat{S}_t]\hat{b}) = \min$$



Las condiciones para mínimo  $\partial_{\bar{a}}R = 0$  y  $\partial_{\bar{b}}R = 0$  conducen a

$$[\bar{C}_t](\hat{T}_t - [\hat{C}_t]\hat{a} + [\hat{S}_t]\hat{b}) = 0 \text{ y } [\bar{S}_t](\hat{T}_t - [\hat{C}_t]\hat{a} + [\hat{S}_t]\hat{b}) = 0, \text{ es decir,}$$

$$[\bar{C}_t\hat{C}_t]\hat{a} + [\bar{C}_t\hat{S}_t]\hat{b} = [\bar{C}_tT_t] \text{ y } [\bar{S}_t\hat{C}_t]\hat{a} + [\bar{S}_t\hat{S}_t]\hat{b} = [\bar{S}_tT_t], \text{ o escritas en forma conjunta}$$

$$\begin{bmatrix} [\bar{C}_t\hat{C}_t] & [\bar{C}_t\hat{S}_t] \\ [\bar{S}_t\hat{C}_t] & [\bar{S}_t\hat{S}_t] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{a} \\ \hat{b} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{C}_t\hat{T}_t \\ \bar{S}_t\hat{T}_t \end{bmatrix}$$

que es la ecuación que se resuelve para obtener  $\bar{a}$  y  $\bar{b}$

En nuestro caso se considera que el periodo fundamental es el anual ( $T_1 = 365.25$  días) y que los armónicos presentes vienen dados por  $T_k = \frac{1}{k} T_1$  con  $k = 2, 3, \dots, n$ , como se ve  $k = 2$  sería una señal semestral,  $k = 3$  una cuatrimestral,  $k = 4$  una estacional o trimestral,  $k = 6$  una bimensual, etc.

## RESULTADOS

En general se encuentra que los primero cuatro modos explican prácticamente el contenido periódico de la señal.

En la parte inferior de cada gráfica después del nombre de la variable, aparecen pares de números encerrados en paréntesis rectangular, el de la izquierda se refiere al # modo y el de la derecha a su amplitud, después de la palabra corrs= correlaciones aparecen en paréntesis rectangular 4 números que corresponden a los modos que primero se están considerando (en general en orden de mayor amplitud). por ejemplo en

Temp agua [0 28.67][1 2.35][3 0.61][5 0.40][6 0.33][2 0.28][8 0.22][7 0.17][4 0.15]

Temp agua corrs [1,3|5 6] = 0.804 0.820 tot = 0.831

el modo 0 es el valor promedio = 28.67 °C, el 1 es la amplitud de la señal anual = 2.35 °C, el 3 la de la cuatrimestral = 0.61 °C, el 5 de 2.4 meses 0.40 °C, etc., la correlación con los 2 modos de mayor amplitud es 0.804, la correlación con los 4 de mayor amplitud es 0.820 y la correlación con todos los modos es 0.831.

Las variables que no dependen de la apertura en Tepalcates, muestran correlaciones muy parecidas si se considera el intervalo temporal desde 2009 o desde 2011 a la fecha



2009-2015 Salinidad [0 31.42][1 4.84][2 1.63][6 1.51][5 1.46][7 1.08][3 0.71][4 0.56][8 0.17]  
 2009-2015 Salinidad corr [1,2|6 5] = 0.636 0.685 tot = 0.707  
 2011-2015 Salinidad [0 30.89][1 4.95][6 2.03][5 1.79][2 1.73][7 1.02][3 1.02][4 0.59][8 0.22]  
 2011-2015 Salinidad corr [1,6|5 2] = 0.621 0.685 tot = 0.709  
 2009-2015 Temp agua [0 28.67][1 2.35][3 0.61][5 0.40][6 0.33][2 0.28][8 0.22][7 0.17][4 0.15]  
 2009-2015 Temp agua corr [1,3|5 6] = 0.804 0.820 tot = 0.831  
 2011-2015 Temp agua [0 28.87][1 2.37][3 0.66][5 0.51][6 0.31][8 0.26][2 0.23][7 0.19][4 0.05]  
 2011-2015 Temp agua corr [1,3|5 6] = 0.828 0.845 tot = 0.854  
 2009-2015 Temp aire [0 24.12][1 2.98][3 0.70][4 0.41][6 0.30][7 0.28][5 0.25][8 0.24][2 0.20]  
 2009-2015 Temp aire corr [1,3|4 6] = 0.798 0.806 tot = 0.816  
 2011-2015 Temp aire [0 24.53][1 2.78][3 0.80][7 0.47][4 0.43][8 0.32][2 0.26][5 0.24][6 0.21]  
 2011-2015 Temp aire corr [1,3|7 4] = 0.815 0.832 tot = 0.841  
 2009-2015 Hum. rel. [0 82.82][2 1.02][5 1.01][3 0.97][6 0.74][7 0.57][4 0.40][8 0.38][1 0.35]  
 2009-2015 Hum. rel. corr [2,5|3 6] = 0.268 0.368 tot = 0.407  
 2011-2015 Hum. rel. [0 82.51][2 1.20][6 0.82][5 0.75][3 0.72][7 0.71][8 0.51][4 0.42][1 0.32]  
 2011-2015 Hum. rel. corr [2,6|5 3] = 0.281 0.328 tot = 0.376

La variable que sí depende de la apertura como la profundidad en el punto de medición, ya que este parámetro es una manera indirecta de apreciar el nivel de la marea presente en el momento de las mediciones, muestra cambios apreciables en la correlación con los datos.

2009-2015 Prof [0 0.67][1 0.12][4 0.05][3 0.05][6 0.03][7 0.02][8 0.01][2 0.01][5 0.01]  
 2009-2015 Prof corr [1,4|3 6] = 0.447 0.496 tot = 0.505  
 2011-2015 Prof [0 0.70][1 0.15][4 0.07][3 0.04][7 0.02][6 0.02][8 0.02][2 0.01][5 0.01]  
 2011-2015 Prof corr [1,4|3 7] = 0.556 0.578 tot = 0.587

Salinidad [0 31.42][1 4.84][2 1.63][6 1.51][5 1.46][7 1.08][3 0.71][4 0.56][8 0.17]  
 Salinidad corr [1,2|6 5] = 0.636 0.685 tot = 0.707

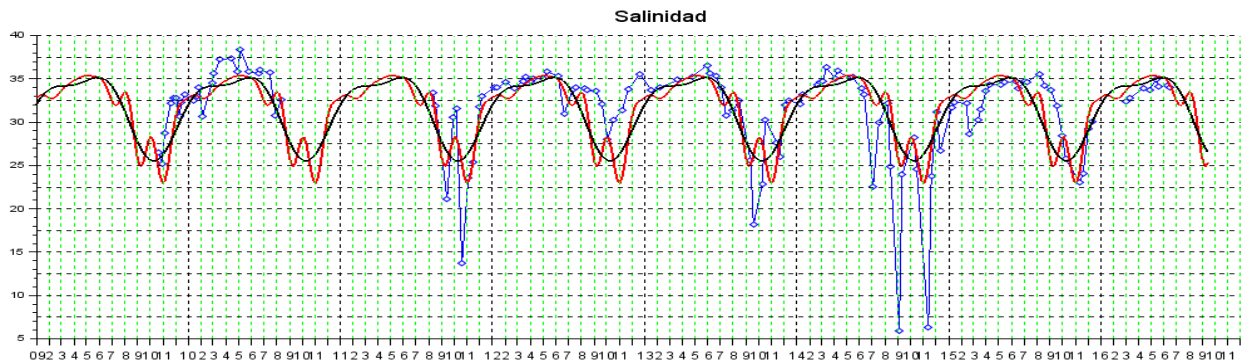


Figura 2. Análisis armónico para la temporada 2009-2015 de la salinidad promedio del agua del punto de medición. Los puntos azules se refieren a los datos, línea continua negra a la reconstrucción con los dos periodos de mayor amplitud, la línea continua roja a la reconstrucción con todos los periodos considerados (8).

Temp agua [0 28.67][1 2.35][3 0.61][5 0.40][6 0.33][2 0.28][8 0.22][7 0.17][4 0.15]

Temp agua corr [1,3|5 6] = 0.804 0.820 tot = 0.831

Temp aire [0 24.12][1 2.98][3 0.70][4 0.41][6 0.30][7 0.28][5 0.25][8 0.24][2 0.20]

Temp airecorr [1,3|4 6] = 0.798 0.806 tot = 0.816

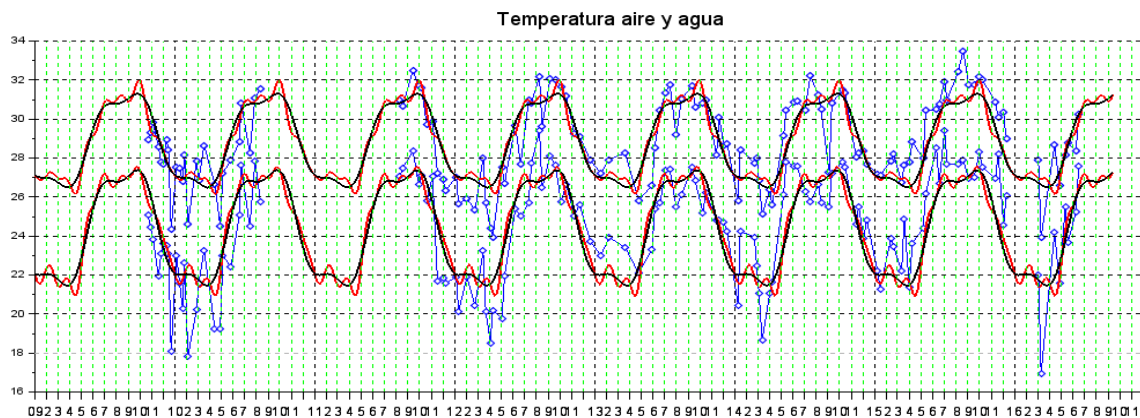


Figura 3. Análisis armónico para la temporada 2009-2015 de la temperatura promedio del agua (curvas superiores) y del aire (curvas inferiores) en el punto de medición. Los puntos azules se refieren a los datos, línea continua negra a la reconstrucción con el periodo anual y semianual, la línea continua roja a la reconstrucción con todos los periodos considerados

Prof [0 0.67][1 0.12][4 0.05][3 0.05][6 0.03][7 0.02][8 0.01][2 0.01][5 0.01]

Prof corr [1,4|3 6] = 0.447 0.496 tot = 0.505

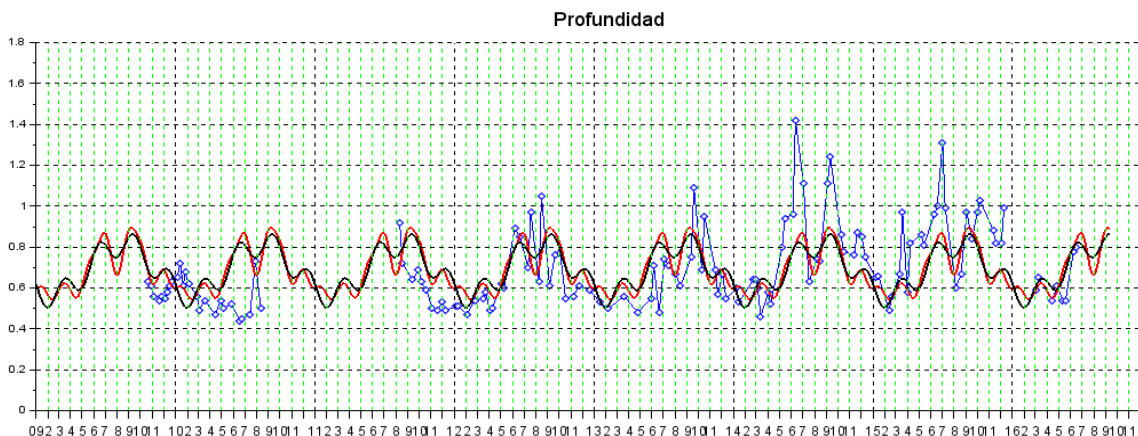


Figura 4. Análisis armónico para la temporada 2009-2015 de la profundidad promedio en el punto de medición. Los puntos azules se refieren a los datos, línea continua negra a la reconstrucción con los dos periodos de mayor amplitud, la línea continua roja a la reconstrucción con todos los periodos considerados(8)

Hum. rel [0 82.82][2 1.02][5 1.01][3 0.97][6 0.74][7 0.57][4 0.40][8 0.38][1 0.35]

Hum. relcorr [2,5|3 6] = 0.268 0.368 tot = 0.407

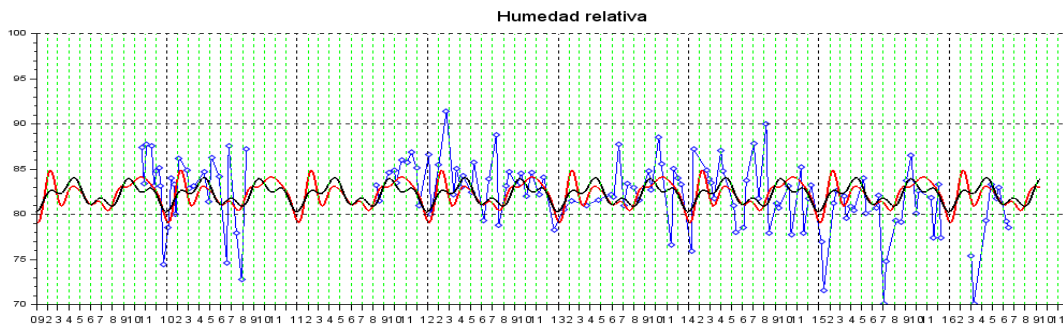


Figura 5. Análisis armónico para la temporada 2009-2015 de la humedad relativa promedio en el punto de medición. Los puntos azules se refieren a los datos, línea continua negra a la reconstrucción con los dos periodos de mayor amplitud, la línea continua roja a la reconstrucción con todos los periodos considerados (8)

**DISCUSIÓN**

Los parámetros que no dependieron de la apertura del Canal de Tepalcates y que mejor correlación mostraron con los datos fueron las temperaturas del agua, aire y salinidad con 0.83, 0.82 y 0.71 respectivamente, la humedad relativa no mostró periodicidad pues la correlación con las observaciones es apenas de 0.41, la profundidad del punto de medición que es una manera indirecta de apreciar el nivel de la marea, cuya influencia se incrementó apreciablemente al momento de la ampliación aumenta de 0.51 a 0.59, si sólo se considera el

intervalo de 2011 a 2015. Las mayores amplitudes la tuvieron la señal anual y cuatrimestral para las temperaturas, la anual y semestral para la salinidad y la anual y estacional la profundidad.

### **CONCLUSIÓN**

El análisis armónico de una serie temporal de promedios de mediciones de los parámetros ambientales temperatura del aire, temperatura, salinidad y profundidad de la columna de agua, medidos en la Laguna de Cuyutlán, permite encontrar las señales climáticas del modo fundamental anual y sus armónicos mas importantes presentes en estas variables. Sin embargo en el caso de la humedad relativa no se encontró periodicidad significativa.

### **REFERENCIA**

Reyes Herrera E.A., 2012. Análisis temporal de la temperatura superficial y concentración de Cl-A en el Pacífico central mexicano mediante sensores remotos, 1998-2007. Tesis de Maestría de FACIMAR de la Universidad de Colima. 97pp.

## RELACIÓN ENTRE LAS MASAS DE AGUA DE BAHÍA DE LA PAZ Y LOS FENÓMENOS DE MACROESCALA

**Guevara-Guillén Cristóbal\*, Shirasago-Germán Bernardo\*,  
Pérez-Lezama Edgar Leonardo\*, Obeso-Nieblas Maclovio\*, Gámez-Soto Diego**

\*Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN), Col. Playa Palo de Santa Rita,  
Código Postal 23096, La Paz, Baja California Sur, México. Correo electrónico:  
gcrisobalg@hotmail.com

### INTRODUCCIÓN

Existen diversos fenómenos de macroescala en el Océano Pacífico (OP), entre los que destacan El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) (Schwing *et al.*, 2002), la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) (Mantua *et al.*, 1997), el patrón del Pacífico-Norte Americano (PNA) (Wallace y Gutzler, 1981) y el patrón del Pacífico Norte (NP) (Trenberth y Hurrell, 1994). El cuerpo de agua protegido más extenso en la costa occidental del Golfo de California (GC) es la Bahía de La Paz (BLP). Dentro de ella ocurren diversos procesos físicos, como arrastres y mezclas por viento, mezcla por mareas, intercambio de calor y evaporación, por lo que su estructura termohalina llega a presentar diferencias con el golfo (Obeso-Nieblas *et al.*, 2001). En la BLP se han registrado tres masas de agua, cuya presencia varía de acuerdo a la época del año y a la influencia de fenómenos de macroescala como el ENSO: Agua del Golfo de California (AGC), AST y Agua Subsuperficial Subtropical (ASsSt) (Torres-Orozco, 1993). El patrón general muestra que en invierno únicamente se registra el AGC y el ASsSt, mientras que al final de primavera y verano se encuentran AGC, AST y ASsSt, debido a la presencia de aguas oligotróficas del OP (Obeso-Nieblas *et al.*, 2014). En este trabajo analizamos la variabilidad de las masas de agua en la BLP (1994-2009) y su relación con fenómenos de macroescala del OP. Para cumplir este objetivo, realizamos un análisis mensual de la variabilidad de tales masas de agua y de ocho índices climáticos representativos de los fenómenos de macroescala del OP.

Área de estudio. La BLP está localizada entre los 24.1°-24.8°N y 110.2°-110.8°O (Figura 1), tiene unas dimensiones aproximadas de 70 km de largo por 30 km de ancho y presenta un gradiente batimétrico de 40 m (Cruz Orozco *et al.*, 1996).



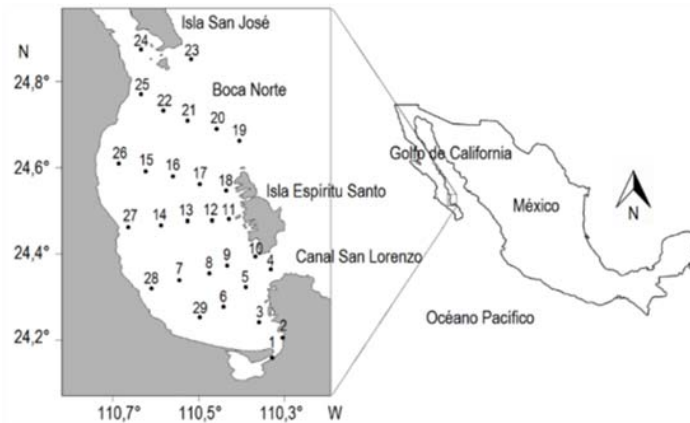


Figura 1. Bahía de La Paz y estaciones de muestreo.

## MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron los datos de un CTD Sea-Bird SBE 19 plus, en 29 estaciones oceanográficas (Figura 1). Los datos corresponden a veintiséis cruces realizados durante 1994-2009. Las masas de agua fueron clasificadas de acuerdo al criterio de Torres-Orozco (1993). También se crearon dos subclasificaciones: AGC Modificada (AGCM), (salinidad 35-35.1 y temperatura mayor a 15°C) y ASsSt Modificada (ASsStM) (salinidad 34.5-35 y temperatura 15-18°C). Con los datos de CTD se determinó la dominancia y variabilidad de las masas de agua utilizando el porcentaje de presencia de cada una. Se realizó un análisis de correlación de Spearman ( $p < 0,005$ ), entre la variabilidad de los porcentajes de las masas de agua en la BLP y los valores de ocho índices climáticos del OP. El análisis se realizó con los valores del mismo mes y de hasta dos meses anteriores.

## RESULTADOS

Los porcentajes estacionales de las masas de agua (Tabla 1), presentaron una marcada estacionalidad y una importante variabilidad. En el invierno, el AGC es la que domina, mientras que el AST es la que registra en menor cantidad. Destacan los registros extremos de AGC, con los valores más altos en 1994 y 2002 y con el menor en 1998. Este último año presentó un considerable aumento de AST, AGCM y ASsStM, dominando el ASsSt. En la primavera, el ASsSt y en menor medida el AGC, son las dominantes. Se observó una alternancia entre el dominio de estas masas de agua, destacando los años de 1996 con mayor presencia de ASsSt, 1997 con mayor cantidad de AGC y el 2008 mostrando nuevamente el dominio de ASsSt. Así mismo, en 1997 se detectó un poco de AST. Posteriormente, en verano el AGC vuelve a ser

dominante. La presencia de AST aumentó respecto al invierno y primavera. Destacó el año de 1998 por presentar la mayor cantidad de AGC del estudio. Finalmente, en el otoño se presenta la menor cantidad de AGC y la mayor cantidad de AST de todo el año.

Tabla 1. Porcentajes de las masas de agua en Bahía de La Paz por estación durante 1994–2009

<b>Invierno</b>	<b>AGC</b>	<b>AGCM</b>	<b>ASsSt</b>	<b>ASsStM</b>	<b>AST</b>
1994	82	0	18	0	0
1996	59	10	30	1	0
1997	59	2	39	0	0
1998	1	29	49	13	8
2002	85	1	14	0	0
2005	24	30	32	14	0
2007	22	13	51	10	4
2008	54	8	38	0	0
2009	42	6	48	4	0
Promedio	48	11	35	5	1
<b>Primavera</b>	<b>AGC</b>	<b>AGCM</b>	<b>ASsSt</b>	<b>ASsStM</b>	<b>AST</b>
1996	26	5	68	1	0
1997	67	13	15	2	3
2001	31	17	50	2	0
2008	19	9	64	8	0
2009	43	12	44	1	0
Promedio	37	11	48	3	1
<b>Verano</b>	<b>AGC</b>	<b>AGCM</b>	<b>ASsSt</b>	<b>ASsStM</b>	<b>AST</b>
1996	42	18	40	0	0
1996	39	31	25	5	0
1998	93	1	0	0	0
2001	37	31	31	1	0
2004	21	7	33	14	25
2006	21	13	34	20	12
2009	18	24	31	10	17
Promedio	39	18	28	7	8
<b>Otoño</b>	<b>AGC</b>	<b>AGCM</b>	<b>ASsSt</b>	<b>ASsStM</b>	<b>AST</b>
1995	20	17	28	16	19
1999	33	11	54	2	0
2001	0	2	22	13	63
2008	8	35	36	16	5
2009	46	18	26	10	0
Promedio	21	17	33	11	18

Las series de tiempo de los porcentajes de masas de agua y la variabilidad de ocho índices climáticos mostraron correlaciones significativas (Tabla 2). El AGCM y el ASsStM se correlacionaron con el índice PNA. El AGCM se correlacionó con los valores del segundo mes anterior a los muestreos y el ASsStM con los valores de un mes previo. Respecto al AST y los valores de los índices climáticos de un mes anterior a los muestreos: la correlación más significativa del estudio se encontró con el PNA, también se encontraron correlaciones significativas con los índices del ENSO: una correlación negativa con el SOI y positivas con los

índices ONI y BEST. Las correlaciones con el ONI y el BEST se encontraron también con el segundo mes anterior a los muestreos.

Tabla 2. Correlaciones de Spearman entre el porcentaje de las masas de agua y la variabilidad de ocho índices climáticos, 1994–2009 ( $p < 0,005$ ). Los números en negrita representan correlaciones estadísticamente significativas.

<b>% AGC Spearman rs</b>	<b>ONI</b>	<b>MEI</b>	<b>BEST</b>	<b>SOI</b>	<b>NOI</b>	<b>PDO</b>	<b>PNA</b>	<b>NP</b>
Mismo mes	-0,12	-0,06	-0,18	0,28	-0,03	0,16	-0,10	-0,10
1 mes anterior	-0,15	0,04	-0,18	0,28	0,13	0,15	-0,39	-0,09
Segundo mes anterior	-0,15	-0,06	-0,09	-0,03	-0,11	0,20	-0,20	-0,27
<b>% AGCM Spearman rs</b>	<b>ONI</b>	<b>MEI</b>	<b>BEST</b>	<b>SOI</b>	<b>NOI</b>	<b>PDO</b>	<b>PNA</b>	<b>NP</b>
Mismo mes	0,32	0,28	0,35	-0,34	-0,18	0,09	-0,03	0,11
1 mes anterior	0,30	0,16	0,34	-0,15	0,00	0,07	0,29	0,25
Segundo mes anterior	0,28	0,22	0,16	-0,12	-0,06	0,07	<b>0,54</b>	0,22
<b>% ASsSt Spearman rs</b>	<b>ONI</b>	<b>MEI</b>	<b>BEST</b>	<b>SOI</b>	<b>NOI</b>	<b>PDO</b>	<b>PNA</b>	<b>NP</b>
Mismo mes	-0,22	-0,22	-0,21	0,15	-0,11	-0,19	0,10	-0,09
1 mes anterior	-0,31	-0,38	-0,29	0,09	0,16	-0,32	-0,11	-0,09
Segundo mes anterior	-0,34	-0,48	-0,42	0,37	0,30	-0,22	0,08	-0,17
<b>% ASsStM Spearman rs</b>	<b>ONI</b>	<b>MEI</b>	<b>BEST</b>	<b>SOI</b>	<b>NOI</b>	<b>PDO</b>	<b>PNA</b>	<b>NP</b>
Mismo mes	0,29	0,22	0,37	-0,44	-0,12	-0,04	-0,11	0,07
1 mes anterior	0,36	0,18	0,40	-0,42	-0,20	0,02	<b>0,68</b>	0,02
Segundo mes anterior	0,37	0,28	0,32	-0,21	-0,01	-0,08	0,19	0,29
<b>% AST Spearman rs</b>	<b>ONI</b>	<b>MEI</b>	<b>BEST</b>	<b>SOI</b>	<b>NOI</b>	<b>PDO</b>	<b>PNA</b>	<b>NP</b>
Mismo mes	0,48	0,38	0,52	-0,42	0,09	0,15	-0,03	0,12
1 mes anterior	<b>0,58</b>	0,44	<b>0,57</b>	<b>-0,59</b>	-0,40	0,22	<b>0,72</b>	0,00
Segundo mes anterior	<b>0,58</b>	0,53	<b>0,58</b>	-0,32	-0,10	0,03	0,15	0,37

## DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

Respecto a los promedios estacionales de las masas de agua presentes, su patrón coincide con Obeso-Nieblas *et al.* (2014), quienes mencionan que durante la primavera arriba agua fría y densa del GC, producto de la flotabilidad positiva originada por la surgencia costera que se presenta en su costa occidental, debido a la acción de los vientos del sur y a la radiación solar. Durante verano disminuye la salinidad en BLP, el AGC y el ASsSt comienzan a ser sustituidas por AGCM, ASsStM y AST, esto puede ser causado por los vientos débiles del sureste y calmas frecuentes (Zeitzschel, 1969) que también intensifican la CCM y favorecen la entrada de agua subtropical a la entrada del GC (Godínez-Sandoval, 2011). Finalmente, durante otoño se registran las mayores intrusiones de AST. Lo anterior pese a que en este periodo inician los vientos fuertes y dominantes del noroeste (Zaytsev *et al.*, 2010). El patrón de las masas de agua en BLP concuerda con las observaciones de Sánchez-Velasco *et al.*, (2006), para el periodo 2001-2002 y con los registros de AST de Salinas-González *et al.*, (2003) durante los veranos 1997 y 1999. La variabilidad de los porcentajes de las masas de agua en la BLP mostró correlaciones significativas con los valores de los índices climáticos de 1-2 meses anteriores a las campañas oceanográficas. Las correlaciones significativas entre los porcentajes

de AGCM y ASsStM y los valores del índice PNA (con el segundo y el primer mes anterior a cada muestreo respectivamente), mostraron la influencia del fenómeno del PNA con un marcado retraso. Los porcentajes de AST y los valores del índice PNA del mes anterior a cada muestreo presentaron la correlación más alta del estudio, esto concuerda parcialmente con el trabajo de Salinas-González *et al.* (2003), quienes registraron una gran cantidad de AST en BLP durante octubre 1997 y noviembre 1998, que coincidió con valores positivos del PNA. Este estudio corrobora la influencia del ENSO sobre la variabilidad de las masas de agua en la BLP, principalmente en las intrusiones de AST y como el fenómeno del PNA determina su variabilidad.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Cruz Orozco R., Martínez-Noriega C., Mendoza-Maravillas A., 1996. Batimetría y sedimentos en la Bahía de La Paz. *Oceánides*, 7, 21-27.
- Godínez-Sandoval V.M., 2011. Dinámica y termodinámica en la entrada exterior al Golfo de California. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, B. C., México, 139pp.
- Mantua N.J., Hare S.R., Zhang, W.J.M., Francis R.C., 1997. A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. *B. Am. Meteorol. Soc.*, 78, 1069-1079.
- Obeso-Nieblas M., Gaviño-Rodríguez J.H., Shirasago-Germán B., Alatorre-Mendieta M.A., Jiménez-Illescas A.R., Sánchez-Velasco L., 2001. Análisis de la estructura hidrográfica en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. Unión Geofísica Mexicana, A. C. Reunión Anual.
- Obeso-Nieblas M., Gaviño-Rodríguez J.H., Obeso-Huerta H., Muñoz-Casillas S.I., 2014. Variabilidad espacial termohalina, masas de agua y circulación geostrofica en Bahía de La Paz, Golfo de California. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.*, 49(3), 413-426.
- Salinas-González F., Zaytsev O.V., Vyacheslav M., 2003. Formación de la estructura termohalina del agua en la Bahía de La Paz de verano a otoño. *Cien. Mar.*, 29, 51-65.
- Sánchez-Velasco L., Beier E., Avalos-García C., Lavín M.F., 2006. Larval fish assemblages and geostrophic circulation in Bahía de La Paz and the surrounding southwestern region of the Gulf of California. *J. Plankton Res.*, 28(11), 1-18, doi:10.1093/plankt/fb1040.
- Schwing F.B., Murphree T., Green P.M., 2002. The Northern Oscillation Index (NOI): a new climate index for the northeast Pacific. *Progr. Oceanogr.*, 53, 115-139.

Torres-Orozco E., 1993. Análisis volumétrico de las masas de agua del Golfo de California. MSc thesis, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada, Baja California. México. 80pp.

Trenberth K.E., Hurrell J.W., 1994. Decadal atmospheric-ocean variations in the Pacific. *Clim. Dynam.*, 9, 303-319.

Wallace J.M., Gutzler D.S., 1981. Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter. *Monthly Weather Review*, 109, 784-812.

Zaytsev O., Rabinovich A.B., Thomson R.E., Silverberg N., 2010. Intense diurnal surface currents in the Bay of La Paz, Mexico. *Cont. Shelf Res.*, 30, 608-619.

Zeitzschel B., 1969. Primary productivity in the Gulf of California. *Marine Biology*, 3, 201-207.



**APLICACIÓN DEL NUEVO SENSOR POR PERCEPCIÓN REMOTA DE SALINIDAD SUPERFICIAL MARINA DENOMINADO AQUARIUS SAC-D DE LA NASA (EUA) Y CONAE (ARGENTINA), A LOS MARES ADYACENTES A MÉXICO, PARA OBSERVACIÓN DE FENÓMENOS OCEANOGRÁFICOS EN ESPACIO Y TIEMPO**

**Hernández Contreras Ricardo Efraín\*, Alatorre Mendieta Miguel Ángel\*\***

\* Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, ricehcontreras@hotmail.com \*\*Instituto de Ciencias del Mar y Limnología

### **INTRODUCCIÓN**

El SAC-D Aquarius (Figura 1) es el cuarto satélite en órbita desarrollado por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), en conjunto con la NASA (EUA) quien diseñó y aportó el instrumento de percepción remota de salinidad: Aquarius y el vehículo de lanzamiento: el cohete Delta II en la base Vandenberg de la Fuerza Aérea, en Lompoc, California, fue lanzado el 10 de junio de 2011 y comenzó a operar de manera completamente operativa en agosto de 2011 (Aquarius. NASA, 2012).

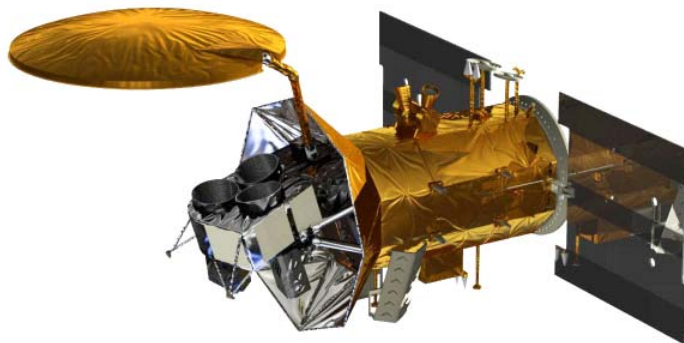


Figura 1. Representación del satélite Aquarius SAC-D en su configuración desplegada operativa en órbita.

El sensor Aquarius de salinidad superficial marina (SSM), constituye una novedosa herramienta oceanográfica que a través de percepción remota, permitirá un mayor entendimiento del comportamiento y distribución espacial, y temporal de la salinidad donde en el pasado se desconocía, cuando nunca se pudo describir con certeza de manera sinóptica para conocer la salinidad superficial montado a bordo del satélite Aquarius SAC-D, producto de la NASA (EUA) y CONAE (Argentina) que percibe la emisión del mar en el espectro de

microondas en una frecuencia de 1.413 GHz y longitud de onda de 21 cm (banda L) en que la conductividad eléctrica del mar debida a la salinidad interactúa (Ho *et al.*, 1974).

Para realizar una correcta determinación de la SSM debe realizarse una corrección relacionada con la rugosidad del mar que ocasiona el viento en su superficie y que resulta crítica para la correcta estimación de la salinidad del mar y lo hace por medio de un difusómetro, que opera a 1,26 GHz, el cuál mide la velocidad del viento y su acción sobre el estado de la superficie del mar; que por medio de complejos algoritmos calibra la información y proporciona valores de salinidad superficial marina con un sesgo inferior a 0.2 ups (Yueh *et al.*, 2014), el cual sólo puede ocurrir a altas latitudes o bajo lluvia muy intensa, con resolución espacial de 76 × 94, 84 × 120, y 96 × 156 km pasando por la misma región cada 7 días, describiendo una órbita heliosíncrona y en cuyo funcionamiento no influye la nubosidad (Le Vine *et al.*, 2000; Klemas, 2011).

Por lo que gracias al sensor Aquarius que permite contar con información sinóptica de SSM, se planteó como objetivo del estudio: analizar la variabilidad espacial y temporal de la SSM en los mares adyacentes a México para describir su dinámica e identificar regiones y periodos y encontrar asociación a fenómenos oceanográficos y condiciones que propician su variación.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se procesaron datos provenientes de Aquarius en su página oficial de la NASA (Aquarius. NASA, 2012), donde se pueden consultar los datos de nivel 1 (Figura 2) o como datos a los que se accede de nivel 2, en imágenes de nivel 3 y en la PO.DAAC (PO.DAAC, 2014) de nivel 2 calibrados de un grado de resolución espacial y temporal de 8 días o mensuales, que requirieron un filtrado y ordenación para su posterior uso en el análisis y conformación de imágenes.



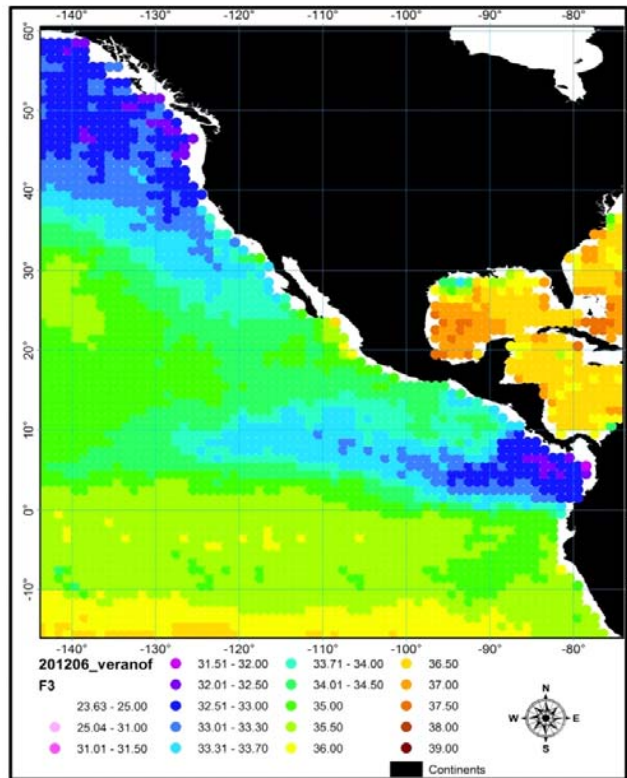


Figura 3. Imágenes formadas a partir de los datos de SSM del sensor Aquarius, que muestra su variación y distribución en el Océano Pacífico y en el Golfo de México, en junio de 2013.

## DISCUSIÓN

Debido a que la señal de SSM que Aquarius detecta, puede afectarse bajo condiciones de lluvia intensa y de vientos intensos que no permiten la determinación de salinidad superficial; abre la posibilidad de observar la presencia de huracanes sobre el mar cuando el paso del satélite Aquarius atravesará justo en su trayectoria. Así mismo, permitir identificar regiones de alta evaporación y de muy alta precipitación (encontrando donde ocurre, un aporte de agua de baja salinidad en la superficie marina).

## CONCLUSIONES

El instrumento Aquarius de percepción remota de salinidad superficial marina, permitió realizar un estudio sinóptico que hasta el presente no había de la variabilidad espacial y temporal, de la salinidad en los mares adyacentes a México y de encontrar en ella cambios que son producto de la variación intrínseca de las condiciones oceánicas.



AGRADECIMIENTOS. Al maestro en Ciencias del Mar Yandy Rodríguez Cueto por su apoyo al manejo de datos y enseñanza del programa Esri ArcGIS para crear los mapas de salinidad.

## REFERENCIAS

Aquarius.NASA, 2012. *Disponible en:* <http://aquarius.nasa.gov>, última consulta (junio, 2016)

Ho W.W., Love A.W., Vanmelle M.J., 1974. Measurements of the dielectric properties of sea water at 1.43 GHz.

Yueh S., Tang W., Fore A., Hayashi A., Song Y.T., Lagerloef G., 2014. Aquarius geophysical model function and combined active passive algorithm for ocean surface salinity and wind retrieval. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 119(8), 5360-5379.

Le Vine D.M., Zaitzeff J.B., D'Sa E.J., Miller J.L., Swift C., Goodberlet M., 2000. Sea surface salinity: toward an operational remote-sensing system. *In: Satellites, Oceanography and Society*, ed. D. Halpern, Elsevier Oceanography Series, 63. 367pp.

Klemas V., 2011. Remote Sensing of Sea Surface Salinity: An Overview with Case Studies. *Journal of Coastal Research*, 27(5), 830-838.

PO.DAAC, 2014. *Disponible en:* <http://podaac.jpl.nasa.gov> , última consulta (noviembre, 2015).



## VARIACIÓN DE LOS PARAMETROS OCEANOGRÁFICOS ALREDEDOR DEL ARRECIFE ISLA VERDE EN EL PARQUE NACIONAL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO

Jasso-Montoya Jannay\*, Salas-Monreal David

\*Instituto de Ciencias del Mar y Pesquerías Universidad Veracruzana. Calle Hidalgo #617, Col. Río Jamapa. CP 94290, Boca del Río, Veracruz, México. Correo electrónico: jannay\_jm@hotmail.com

### INTRODUCCIÓN

El PNSAV se ubica en la parte suroccidental del GM, específicamente, en la parte central del litoral del estado de Veracruz, frente a los municipios de Veracruz, Boca del Río y Antón Lizardo. Dentro del PNSAV interactúan comunidades biológicas, tales como corales y peces (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993; Arenas-Fuentes y Salas-Pérez, 2005; Whitters y Tunnell, 2007; Salas-Pérez y Granados-Barba, 2008). El PNSAV está constituido por 23 arrecifes divididos de forma natural en dos grupos (sur y norte) por la presencia del Río Jamapa cuyo caudal anual es de  $1670 \times 10^6 \text{ m}^3$  (Tunell Jr. *et al.*, 2007), grupos que constituyen verdaderos subsistemas de acuerdo con Ortiz-Lozano *et al.* (2009).

Los estudios oceanográficos y de los procesos hidrográficos en el PNSAV son escasos, por lo que son necesarios para comprender la supervivencia de los arrecifes coralinos (Salas-Pérez *et al.*, 2007, 2011; Salas-Pérez y Granados-Barba, 2008; Salas-Monreal *et al.*, 2009) y para la predicción de la concentración de plancton y de materia orgánica (Lennert-Cody y Franks, 1999; Salas-Monreal *et al.*, 2009; Zavala-Sansón y Provenzale, 2009).

El presente trabajo se enfoca en la caracterización de los parámetros oceanográficos como la temperatura, salinidad, densidad, oxígeno, clorofila-*a* y corrientes marinas; así como en su distribución temporal (lluvias, nortes y secas). Esta investigación aporta una comparación de varios parámetros oceanográficos entre las tres temporadas del año mencionadas.

### METODOLOGÍA

Para la caracterización de la columna de agua se utilizó un CTD modelo SBE-plus 19, las mediciones se realizaron *in situ* en cuatro estaciones alrededor del Arrecife Isla Verde, obteniendo perfiles verticales de temperatura, salinidad, oxígeno, densidad, y clorofila-*a* dentro de la columna de agua, lo que permitió estudiar las variaciones de esos parámetros durante las tres temporadas climáticas alrededor del Arrecife Verde.

La variación espacio-temporal de los parámetros hidrográficos (temperatura, salinidad, densidad, clorofila-*a* y oxígeno) se obtuvo mediante el análisis de mapas de distribución superficial, considerando las vueltas y las estaciones por separado. Posteriormente, se tomaron los datos obtenidos en el fondo (15 m) y en superficie (1 m), para describir las características de ambas capas horizontales alrededor del Arrecife Verde.

Durante los muestreos también se tomaron datos con un perfilador acústico o ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler), modelo RDI, que emite una frecuencia de 300 kHz que llega hasta los 60 m de profundidad; midiendo la velocidad de la corriente en celdas verticales de 1 m y una frecuencia de muestreo de 1 segundo. La finalidad de las celdas de 1 m fue obtener datos comparables con los obtenidos mediante el CTD (Conductividad, Temperatura y Profundidad) en los puntos alrededor del arrecife. El ADCP se remolcó mediante una embarcación a una velocidad promedio de  $5 \text{ m s}^{-1}$  para obtener datos confiables y una resolución espacial de 5 m entre cada conjunto de datos. La velocidad del ADCP utilizado se calibró mediante un sistema de posicionamiento satelital (GPS), usando el método de Trump y Marmorino (1997) con el fin de evitar cualquier error en la dirección de la corriente. Mediante este método se calibró el girocompás ya que este puede ser influenciado por el metal de la embarcación y/o de los tubos metálicos mediante los cuales se sujetan los equipos a la embarcación. De esta manera se corrigieron los puntos mediante el GPS (Salas-Monreal *et al.*, 2009). Del ADCP se obtuvieron los perfiles de velocidad de las componentes norte-sur (*u*) y este-oeste (*v*).

## **RESULTADOS**

A partir de los datos obtenidos del CTD, se seleccionó la temperatura, salinidad y densidad por cada muestreo realizado dentro de las diferentes temporadas, y se elaboraron diagramas T-S para determinar las características de la masa de agua. Los diagramas T-S fueron elaborados con los lances correspondientes al primer, segundo y tercer muestreo. Los diagramas T-S muestran diferencias en salinidad y temperatura, siendo este último parámetro el que presentó mayor variación de una colecta a otra, lo que indica una variación temporal de las características de la columna de agua; sin embargo, se observaron valores similares durante los muestreos de octubre y marzo, en contraste con la colecta de datos de agosto que presentan diferencias en los valores de temperatura y salinidad. La colecta realizada en el mes de agosto mostró una columna de agua con una salinidad entre 34 y 36 ups, y una temperatura alrededor de los  $29 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Los datos adquiridos a través del CTD durante las tres temporadas climáticas del año, muestran los parámetros de las cuatro estaciones alrededor del Arrecife Verde. Los datos

fueron transformados a formato ASCII para ser revisados en archivos de texto, posteriormente se seleccionó el conjunto de datos tomados desde la superficie hasta el fondo que fue cuando el equipo iba descendiendo y se descartaron los datos de ascenso, dado que al subir el equipo se genera turbulencia que puede afectar las mediciones. Una vez obtenidos los parámetros deseados, se eliminaron aquellos datos que se encontraban con valores mayores a dos veces la desviación estándar, finalmente se guardaron y se trabajaron en una hoja de cálculo (Excel) de acuerdo a las estaciones y a las vueltas realizadas durante las 24 horas de cada muestreo. El análisis de los datos consistió en la elaboración de graficas con la ayuda del software Surfer y Matlab versión 8.0 para la comparación de los distintos parámetros alrededor del Arrecife Verde. Al mismo tiempo se obtuvo la batimetría del sitio con la ayuda del ADCP y de la línea de costa del arrecife. Mediante Google Earth se seleccionaron los puntos alrededor de la isla para obtener las latitudes y longitudes de la línea de costa; los cuales se guardaron en formato de Excel para ser utilizados en el software Surfer versión 9 y, finalmente, se juntaron las gráficas de los parámetros con la batimetría para conocer la forma en que se distribuyeron alrededor del Arrecife Verde. Para el análisis de los perfiles de velocidad se trabajó con el software Idrisi y Matlab. Por medio del Matlab se eliminaron los spikes (errores) utilizando como referencia el límite de tres desviaciones estándar de cada perfil de acuerdo a Emery y Thomson (2001), además se filtraron los datos originales utilizando un filtro paso bajo (moving average) para eliminar las contribuciones de alta frecuencia o ruido instrumental.

## DISCUSIONES

En el análisis de los diagramas T-S se observaron características similares durante el muestreo de octubre y marzo, en tanto que durante el muestreo realizado en agosto (lluvias) la masa de agua que baña el Arrecife Verde, presentó valores altos de temperatura de 29 °C, que son altos pero similares a los reportados por Hernández-Téllez y Salgado-Rivero (1996). Las altas temperaturas observadas en agosto son propias del final del verano donde se pueden alcanzar temperaturas mayores a 35 °C y ello se refleja en la temperatura del agua cada vez que se acumula calor durante toda la temporada (García, 1986).

Con respecto a los mapas de corrientes obtenidos, se aprecia una diferencia (entre estaciones hidrográficas) y una variación en cada fase de la marea; además se observa la presencia de giros ciclónicos y frentes. Los giros en el océano surgen por un cambio abrupto en la batimetría y pueden tener diferentes escalas (Biggs, 1992). La batimetría en la zona de estudio puede variar su escala por la presencia de islas y canales. Los giros que se producen

como una consecuencia de la rectificación del flujo debido a la presencia de cambios abruptos en la batimetría, también cambian su escala al cambiar el tamaño del arrecife u obstáculo que obstruye el flujo libre de la corriente, por ejemplo: cuando las corrientes oceánicas fluyen alrededor de pequeños arrecifes o sobre un fondo rocoso producen un giro no mayor al tamaño del obstáculo (Ingram y Chu, 1987). En estos casos los giros formados por la topografía pueden tener una escala de metros o centímetros, escala que es correlativa con la escala de longitud de la topografía. A escalas de pocos kilómetros, los giros ciclónicos son generados por la rectificación de la corriente debido a cambios en la batimetría (Storlazzi *et al.*, 2006; Legrand *et al.*, 2006).

### **CONCLUSIONES.**

Los diagramas T-S obtenidos de la colecta de datos realizada en los meses de agosto, octubre y marzo, presentaron un comportamiento que no puede ser generalizado como el comportamiento común de toda la temporada, puesto que solo se tomó un día dentro de cada temporada.

En los mapas de corrientes obtenidos, se aprecia una diferencia (entre estaciones hidrográficas) y una variación espacial y temporal de acuerdo a la época del muestreo; además se observa la presencia de giros ciclónicos y frentes, lo cual puede deberse a dos factores como a la rectificación de la corriente, ya que los arrecifes actúan como una barrera (Salas-Monreal *et al.*, 2009), atenuando la marea (Gourlay, 1996; Lugo-Fernandez *et al.*, 1998; Wolanski y Spagnol, 2000; Falter y Atkinson, 2005) y al transporte de masa (Storlazzi *et al.*, 2005; Reidenbach *et al.*, 2006). Los giros se generan por conservación de la vorticidad potencial, como una consecuencia de la morfología del fondo marino (Robinson, 1981). Los giros ciclónicos reducen la visibilidad dentro del arrecife por la turbulencia de la materia orgánica en suspensión que se encuentra en el fondo (Wolanski y Van-Sended, 1983; Spalding *et al.*, 2001; Stolarzzi *et al.*, 2006), lo cual puede impedir la fijación de larvas, pero al mismo tiempo ayuda a su dispersión (Stolarzzi *et al.*, 2006).

**AGRADECIMIENTOS.** Se agradece al programa de posgrado del ICIMAP-UV, al CONACYT. y al Dr. David Salas por su apoyo durante esta investigación.



**REFERENCIAS**

- Arenas-Fuentes V., Salas-Pérez J.J., 2005. El Golfo de México, una aproximación a los determinantes de su biodiversidad. *En: Camarones, langostas y cangrejos de la costa este de México* (Hernández-Aguilera J.L., Ruiz-Nuño J.A., Toral-Almazán R.E., Arenas-Fuentes V., (Eds.). Econatura and CONABIO, México. 7-21p.
- Biggs D.C., 1992. Nutrients, plankton, and productivity in a warm-core ring in the western Gulf of Mexico. *J. of Geophys. Res.*, 97(C2), 2143-2154.
- Carricart-Ganivet J.P., Horta-Puga G., 1993. Arrecifes de coral en México. *En: Salazar-Vallejo, S.I., González N.E. (Eds.). Biodiversidad marina y costera de México. CONABIO and CIQRO, México. 81-92p.*
- Emery W.J., Thomson R.E., 2001. Data analysis methods in physical oceanography, 2<sup>nd</sup> and revised edition, *Elsevier*, Amsterdam, 346pp.
- Falter J.L., Atkinson M.J., 2005. Effects of surface roughness and oscillatory flow on the dissolution of plaster forms: Evidence for nutrient mass transfer to coral reef communities. *Limnol. Oceanogr.*, 50, 246-254.
- García E., 1986. Apuntes de climatología. México D.F.
- Gourlay M.R., 1996. Wave set-up on coral reefs. 1. Set-up and wave generated flow on an idealized two dimensional horizontal reef. *Coast Eng.*, 27, 161-193.
- Hernández-Téllez J., Salgado-Rivero J., 1996. Masas de agua en la costa de la Ciudad de Veracruz, Ver. (MACCV), enero 1995 a febrero 1996. Reporte técnico, DGOM, Secretaría de Marina, México, 39pp.
- Ingram-Grant R., Chu H.V., 1987. Flow Around Islands Rupert Bay: An Investigation of the Bottom Friction Effect. *J. of Geophys. Res.*, 92(C13), 14521-14524.
- Legrand S., Deleersnijder E., Hanert E., Legat V., Wolanski E., 2006. High-resolution unstructured meshes for hydrodynamic models of the Great Barrier Reef, Australia. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 68, 36-46.
- Lennert-Cody C.E., Franks P.J.S., 1999. Plankton patchiness in high-frequency internal waves. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 186, 59-66.
- Lugo-Fernandez A., Roberts H.H., Wiseman W.J., Carter B.L., 1998. Water level and currents of tidal and infra-gravity periods at Tague Reef, St Croix (USVI). *Coral Reefs*, 17, 343-349.



- Ortíz-Lozano L., Granados-Barba A., Espejel I., 2009. Ecosystemic zonification as a management tool for marine protected areas in the coastal zone: Applications for the Sistema Arrecifal Veracruzano National Park, México. *Ocean and Coastal Management*, 52, 317-323.
- Reidenbach M.A., Koseff J.R., Monismith S.G., Steinbuck J.V., 2006. The effects of waves and morphology on mass transfer within branched reef corals. *Limnol. Oceanogr.* 51, 1134-1141.
- Salas-Monreal D., Valle-Levinson A., 2009. Continuously stratified flow dynamics over a hollow. *J. of Geophys. Res.*, 114, C03021. doi:10.1029/2007JC004648.
- Salas-Pérez J.J., Arenas-Fuentes V., 2007. Hydrographic conditions in the Veracruz Reef System (Western Gulf of Mexico). *EOS Trans. AGU*, 88(23), Joint Assem. Suppl., Abstract OS23B-13.
- Salas-Pérez J.J., Granados-Barba A., 2008. Oceanographic characterization of the Veracruz reefs system. *Atmósfera*, 21(3), 281-301.
- Stolarzzi C.D., McManus M.A., Logan J.B., McLaughlin B.E., 2006. Cross-shore velocity shear, eddies and heterogeneity in water column properties over fringing coral reefs: West Maui, Hawaii. *Cont. Shelf Res.*, 26, 40-421
- Trump C.L., Marmorino G.O., 1997. Calibrating a girocompás using ADCP and DGPS data. *Atmos. Oceanic Technol.*, 14, 211-214.
- Tunnell J.W.Jr., Chavez E.A., Withers K., 2007. Coral reefs of the southern Gulf of Mexico. Corpus Christi, Texas, USA. 194pp.
- Withers K., Tunnell Jr.J.W., 2007. Reef biodiversity. *In*: Tunnell J.W.Jr., Chávez E.A., Withers K. (Eds.). Coral reefs of the southern Gulf of Mexico. Texas A & M University Press, College Station, USA. 68-87p.
- Wolanski E. y Spagnol S., 2000. Sticky Waters in the Great Barrier Reef. *Estuar., Coast. and Shelf Sci.*, 50, 27-32.
- Zavala-Sansón L., Provenzale A., 2009. The effects of abrupt topography on plankton dynamics. *Theoretical Population Biology*, 76(4), 258-267.

## DINÁMICA COSTERA EN LAS PLAYAS DE LAS BARRACAS, CABO PULMO, BAJA CALIFORNIA SUR

Jiménez Illescas Angel R.\*, Ponce Bastidas Juan Sebastián\*\*, Obeso Nieblas Maclovio\*\*\*

\*CICIMAR-IPN. Oceanografía y Desarrollo Costero, S.A. de C.V.  
angeljimenezillescas@hotmail.com, \*\*Tesis Maestría CICIMAR-IPN., \*\*\*CICIMAR-IPN, S.N.I.,  
COFAA, EDI, EDD.

### RESUMEN

La zona costera es un recurso frágil y limitado, muy apreciada por su potencial turístico y urbanístico, el cual debe ser bien administrado por un Ordenamiento Ecológico y Territorial; para lo cual se deberán determinar los procesos costeros, que son la línea base para el diagnóstico, monitoreo y manejo de estas zonas.

El objetivo de esta investigación es caracterizar la dinámica costera en las playas de Las Barracas (Cabo Pulmo) para determinar el riesgo de erosión. El área de estudio está al norte del polígono del Parque Marino, ya que no abarca las playas.

Para identificar los procesos litorales se usó la siguiente metodología: 1. Mediciones *in situ* de corrientes con cuerpos de deriva y un correntómetro digital, para medir corrientes Lagrangeanas y Eulerianas, Mareas y Oleaje. 2. Batimetría de la zona marina adyacente. 3. Perfiles topográficos perpendiculares a la playa que luego se compararon con: 4. Imágenes de satélite, 5. Granulometría para determinar la composición de los sedimentos. 6. Se calculó la tasa de acreción ó erosión en la playa Las Barracas y de esta manera se determinó la estabilidad. 7. Se calculó el escurrimiento de la cuenca (INEGI SIATL) y es importante en época de huracanes 8. Se proponen acciones para proteger las playas y las dunas en esta zona costera del sureste del Golfo de California, incluyendo geotubos y geotextiles.

### DISCUSIONES

Se identificaron dos comportamientos marcados en este estudio: 1. Acreción y aumento en el ancho de algunos sectores de las playas durante los meses de invierno, 2. procesos erosivos producidos por oleaje durante el verano y la temporada de tormentas, que se incrementaron, como lo muestran los resultados, con el paso del Huracán Odile.

Es frecuente observar swell amortiguado proveniente del Océano Pacífico (período 10 a 12 s y altura 0.5), sumado a viento local (período 5 a 7 s y altura 0.5). Durante los huracanes hemos medido una altura significativa de 6.0 m con período entre 12 y 15 s.

El transporte litoral fue calculado por  $m^3 m^{-1}$  de playa/año (Frías y Moreno, 1988) para Las Barracas, Cabo Pulmo. La dirección del transporte litoral y las corrientes marinas depende mayormente de la dirección del viento, que para la zona en general se presenta con dirección del sureste en verano y del sector norte-noreste de noviembre a marzo.

Durante el período de estudio (2014-2015), se derrumbaron varias casas que habían sido construidas sobre las dunas, debido a que la erosión acabó con la cara de la playa, luego con la playa y erosionó la base de la duna, hasta que perdieron sustento las construcciones y se derrumbaron. Los escombros fueron esparcidos y no quedó rastro de ellas.

## **CONCLUSIONES**

La erosión es un proceso mundial, pero en este caso particular, la construcción del camino y el bloqueo del flujo del arroyo atrapó los sedimentos antes de llegar a la playa y causó un déficit sedimentario en la costa; por lo cual, el lamido del oleaje oblicuo y el transporte litoral causaron la erosión de la playa.

La batimetría muestra una barra a 500 m de la playa, que indica que la arena de la playa fue transportada por las rompientes mayores a 6.0 m de altura, de manera perpendicular a la costa y no fue posible, que con el pequeño oleaje de la temporada normal regrese a la playa.

Las casas que permanecieron fueron protegidas con enrocamiento, con rocas de una tonelada o más, pero esta es una solución dura a la que se opuso el Parque Marino (los dueños protegieron sus casas y pagaron las multas). Como una solución suave se propusieron geotextiles en lugar de rocas para proteger las dunas y geotubos para proteger la playa, pero los afectados decidieron no invertir, pues supusieron que como habían habitado 40 años intermitentemente, no pasaría nada, pero la erosión aumentó y perdieron sus casas. Las autoridades del Parque Marino Cabo Pulmo, opinaron que los procesos deben seguir erosionando todo y que no se debe intervenir, lo cual nos parece muy arcaico o primitivo (es como prohibir la reparación de los baches o prohibir los diques en Holanda). Los científicos proponemos soluciones suaves e inclusive construir rompeolas sumergidos en la barra, para romper la energía del oleaje antes de llegar a erosionar la playa (como se hizo en Cancún y Playa del Carmen), proteger las playas con geotubos y proteger las dunas con geotextiles aumenta la estabilidad de la costa y mantiene las estructuras (Bezuijen y Vastenburger, 2013).

**BIBLIOGRAFÍA CITADA**

Bezuijen A., Vastenburg E.W., 2013. Geosystems. Design Rules and Applications. CRC Press Taylor and Francis Group. Boca Ratón, London, New York, Leiden. 145pp.

Frías V.A., Moreno C.G., 1988. Ingeniería de Costas. Ed. LIMUSA. 163-210p.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2015. Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas (SIATL). *Disponible en:* [www.inegi.org.mx/default.aspx](http://www.inegi.org.mx/default.aspx). *Consultado en:* 2015.

## SUSCEPTIBILIDAD A LA VARIABILIDAD AMBIENTAL DEL SECTOR ACUÍCOLA EN EL ESTADO DE COLIMA, MÉXICO: CASO DE ESTUDIO

**Liñán-Cabello Marco Agustín\*, Quintanilla-Montoya Ana Luz\*\*, Sepulveda Cesar Antonio\***

\*Facultad de Ciencias Marinas, Universidad de Colima, Manzanillo, Colima, México. Correo electrónico: linanmarco@hotmail.com \*\*Centro Universitario de Gestión Ambiental, Universidad de Colima, Colima, México.

### INTRODUCCIÓN

En México como en muchos otros países de Latino América, la acuicultura se ha desarrollado como una gestión por actividades y no a partir de un esquema de desarrollo integral. De acuerdo con las proyecciones realizadas para México por Magaña (1999), a mediados del siglo XXI, el clima será más cálido (2°-3 °C). Estudios específicos han referido que en los estados mexicanos de Colima y Guerrero, por cada grado de incremento de temperatura ambiental, los casos de dengue han aumentado entre 1.5 y 2%, mientras que los casos de paludismo podrían afectar principalmente a poblaciones rurales de difícil acceso.

El objetivo principal del presente estudio es identificar las expectativas de la actividad acuícola, frente a los escenarios de riesgo y variabilidad ambiental. Del mismo modo, se pretende contribuir al conocimiento para lograr un mejor desarrollo de la acuicultura, bajo un esquema de adaptación para el aprovechamiento sustentable de los recursos acuáticos, considerando los atributos del entorno, el desarrollo tecnológico y las potencialidades de desarrollo acuícola.

### METODOLOGÍA

**Atributos del sector acuícola:** Durante 2013 fueron realizadas encuestas en las diferentes unidades de producción acuícola (UPAs) del estado de Colima, a fin de caracterizar diversos aspectos relacionados con rasgos socioeconómicos y aquellos relativos a los sistemas de producción (situación legal, empleos generados, nivel de riesgo ante variabilidad ambiental, servicios de asistencia técnica, necesidades y consumo de alimentos peletizados, disponibilidad de insumos, disponibilidad y calidad de agua, disponibilidad de agua, sistemas de producción, especies cultivadas, densidad de cultivo, rendimientos productivos, entre otros indicadores).

Asimismo, se realizaron dos talleres consultivos con productores de tilapia y camarón en forma específica, a fin de reconocer la problemática de mayor relevancia respecto a eventos hidrometeorológicos, mareas rojas, desecación, lluvias intensas, afectaciones por patógenos y



sus posibles soluciones. Adicionalmente, se realizaron búsquedas en bases de datos especializados, y consulta de reportes técnicos gubernamentales. También, se practicaron encuestas a expertos en el estudio del CCG, con el fin de identificar posibles evidencias/registros de anomalías ambientales y estimaciones sobre el grado de impacto de cambios ambientales en el estado de Colima y particularmente al sector acuícola.

**Vulnerabilidad:** Para la determinación de la vulnerabilidad (V), se utilizaron los componentes definidos por el IPCC. Exposición (E), Sensibilidad (S) y Capacidad de adaptación (CA), en base a la relación:  $V = (E + S) - CA$ . De acuerdo con dicha propuesta metodológica, el rango en los valores de vulnerabilidad va de 0-1, correspondiendo a la unidad, el valor de máxima vulnerabilidad. Debido a la escasa información relacionada con la actividad acuícola a nivel estado y/o por municipios, en el presente estudio se consultaron bases de datos oficiales (INEGI, 2009 SAGARPA-CONAPESCA, 2013), en adición a la recabada por otros autores y especialistas. La selección de indicadores se realizó tomando en consideración aspectos sociales, económicos y ambientales involucrados en las actividades pesqueras y acuícolas, y los datos obtenidos fueron estandarizados, con base en lo propuesto por Barsley *et al.*, (2013).

## RESULTADOS

**Rasgos socioeconómicos del sector:** En el estado de Colima se reconocen 106 UPAs de las cuales, el 86% se encontraron activas. En la presente investigación se realizaron 65 encuestas que correspondieron al 75% de las 91 unidades productivas existentes. Los principales municipios donde se practica la acuicultura son Coquimatlán, Colima, Manzanillo y Tecmán, los cuales conformaron el 72% de las granjas existentes.

La mayor parte de las granjas se localiza en aguas interiores y muchas de ellas en lugares de difícil localización y sistemas acuáticos con limitados accesos. De acuerdo con los actores, estos factores de riesgo se potencializan en el accionar cotidiano de actividades que pueden provocar accidentes, lo cual se agrava más aun durante eventos de lluvias intensas y/o vientos. Es importante destacar que únicamente el 73% del sector, cuenta con servicios médicos, el cual se encuentra localizado a distancia lejanas, en ocasiones, a más de dos horas de trasportación, y sólo un 26% de los mismos, cuenta con seguro de vida.

**Sistema productivo, uso de agua:** En términos generales, la acuicultura en Colima presenta rezagos en cuanto a la productividad y en especial, con relación al número de especies que se cultivan, siendo fundamentalmente el camarón *P. vannamei* y la tilapia *Oreochromis* spp. (Tabla 1) las especies en cultivo, lo cual genera la necesidad de diversificar el

sector. La actividad acuícola en Colima se realiza esencialmente en estanques rústicos (64% de las granjas y 100% camarón). No obstante, es importante destacar que el cultivo de camarón se practica bajo esquemas de mayor tecnificación lo cual redundaría en mayores rendimientos productivos. El cultivo de este crustáceo se practica primordialmente en aguas interiores, no obstante, recientemente existen sistemas de cultivo en jaulas flotantes que operan en la laguna Cuyutlán utilizando agua salada. En su mayoría, la acuicultura que se realiza en aguas interiores utiliza estanques rústicos. No obstante, de acuerdo con la información recabada se detectó que estos sistemas generan factores de riesgo asociado al efecto erosivo durante temporada de altas precipitaciones pluviales.

En Colima, existe un centro reproductor de alevines que depende de la CONAPESCA, el cual produce anualmente 4 millones de crías. Existen también otros proveedores locales. Los sistemas de reproducción antes mencionados producen el 88% de la cría cultivada en el estado y utilizan la técnica de reversión sexual a partir de hormonas (17  $\alpha$  metil-testosterona), a fin de producir organismos monoicos; únicamente un 12% selecciona manualmente los machos o realiza bicultivos con tilapia-camarón.

En general, la mayoría de las granjas de tilapia registran baja productividad respecto a los rendimientos reportados por algunas UPAs (7-8 ton Ha-1), Adicionalmente y de acuerdo a información obtenida con los actores, fue posible reconocer un escaso o nulo conocimiento del dominio de la técnica de cultivo.

**Factores de riesgo:** Los principales problemas reportados por los productores del estado, se menciona que existe un alto grado de burocracia principalmente asociada a los trámites para obtener permisos, certificaciones, concesiones, entre otros, así como al deficiente suministro eléctrico. También, este apartado se refiere al uso de agroquímicos y pesticidas por el sector agrícola, a los conflictos por el uso de agua con la agricultura –que es 78%. También, existen otros problemas relativos con el alto precio de insumos como el alimento a los organismos, la competencia en el mercado de importaciones y exportaciones, la comercialización del producto, y la falta de organización del sector para coordinar acciones de compra de insumos a menor costo.

De acuerdo con la información obtenida, se puede inferir que el recurso agua entre la actividad acuícola y la agropecuaria representa un serio conflicto. De acuerdo con los acuicultores del estado y expertos en el tema, la actividad agrícola genera contaminación por el uso de agroquímicos (como pesticidas) y los métodos de aplicación. De acuerdo con fuentes oficiales y especialistas consultados, las altas precipitaciones derivadas de fenómenos

hidrometeorológicos fueron consideradas como una de las causas de mayor peligro por provocar inundaciones, aumento de cauces de ríos y deslave de material rocoso.

Una problemática subsecuente del impacto del huracán Jova, fue la fuga incontrolada de organismos de cultivo, a diversos entornos acuáticos. Se estima que casi ocho millones de organismos se escaparon al medio. Tecomán fue el municipio con el mayor registro de organismos liberados, con casi un 76% del total. Particularmente, durante la trayectoria del huracán Jova se reportaron lluvias máximas puntuales en 24 horas de 374.4 mm en Coquimatlán, siendo la mayor cantidad de lluvia a nivel nacional durante el año 2011.

**Vulnerabilidad de la actividad acuícola en los municipios del estado:** Es posible observar que los municipios con mayor nivel de vulnerabilidad son Manzanillo, Colima y Tecomán, le siguen Villa de Álvarez, Armería y Coquimatlán. Por el contrario, los menores valores se encontraron en Comala, Ixtlahuacán y Minatitlán. En general la tendencia en los componentes S, E y CA es similar, correspondiendo a los mismos municipios de Manzanillo, Colima y Tecomán los valores más altos.

## DISCUSIÓN y CONCLUSION

El Cambio Climático Global presenta serias amenazas para la sostenibilidad del sector acuícola, con base en los impactos que produce en el mismo, los cuales pueden agruparse en tres categorías: a) efectos de orden biológico; b) efectos de orden económico; c) de orden social (Flores-Nava, 2010). No obstante, de acuerdo con la FAO (Cochrane *et al.*, 2009), solo se ha documentado un efecto directo en la acuicultura por acción del CCG promovido por causas antropogénicas: la niebla tóxica que se extendió sobre Asia sudoriental durante el fenómeno El Niño, de 2002.

De acuerdo con los esquemas de riesgo y factores de vulnerabilidad identificados en el Estado de Colima, fue posible identificar como principal factor de riesgo a la actividad acuícola en el estado de Colima es la incidencia de huracanes y/o lluvias intensas, En el caso particular de sistemas salobres y marinos se considera necesario implementar un esquema para disminuir descargas de contaminantes orgánicos e inorgánicos. Adicionalmente, debe existir una mayor restricción al otorgamiento de permisos para cultivo en cuerpos de agua de influencia marina. Respecto a la actividad acuícola en aguas interiores, es imperativa la necesidad de delimitar zonas con potencial de riesgo y en su caso proyectar obras ingenieriles de protección; se requiere instrumentar un programa de reconversión tecnológico para el uso integral del pez diablo ya existente en el estado y medidas de control para su confinamiento en los cuerpos ya

existentes, así como la creación de una unidad de manejo para el cocodrilo de pantano y evitar su extensión a ambientes lagunares con potencial acuícola; es necesario implementar un programa de reconversión tecnológica basado en sistemas alternativos de uso eficiente del agua como sería el caso de sistemas de recirculación, paralelo a un plan de tecnologías alternas para el cultivo de especies (preferentemente endémicas) con mayor resistencia a la variabilidad ambiental y que a su vez, no representen riesgos al ambiente y la biodiversidad. Se debe implementar tecnologías alternas la reversión sexual por compuestos hormonales para la producción de tilapia monosexo, tales como el sexado manual y cultivo de supermachos.

## **REFERENCIAS**

- Barsley W., De Young C., Brugère C., 2013. Vulnerability assessment methodologies: an annotated bibliography for climate change and the fisheries and aquaculture sector. *FAO Fish. Aquac. Circ.*, 1083. Rome, FAO. 43pp.
- Cochrane K., De Young C., Soto, y Bahri T., 2009. Climate change implications for fisheries and aquaculture. *FAO Fish. Aquac. Tech. Pap.*, 530, 212pp.
- Flores-Nava A., 2010. Una reflexión sobre el impacto del cambio climático en las actividades acuícolas costeras de México. Universidad Autónoma de Campeche, CETY-S Universidad, Gobierno del Estado de Campeche, Méx. 319-334p.

## ANÁLISIS CLIMATOLÓGICO Y EL CALENTAMIENTO ANÓMALO DEL PACÍFICO DEL NORESTE EN ISLA GUADALUPE, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Munguía-Cajigas Daniela Y.\*, Rojas-Mayoral Evaristo, Hernández-Montoya Julio

\*Grupo de Ecología y Conservación de Islas. Correo electrónico: daniela.munguia@islas.org.mx

### INTRODUCCIÓN

La Isla Guadalupe (IG) es una isla de origen volcánico que forma parte del Sistema de la Corriente de California (SCC). La IG, al igual que otras islas del SCC, alberga a un gran número de ecosistemas marinos y terrestres, mismos que resaltan su importancia ecológica y despiertan gran interés científico. En este sentido, el objetivo principal de este trabajo es proporcionar información sobre el clima de la isla a grupos trabajando con algunos de los ecosistemas presentes en la IG. Particularmente en este trabajo se busca crear una combinación de observaciones de temperatura ambiental *in situ* y datos de reanálisis globales. Asimismo, se busca evidenciar la presencia del calentamiento anómalo del Pacífico del Noreste “El Blob” mediante el uso mapas de temperatura superficial del mar de los alrededores de la IG.

### METODOLOGÍA

Para brindar información climatológica y hacer la comparación entre observaciones *in situ* y datos de reanálisis, se utilizaron las observaciones de temperatura registradas con dos estaciones meteorológicas ubicadas en Isla Guadalupe y datos de reanálisis ERA-interim brindados por el European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) en la región que va desde 118.5°O hasta 118°O y desde 28.75°N hasta 29.25°N y del reanálisis 1 del National Centers for Environmental Prediction y National Center for Atmospheric Research (NCEP-NCAR) en la región de -122.5°O a -115°O y de 25°N a 32.5°N. La resolución espacial de los datos del ERA-interim es de 0.1° y de reanálisis 1 del NCEP-NCAR es de 2.5°, ambos datos fueron obtenidos en el nivel de 925 hPa y con resolución temporal de 4 datos diarios en un periodo de 5 años que va desde el agosto del 2009 hasta enero del 2014. También se utilizaron los promedios mensuales de la temperatura superficial del mar calculados a partir de mapas de Multi-scale Ultra-high Resolution Sea Surface Temperature (MUR) brindados por el Jet Propulsion Laboratory (JPL) de la National Aeronautics and Space Administration (NASA) en la región que va desde 118.5°O hasta 118.1°O y desde 28.7°N hasta 29.3°N y con resolución espacial de 0.01° y resolución temporal de 1 día.



## RESULTADOS

Se calculó el año típico, con una ventana de 5 días, de la temperatura ambiental de 4 diferentes fuentes de información; 2 de observaciones *in situ* y 2 de reanálisis globales. Para comparar las climatologías se evaluaron las diferencias entre observaciones *in situ* y los datos de reanálisis. Por otra parte, se calcularon las anomalías mensuales a partir del año típico mensual de un período de 13 años (2003 al 2015) con el fin de identificar el calentamiento anómalo del Pacífico del Noreste o también llamado “El Blob”.

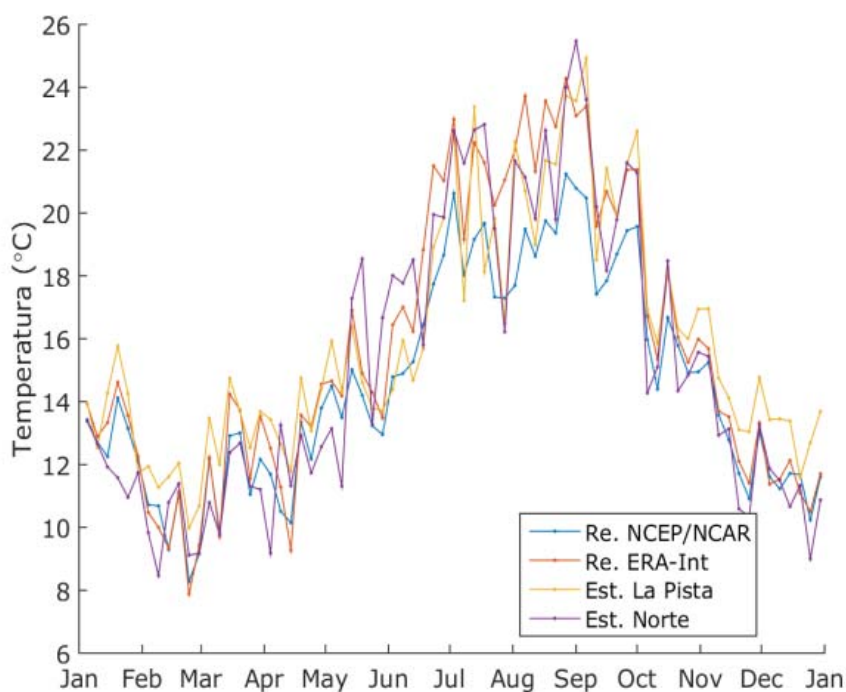


Figura 1. Año típico pentadal de la temperatura ambiental del Reanálisis 1 del NCEP NCAR (línea azul), ERA-interim (línea naranja) y observaciones *in situ* de dos estaciones meteorológicas, La Pista (línea amarilla) y Norte (línea morada).

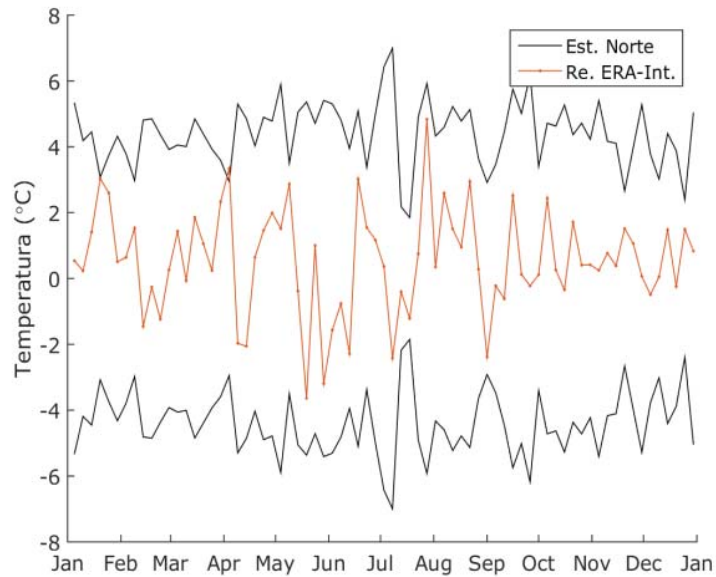


Figura 2. Diferencias entre los promedios pentadales obtenidos con los datos del reanálisis ERA-interim y la estación Norte, donde la línea negra representa las desviaciones estándar de los promedios pentadales calculados con los datos de la estación Norte y la línea naranja representa las diferencias entre los promedios de las estaciones y los del reanálisis ERA-interim.

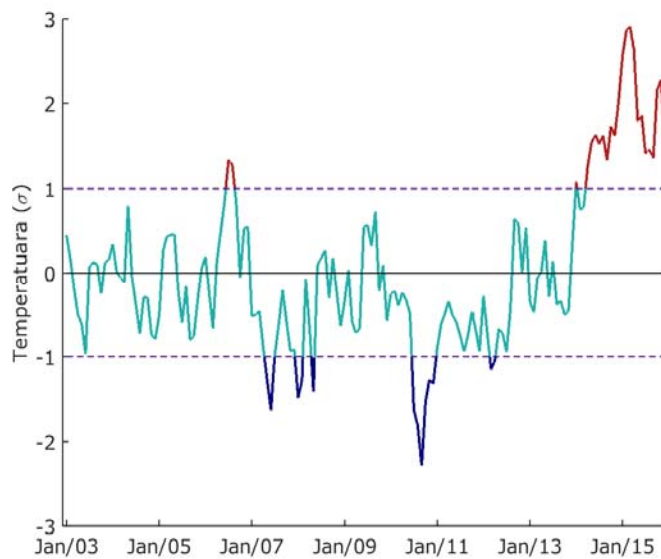


Figura 3. Anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar de enero 2003 a diciembre del 2015 en desviaciones estándar. Las línea continua verde representa las anomalías que están entre -1 y 1 desviación estándar, las líneas continuas rojas son las anomalías que sobrepasan 1 desviación estándar (línea punteada morada superior) y las líneas continuas azules son las anomalías que están por debajo de -1 desviación estándar línea punteada morada inferior).

## **DISCUSIÓN**

La variabilidad estacional de la climatología de la temperatura ambiental, que se observa en la figura 1, se conserva sin importar el tipo de mediciones, ya sean observaciones *in situ* o datos de reanálisis globales. Estas variaciones estacionales registradas son comportamiento típicos de regiones del Pacífico del Noreste y concuerdan con los resultados obtenidos por Castro *et al.*, 2005 y los resultados observados en las normales climatológicas de 1950-1981 de la Comisión Nacional del Agua y el Servicio Meteorológico Nacional. Sin embargo, aunque las variaciones estacionales se conserven, también se encontró que existen diferencias entre cada una de las climatologías estudiadas; mismas que se encuentran acotadas por la desviación estándar de la climatología de las mediciones *in situ* (Figura 2). Aunque en el presente trabajo sólo se muestra la comparación entre ERA-interim y las observaciones de la estación Norte, el mismo análisis se realizó para las demás fuentes de información. Por otro lado, en la Figura, logramos capturar “El Blob” en las costas alrededor de la IG, ocurrido a partir de invierno del 2014. “El Blob”, en términos de anomalías, logró sobrepasar casi 3 desviaciones estándar lo que se considera típico en el Pacífico del Noreste.

## **CONCLUSIÓN**

Las observaciones *in situ*, aunque son difíciles de mantener, recopilar y transportar, son las que mejor capturan la variabilidad del clima y las que cuentan con mayor resolución temporal.

Es posible extender y mejorar la calidad de las series de tiempo de variables atmosféricas en la isla Guadalupe mediante una combinación de mediciones *in situ* y datos de reanálisis globales.

Fuertes anomalías de hasta 3 desviaciones estándar nos indican la presencia del evento atípico, “El Blob”, en isla Guadalupe.

Obtener mejores series de tiempo y describir con ellas la variabilidad climática es una herramienta que es de gran utilidad y debe ser tomada en cuenta en objetos de conservación y restauración ambiental.

AGRADECIMIENTO. Se agrade el apoyo del Grupo de Ecología y Conservación de Islas (GECI), en especial al director Dr. Alfonso Aguirre Muñoz y a la directora del proyecto de Isla Guadalupe la Dra. Luciana Luna. También se agradece a los biólogos de campo y especialistas en conservación que ayudan con el mantenimiento de las estaciones meteorológicas y la recopilación de información. Del mismo modo, se agradece el apoyo del Dr. Jorge Alberto Amador Astúa profesor investigador del Centro de Investigaciones Geofísicas de la Universidad de Costa Rica y el apoyo de la Coordinación de Análisis Científico de GECI.

## REFERENCIAS

- Berrisford P. *et al.*, 2011. The ERA-Interim archive Version 2.0, *ERA Report Series*, 1, 1-23.
- Bond N.A., Cronin M.F., Freeland H., Mantua N., 2015. Causes and impacts of the 2014 warm anomaly in the NE Pacific. *Geophys. Res. Lett.*, 42.
- Castro R., Mascarenhas A., Sánchez-Barba A., Durazo R., Gil-Silva E., 2005. Condiciones meteorológicas en el sur de Isla Guadalupe, La Isla Guadalupe, Restauración y Conservación, SEMAR-NAR-INE-CICESE-GECI-SEMAR, 27-38p.
- ECMWF, 2016. Climate Reanalysis. *Available at:* <http://www.ecmwf.int/en/research/climate-reanalysis>. *Consulted on:* 06/15/2016.
- Kalnay *et al.*, 1996. NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bull. Amer. Soc.*, 77, 437-470.
- NASA Jet Propulsion Laboratory, 2016. Multi-scale Sea Surface Temperature Map. *Available at:* <http://mur.jpl.nasa.gov/>. *Consulted on:* 06/15/2016.

## **CIRCULACIÓN SUPERFICIAL DE LA BAHÍA DE TODOS SANTOS, B.C. CONDICIONES DE VIENTOS SANTA ANA (2009-2015) MEDIDA POR RADIO ESCATERÓMETROS**

**Navarro Olache Luis Felipe, Flores Xavier, Padilla Isaac, Castro Rubén,  
Hernández Walls Rafael, Durazo Reginaldo, Mejía Trejo Adán**

Universidad Autónoma del Estado de Baja California.

### **INTRODUCCIÓN**

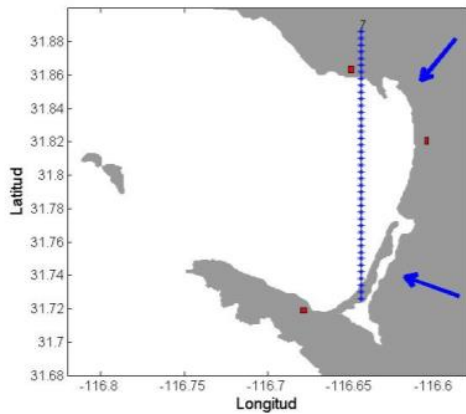
En este estudio se presentan los efectos de los vientos Santa Ana sobre las corrientes superficiales en la Bahía de Todos Santos, B.C. (BTS), durante el periodo del 2009 al 2015 (Figura 1). Estas observaciones se realizaron a través de radio escaterómetros localizados alrededor de la BTS. Los vientos Santa Ana son eventos de corta duración (2-3 días) predominantes en invierno y primavera y de escala regional (Raphael, 2003). Se caracterizan por flujos o ráfagas de alta velocidad, con dirección de tierra a mar (noreste), baja humedad relativa y alta temperatura. Son generados por diferencias de presión atmosférica entre la Sierra Nevada y las costas de California y Baja California (Lynn y Svejksvsky, 1984). El viento de baja humedad y elevada temperatura en algunas ocasiones generan incendios forestales (Westerlking *et al.*, 2004) lo cuales suelen ser observados como lengüetas de humo y/o polvo en dirección de tierra a mar, que ocasionalmente se observan en imágenes de satélite (Figura 1B). Algunas trazas se observan a cientos de kilómetros fuera de la costa como se muestra en la Figura 1. (Svejksvsky, 1985, Castro *et al.*, 2006). Con la entrada del viento Santa Ana a la región de las costas de California, Baja California y en particular la Bahía de Todos Santos (Figura 1) se modifican drásticamente las características ambientales, principalmente por el aporte de calor y la baja humedad. Además de sedimentos y cenizas que se incorporan al ambiente marino por el aire y por los flujos de la capa superficial generados, en el sentido de la dirección de viento (Trasviña, 2004; Castro *et al.*, 2006). En este trabajo se documenta la respuesta de la capa superficial de las aguas de la Bahía de Todos Santos con la presencia de eventos Santa Ana con diferentes intensidades.

### **METODOLOGÍA**

En este estudio los datos de las corrientes superficiales se obtuvieron a través de radio escaterómetros (también llamados radares de alta frecuencia, HFR). Estos instrumentos basan la estimación de corrientes superficiales del océano a través de interacciones entre una onda



electromagnética transmitida con las ondulaciones de la superficie libre del mar reflejadas (Flores-Vidal *et al.*, 2015).



A

B

Figura 1. Bahía de Todos Santos, B.C. Flechas en azul denotan entrada de viento Santa Ana (flechas azules). Las líneas punteadas indica la posición de puntos de medición de velocidades de corriente superficial. Los puntos rojos indican la posición de las estaciones meteorológicas y escaterómetros. B) Imagen de Satélite relacionada a un evento Santa Ana (NASA) que ocurrió el 14 de mayo de 2014. Se observa la distribución de lengüetas de humo sobre la costa norte de Baja California y Sur de California.

Las mediciones se registraron en dos o tres radio-escaterómetros (receptoras) alrededor de la bahía y se procesaron para ensamblar observaciones horarias de corrientes superficiales. Con las observaciones se forman mapas de componentes vectoriales sobre el área total de la bahía. La frecuencia de transmisión en la bahía fue de  $\sim 12.5$  MHz, con un alcance de alrededor de 25 km desde la costa. Los escaterómetros disponibles entre el 2009 y 2013 fueron dos, localizados en el norte y centro de la bahía (Puntos en rojo sobre la costa Figura 1). Desde 2014 hasta la fecha se incorporó un escaterómetro adicional en el sur de la bahía. Esto permitió incrementar la resolución espacial de los datos. El método en detalle esta descrito en (Barrick y Lipa, 1997; Chapman *et al.*, 1997; Flores Vidal *et al.*, 2015). Los datos meteorológicos se registraron en 2 estaciones localizadas en la parte norte de la Bahía a una razón de muestreo de 5 minutos.

La información de magnitud y dirección de viento en conjunto con temperatura del aire y la humedad relativa fueron extraídos de las series y discriminados para identificar vientos Santa Ana característicos. Para esto se consideraron valores de humedad relativa  $< 50\%$ , temperatura  $> 20$  °C y ráfagas de velocidad de dirección del NE, ENE  $> 5$  m s<sup>-1</sup>. Estos datos se seleccionaron en conjunto con las corrientes superficiales para observar la respuesta de la BTS ante los efectos de eventos Santa Ana de diferentes intensidades. Se seleccionaron dos

eventos que ocurrieron a finales de abril y mediados de mayo del 2014, los cuales fueron registrados por las estaciones meteorológicas, radio escaterómetros e incluso se cuenta con una imagen de satélite en la banda visible (Figura 1B). Los eventos esquematizan las principales características de estos eventos y su efecto en las corrientes superficiales.

## **RESULTADOS Y DISCUSIONES**

Entre enero del 2009 y diciembre del 2015 bajo el criterio mencionado anteriormente, se registraron un total de 123 eventos de Santa Ana, con mayor frecuencia en los meses de enero a abril y octubre a diciembre (Tabla 1). Para verano no se habían documentado eventos Santa Ana en esta región, los datos de las estaciones meteorológicas mostraron descenso de humedad relativa y aumento de temperatura en algunos días de verano lo que sugiere la entrada de una condición Santa Ana (Tabla 1, Figura 2). Cabe mencionar que en estos eventos, los vientos no se intensificaron, ni por tanto las corrientes dentro la bahía. La Figura 2 presenta datos humedad relativa (verde), temperatura del aire (rojo) y velocidad de viento (negro) para el 2014 en la estación meteorológica colocada en el norte de la bahía. Éste año se presenta como ejemplo para observar la presencia de eventos Santa Ana a la BTS, ya que se contó con información meteorológica, corrientes superficiales y algunas imágenes de satélite del evento indicado con un circulo en la Figura 2. El evento marcado se presenta con datos de una estación provisional, colocada en el centro de la bahía cuya grafica se observa en la Figura 3. En esta estación, los datos de velocidad muestran que el evento Santa Ana presenta tres pulsos y una dirección del este. La humedad relativa cae drásticamente, seguida del aumento de la temperatura la cual se incrementa hasta 35 °C. Se observa además que los pulsos de velocidad disminuyen y cesan después del tercer pulso. La temperatura y la humedad relativa aunque parecen permanecen un poco más también regresan a la condición regular de alta humedad y temperatura templada de la zona.

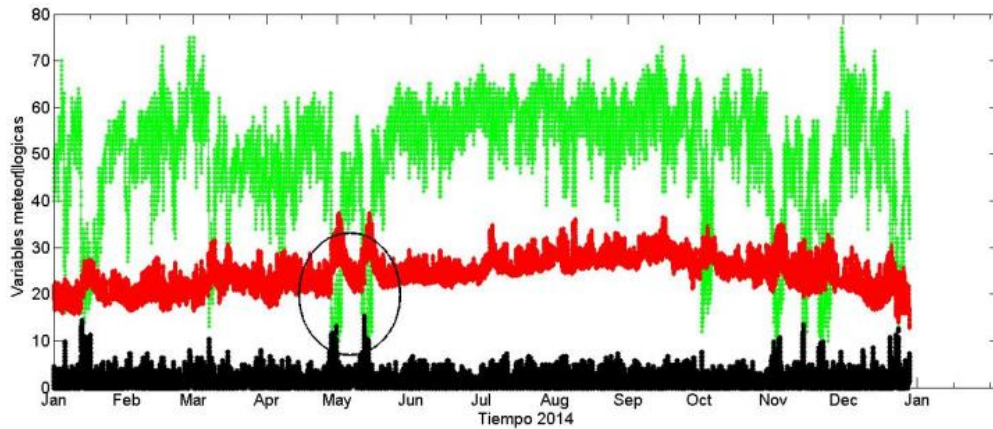


Figura 2. Registro de variables meteorológicas durante el 2014, donde se muestran ocho eventos Santa Ana (Humedad relativa < 20%).

En negro se presenta la velocidad del viento ( $m s^{-1}$ ), en rojo la temperatura del aire ( $^{\circ}C$ ) y en verde la humedad relativa (%). El círculo señala un par de eventos Santa Ana que se detalla en Figura 3. La estructura de las corrientes promedio en el periodo de los eventos Santa Ana se muestra en la Figura 4. Se observa que las corrientes superficiales se dirigieron hacia afuera de la bahía por la región sur (dirección SW) con una magnitud de  $15 cm s^{-1}$ , con menor intensidad por la región norte (Figura 4A). El segundo evento de Santa Ana inició el 14 de mayo, las corrientes superficiales promedio son también hacia afuera de la costa, pero salen por la región norte de la bahía (Figura 4B). Las intensidades de esta corriente son claramente superiores al primer evento presentando velocidades de más de  $30 cm s^{-1}$ . La figura muestra además una estructura en forma de remolino anticiclónico alrededor del contorno de la bahía. Es notable que aunque ambos eventos presenten características de generación similares, en intensidad de viento, temperatura y humedad relativa (Figuras 2 y 3) el resultado en la circulación promedio es visiblemente diferente.

Tabla 1. Ocurrencia de eventos de Santa Ana en la Bahía de Todos Santos del 2009 al 2015.

MES	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total	Media
1	3	2	3	3	3	3	3	20	3
2	2	0	3	3	3	2	3	16	2
3	1	2	3	3	1	3	3	16	2
4	2	1	3	3	2	3	3	17	2
5	0	0	2	3	1	2	1	9	1
6	0	0	2	0	1	1	1	5	1
7	0	0	1	1	0	2	1	5	1
8	0	0	0	0	0	2	0	2	0
9	0	0	1	1	0	1	1	4	1

MES	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total	Media
10	1	1	3	2	0	2	1	10	1
11	1	3	3	1	1	2	0	11	2
12	0	0	2	2	1	2	0	7	1
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>26</b>	<b>22</b>	<b>13</b>	<b>25</b>	<b>17</b>	<b>123</b>	<b>-</b>

Con los datos de corriente superficial se construyó una sección de norte a sur para observar velocidad superficial en la BTS a lo largo del tiempo (Figura 1A). En la Figura 5 se muestra la componente U (dirección este +, oeste -). Durante el evento Santa Ana, los flujos de salida de la bahía se mantuvieron durante todo el periodo (29 abril al 4 de mayo). Además se observa que los máximos de corrientes se repiten cada 12 horas. Los flujos durante el Santa Ana son más intensos en la parte sur de la sección, con máximos de  $\sim 40 \text{ cm s}^{-1}$ . Después del evento Santa Ana, las velocidades presentaron una condición alternante de flujo este-oeste, con velocidades menores a  $5 \text{ cm s}^{-1}$  (Figura 5), lo cual sugiere la influencia de la marea. La presencia del segundo Santa Ana ocurrió el 14 de mayo, aunque se perdieron algunos datos antes del evento, se puede observar que los flujos hacia afuera de la costa se intensifican de una forma similar, en esta línea con respecto al primer Santa Ana y máximos de corriente alcanzando los  $40 \text{ cm s}^{-1}$  en dirección hacia fuera de la costa.

Las corrientes máximas instantáneas en ambos eventos se presentan en mapas (Figura 6), los máximos para el primer evento (Figuras A, B) presentan velocidades hacia fuera de la costa por la región sur, similares al promedio (Figura 4A). Los máximos se repiten con periodo diurno y disminuyen en cada evento hasta regresar a la condición normal, cabe mencionar que los máximos de corriente coinciden con el periodo de mareas vivas en la bahía, lo que puede indicar una sumatoria de ambos procesos. Los máximos para el segundo Sana Ana son también de  $40 \text{ cm s}^{-1}$ ; sin embargo, la dirección de flujos es diferente, como se muestra en las Figuras 6C y D, y los promedios Figura 4. La corriente son hacia afuera de costa en la región sur y forman una estructura en forma de giro alrededor de la bahía, con componentes hacia fuera de la bahía por la región norte.



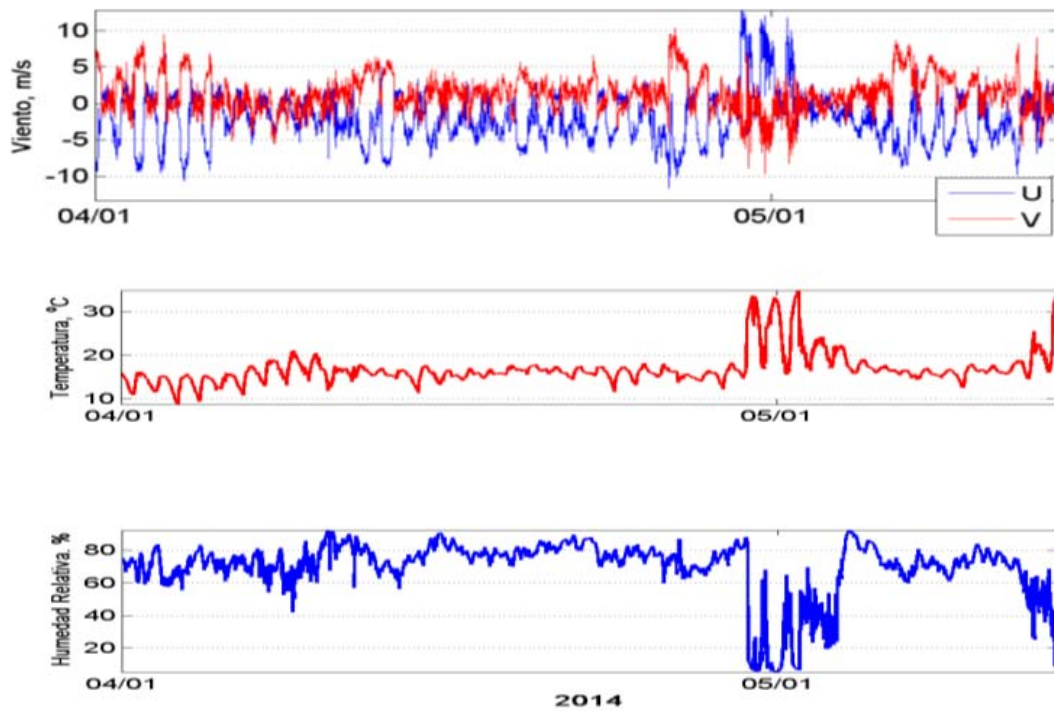


Figura 3. Datos de velocidad e viento, temperatura y humedad relativa en el mes de abril, como ejemplo de la llegada de un evento Santa Ana. Panel superior es la velocidad U Este Oeste y la velocidad V norte sur, panel intermedio temperatura panel inferior humedad relativa, elevento de Santa Ana ocurrió del 29 de abril al 6 de mayo.

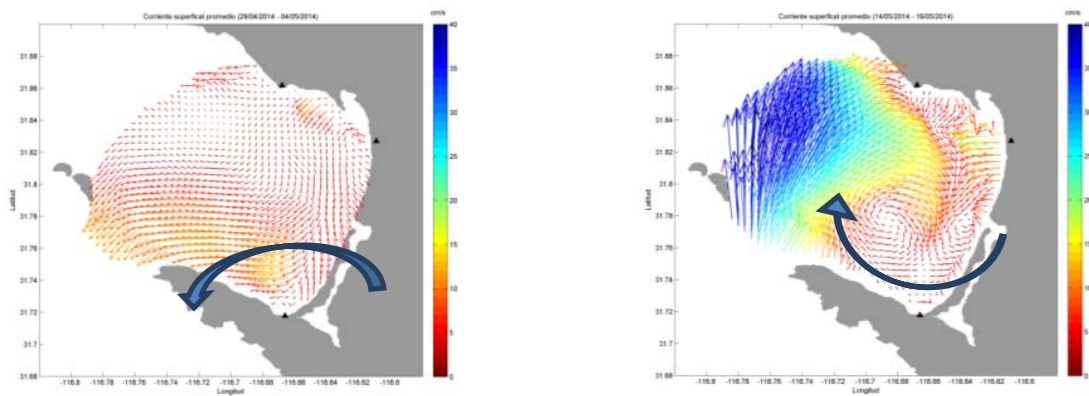


Figura 4A. Promedio de velocidades superficiales del 29 de abril al 4 de mayo 2014. B) Promedio de velocidades superficiales del 14 al 16 de mayo 2014, corresponde a la Figura 1ª



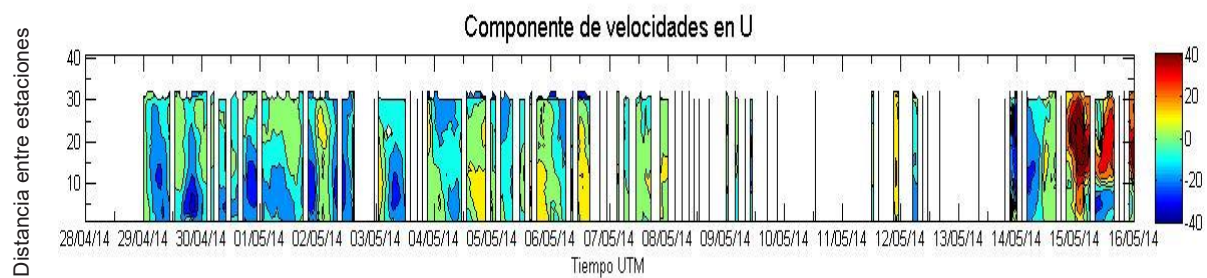


Figura 5. Componente U de la corriente generada por vientos Santa Ana del 29 de abril al 4 de mayo y del 14 al 16 de mayo 2014. A) Color azul (negativo) refleja flujo hacia afuera de la bahía. B Componente de mareas

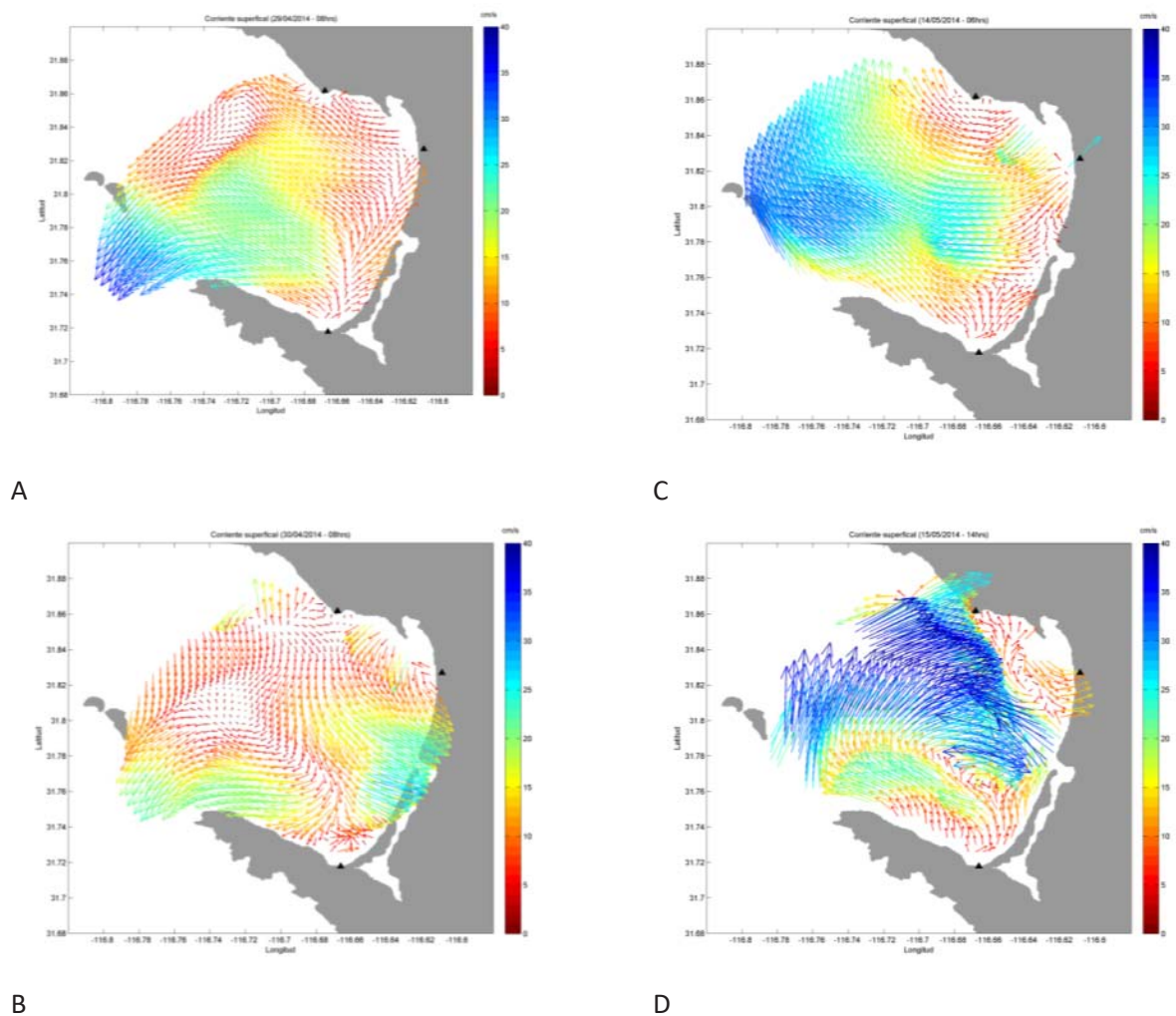


Figura 6. A) Datos de corriente máximas durante un evento Santa Ana ocurrido entre el 29 abril al 4 de mayo 2014 A) 00:00 hrs B) 12:00 Hrs, Máximos de corrientes para el santa Ana ocurrido ente el 14 y 16 de mayo 2014 C) 06:00, E) 14:00 horas

Aunque no todos los eventos de Santa Ana fueron registrados con datos de corrientes superficiales, debido a mantenimiento de las estaciones o a baja calidad de datos. Las corrientes generadas por los eventos Santa Ana, pueden clasificarse de acuerdo a la duración e intensidad de las corrientes generadas y la duración e intensidad de los agentes forzantes.

Existen eventos que presentan incremento notable en la temperatura, junto a un decremento en la humedad relativa; sin embargo, no se observan vientos que acompañen al evento o estas son menores a  $5 \text{ m s}^{-1}$ . (Castro *et al.*, 2006). En los eventos Santa Ana, el ingreso de vientos modifica la circulación superficial con flujos hacia afuera de la costa, contraria a la circulación regular de la bahía. Del total de 123 eventos de Santa Ana registrados en los datos del 2009 al 2015 se tienen 21 eventos con datos de corrientes superficiales. Los flujos Santa Ana fortalecen el proceso de recambio de agua dentro de la bahía y pueden contribuir a la distribución de nutrientes hacia aguas profundas y la dispersión de contaminantes.

## CONCLUSIONES

Las corrientes costeras generadas por los flujos superficiales de los vientos de Santa Ana producen una descarga de agua hacia afuera de la costa. Los flujos tienen duración de entre dos a tres días con periodo diurno tanto en corrientes de viento, temperatura y corrientes superficiales. Los pulsos diurnos de viento trasladan agua hacia afuera de la costa. Los flujos de salida durante el santa Ana se mantienen, estos aumentan cuando coinciden con periodos de mareas vivas en el reflujo. Esto puede ser importante por los efectos de recambio de la bahía además de la inyección de nutrientes tanto en aire como en agua hacia fuera de la costa.

Los datos registraron dos patrones de circulación generada por los vientos Santa Ana, una corriente hacia afuera de la bahía en dirección hacia suroeste y otro una corriente hacia afuera de la bahía con dirección noroestede menor intensidad. Los parones parecen responder a redirecciones del flujo de viento a lo largo de variaciones en la orografía.

El número de eventos de Santa Ana registrados en la Bahía de Todos Santos en este estudio se incrementó entre el 2009 al 2015.

AGRADECIMIENTOS. Se agradece la colaboración del departamento de meteorología de CICESE por la aportación de datos meteorológicos para la realización de este trabajo, en particular al Dr. Modesto Ortiz Figueroa y al Ingeniero Santiago Alfonso Higareda Cervera. Se agradece al personal y colaboradores del Cuerpo Académico de Oceanografía Operacional por

el apoyo durante las instalaciones y mantenimiento de las redes de escaterómetros dentro de la Bahía de Todos Santos, particularmente al Ing. Andrés Sandoval, MI Cesar Liera.

## REFERENCIAS

- Barrick D.E., Lipa B.J., 1997. Evolution of bearing determination in HF current mapping radars. *Oceanography*, 10, 72-75.
- Castro R., Mascarenhas A., Martinez-Diaz-de Leon A., Durazo R., Gil-Silva, E. 2003. Spatial influence and oceanic thermal response to Santa Ana events along the Baja California peninsula. *Atmosfera*, 19, 195–211.
- Castro R., Parés-Sierra Alejandro, Marinone S.G., 2006. Evolución y extensión de los vientos Santa Ana de febrero de 2002 en el océano, frente a California y la Península de Baja California. *Ciencias Marinas UABC, México*, 29(3), 275-281
- Chapman R. D., Shay L.K., Graber H.C., Edson J.B., Karachintsev A., Trump C.L., Ross D.B., 1997. On the accuracy of HF radar surface current measurements: Intercomparison with ship-based sensors. *J. Geophys. Res.*, 102(C8), 18737–18748.
- Flores-Vidal X., Durazo R., Castro R., Navarro L.F., Dominguez F., Gil E., 2015. Fine-scale tidal and sub-tidal variability of an upwelling-influenced bay as measured by the Mexican High Frequency Radar Observing System. *In: Coastal Ocean Observing Systems: Advances and Syntheses* (ISBN: 9780128020227), Elsevier. Chapter 12.
- Raphael M.N., 2003. Santa Ana winds of California. *Earth Interactions*, 7, 1-13.
- Trasviña A., Ortiz-Figueroa M., Herrera H., Cosio M.A, González E., 2003. Santa Ana winds and upwelling filaments off Northern Baja California. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 37, 113–129.
- Svejkovsky J., 1985. Santa Ana airflow observed from wildfiresmoke in satellite imagery. *Monthly Weather Rev.*, 13, 902–906.
- Westerlking A. L., Cayan D., Brown T., Hall B., Riddle L.G., 2004. Climate, Santa Ana Winds and Autumn Wildfires in Southern California. *EOS*, 85, 289-300.

## EL NIÑO 2015 EN BAHÍA DE LA PAZ, GOLFO DE CALIFORNIA

**Obeso-Nieblas M.\*, Shirasago Germán B.\*, Gaviño-Rodríguez J.H.\*\*, Jiménez-Illescas A.R.\***

\*Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas - IPN. Av. Inst. Politécnico Nacional s/n. C.P. 23000, La Paz, B. C. S., México. E-mail: maclovio510@gmail.com , \*\*Instituto Oceanográfico de la Universidad de Colima\*

### INTRODUCCIÓN

Dentro los fenómenos que afectan a la Bahía de La Paz, podemos considerar El Niño y La Niña. El Niño que se caracteriza por el debilitamiento a gran escala de los vientos Alisios y por el calentamiento de las capas superficiales del Océano Pacífico Ecuatorial, en sus porciones este (frente a las costas de América) y central. Por otro lado, la Contracorriente Ecuatorial se ve incrementada por esa circulación hacia el este. Esto es muy probable, que intensifique la lengua cálida de agua que viaja hacia el norte a lo largo de la costa de América, suprimiendo el surgimiento de agua profunda en las costas de Baja California y California (Obeso-Nieblas, 2003 y Obeso-Nieblas *et al.*, 2004).

Bahía de La Paz, se localiza desde los 24.1° hasta los 24.8° de latitud norte y de los 110.2° a 110.8° de longitud oeste. Es la bahía más grande en la costa oriental de la Península de Baja California; las aguas son profundas en gran parte de su extensión. Con un umbral suave en la Boca Norte frente a la Isla San José. La profundidad disminuye gradualmente hacia el sur hasta llegar a una parte somera con pendiente suave y playas extensas. Tiene una extensión aproximada de 90 km de largo y su parte más ancha es de 35 km. La comunicación con el Golfo de California ocurre a través de 3 entradas: la Boca Norte, una comunicación ancha y profunda que alcanza profundidades de 350 m, Canal San José estrecho y poco profundo en el extremo sur (62 m) y el Canal San Lorenzo muy dinámico y somero con una profundidad promedio de 10 m (Obeso-Nieblas *et al.*, 2014). La Ciudad de La Paz, está situada al sureste de la bahía (Figura 1).

Con el objetivo de determinar las condiciones oceanográficas en Bahía de La Paz, durante el fenómeno de El Niño en el verano de 2015, se analiza y compara la variabilidad hidrográfica en la bahía, con base a datos de CTD de septiembre de 2015 (Niño fuerte), septiembre de 2006 (Niño débil), septiembre de 2009 (Niño débil) y septiembre de 2010 (Niña débil).



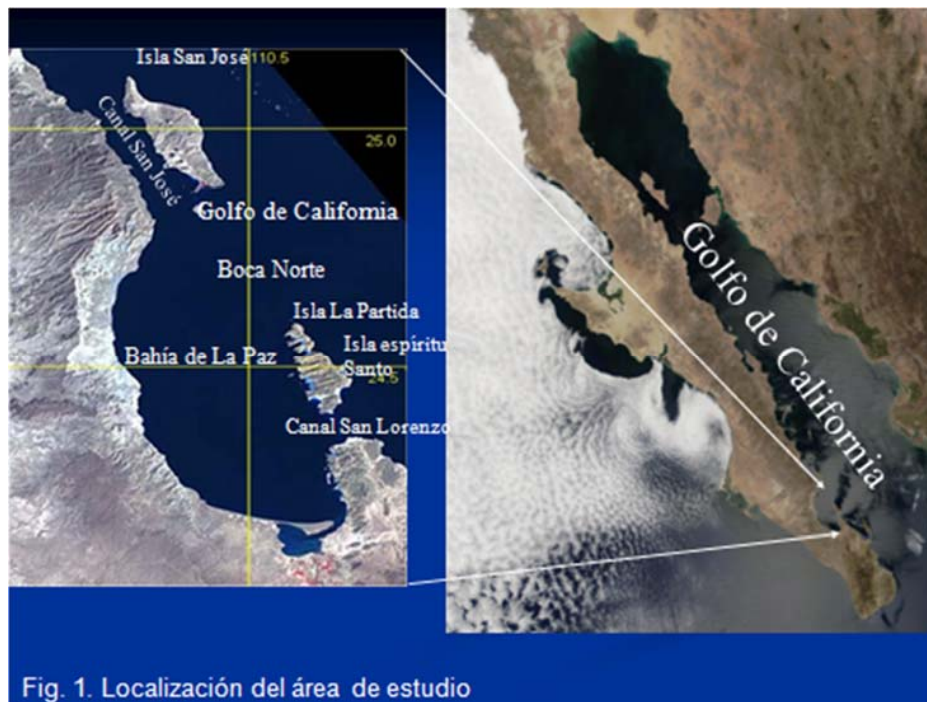


Fig. 1. Localización del área de estudio

## **METODOLOGÍA**

Los datos fueron obtenidos con un CTD marca Seabird modelo Seacat 19, durante los muestreos realizados. Se obtuvieron registros de conductividad, profundidad y temperatura. La salinidad fue calculada de acuerdo a los procedimientos estándar (UNESCO, 1991), según una red de muestreo que contiene 26 estaciones. Con estos datos se realizaron perfiles acumulados de temperatura y salinidad. Mediante el uso de diagramas T-S se identificó la presencia de masas de agua, de acuerdo a la clasificación de Torres-Orozco (1993). La cuantificación de la estratificación de la columna de agua se determinó según Simpson (1981), desde la superficie hasta los 100 m de profundidad.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En 2006 se aprecia una mínima capa de mezcla y una termoclina muy escarpada, la temperatura superficial promedio fue de 28.79 °C, con una estratificación promedio de 273.73 J m<sup>-3</sup>, y un gradiente de 0.14 °C m<sup>-1</sup> en los primeros 100 m de profundidad. En 2009 es indiscutible, la ausencia de una capa de mezcla y el afloramiento de la termoclina, la temperatura superficial promedio fue de 29.68 °C, con una estratificación promedio de 251.67 J m<sup>-3</sup>, y un gradiente de 0.10 °C m<sup>-1</sup> en los primeros 100 m de profundidad. La temperatura disminuyó en 2010, con una temperatura superficial promedio de 28.75 °C, ausencia de una



capa de mezcla, con una gradiente de  $0.11\text{ }^{\circ}\text{C m}^{-1}$ , en los primeros 100 m de profundidad, con una estratificación promedio de  $266.83\text{ J m}^{-3}$ . En 2015 se aprecia una capa de mezcla de 2 m de profundidad, la temperatura superficial promedio fue de  $30.66\text{ }^{\circ}\text{C}$ , con una estratificación promedio de  $260.80\text{ J m}^{-3}$ , y un gradiente de  $0.09\text{ }^{\circ}\text{C m}^{-1}$  en los primeros 100 m de profundidad (Figura 2).

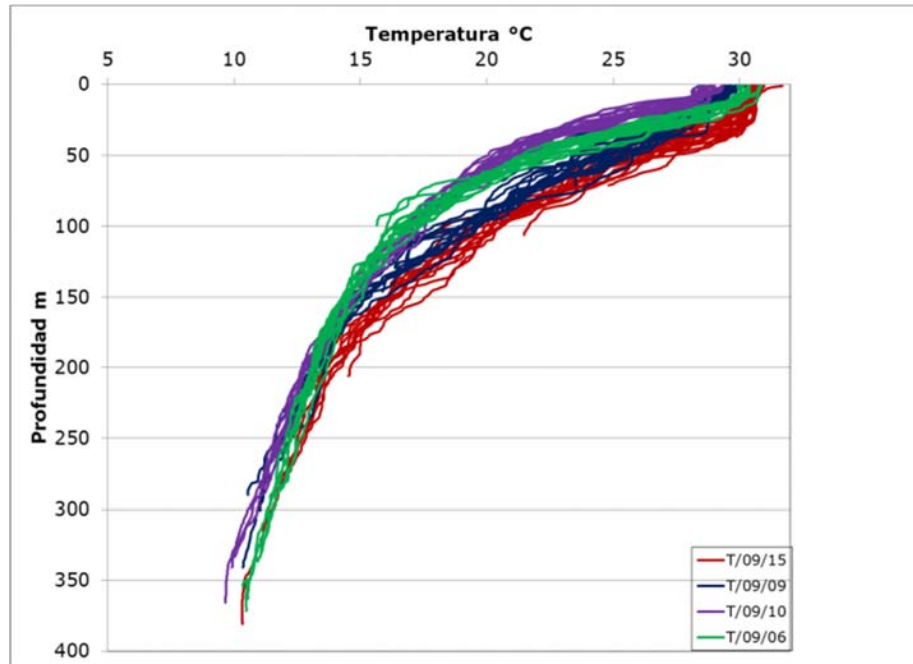


Figura 2. Perfil vertical de temperatura en  $^{\circ}\text{C}$ . Bahía de La Paz, en septiembre 2006, 2009, 2010 y 2015.

La salinidad en 2006, presenta cierta dispersión en los primeros 20 m, con una disminución gradual en toda la columna de agua, con ausencia de capa de mezcla. La salinidad superficial promedio fue de 35.07 ups. En 2009 la salinidad disminuye gradualmente de superficie a fondo. La salinidad superficial promedio fue de 35.14 ups. No se registró la estructura de haloclina. En 2010 destaca un incremento en la salinidad hasta los 120 m de profundidad, con respecto a los otros muestreos, no se tuvo una haloclina, la salinidad presenta también una disminución gradual de superficie a fondo. La salinidad superficial promedio fue de 35.27 ups. En 2015 la salinidad presenta una disminución y dispersión muy importante en los primeros 50 m. La salinidad superficial promedio fue de 34.73 ups. No se registró la estructura de haloclina (Figura 3).

En 2006 se registraron tres masas de agua, Agua del Golfo de California (AGC), Agua Superficial Tropical (AST) y Agua Subsuperficial Subtropical en la parte profunda (ASS). En 2009 la distribución de la temperatura y de la salinidad, dieron origen a la presencia de AST,

AGC y ASS. En 2010 se incrementó la salinidad y disminuyó la temperatura, esto aumentó la presencia de AGC y genero la ausencia del AST. En la parte profunda se puede apreciar nuevamente solamente ASS. En 2015 disminuyo drásticamente la salinidad y se incrementó la temperatura, aumentó la presencia de AST y como consecuencia se redujo el AGC. En la parte profunda se puede apreciar sólo ASS (Figura 4).

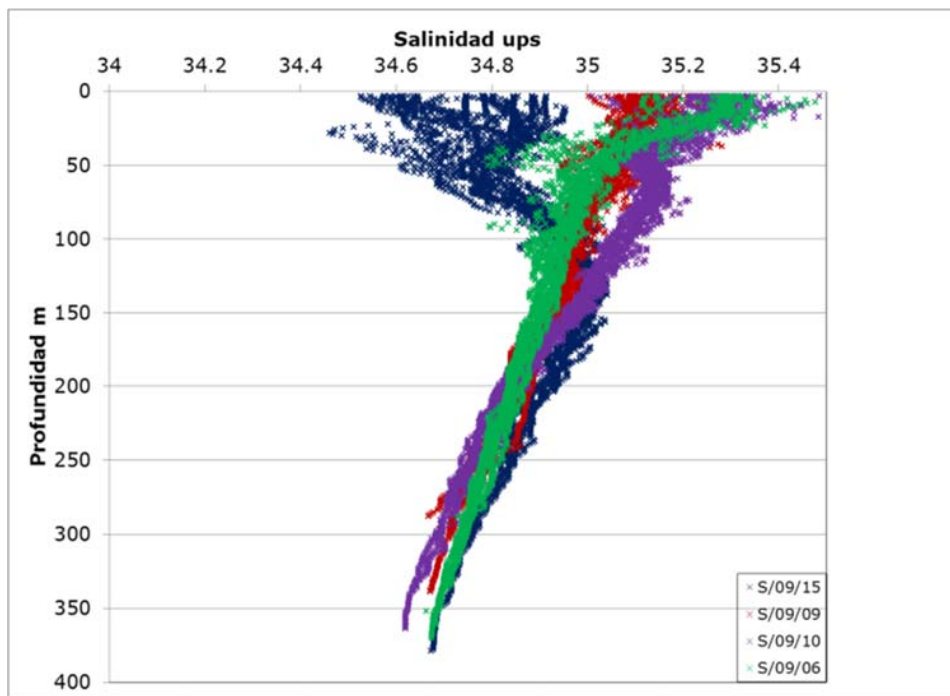


Figura 3. Perfil vertical de salinidad en ups. Bahía de La Paz, en septiembre 2006, 2009, 2010 y 2015.

## CONCLUSIONES

La salinidad presentó importante variabilidad en los primeros 175 m de profundidad, con la mayor salinidad durante La Niña y la menor salinidad durante El Niño 2015, al parecer el arribo de agua de menor salinidad del Golfo de California, destruyó la haloclina en la bahía, generando una disminución gradual con relación a la profundidad.

La temperatura en la bahía presentó un comportamiento que fue determinado por el calentamiento y enfriamiento anómalo de la temperatura, con la mayor temperatura durante El Niño de 2015, con una termoclina muy escarpada, desde la superficie hasta los 150 m de profundidad.

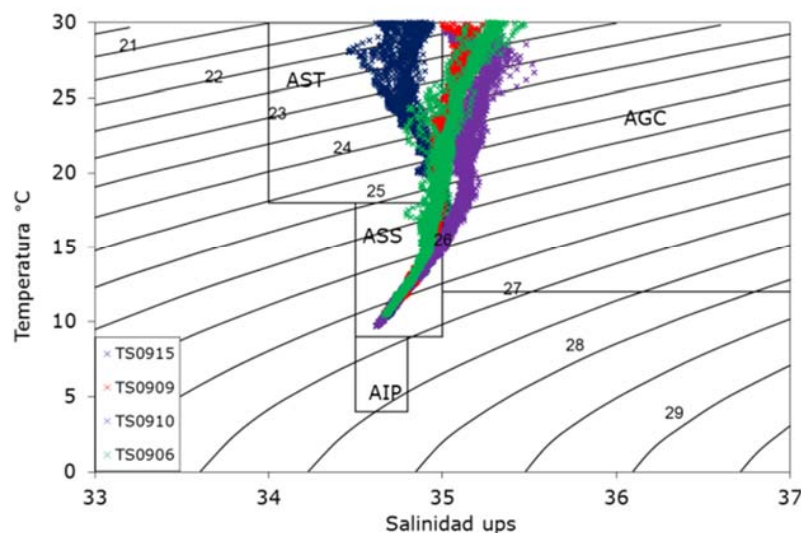


Figura 4. Masas de agua. Bahía de La Paz, en septiembre 2006, 2009, 2010 y 2015.

Durante El Niño se registraron tres masas de agua en la bahía, AST, AGC y ASS, con una significativa disminución del AGC, compensada por la presencia del AST, con la mayor variabilidad hidrográfica en las aguas con temperaturas mayores a 15°C. Durante La Niña se registraron solamente dos masas de agua, AGC y ASS.

**AGRADECIMIENTOS.** Agradezco al Sistema de Administración de Programas y Proyectos de Investigación de la Secretaría de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional, el apoyo brindado a través de Proyectos de Investigación, mediante lo cual se obtuvieron los datos oceanográficos utilizados en esta investigación.

## REFERENCIAS

- Obeso-Nieblas M., 2003. Variabilidad espacio-temporal de las condiciones oceanográficas de la Bahía de La Paz, BCS, México. Tesis Doctoral, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN, La Paz, Baja California Sur, 337pp.
- Obeso-Nieblas M., Shirasago-German B., Sánchez-Velasco L., Gaviño-Rodríguez J.H., 2004. Hydrographic variability in Bahía de La Paz, B.C.S., Mexico, during the 1997-1998 El Niño. *Deep Sea Research II*, 51, 689-710.

Obeso-Nieblas M., Gaviño-Rodríguez J.H., Obeso-Huerta H., 2014. Variabilidad espacial termohalina, masas de agua y circulación geostrofica en Bahía de La Paz, Golfo de California. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 49(3), 413-426.

Simpson JH., 1981. The shelf sea front: Implication of their existence and behavior. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 302, 531-546.

Torres-Orozco E., 1993. Análisis volumétrico de las masas de agua del Golfo de California. Tesis de Maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, México, 80pp.

UNESCO, 1991. Processing of oceanographic station data. JPOTS Edition. 138pp.

## MASAS DE AGUA EN BAHÍA DE LA PAZ, GOLFO DE CALIFORNIA

Obeso-Nieblas M.\*, Shirasago Germán B., Gaviño-Rodríguez J.H.\*\*, Sánchez-Lindoro F.\*\*\*

\*Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional. E-mail: maclovio510@gmail.com. \*\*Instituto Oceanográfico de la Universidad de Colima. \*\*\*CIIDIR Guasave, Sinaloa.

### INTRODUCCIÓN

La Bahía de La Paz (BLP) es un importante cuerpo de agua influenciado por el Golfo de California (GC), sobre todo en su parte profunda. Procesos de mesoescala que ocurren en el sur del golfo determinan en gran medida las condiciones hidrográficas en la bahía. La circulación general y la variabilidad estacional del golfo, a su vez, son influenciadas por procesos oceanográficos y atmosféricos que ocurren en el Océano Pacífico. Entre estos se pueden mencionar las fuerzas de la marea, intrusiones de agua y movimientos de baja frecuencia, ejercidos en la boca del golfo y las interacciones no-lineales de todos estos movimientos con la topografía, así como la transferencia de momento, calor e intercambio de agua dulce, y los fenómenos de gran escala como los eventos El Niño y La Niña (Marinone 2003).

La región presenta un clima seco y árido (BWh), con una evaporación promedio anual de 215 mm y la humedad relativa está entre 62 y 70%. En BLP, durante los meses de noviembre a mayo, los vientos soplan por la mañana del noroeste y después del crepúsculo cambian a vientos del sur; durante el resto del año los vientos del sureste y del suroeste son los dominantes. Las calmas son frecuentes durante primavera y verano (Obeso-Nieblas *et al.*, 2014).

Estudios previos en BLP han proporcionado las bases para el entendimiento de sus condiciones hidrográficas (Monreal-Gómez *et al.*, 2001, Salinas-Gonzalez *et al.*, 2003 y Obeso-Nieblas *et al.* 2014). Con el objetivo de analizar la evolución de las masas de agua en Bahía de La Paz, se procesaron 12 muestreos hidrográficos.

### METODOLOGÍA

Los datos hidrográficos fueron obtenidos mediante un CTD marca Seabird modelo Seacat 19, durante doce expediciones (enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre de 2013). Los datos incluyeron mediciones de profundidad, temperatura y conductividad, derivándose de estos la salinidad, obtenidos a lo



largo de siete transectos orientados este-oeste, e incluyendo 36 estaciones de muestreo (Figura 1). Mediante el uso de diagramas TS se identificó la presencia de masas de agua, de acuerdo a la clasificación de Torres-Orozco (1993) y Castro *et al.*, (2006).

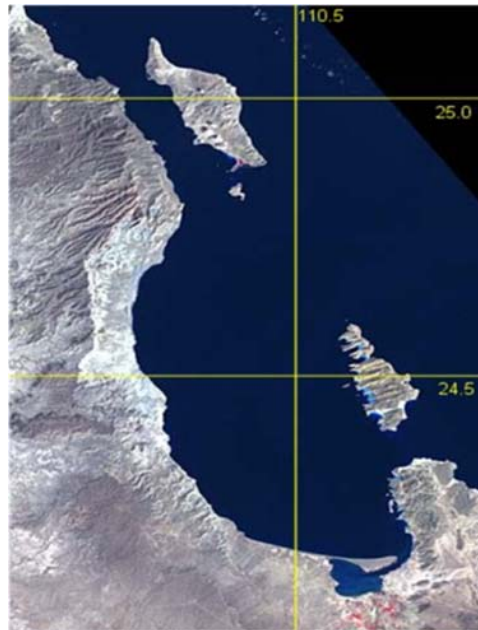


Figura 1. Localización del área de estudio.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

En la región superficial de la bahía, en el trimestre de enero a marzo, la salinidad se incrementó con el valor máximo en marzo, con la presencia exclusivamente de AGC (Figura 2). En el período de abril a junio, se aprecia una disminución de la salinidad y un incremento de la temperatura, el AGC se aprecia más caliente y menos salada, con trazas de AST en junio (Figura 3). En el trimestre de julio a septiembre, la temperatura continuó incrementándose y llegó a su valor máximo, mientras que la salinidad alcanzó su mínimo en agosto, registrándose la mínima presencia del AGC y la máxima cantidad del AST en la bahía (Figura 4). En el período de octubre a diciembre, la temperatura disminuye de octubre a diciembre y la salinidad se incrementó, originando la disminución del AST y el incremento del AGC. Para diciembre en la bahía se registró exclusivamente AGC (Figura 5). Constatando con la parte profunda (hasta 450 m) donde la estructura fue muy estable, con la presencia permanente del ASS. Con la máxima variabilidad en salinidad entre julio y agosto (Figura 4).

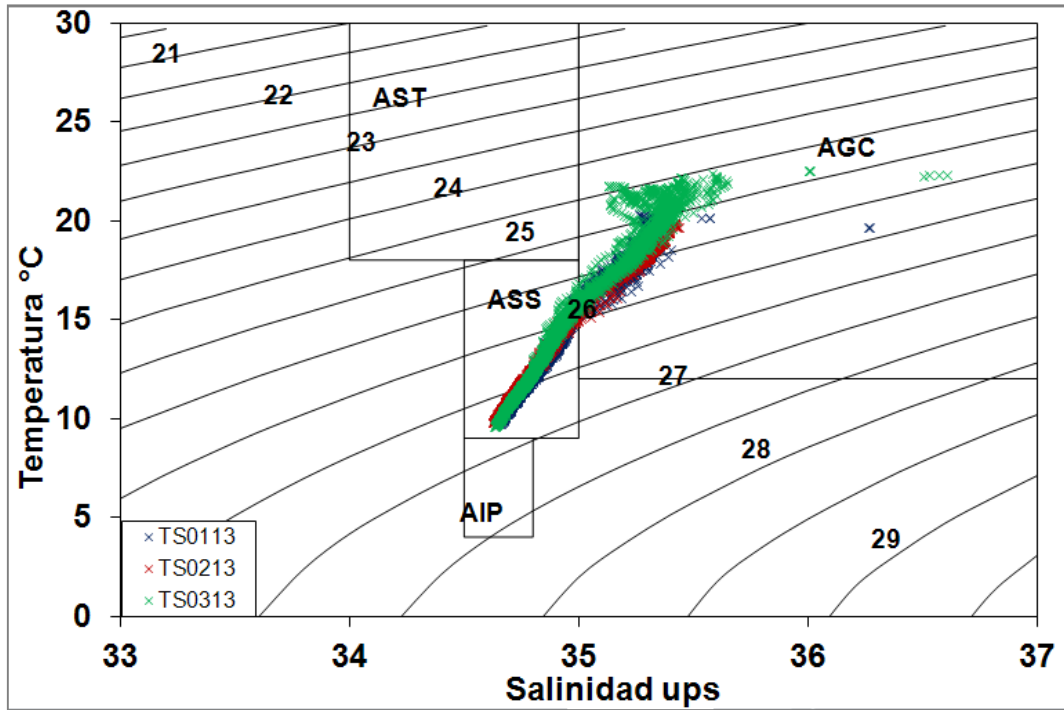


Figura 2. Masas de agua en enero, febrero y marzo en Bahía de la Paz

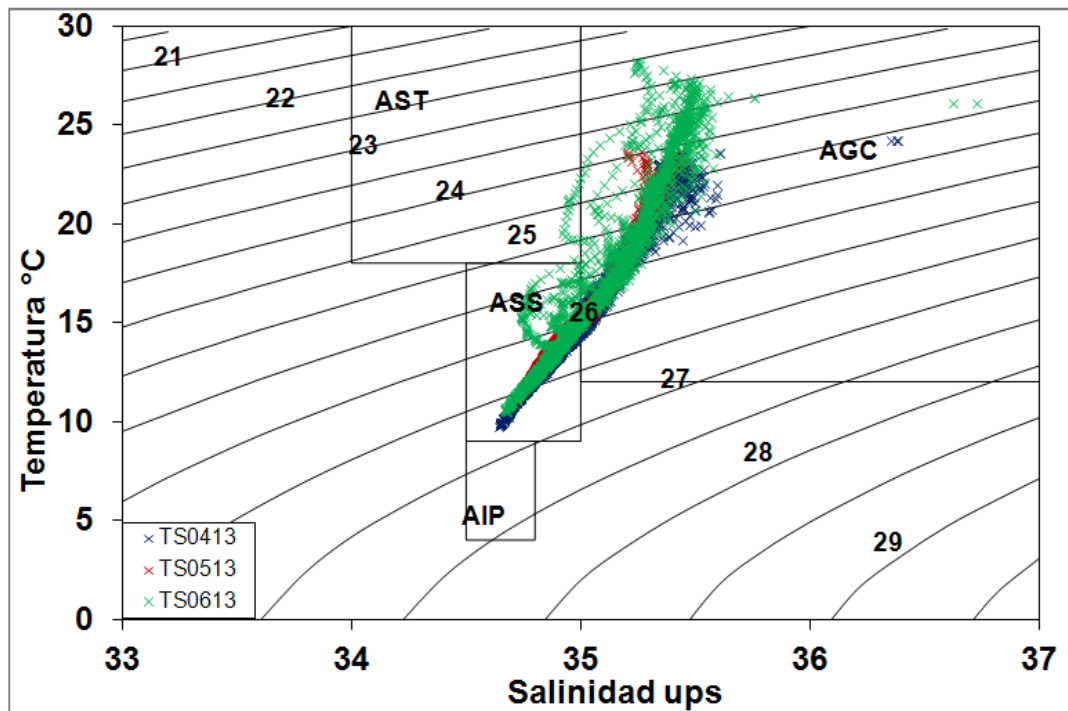


Figura 3. Masas de agua en abril, mayo y junio en Bahía de la Paz

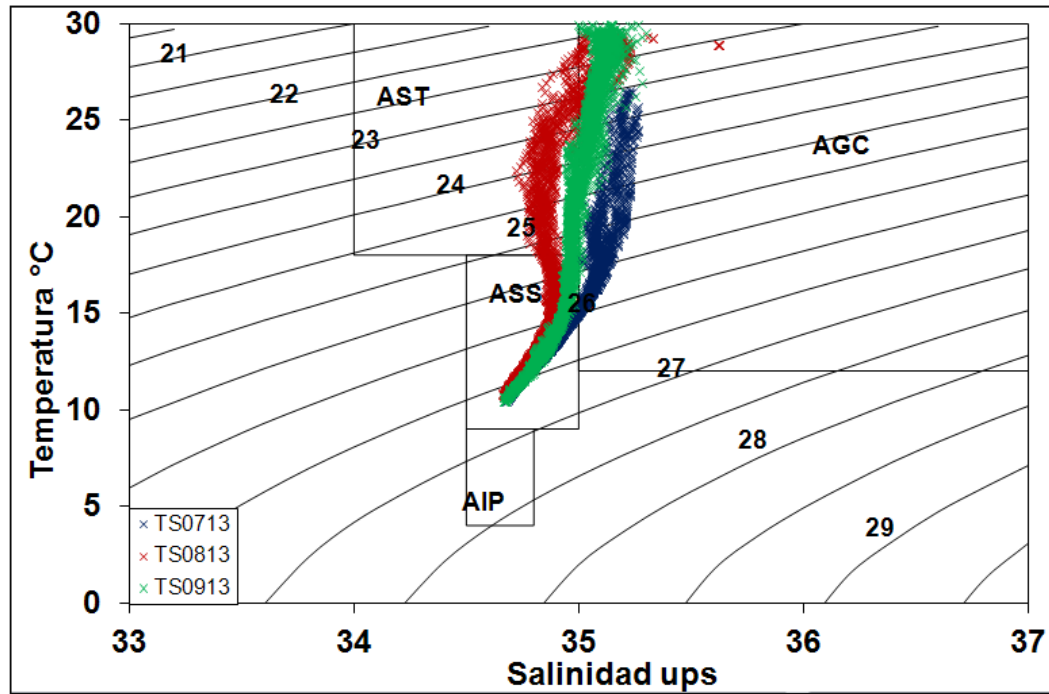


Figura 4. Masas de agua en julio, agosto y septiembre en Bahía de la Paz

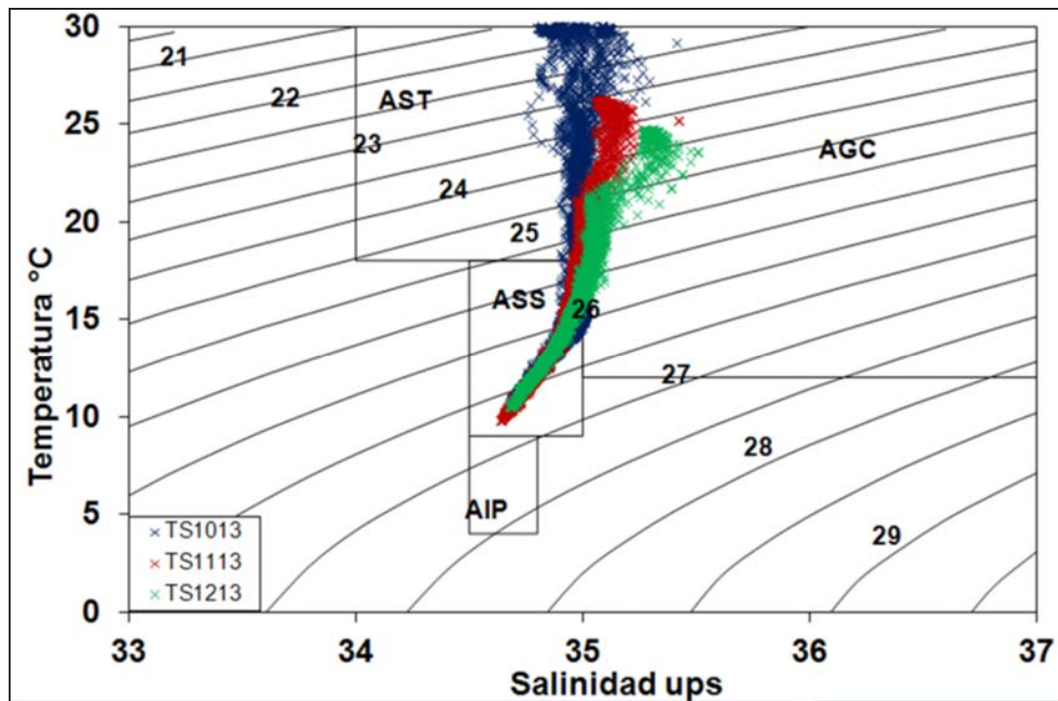


Figura 5. Masas de agua en octubre, noviembre y diciembre en Bahía de la Paz.

## CONCLUSIONES

Se encontró al transcurrir los meses del año, importante variabilidad de la temperatura y salinidad en la porción superficial (< 150 m) modificada por la presencia y proporción del AGC y del AST en la bahía. Constatando con la parte profunda (hasta 450 m) donde la estructura fue muy estable, con la presencia permanente ASS. En el diagrama TS se pudo reconocer que, las aguas con temperaturas mayores a 15 °C, presentaron una variabilidad considerable en las propiedades termohalinas y en sigma-t, difiriendo de las aguas con temperaturas menores que mostraron características relativamente uniformes. El intercambio de agua entre la bahía y el GC implicó, en 8 de los cruceros (enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio y diciembre), exclusivamente AGC en la parte superficial (< 150 m) y ASS en la parte profunda (hasta 450 m), mientras que en (agosto, septiembre, octubre y noviembre), se registró AST y AGC en la porción superficial, acompañándolas en la región profunda el ASS.

AGRADECIMIENTOS. Agradezco al Sistema de Administración de Programas y Proyectos de Investigación de la Secretaría de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional, el apoyo brindado a través de Proyectos de Investigación, mediante lo cual se obtuvieron los datos oceanográficos utilizados en esta investigación.

## REFERENCIAS

- Castro R., Durazo R., Mascarenhas A., Collins C.A., Trasviña A., 2006. Thermohaline variability and geostrophic circulation in the southern portion of the Gulf of California. *Deep-Sea Research I*, 53, 188-200.
- Marinone S.G., 2003. A three-dimensional model of the mean and seasonal circulation of the Gulf of California. *Journal of Geophysical Research*, 108(C10), 3325, DOI 10.1029/2002JC001720.
- Monreal-Gómez M.A., Molina-Cruz A., Salas-de-León D.A., 2001. Water masses and cyclonic circulation in Bay of La Paz, Gulf of California, during June 1998. *Journal of Marine Systems*, 50, 305-315.
- Obeso-Nieblas M., Gaviño-Rodríguez J.H., Obeso-Huerta H., 2014. Variabilidad espacial termohalina, masas de agua y circulación geostrófica en Bahía de La Paz, Golfo de California. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 49(3), 413-426.
- Salinas-González F., Zaytsev O., Vyacheslav M., 2003. Formación de la estructura termohalina del agua en la Bahía de La Paz de verano a otoño. *Ciencias Marinas*, 29, 51-65.

Torres-Orozco E., 1993. Análisis volumétrico de las masas de agua del Golfo de California. Tesis de Maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, México. 80p.



## **VISUAL PLUMES, UNA OPCIÓN PARA EL CAMPO CERCANO EN CONDICIONES PARTICULARES. CASO DE ESTUDIO GANDÍA, ESPAÑA**

**Pascual-Barrera Alina\*, Sierra-Pedrico Joan Pau, Mösso-Aranda César, Mestres Marc, Romero-Gil Inmaculada, Dzul-López Luis**

\*Universidad Internacional Iberoamericana UNINI México. Correo electrónico:  
alina.pascual@unini.edu.mx

### **INTRODUCCIÓN**

Hoy en día la simulación numérica se ha convertido en una herramienta útil para el diseño y el estudio de los efectos causados por los vertidos al mar con el objetivo de minimizarlos. Sobre todo, por la creciente demanda turística y el aumento de la contaminación en las zonas costeras, que exigen la realización de estudios muy precisos que consideren tanto el uso de modelos numéricos capaces de simular el comportamiento de los agentes químico-biológicos en el medio; así como también, el cumplimiento de la normativa ambiental correspondiente.

Tal es el caso de las zonas costeras de la Comunidad Valenciana, cuyo problema principal es la generación de grandes cantidades de agua residual urbana, específicamente durante la época estival, que son vertidas a través de los emisarios submarinos al medio ambiente marino/costero. Esta carga de contaminantes es tan grande que, en ocasiones, el medio receptor es incapaz de asimilarla a corto plazo, provocando episodios de polución que afectan de forma negativa la calidad de las aguas de baño.

Por este motivo, el objetivo de este trabajo es utilizar las herramientas de modelado, ROMS, LIMMIX y VISUAL PLUMES, centradas en parámetros como transporte y dispersión de bacterias y su impacto sobre el medio en tres zonas afectadas por el vertido de los emisarios submarinos en la Costa Valenciana.

### **METODOLOGÍA**

La metodología empleada se basó en analizar los procesos físicos, químicos y biológicos involucrados en la dinámica de los ambientes costeros y la calidad del agua en tres zonas afectadas por el vertido de los emisarios submarinos en la Costa Valenciana, específicamente en las localidades de Gandía, Cullera y Pinedo (Figura 1). Las diferentes campañas de muestreo formaron parte de distintos proyectos científicos, con estaciones de muestreo en la zona de influencia de cada emisario submarino. Una explicación más amplia de

las campañas realizadas en estas zonas puede encontrarse en la tesis doctoral Pascual A., (2013), así como también estudios previos realizados en la zona de influencia del emisario de Gandía (Mösso *et al.*, 2004, 2005, 2007; Mestres *et al.*, 2004; Falco *et al.*, 2005).



Figura 1. Localización geográfica de los emisarios submarinos en estudio en la Costa Valenciana.

Por tratarse de vertidos con un alto contenido de agentes biológicos, fue considerado, en la técnica de modelado, la región del campo cercano (CC), es decir, la zona de mezcla inicial, donde las bacterias presentan una tasa de decaimiento muy rápida en los ambientes marinos y solo una parte podría permanecer activa cuando comience el campo lejano (CL), también llamada región de dispersión pasiva, y sus características comiencen a ser menos importantes. De esta manera en esta zona, donde las condiciones ambientales, dominadas por la dirección y velocidad de la corriente así como por la dispersión horizontal, controlaran la trayectoria de la pluma del vertido (Jirka y Bleninger, 2004).

Sin embargo, la simulación numérica se limitó únicamente al emisario submarino de Gandía, en el que se realizaron 5 campañas de muestreo entre abril del 2005 y mayo del 2006, utilizando únicamente los datos de campo de la campaña Gandía IV para la calibración y validación de los modelos, ya que no se cuentan con datos de viento y/o corrientes para las demás campañas y por lo tanto no se puede asegurar la fiabilidad de los resultados obtenidos en las simulaciones.

Las velocidades registradas de viento y corrientes se presentaron en forma de series temporales de la dirección (grados) y velocidad del viento y corrientes ( $\text{m s}^{-1}$ ), diagramas de vector progresivo (N-E en sentido positivo), gráficos de rosas e histogramas de distribución de velocidades.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados revelaron altas concentraciones de bacterias encontradas en la superficie y en las estaciones cercanas al punto de vertido (183-150000 UFC/100 mL), demostrando que fueron liberadas a través del efluente vertido por el emisario submarino. Estos resultados fueron comparados con el valor obligatorio (100 -10000 UFC/100 mL) y guía (100 – 500 UFC/100 mL) que establece la Directiva Europea para aguas de baño, Directiva de Consejo 76/160/CEE y el Real Decreto 734/1988 que se encontraba vigente durante las campañas, sobrepasando los límites establecidos, a pesar de que los alrededores del punto de la descarga no se consideran como zona de aguas de baño, esta comparativa se realiza para tener una referencia de los niveles de contaminación en las inmediaciones del vertido.

En la simulación numérica, los modelos ROMS y LIMMIX no pudieron reproducir satisfactoriamente la zona del campo cercano, debido probablemente a la complejidad de los procesos en la superficie y de sus interacciones. Mientras que con el modelo VISUAL PLUMES fue posible establecer una alternativa de mejora para el diseño del vertido del emisario submarino de Gandía, garantizando una mayor dilución y, sobre todo, que se cumpliera con la Normativa Europea para la calidad de las aguas de baño, incluso cuando la calidad de los efluentes sea muy pobre, como sucede en el caso de agua poco o nada tratada.

De esta manera, los análisis de calidad de agua y simulación numérica que se realizaron en la zona del vertido del emisario submarino de Gandía han permitido evidenciar que la introducción de agua residual en estas zonas someras, con hidrodinámica suave y diferentes condiciones de vertido, generan una serie de afecciones significativas a corto-medio plazo sobre éste ecosistema costero.

## CONCLUSIONES

En conclusión, con el modelo VISUAL PLUMES, se ha podido establecer una alternativa de mejora para el diseño del vertido del emisario submarino de Gandía a pesar de la falta de datos de campo para la realización de las simulaciones. Actualmente, este modelo ha sido seleccionado por la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (en la actualidad, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente) de España, quien elaboró en el 2011 un documento que contenía un listado de los modelos de simulación recomendados en relación con la Ley 26/2007 sobre Responsabilidad Ambiental. Esta selección de modelos clasifica al modelo VISUAL

PLUMES, junto con el modelo Cormix, como modelos analíticos específicos para atender eventos relacionados con el vertido de agua residual en la línea de costa. Así como también, se destaca su importancia por ser un modelo internacionalmente conocido por la comunidad técnica y científica que analizan su potencial de aplicación para el cumplimiento de la normativa de responsabilidad ambiental.

La realización de los análisis se llevó a cabo en el Laboratorio de Ingeniería Marítima del Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental de la Universidad Politécnica de Cataluña; Laboratorio de Tecnologías del Medio Ambiente del Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia, siendo involucrados los proyectos “Estuaries and Coastal Areas Basis and Tools for a more Sustainable Development (ECOSUD)” del programa de la Unión Europea INCO (Reference no. ICA4-CT-2001-10027) y “Desarrollo y optimización de técnicas para gestionar los vertidos de aguas residuales de emisarios submarinos (ARTEMISA)” del Ministerio Español de Educación y Ciencia (Ref. no. REN2003-07585-C02-01/MAR).

## REFERENCIAS

- Comisión Técnica de Prevención y Reparación de Daños Medioambientales, 2011. Análisis de herramientas de evaluación de la difusión y comportamiento de agentes químicos en el marco de la normativa de responsabilidad medioambiental. Secretaria de Estado de Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Abril, 2011.
- Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 76/160/CEE, de 8 de diciembre de 1975. Relativa a la calidad de aguas de baño (D.O. No. L 31/1 de 5-02-76).
- Falco S., Hermosilla Z., Romero I., Martínez R., Sierra J.P., Mösson C., Mestres M., 2005. Spatial and Temporal Patterns of Water Quality in Cullera Bay. *Journal of Coastal Research, Special Issue*.
- Frick W.E., Roberts P.J.W., Davis L.R., Keyes J., Baumgartners D.J., George G.P., 2001. VISUAL PLUMES MANUAL: Dilution Models for Effluent Discharges, 4<sup>th</sup> Edition (Visual Plumes). Environmental Research Division, NERL, ORD. U.S. Environmental Protection Agency.
- Jirka G.H., Bleninger T., 2004. Diseño de Emisarios Submarinos con Difusores para la Protección de la Calidad del Agua Costera. Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Asociación Internacional de Investigaciones e Ingeniería Hidráulica (AIIH), Sao Pedro, Brasil. Ed. A. M. Genovese.

- Mestres M., Sánchez-Arcilla A., Sierra J.P., Mösso C., González del Río J., Rodilla M., 2004. Basis and tools for a sustainable development of estuaries and coastal areas. A case study from Cullera Bay. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 15(1), 25-32.
- Mösso C., Cateura J., Sierra J.P., Cupul L., González-Marco D., Puigdefábregas J., 2004. Campañas de Campo ECOSUD. Informe de Vientos, Corrientes y Calidad del Agua. Report LIM/AHC-04-02, 45pp.
- Mösso C., Sierra J.P., Mestres M., Cupul L., Falco S., Rodilla M., Sánchez-Arcilla A., González del Río J., 2005. Topography Influence on the Wind-Induced Hydrodynamics in Cullera Bay. *Journal of Coastal Research*, Special Issue.
- Mösso C., Sierra J.P., Mestres M., Cupul L., Falco S., Rodilla M., Sánchez-Arcilla A., González del Río J., 2007. The Influence of Topography on Wind-induced Hydrodynamics in Cullera Bay. *Journal of Coastal Research*, SI(47), 17-30. ISSN 0749-0208.
- Pascual A., 2013. Estudio numérico – experimental de la dispersión de efluentes de emisarios submarinos en la costa valenciana. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña, España.



## **ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL DE DATOS GEOCRONORREFERIDOS DE LA TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE DE LOS MARES DE MÉXICO**

**Rodríguez Sobreyra R.\*, Gallegos García A.\*, Sánchez Pérez S.N.\*\***

\*Laboratorio de Oceanografía Física y Cartografía Oceánica Satelital, Unidad Académica Procesos Oceánicos y Costeros. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. \*\*Unidad de Informática Marina. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. Correo electrónico: ranulfo@cmarl.unam.mx

### **INTRODUCCIÓN**

En el laboratorio de Oceanografía Física y Cartografía Oceánica Satelital (LOFCOS), del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICML) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) se procesan imágenes satelitales para obtener la Temperatura de la Superficie del Mar (TSM) de la Zona Económica Exclusiva de México. El volumen de información que se ha generado (de 1996 a 2013) creó la necesidad de recurrir a las Tecnologías de la Información y la Comunicación para su manejo, actualmente los promedios mensuales de acervo se tienen almacenados en una base de datos geocronorreferidos para su consulta y posterior análisis espacio-temporal.

En el LOFCOS con la información procesada de las imágenes satelitales de la TSM se analizan las imágenes satelitales de la TSM en el espacio y el tiempo consultados de una base de datos geocronorreferidos que apoyan los estudios de los procesos oceánicos y de climatología de los mares mexicanos, mediante la generación de resultados mostrados en una cartografía digital.

### **METODOLOGÍA**

En la LOFCOS se implementó una base de datos espacial en donde las tablas de datos espaciales (procedentes de los archivos shapefiles) están relacionadas con tablas alfanuméricas (que representan los atributos asociados a cada dato), que incluye el periodo de promedios mensuales de 1996 a 2013.

A través del servidor de mapas Geoserver se accede a la información contenida en la base de datos geocronorreferidos, al consultar un punto geográfico seleccionado se podrá obtener la información de la temperatura de la superficie del mar desde 1996 a 2013.

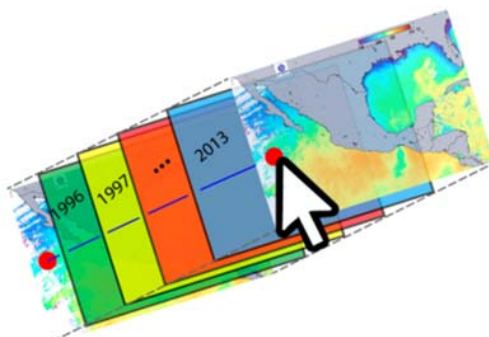


Figura 1. Al consultar la información de un punto geográfico se obtiene una serie de datos en el tiempo.

Para consultar la información de un transecto definido por dos puntos geográficos se utilizó una aplicación “web mapping” desarrollada, en el LOFCOS.

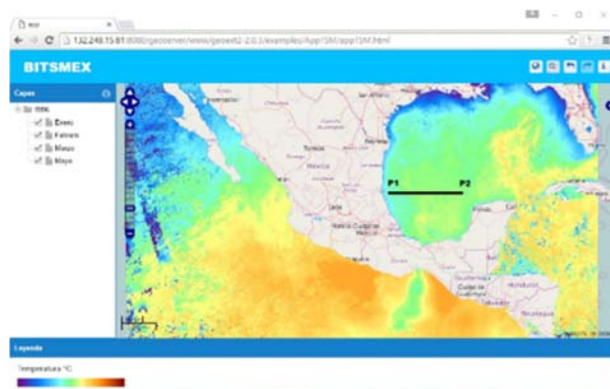


Figura 2. Selección de un transecto de P1 a P2 mediante la aplicación de consulta a la base de datos geocronorreferidos.

El sistema web que está en línea, permite visualizar en una cartografía digital la TSM y seleccionar un punto geográfico o un transecto para hacer la consulta de la TSM a través de Geoserver y la base de datos, obteniendo una serie de datos que corresponden a los promedios mensuales (series de tiempo), además de la información asociada a cada uno.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

Mediante una aplicación se pueden consultar la información de la TSM como series de tiempo y en el espacio de la base de datos geocronorreferidos.

Con los datos obtenidos se tiene la posibilidad de realizar diversas tareas como:

- a) Visualizar los datos en primera instancia.
- b) Obtener las estadísticas básicas.

- c) Aplicar ajustes a las curvas que se obtiene en el análisis de tiempo y el espacio (mediante polinomios de grado 10).
- d) Aplicar interpolaciones mediante series de Fourier.
- e) Aplicar funciones ortogonales.

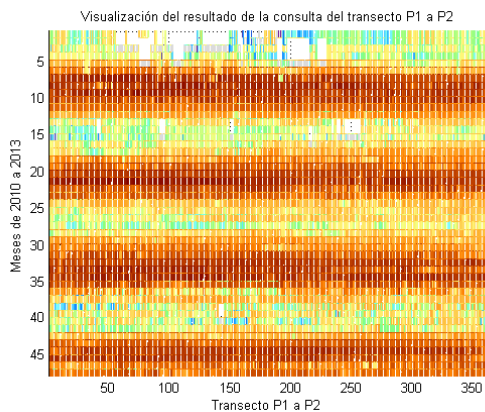


Figura 3. Visualización de los datos del transecto de P1 a P2 de los años 2010 al 2013.

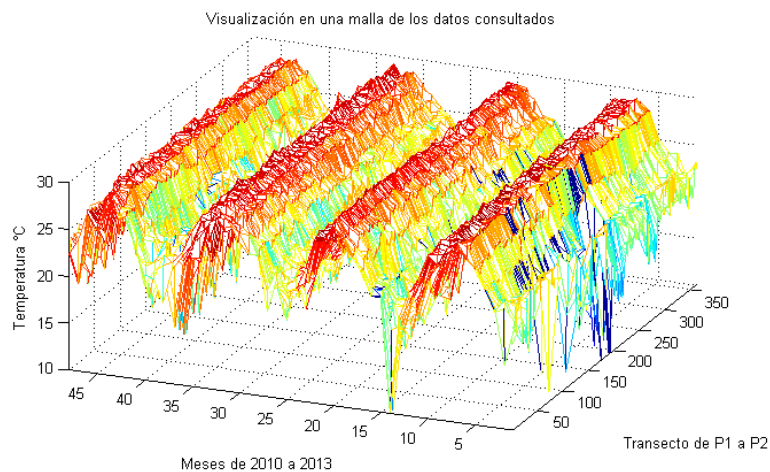


Figura 4. Visualización en 3D de los datos del transecto de P1 a P2 de los años 2010 al 2013.

## CONCLUSIONES

En el LOFCOS se pueden obtener datos geocronorreferidos de la TSM de los mares de México para su análisis espacio-temporal y de esta manera abordar muy diversos estudios de procesos de interacción océano-atmósfera y atmósfera-continente. Por ejemplo, las condiciones térmicas de la superficie del mar determinan en buena medida la existencia, evolución, carácter e intensidad de la convección atmosférica profunda sobre la alberca caliente del Pacífico mexicano tropical y su influencia en la penetración de humedad, en extensión y volumen, al noroeste de México, fenómeno conocido como el 'monzón mexicano'.

AGRADECIMIENTOS. Al oceanólogo Raymundo Lecuanda Camacho por apoyar cada una de las actividades que se desarrollan en el LOFCOS mediante sus comentarios e ideas.

## REFERENCIAS

- Andrienko N., Andrienko G., Gatalsky P., 2003. Exploratory spatio-temporal visualization an analytical review. *Journal of Visual Languages & Computing*, 14, 2003.503-541.
- Bernabé-Poveda M.A., López-Vázquez C.M., 2012. Fundamentos de las Infraestructuras de Datos Espaciales. SERIE CIENTÍFICA UPM Press. Madrid, España. 596pp.
- Gallegos A., Barberán J., 1998. Surgencia Eólica. *En*: Tapia García, M. (Ed.). El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos. UAM-I, México. Cap. 3, 27-34pp.
- Gallegos A., Barberán J., Czitrom S., Fernández A., Rodríguez R., 1996, Oceanografía Satelital. En el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM. *GEOUNAM*, 3(2), 3-8.
- Maul G.A., 1985. Introduction to Satellite Oceanography, Martinus Nijhoff Pub., Boston, 606pp.
- Robinson Y.S., 1985. Satellite Oceanography. Ellis Horwood, Chichester, 455pp.



## **ANÁLISIS ESPACIAL DE LA SURGENCIA DE CABO CORRIENTES, JALISCO, A PARTIR DE IMÁGENES DE LA TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE DEL MAR, 2003-2013**

**Ruiz Pérez Azucena\*, Márquez García E.\*\* , Cerdeira Estrada S.\*\*\***

\*Facultad de Ingeniería-UNAM, División de Ingeniería Civil y Geomática, Ciudad Universitaria. Correo electrónico: hp406\_406@hotmail.com. \*\*Dirección General Adjunta de investigación Pesquera del Pacífico, INAPESCA-SAGARPA. \*\*\*Monitoreo marino. Dirección General de Geomática. CONABIO

### **INTRODUCCIÓN**

Una surgencia es un fenómeno oceanográfico el cual consiste en el movimiento de masas de agua que se desplazan de niveles profundos hacia la superficie. Este movimiento vertical, depende de los vientos y del desplazamiento de aguas, así como de la temperatura del mar, este fenómeno genera cambios físicos y químicos en la zona eufótica, tales como disminución de la temperatura y del oxígeno (Marín *et al.*, 1993). Uno de los efectos principales respecto de los procesos productivos es el aumento de los nutrientes, especialmente nitrato, lo que conlleva a una buena producción pesquera y a su vez colabora con el enriquecimiento de especies marinas. El consecuente aumento de la productividad primaria es un complejo proceso de interacción físico-biológica (Gallegos, 2007; Marín *et al.*, 1993).

El objetivo de este trabajo es analizar la intensidad y presencia de la surgencia que se presenta en las costas de Cabo Corrientes, Jal., a través del análisis de distribución de la Temperatura de la Superficie del Mar (TSM), partir de técnicas de percepción remota, empleando imágenes satelitales que permiten dar un seguimiento espacio-temporal de la surgencia.

La región de estudio se encuentra ubicada frente a Cabo Corrientes, Jal., corresponde al área de transición entre aguas templadas y cálidas del Océano Pacífico oriental tropical frente a México, Las condiciones de surgencia en esta región pueden resultar de los vientos costeros hacia el ecuador durante invierno y primavera (López y Lara, 2009).

La observación sistemática es necesaria para conocer, medir y describir de manera apropiada la variabilidad oceánica que pudiera identificarse como una manifestación regional del cambio climático y para advertir posibles impactos de carácter ambiental (Gallegos, 2007). El análisis de la evolución espacio-temporal de distribuciones específicas de la TSM a partir de imágenes de satélite, permite descubrir e identificar de manera visual una diversidad de formas y estructuras térmicas que corresponden a procesos oceánicos de regularidad anual o interanual, entre las que se encuentran las surgencias (Gallegos, Zavala *et al.*, 2003).



## METODOLOGÍA PARA LA DELIMITACIÓN DE LA SURGENCIA

Del acervo de imágenes de composición mensual registrado por el satélite MODIS, correspondientes al periodo de enero 2003 a diciembre 2013, que fue obtenido de la base de datos SATMO (sistema satelital de monitoreo oceánico) de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Se extrajo información de la TSM utilizando el programa ENVI®, para ello se trazaron cuatro transectos paralelos a la costa, el primero lo más cercano a ella, los siguientes a 10, 50 y 100 km de la costa. Esto con la finalidad de observar en dichos transectos los cambios de temperatura tanto espacial como temporal, que indicaran la presencia de la surgencia. Con estos datos se obtuvieron los gráficos espacio temporales para cada uno de los años analizados en los cuales se identificó la surgencia.

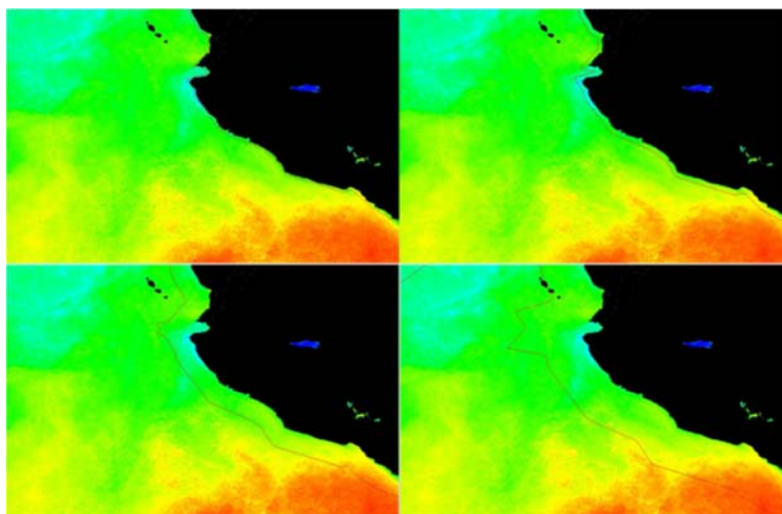


Figura 1. Ubicación de los transectos paralelos a la costa: costa, 10 50 y 10 km.

Se identificó el cambio de temperatura brusco en cada uno de los gráficos, este cambio brusco se determinó a partir del cambio pendiente en la línea del gráfico, de esta forma se identificó los valores de TSM que delimitan la surgencia

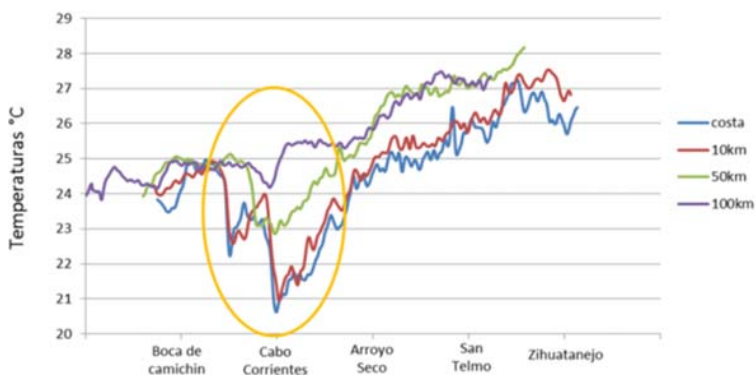


Figura 2. Grafico para el año 2007, donde se observa temperaturas frías frente a cabo corrientes

Una vez identificado los valores se elaboraron los mapas de promedios mensuales de TSM, modificando su histograma con los valores máximos y mínimos obtenidos en los gráficos, con el propósito de identificar la presencia, cobertura y temporalidad de la surgencia. Una vez identificada la surgencia se obtuvo el área de cobertura de esta.

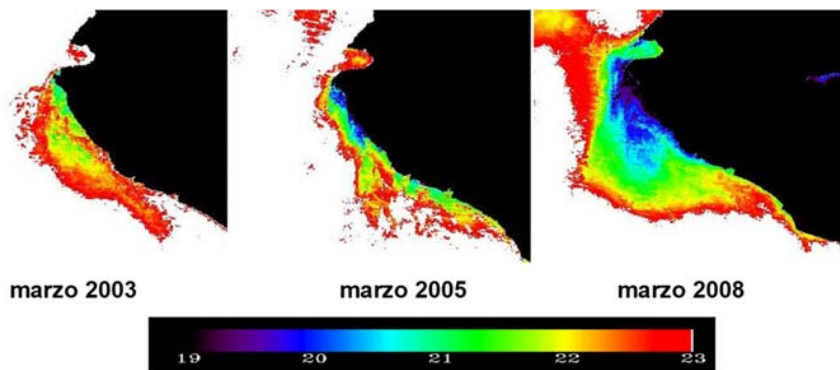


Figura 3. imágenes de la surgencia de cabo corrientes

**RESULTADOS**

Las surgencias en Cabo Corrientes se presentaron con mayor cobertura espacial en los meses de febrero a abril, siendo marzo el mes donde cubre mayor área la surgencia con un área promedio de 11887.7 km<sup>2</sup> afectando principalmente la costa de Jalisco.

Esta surgencia es costera, favoreciendo a la productividad primaria en la región. El área promedio de cobertura de la surgencia por mes es de:

Meses	área km <sup>2</sup>
FEB	3002.8
MAR	11887.7
ABR	2792.4

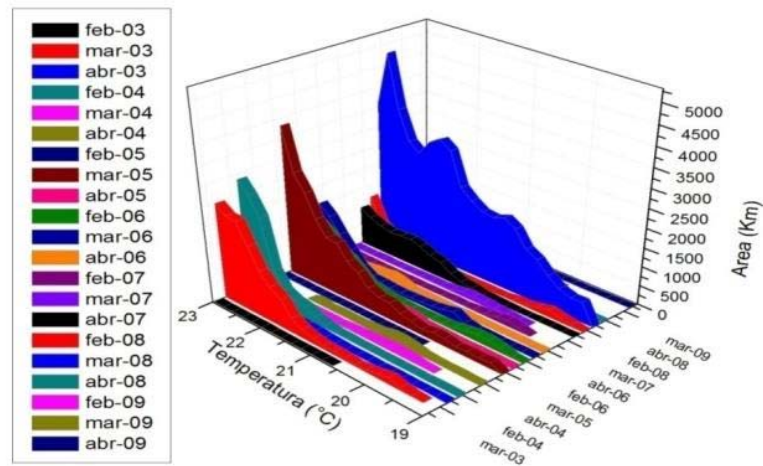


Figura 4. Frecuencia de temperaturas (área) para los meses en los que se presenta la surgencia en cabo corrientes.

En febrero y abril de 2008 se presentaron las surgencias con mayor área siendo 9838 km<sup>2</sup> y 7320 km<sup>2</sup> respectivamente. Con temperaturas menores a 20 °C frente a las costas de Jalisco. Sin embargo para 2011 las surgencias cubren menor áreas pero tiene un valor más frío de un grado respecto a otros años (19 °C) y la duración es mayor ya que se presentan de noviembre de 2010 a mayo de 2011.

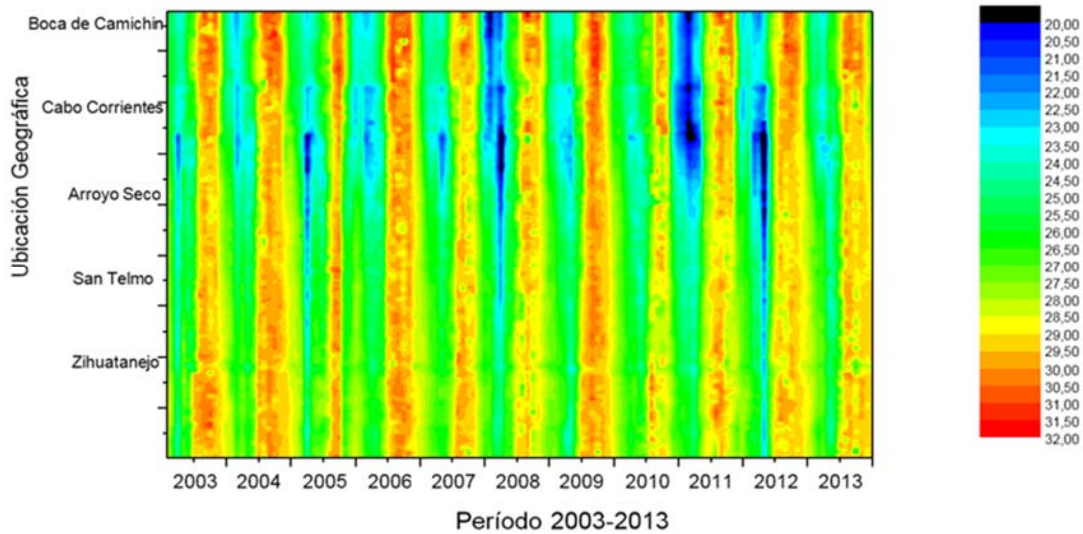


Figura 5. Grafica espacio-temporal de la TSM.

## CONCLUSIONES

Con el presente trabajo fue posible describir las variaciones de las surgencias mediante el análisis espacial de la temperatura de la superficie del mar, sin embargo, se pueden incorporar otras variables como el viento, para ampliar la caracterización de las surgencias. La validación o seguimiento de las causas de la disminución o aumento del área de influencia de la surgencia requiere estudios de procesos oceanográficos regionales específicos y más precisos y puntuales.

Se hace notoria una variación en el incremento en la intensidad, frecuencia y cobertura de la surgencia en los años 2008, 2011 y 2012, estos años concuerdan con el reporte de la NOAA de años donde se presentó el fenómeno de la niña.

### PERIODOS "NIÑO" Y "NIÑA" DE LOS ULTIMOS 10 AÑOS

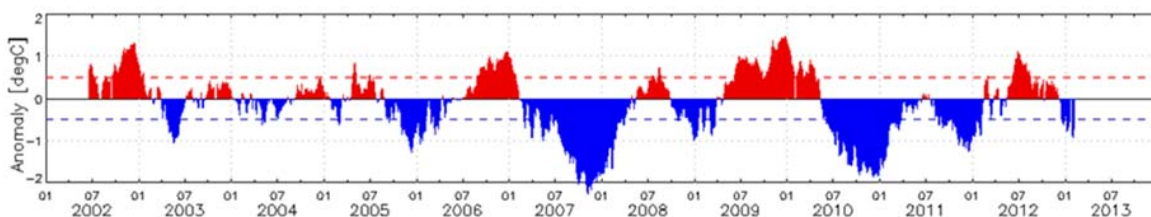


Figura 6. Anomalías estandarizadas de la temperatura superficial del océano Pacífico del este (Áreas rojas = El niño y áreas azules = La niña). Fuente: (Met Ba, 2008-2016).

## REFERENCIAS

- Marín V. *et al.*, 1993. Efectos de la surgencia costera sobre la productividad primaria primaveral de Bahía Mejillones del Sur (Antofagasta, Chile). *Revista chilena de historia natural*, 66, 479-491.
- Gallegos A., Zavala J., *et al.*, 2003. *Imágenes dinámicas de la temperatura de la superficie de los mares de México*. Recuperado el 20 de Junio de 2016, de Inecc.gob.mx: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/607/imagenes.pdf>
- López D., Lara J.E., 2009. Productividad primaria en el Pacífico oriental tropical adyacente a Cabo Corrientes, México. *Ciencias Marinas*, 35(2). Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-38802009000200004](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-38802009000200004).



# Oceanografía Química





## CONTRASTE DE LA CONTRIBUCIÓN RELATIVA DE LOS PRODUCTORES PRIMARIOS (SIAR- $\delta^{13}\text{C}$ ) A LA MATERIA ORGÁNICA SEDIMENTARIA ENTRE 1984 Y 2011 EN LAGUNA DE TÉRMINOS, CAMPECHE

Aguíñiga-García S., Romo-Ríos J. A., Sánchez-González A., Tripp-Valdéz A., Arreguín-Sánchez F., Olivares-Rodríguez E., Ruvalcaba-Díaz A. H.

saguiniga@gmail.com, romorios@gmail.com, \*CICIMAR - Instituto Politécnico Nacional

### INTRODUCCIÓN

La materia orgánica sedimentaria (MOS) constituye un registro del origen de la materia orgánica y de las interacciones biogeoquímicas que ocurren dentro de los ecosistemas estuarinos-lagunares. Por esto, su caracterización geoquímica ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  y ácidos grasos) resulta central para entender qué tipo de materia orgánica (v.g. productores primarios) predomina en un ecosistema en un momento dado. La disponibilidad espacio-temporal de los productores primarios (PP) pueden generar cambios funcionales en la biodiversidad y la estructura trófica en los ecosistemas costeros y en el mar adyacente (Aguíñiga-García, 1999; Duffy y Stachowicz, 2006; Canuel *et al.*, 2007; Aguíñiga *et al.*, 2010; Villéger *et al.*, 2010; Romo-Ríos, 2013). El uso de isótopos estables de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) permite caracterizar (como una marca de origen) los diferentes PP y trazar como la variabilidad de la base de la trama trófica se conserva hasta depredadores tope (Alfaro *et al.*, 2006; Menard *et al.*, 2007). El  $\delta^{13}\text{C}$  en el registro sedimentario, permite diferenciar cual PP predominó en un momento de la escala temporal y, eventualmente, discriminar la variabilidad natural de la causada por la actividad antropogénica, si se incluyera un proxy de una molécula orgánica que sólo puede producir la actividad humana. Estimar la variabilidad de los PP que han predominado a través del tiempo es especialmente relevante en Laguna de Términos, Campeche, México, que es el ejemplo de un área bajo presión antropogénica, que ha impactado la biodiversidad (Villéger *et al.*, 2010) y los bienes y servicios que de ella se derivan.

En este trabajo se tomaron los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  que caracterizaron a los PP (mangle, pasto marino, macroalgas y fitoplancton) reportados por Romo-Ríos (2013) para Laguna de Términos y se aplicó el modelo SIAR (Stable Isotope Analysis in R) para estimar las contribuciones de éstos PP al sedimento superficial en zonas delimitadas que se muestrearon sistemáticamente en 1984 por Raz-Guzmán y de la Lanza (1991) y en 2011 por Romo-Ríos (2013). De esta manera se contrastó la distribución espacial de los diferentes PP a la MOS entre 1984 y 2011. Adicionalmente, aplicando el modelo SIAR a los datos  $\delta^{13}\text{C}$  de un núcleo

fechado reportado por Gonneea *et al.*, (2004) y con el uso de los  $\delta^{13}\text{C}$ -PP reportados por Romo-Ríos (2013) se estimó en la escala temporal, la variabilidad de la contribución de los productores primarios de 1920 a 2011, relacionando los cambios de la contribución relativa de los PP en éste núcleo con los registros conocidos de cobertura de pastos marinos para Laguna de Términos reportados por Herrera-Silveira *et al.* (2011).

## MATERIAL Y MÉTODOS

La recolecta de las muestras se realizó en los meses de noviembre y marzo (temporada de nortes), mayo (temporada de secas) y septiembre (temporada de lluvias) del año 2011. El muestreo consideró la zonación de Villéger *et al.*, (2010) y Romo-Ríos (2013), compuesta de 17 estaciones distribuidas espacialmente dentro Laguna de Términos, comprendiendo Boca del Carmen (zona 1), el litoral interno de Isla del Carmen y Boca de Puerto Real (zona 2), la desembocadura de los ríos (Palizada, Chumpan y el sistema Candelaria-Panlau) (zona 3) y el centro de la cuenca (zona 4). La mayoría de las estaciones coinciden con el muestreo de 1984 de Raz-Guzmán y de la Lanza (1991). Adicionalmente se muestrearon 9 estaciones en la plataforma continental adyacente (Figura 1).

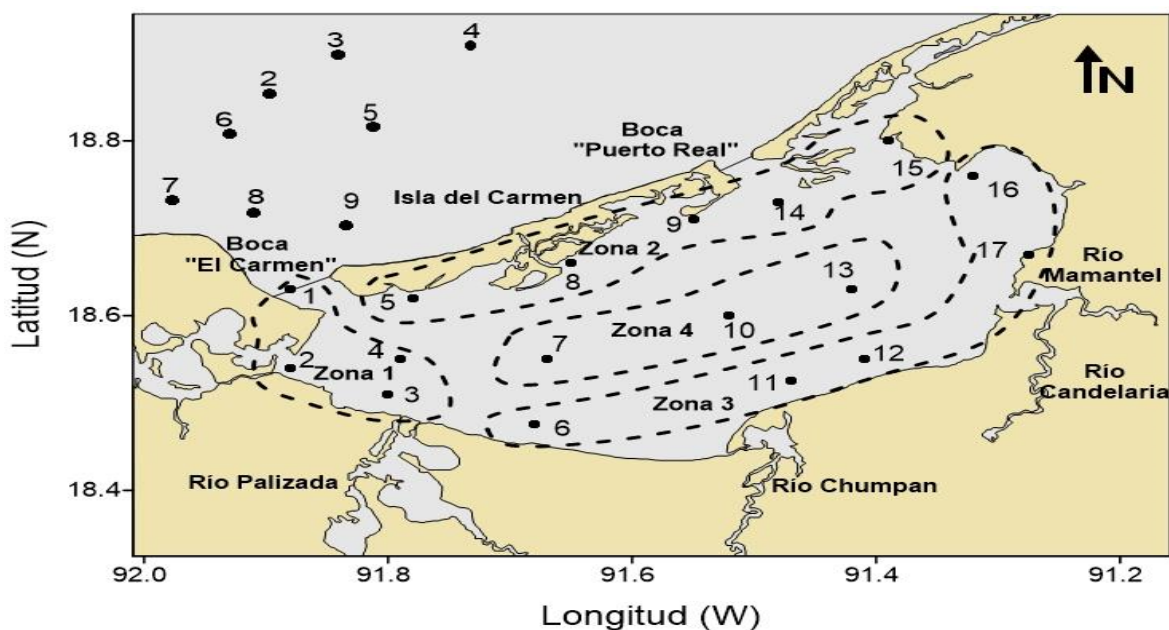


Figura 1. Estaciones de muestreo en Laguna de Términos y plataforma continental adyacente en Campeche, México.

**Recolecta de productores primarios (fitoplancton, pastos marinos, macroalgas, y mangle) y material orgánico sedimentario.** Se recolectaron manualmente muestras de

macroalgas, pastos y mangle representativos de cada una de las 4 zonas muestreadas. Para el fitoplancton, se realizaron arrastres de 5 minutos con una red de plancton de 20  $\mu\text{m}$  de luz de malla. Los sedimentos fueron muestreados con una draga box corer y se recolectaron los primeros milímetros de sedimento superficial. Todas las muestras se preservaron a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , se liofilizaron y se analizaron (C/N,  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ) en un IRMS Finnigan Delta V Plus en el Laboratorio de Espectrometría de Masas del CICIMAR (LESMA) con una precisión de 0.02‰. Las muestras de sedimento fueron tratadas con HCl al 10% para eliminar carbonatos antes del análisis para  $\delta^{13}\text{C}$  (Romo-Ríos, 2014).

**Modelo de mezcla bayesiano (SIAR).** La determinación de las contribuciones relativas de los productores primarios a la composición de la materia orgánica y a la ictiofauna, se realizó mediante el software R 2.15 ([www.r-project.org](http://www.r-project.org)). Utilizando el paquete SIAR (Stable Isotope Analysis in R, Parnell *et al.*, 2010; [www.cran.r-project.org/Package=siar](http://www.cran.r-project.org/Package=siar)), considerando los valores  $\delta^{13}\text{C}$  de los productores primarios de la materia orgánica sedimentaria de 1984, 2004 y 2011. Se consideró el enriquecimiento isotópico promedio para el área de estudio ( $\delta^{13}\text{C}=1.52\text{‰}$ ) (Parnell *et al.*, 2010). Esto conduce a la inclusión de un término de error residual y a la generación de posibles soluciones de contribución, como distribuciones de probabilidad.

**Análisis estadístico.** A partir de valores de  $\delta^{13}\text{C}$  de MOS y productores primarios. Se aplicaron pruebas de normalidad, Kolmogorov-Smirnov, Kruskal-Wallis y de comparación múltiple. A las contribuciones relativas de los productores primarios a la MOS y componentes principales utilizando el paquete vegan (vegan: Community Ecology Package, Dixon, 2003; [www.cran.r-project.org/Package=vegan](http://www.cran.r-project.org/Package=vegan)), desarrollado en el software R 3.02 ([www.r-project.org](http://www.r-project.org)). La representación espacial del  $\delta^{13}\text{C}$  de la MOS se realizó con el Golden Software Surfer 11 ([www.goldensoftware.com/products/surfer](http://www.goldensoftware.com/products/surfer)).

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

El SIAR- $\delta^{13}\text{C}$  con datos de Raz-Guzmán y de la Lanza (1991), y de 2011 por Romo-Ríos (2013), muestra que entre 1984 y 2011, la contribución del mangle a la MOS (38% y 35%) no presentó diferencias significativas. Sin embargo, las contribuciones de los pastos marinos, fitoplancton y macroalgas fueron significativamente diferentes ( $P < 0.001$ ). Adicionalmente, el SIAR- $\delta^{13}\text{C}$  con los datos de Gonnee *et al.* (2004), muestra una disminución de la contribución de los pastos marinos de 12% entre 1984 y 2011, lo que coincide con la disminución del 40% de cobertura de pastos ( $P < 0.05$ ,  $r = 0.92$ ) en la zona de descarga de los ríos en los últimos 30



años. En nuestro estudio la aplicación del modelo SIAR- $\delta^{13}\text{C}$  con datos de 1984 de Raz-Guzmán y de la Lanza (1991), y de 2011 de Romo-Ríos (2013) y de Gonneea *et al.* (2004), muestran contribuciones relativas de los productores primarios que concuerdan en que el manglar es una fuente dominante en el sistema de Laguna de Términos y plataforma continental adyacente, tanto en la época de nortes como en la época de lluvias. La disminución de la contribución de los pastos marinos del 12% entre 1984 y 2011, que coincide con la disminución del 40% de cobertura de pastos, coincide también con el cambio de la biodiversidad íctica reportada por otros autores para esta escala temporal.

## CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo confirman que el grado de contribución de los productores primarios a la MOS, se relaciona directamente con la extensión de la vegetación presente en el sistema y que la materia orgánica del manglar ha mantenido contribuciones invariables en las últimas 3 décadas, siendo un componente importante de la exportación del sistema lagunar al mar adyacente, mientras la contribución de los pastos marinos tiende a disminuir como consecuencia de la pérdida en la cobertura. La variabilidad de los PP coincide con los cambios de la biodiversidad íctica.

## REFERENCIAS

- Aguíñiga-García S., Sánchez A., Silverberg N., 2010. Temporal variations of C, N,  $\delta^{13}\text{C}$ , and  $\delta^{15}\text{N}$  in organic matter collected by a sediment trap at Cuenca Alfonso, Bahía de La Paz, SW Gulf of California. *Continental Shelf Research*, 30, 1692-1700.
- Aguíñiga-García S., 1999. Geoquímica de la cuenca estuarina del río Colorado:  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  y Biomarcadores lipídicos en sedimentos superficiales. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Marinas. Instituto de Investigaciones Oceanológicas. UABC.
- Alfaro A.C., Thomas F., Sergeant L., Duxbury M., 2006. Identification of trophic interactions within an estuarine food web (northern New Zealand) using fatty acid biomarkers and stable isotopes. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 70, 271–286.
- Canuel E.A., Spivak A.C., Waterson E.J., Duffy J.E., 2007. Biodiversity and food web structure influence short-term accumulation of sediment organic matter in an experimental seagrass system. *Limnology and Oceanography*, 52, 590–602.
- Duffy J.E., Stachowicz J.J., 2006. Why biodiversity is important to oceanography: potential roles of genetic, species, and trophic diversity in pelagic ecosystem processes. *Marine Ecology Progress Series*, 311, 179-189.



- Gonneea M.E., Paytan A., Herrera-Silveira J.A., 2004. Tracing organic matter sources and carbon burial in mangrove sediments over the past 160 years. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 61, 211-227.
- Herrera-Silveira J., Arellano-Méndez L., Morales-Ojeda S., 2011. Report of the Pilot Project Natural Habitat and Ecosystem Conservation of Coastal and Marine Zones of the Gulf of Mexico: Seagrass beds characterization for restoration pilot project: Phase I-2011
- Menard F., Potier M., Lorrain A., Sabatié R., Cherel Y., Romanov E., Marsac, F., 2007. Trophic ecology of several tropical top predators: a comparative approach between the Indian and the Atlantic oceans. *En: Abstracts of Climate impacts on oceanic top predators*. La Paz, B.C.S. México, 136, 57.
- Raz-Guzmán A., de la Lanza G., 1991. Evaluation of photosynthetic pathways of vegetation and of sources of sedimentary organic matter through C in Terminos Lagoon, Campeche, México. *Anales Del Instituto de Biología Serie Botánica*, 62, 1.
- Romo-Ríos J.A., 2013. Productores primarios y su relación con la distribución de la ictiofauna en Laguna de Términos y plataforma continental adyacente, Campeche, México. Tesis de maestría en Manejo de Recursos Marinos. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional.
- Shervette V.R., Ibarra N. y Gelwick F., 2007. Influences of Salinity on Growth and Survival of Juvenile Pinfish *Lagodon rhomboides* (Linnaeus). *Environ. Biol. Fish.*, 78, 125-134.

## CITOTOXICIDAD DE TRES ACTINOBACTERIAS MARINAS AISLADAS DE SEDIMENTO PROVENIENTE DE BAHÍA DE LORETO EN EL GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO

**\*Arellano Franco H. Eduardo, Iñiguez Martínez Ana M., Castro Ochoa Fátima Yadira, Soria Mercado Irma E.**

\*Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas, Carretera Transpeninsular Ensenada - Tijuana #3917, Col. Playitas. CP22860, Ensenada B.C. E-mail: arellano.he@gmail.com

### INTRODUCCIÓN

El avance en el ámbito de la síntesis química y la biosíntesis de compuestos antimicrobianos, la naturaleza sigue siendo la fuente más rica de este tipo de compuestos (Manivasagan *et al.*, 2014). En los últimos años, se han explorado ecosistemas marinos en busca de metabolitos bioactivos para enfrentar algunas de las enfermedades que se han considerado incurables o de difícil tratamiento, como ciertos tipos de cáncer o infecciones de tipo bacteriano o viral. (Bonar *et al.*, 1986). En el medio marino las actinobacterias son organismos bien conocidos por su capacidad de producción de compuestos químicos, muchos de los cuales presentan bioactividad contra organismos patógenos. Son bacteria Gram positivas, a menudo filamentosas, pertenecientes a la familia *Actinomycetae*, tradicionalmente han sido aisladas principalmente a partir de fuentes terrestres (Manivasagan *et al.*, 2014) y se distribuyen ampliamente en fuentes biológicas tales como peces, moluscos, esponjas, algas marinas, manglares además de agua de mar y sedimentos. Estos organismos están ganando importancia, no solo por sus perspectivas taxonómicas y ecológicas, sino también por la producción de compuestos bioactivos como antibióticos, agentes antitumorales, inmunosupresores, enzimas, pigmentos, etc. (Dharmaraj, 2010).

A nivel mundial existen trabajos en donde se han identificado consorcios de bacterias aisladas a partir de sedimentos marinos, las cuales han sido objeto de estudio para la identificación y posible explotación de sus metabolitos biomédicamente activos (Becerril-Espinosa *et al.*, 2012a; Becerril-Espinosa *et al.*, 2012b; Bowman 2007; González *et al.*, 2005; Gulve y Deshmukh, 2012; Hong *et al.*, 2009; Olano *et al.*, 2009; Soria-Mercado *et al.*, 2004; Sudha y Masilamani, 2012; Sunaryanto *et al.*, 2010; Vimal *et al.*, 2009; Villareal-Gómez *et al.*, 2010) encontrándose entre las familias identificadas: *Acinetobacter*, *Actinomadura*, *Dietzia*, *Gordonia*, *Micromonospora*, *Nonomuraea*, *Rhodococcus*, *Saccharomonospora*, *Saccharopolyspora*, *Salinispora*, *Streptomyces*, entre muchas otras.

En particular, en el laboratorio de Química Marina de la Facultad de Ciencias Marinas, de la UABC, durante más de 7 años se han estado desarrollando estrategias para el cultivo de actinobacterias a partir de sedimentos marinos. Específicamente, se realizaron colectas de sedimento en mayo de 2009 y 2010 en la Bahía Todos Santos y el Golfo de California y se logró obtener las condiciones óptimas de cultivo, probando diversos medios, temperaturas, pH y salinidad y se ha logrado aislar alrededor de 1700 actinobacterias que forman parte del cepario del laboratorio. Las más importantes se encuentran debidamente registradas en el GenBank y han sido estudiadas de manera individual como es el caso del presente trabajo donde se realiza el estudio de tres cepas bacterianas que resultaron con mayor bioactividad en un segundo muestreo en Bahía de Loreto, B.C.S. El objetivo de este trabajo, es llevar a cabo el aislamiento e identificación química estructural de compuestos con actividad citotóxica aislados a partir de actinobacterias marinas, obtenidas de sedimento del Golfo de California.

## **METODOLOGÍA**

Durante el mes de Mayo de 2010, fueron tomadas 28 muestras de sedimentos a través de una draga Van Veen (tomando la parte superficial del sedimento), a diferentes profundidades (hasta profundidades de hasta 300 m) en las inmediaciones de la bahía de Loreto, México mostrándose sus localizaciones en la Figura 1. A partir de estas muestras de sedimento se llevó a cabo el aislamiento de actinobacterias mediante el cultivo en medio A1 (16 g de agar, 10 g de almidón de papa, 4 g de peptona y 2g de extracto de levadura, en 1 L de agua marina filtrada) semisólido, favoreciendo el crecimiento de actinobacterias mediante la adición de Cicloheximida y Rifampicina (Torres-Beltrán *et al.*, 2012; Becerril-Espinosa *et al.*, 2012a), manteniéndose en incubación 28 °C por espacio de hasta 3 semanas.



Figura 1. Sitios de muestreo de sedimento en bahía de Loreto, Golfo de California.

De las cepas aisladas se hizo el cultivo en medio líquido A1 para obtener aproximadamente 18 L de cultivo de biomasa en fase líquida, a la cual, una vez alcanzado el máximo de crecimiento celular (aproximadamente 10 días) se les adicionó resina acrílica Amberlita XAD7 para favorecer la adsorción de la mezcla de metabolitos en la fase acuosa, dejando en contacto por 12 horas en agitación orbital.

Los extractos en fase orgánica, se obtuvieron al separar la biomasa y la resina acrílica mediante la centrifugación de la fase acuosa, a la cual se le hicieron extracciones discontinuas con acetato de etilo. La fase semisólida de la biomasa y la resina fue deshidratada por liofilización, para ser sometida a extracciones con acetona y metanol. Las tres fases orgánicas así obtenidas, fueron concentradas a volumen mínimo por destilación a presión reducida.

Se pesaron 10 mg de los extractos crudos de las tres fases acetato de etilo, acetona y metanol y se disolvieron en 1 mL de DMSO hasta disolución completa, y se utilizaron para la realización de los bioensayos citotóxicos.

El bioensayo citotóxico se basó en la respuesta de líneas celulares cancerosas HCT-116 (colorectal), HeLa (cervicouterino), MDAMB-231 (mama) y CRL-5872 (pulmón), las cuales, después de ser expuestas a las posibles sustancias citotóxicas, reaccionaron ante la adición de Metil-Tiazol-Tetrazolio (bromuro de 3-(4,5-dimetiltiazol-2-il)-2,5-difeniltetrazolio), con el cual dichas células tienen una reacción como medida del metabolismo celular basada en la reducción de esta sal por acción de las enzimas succinato-deshidrogenasas mitocondriales, con



la consecuente formación del colorante azul-violeta formazán, cuya producción es proporcional al número de células metabólicamente activas y fácilmente cuantificable por métodos espectrofotométricos (Mosmann T., 1983).

## RESULTADOS

Del total de 46 cepas que se lograron aislar de estos sedimentos, todas fueron identificadas por medio de herramientas moleculares a través del gen 16S y estableciendo su filogenia comparando dicho gen con los reportes del GenBank. Las cepas de actinobacterias que se eligieron para este trabajo, fueron identificadas como *Streptomyces gancidicus*, *Micromonospora* sp. y *Streptomyces* sp. De estas cepas se llevó a cabo el cultivo masivo para la obtención de las fases orgánicas que sirvieron como mezclas crudas, las cuales fueron separadas por medio de técnicas cromatográficas en fase normal, y de forma biodirigida a través de los resultados de los bioensayos presuntivos tanto antimicrobianos como citotóxicos, hasta obtener 4 compuestos puros que tienen potencial citotóxico contra las 4 líneas celulares trabajadas.

Se observó desde un inicio que los extractos obtenidos en fase de acetona mostraron una mayor bioactividad citotóxica, en comparación con los extractos obtenidos de acetato de etilo y metanol. En esta última fase se obtuvo la mayor cantidad de compuestos.

A través del cribado biodirigido mediante técnicas cromatográficas en fase normal (HPLC flash, CC y TLC), se ha logrado la separación de 4 compuestos de la fracción de acetona de *Streptomyces gancidicus*, que muestran actividades citotóxica y antimicrobiana presuntiva que se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Bioactividad citotóxica, % de Inhibición de crecimiento presuntivo.

Fracción	% Inhibición de crecimiento a 24 horas							
	HCT-116		HeLa		CRL-5872		MDAMB-231	
	78.125 ug/mL	19.53125 ug/mL	78.125 ug/mL	19.53125 ug/mL	78.125 ug/mL	19.53125 ug/mL	78.125 ug/mL	19.53125 ug/mL
25A37B	68.30	63.54	50.38	ND	54.88	31.96	74.13	66.71
25A44B	71.70	66.44	57.40	23.58	55.69	28.96	ND	64.23
25A44C	72.44	69.66	51.29	31.49	57.38	28.14	73.11	63.29
25A44F	78.93	64.57	54.50	23.63	44.82	20.40	91.98	54.65

De acuerdo con los resultados presuntivos que hasta el momento se cuentan, se pudo observar que la línea celular MDAMB-231 tuvo respuesta de inhibición de entre 54.6 y 91.9% para los cuatro compuestos aislados siendo esta línea la de mayor sensibilidad, seguida de la línea HCT-116 que presentó un rango de inhibición de entre 68.3 y 78.9%, la CRL-5872



presentó inhibición en un rango de entre 44.8 y 57.4%, y HeLa alcanzó inhibiciones máximas de 50.3 al 57.4%, mismas que fueron las mejores bioactividades, de todo el banco de productos que se pudieron purificar mediante cromatografía en la última etapa de separaciones, y tomando como parámetro de selección, aquellos que tuvieron actividad al menos contra 3 de las 4 líneas celulares, en al menos un 50% de inhibición a las concentraciones manejadas en el bioensayo presuntivo (78.125 y 19.351  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ).

## CONCLUSIONES

Del banco de 48 cepas bacterias aisladas e identificadas en este trabajo inicialmente, se eligieron 3 de las cuales mostraron tener capacidad antimicrobiana contra *Staphylococcus aureus*, de estas 3 cepas la cepa *Streptomyces gancidicus*, en su extracto de acetona (mediana polaridad) ha resultado ser la que tiene mejor actividad citotóxica, por lo cual se ha decidido seguir trabajando con sus extractos para aislar, purificar e identificar los compuestos responsables de la bioactividad, esto no excluye a las demás fracciones las cuales también tienen potencial bioactivo para seguir trabajando en su separación y elucidación estructural de los compuestos presentes en esas fracciones, aunque cabe mencionar, que dicha bioactividad puede ser producto de fenómenos de sinergia, con los cual se potenciaría dicho efecto en mezcla con otro u otros compuestos presentes.

Actualmente estas fracciones bioactivas que han sido separadas por técnicas cromatográficas, están siendo analizadas a través de técnicas espectroscópicas como EM, IR, Resonancia Magnética Nuclear de  $^1\text{H}$  y  $^{13}\text{C}$ , así como sus correlaciones bidimensionales (Cosy H-H, HMQC y HMBC) para determinar su estructura molecular, y posteriormente establecer la determinación de la  $\text{CE}_{50}$  mediante el análisis estadístico con la prueba Probit para cada uno de los organismos de ensayo utilizados.

Cabe hacer mención que dichas bioactividades aun son presuntivas. Dichas pruebas para la estimación de la concentración efectiva media, será llevado a cabo al final de los estudios de determinación química estructural.

De igual forma, se concluye que estas actinobacterias obtenidas del sedimento marino del Golfo de California, tienen un buen potencial bioactivo contra células cancerosas, por lo que vale la pena seguir trabajando en ellas para la purificación de sus metabolitos y la identificación de su estructura química.

AGRADECIMIENTOS. Agradecemos al MC. Honorio Cruz López por la identificación molecular de las especies y al Dr. Gerardo Aguirre así como al Dr. Valentín Miranda Soto, del Centro de Posgraduados del Instituto Tecnológico de Tijuana, las facilidades otorgadas para llevar a cabo parte de la separación cromatográfica de las mezclas de metabolitos, así como los estudios de Resonancia Magnética Nuclear que permitirá establecer la elucidación estructural de los compuestos aislados y purificados de los extractos obtenidos de las cepas aisladas.

## REFERENCIAS

- Becerril-Espinosa A., Guerra-Rivas G., Ayala-Sánchez N., Soria-Mercado I.E., 2012a, Antitumor activity of Actinobacteria isolated in marine sediment from Todos Santos Bay, Baja California, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 47(2), 317-325.
- Becerril-Espinosa A., Freel K., Jensen P.R., Soria-Mercado I.E., 2012b; Marine Actinobacteria from the Gulf of California: diversity, abundance and secondary metabolite biosynthetic potential. *Antonie van Leeuwenhoek*, *Journal of Microbiology*, 102(3).
- Bonar D.B., Weiner R.M., Colwell R.R., 1986. Microbial-invertebrate interactions and potential for biotechnology. *Microb Ecol.*, 12(1), 101-110.
- Dharmaraj S., 2010. Marine Streptomyces as a novel source of bioactive substances. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 26(12), 2123–2139.
- Manivasagan P., Venkatesan J., Sivakumar K., Kim S.K., 2014. Pharmaceutically active secondary metabolites of marine actinobacteria. *Microbiological Research*, 169(4), 262-278. doi:10.1016/j.micres.2013.07.014
- Mosmann T., 1983. Rapid Colorimetric Assay for Cellular Growth and Survival: Application to proliferation and cytotoxicity assay. *Journal of Immunological Methods*, 65, 55-63.
- Olano C., Méndez C., Salas J., 2009. Antitumor compounds from marine actinomycetes. *Marine Drugs*, 7, 210-248.
- Soria-Mercado I.E., Prieto-Davo A., Jensen P.R., Fenical W., 2005. Antibiotic terpenoid Chloro-Dihydroquinones from a new Marine Actinomycete (Streptomycetacea). *Journal of Natural Products*, 68, 904-910.
- Sudha S., Masilanami-Selvam M., 2012. Characterization of cytotoxic compound from marine sediment derived actinomycete *Streptomyces avidinii* strain SU4. *Asian Pacific Journal Tropical Biomedicine*, 2(10), 770-773.

- Sunaryanto R., Marwoto B., Irawadi T., Mas'ud Z., Hartoto L., 2010. Antibiotic compound from marine actinomycetes (*Streptomyces* sp. A11): isolation and structure elucidation. *Indo Journal Chem.*, 10(2), 226-232.
- Torres-Beltrán M., Cardoso-Martínez F., Millán-Aguiñaga N., Becerril-Espinosa A., Soria-Mercado I.E., 2012. Evaluation of the Gulf of California as a potential source of bioactive marine actinobacteria. *Ciencias Marinas*, 38(4), 599-609.
- Villareal-Gómez L., Soria-Mercado I., Guerra-Rivas G., Ayala-Sánchez N., 2010. Antibacterial and anticancer activity of seaweeds and bacteria associated with their surface. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 45(2), 267-275.
- Vimal V., Mercy-Rajan B., Kannabiran K., 2009. Antimicrobial activity of marine actinomycete *Nocardiopsis* sp VITSVK5 (FJ973467). *Asian Journal of Medical Sci.*, 1(2), 57-63.

## VARIACIÓN DE INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA (DBO<sub>5</sub>, NUTRIENTES Y PARÁSITOS) EN LA ZONA DE PLAYAS DE LA BAHÍA DE TODOS SANTOS, BAJA CALIFORNIA, DURANTE EL 2012

Canino-Herrera Sergio Raúl\*, Bustos-Serrano Héctor, Fernández-Apango Juan Antonio, Tanahara-Romero Sorayda-Aime

\*Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Correo electrónico: rcanino@uabc.edu.mx

### INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales provenientes de las actividades urbanas, son descargadas en la zona de playa de muchas ciudades de nuestro país. En Bahía de Todos Santos, estas descargas se realizan en la playa municipal y cerca del puerto, disminuyendo la calidad de agua de estas zonas. Presentamos valores de algunos indicadores de calidad de agua de mar, para identificar la influencia de las descargas de aguas residuales en la zona litoral, como son la DBO<sub>5</sub>, nutrientes (nitratos, amonio, nitritos, fosfatos y silicatos); así como, el conteo total de huevos y estados larvarios de algunos parásitos (Clark, 2001). Estos indicadores permiten observar el área y nivel de influencia de las descargas de aguas residuales de tipo doméstico mediante la evidencia del contenido de material orgánico biodegradable (DBO<sub>5</sub>), el nivel de tratamiento de las descargas de agua sobre la zona costera (nutrientes) y la presencia de microorganismos persistentes (como son los huevos de helminto), en lugar de solo considerar los coliformes como único evaluador de calidad de agua de mar (Weis, 2014). En este trabajo se presentan valores que permiten determinar esos niveles de alteración y forman parte de un trabajo apoyado por la convocatoria CONAGUA-CONACyT, 2010.

### METODOLOGÍA

Durante el año 2012, se realizaron muestreos mensuales en la zona de playas en 29 puntos seleccionados considerando el acceso libre o condicionado a las áreas de muestreo (Figura 1). Los muestreos iniciaron en febrero de 2012 y finalizaron en enero de 2013. En cada punto de muestreo se realizaron mediciones de temperatura y pH, además de la colección de 4 litros de agua, para el análisis de las diferentes variables (DBO<sub>5</sub>, DQO, metales, nutrientes, detergentes y cloro residual) en sus correspondientes recipientes. En este trabajo solo se presentan los valores de DBO<sub>5</sub> y nutrientes. Las muestras colectadas de esta manera fueron almacenadas en hieleras y mantenidas así, hasta su análisis en el laboratorio. Adicionalmente,

en el campo, se filtraron 4 litros de agua, en mallas de 100, 50 y 10  $\mu\text{m}$ , para el análisis de parásitos juveniles y huevos. La malla de 100  $\mu\text{m}$  se empleó para eliminar los sólidos grandes que pudieran interferir en el análisis de los parásitos. Los sólidos colectados en las mallas de 50 y 10  $\mu\text{m}$ , fueron recuperados en recipientes de vidrio, con 50 mL de agua destilada y 1 mL de formol al 20%, para su conservación hasta el análisis en el laboratorio, por microscopía directa. La  $\text{DBO}_5$  y los nutrientes, fueron medidas dentro de las primeras 24 h de acuerdo a las técnicas establecidas en Grasshoff (1983) y Clesceri (1998).



Figura 1. Ubicación de las estaciones de muestreo en la zona de playas de la Bahía de Todos Santos, Baja California, durante el 2012.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de  $\text{DBO}_5$  van de 0.1 hasta 8.05  $\text{mg L}^{-1}$ , con promedio de 1.47  $\text{mg L}^{-1}$ . El amonio se presentó desde  $< 0.03 \mu\text{g N L}^{-1}$  hasta los 3067.68  $\mu\text{g N L}^{-1}$ , con un promedio de 68.83  $\mu\text{g N L}^{-1}$ . Los nitritos desde 0.14 hasta 687.98  $\mu\text{g N L}^{-1}$ , con un promedio de 15.58  $\mu\text{g N L}^{-1}$ . Los nitratos desde  $< 0.14 \mu\text{g N L}^{-1}$  hasta 2815.94  $\mu\text{g N L}^{-1}$  y un promedio de 61.83  $\mu\text{g N L}^{-1}$ . Los fosfatos se presentaron desde  $< 0.06 \mu\text{g P L}^{-1}$  hasta 1926.29  $\mu\text{g P L}^{-1}$  con un promedio de 91.23  $\mu\text{g P L}^{-1}$ . Los silicatos desde  $< 0.95 \mu\text{g Si L}^{-1}$  hasta 6828  $\mu\text{g Si L}^{-1}$ , con un promedio de 203.61  $\mu\text{g Si L}^{-1}$ . Los parásitos se presentaron en el intervalo de  $< 1$  a 36 huevos  $\text{L}^{-1}$ , con un promedio de 2.8 huevos  $\text{L}^{-1}$ . Los máximos valores, de todas las variables, siempre se presentaron cerca de la zona de descarga de aguas residuales, presentando un área de afectación hasta de 2.5 km, lo cual fue más evidente durante los meses de mayor dinámica (noviembre–febrero, Figuras 2 y 3). Los huevos de helminto fueron detectables desde la playa de San Miguel hasta La Bufadora, en los diferentes meses muestreados, mostrando que se distribuyen a lo largo de toda la zona de playas de la Bahía de Todos Santos. Cabe mencionar que la  $\text{DBO}_5$  fue la



variable con menor sensibilidad para identificar las áreas de afectación por descargas de aguas residuales en la zona de playas.

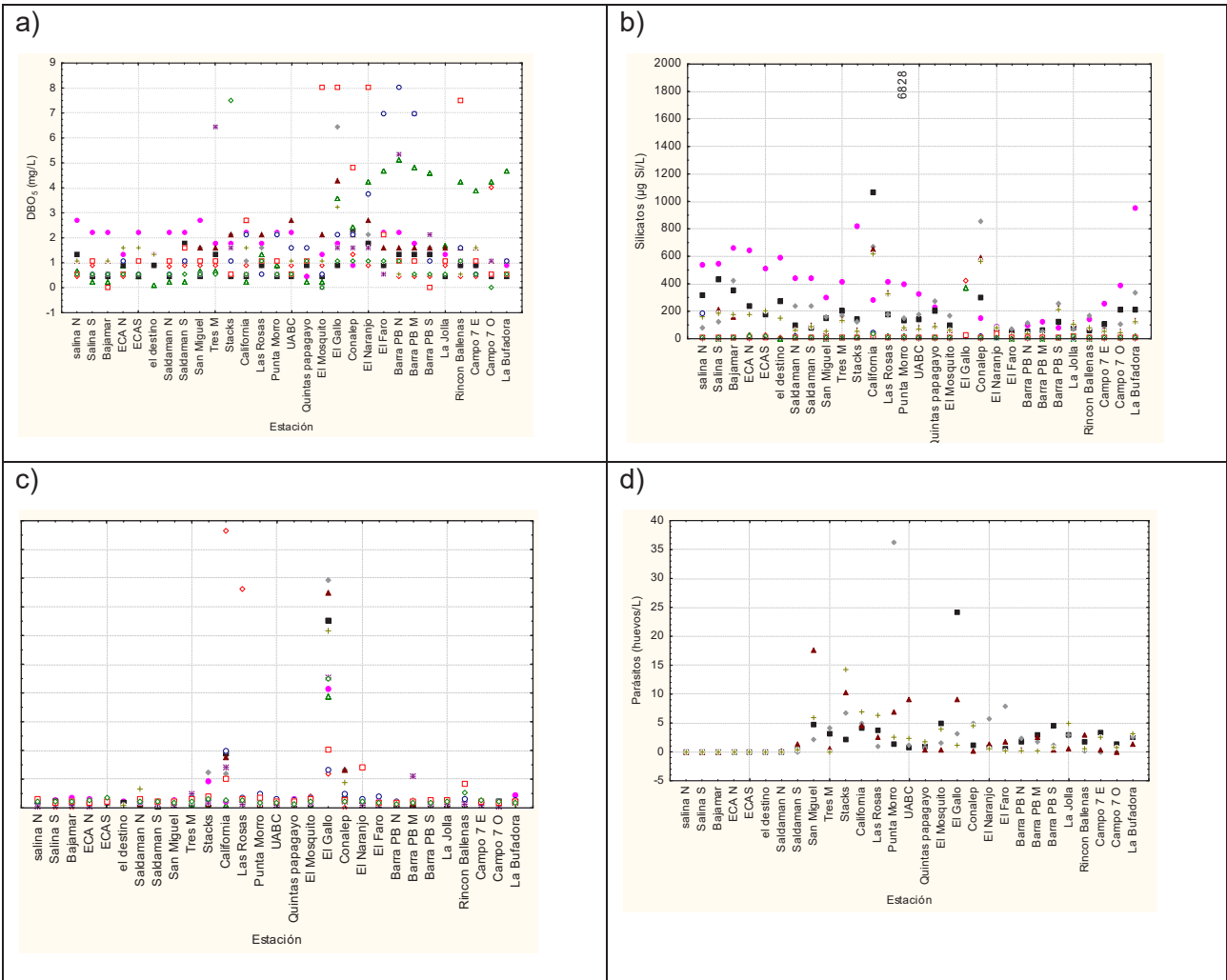


Figura 2. Distribución de la DBO<sub>5</sub> (a), silicatos (b), fosfatos (c) y parásitos (d) en la zona sur de la bahía de Todos Santos durante el 2012.

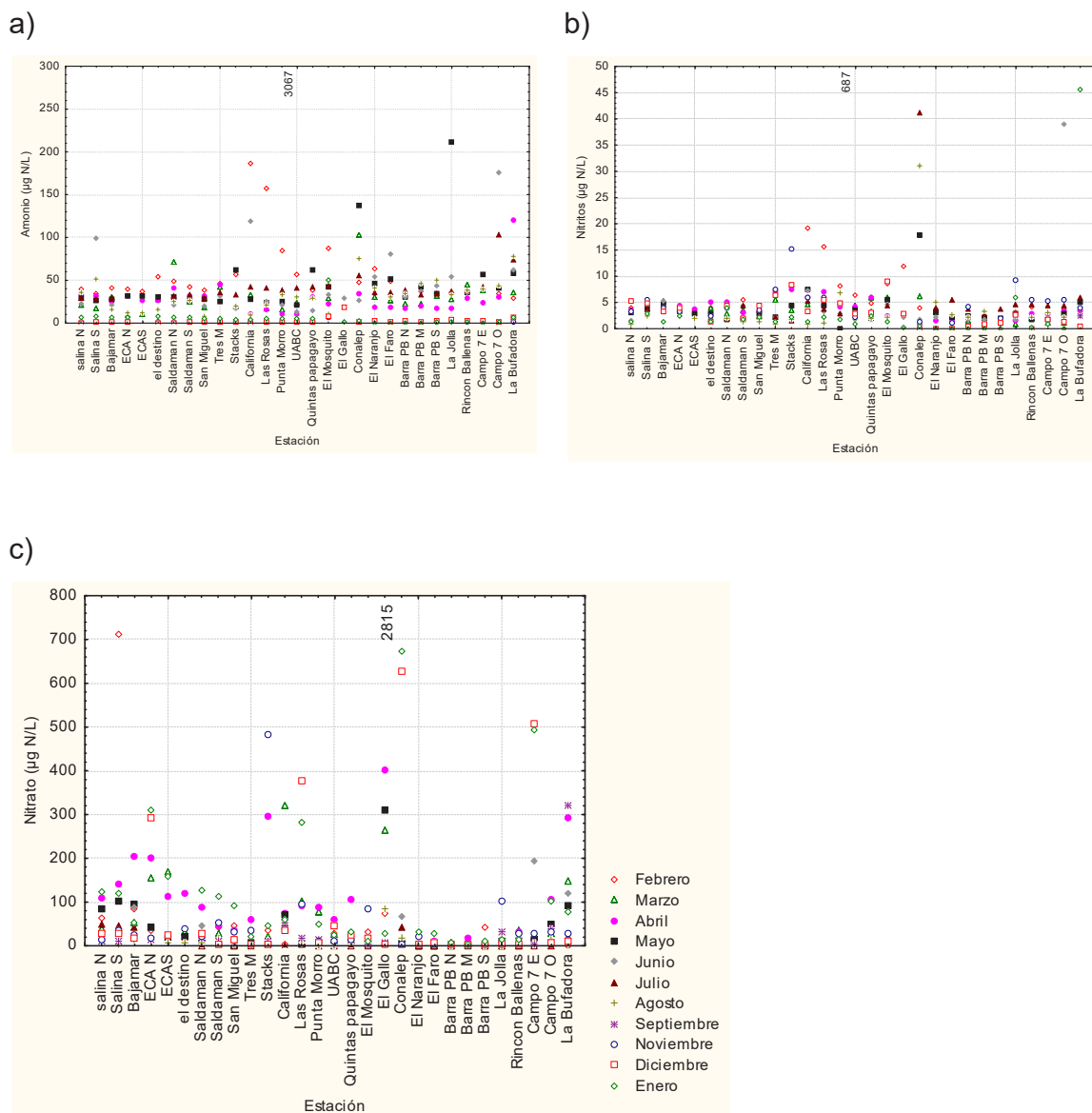


Figura 3. Distribución de Amonio (a), Nitrito (b) y Nitrito (c) en la Bahía de Todos Santos, Baja California, durante el 2012. La identificación de colores, de la gráfica de nitratos es el mismo para todas las gráficas indicadas en la figura 1 y 2.

**CONCLUSIONES**

Los valores de DBO, nutrientes y parásitos permitieron identificar zonas de afectación por las descargas de aguas residuales tratadas. La DBO<sub>5</sub> fue la variable menos sensible en detectar estas zonas afectadas.

Los valores encontrados en las áreas de afectación superan hasta 50 veces los valores promedio encontrados en la bahía de Todos Santos.

AGRADECIMIENTOS. A la Comisión Nacional del Agua a través de los fondos mixtos CONAGUA-CONACyT, 2010. A Baja Seasons, Bajamar, Energía Costa Azul, Playa Saldamando, Hotel California y Playa Mona Lisa, por las facilidades de acceso a la zona de playas y su apoyo en este trabajo.

## REFERENCIAS

- Astor Y. Müller-Karger F., Scranton M., 2003. Seasonal and interannual variation in the hydrography of the Cariaco Basin: implications for basin ventilation. *Continental Shelf Research*, 25(1), 125-144.
- Canino-Herrera S.R., Durazo E., 2012. Clasificación de playas en la Bahía de Ensenada. Reporte técnico de proyecto CONACyT-CNA.
- Clark R.B., 2001. Marine Pollution. Fifth edition, *Oxford University Press*. 245pp.
- Clesceri, 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20 Ed. American Public Health association, Washington, D.C. 1800pp.
- Duursma E.K., Dawson R., 1981. Marine organic chemistry (Evolution, Composition, Interactions and Chemistry of Organic Matter in Seawater). Elsevier Scientific Publishing Co., The Netherlands, 521pp.
- Faust S.D., Aly O.M., 1981. Chemistry of natural waters. Butterworth Pu., U.S.A. 400pp.
- Gaxiola-Castro G. Durazo R., 2010. Dinámica del Ecosistema Pelágico frente a Baja California. Primera Edición. 501pp.
- Weis J.S., 2014. Marine Pollution. What everyone needs to know. *Oxford University Press*. 273pp.

## ORÍGEN Y TOXICIDAD DE SEDIMENTOS RECIENTES DEL SUR DEL GOLFO DE MÉXICO POR PRESENCIA DE CROMO (2001 – 2004)

Florville-Alejandre, T.R.\*\*\*, Vázquez-Gutiérrez, F.\*\*†

\*Grupo Agua y Desarrollo Sostenible, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Ambiental, Universidad Central, Calle 21 No. 4-40, Bogotá-Colombia. Correo electrónico: [fatr@unam.mx](mailto:fatr@unam.mx) \*\*Grupo de investigación Ciencia e Ingeniería en Sistemas Ambientales (GCISA), Facultad de Ingeniería Civil, Departamento de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Universidad del Cauca, Calle 5 No. 4-70, Popayan, Cauca-Colombia. †Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Laboratorio de Fisicoquímica, Ciudad Universitaria, México 04510 D. F.

### INTRODUCCIÓN

El sur del Golfo de México es una región de reconocida importancia a nivel mundial. En su área marina y zona costera se desarrolla una intensa actividad industrial - pesquera, química y petrolera. Como consecuencia de tal actividad se enfrentan actualmente problemas de contaminación ambiental, incluida aquella generada por cromo (Rosales-Hoz *et al.*, 1992, 1994; PEMEX-UNAM, 2003; Vázquez y Sharma, 2004; Ponce-Vélez y Botello, 2006).

El cromo es un metal de transición con número atómico 24 y símbolo químico Cr. Se encuentra ampliamente distribuido en la corteza terrestre. Su estado de oxidación más alto es hexavalente. Sus estados de oxidación más estables son divalente y trivalente. Este elemento y sus sales se utilizan en diversas industrias (*e.g.* curtido del cuero, pigmentos y pinturas, fungicidas, fabricación de catalizadores, cerámica y vidrio, fotografía). El cromo también puede ser liberado al ambiente por la combustión de gas natural, petróleo o carbón. Su forma hexavalente es la especie química más tóxica. Su toxicidad surge como consecuencia de su tendencia a ser corrosivo y causar reacciones alérgicas (U.S. Department of Health and Human Services, 2012).

Los estudios relativos a la evolución temporal del cromo en sedimentos del sur del golfo de México son escasos. A nivel regional son prácticamente inexistentes. En un esfuerzo por aportar información al respecto, este trabajo estudió el contenido de cromo en sedimento reciente de 41 localidades de la plataforma continental del sur del Golfo de México en los años 2001 y 2004. El estudio buscó establecer el origen de este metal y el grado de toxicidad del sedimento por su presencia.

## METODOLOGÍA

Se tomaron muestras de sedimento superficial a bordo del B/O “Justo Sierra” utilizando un nucleador de caja (Figura 1). Se extrajeron porciones de cada muestra con tubos de plástico de 8 cm de diámetro a una profundidad de 1-5 cm. Cada porción se rotuló y almacenó a 4°C hasta su análisis. Las porciones almacenadas se secaron durante 24 horas a 105 °C en el laboratorio, y se trituraron en un recipiente de plástico. Un gramo de cada porción se colocó en un vaso de precipitado y se agregó HCl Suprapur Merck diluido al 5% con agua tipo Milli-Q-Gradiente A10-Millipore hasta cubrirla totalmente. Se dejó reposar durante 24 horas, se filtró y aforo a 25 mL. La cuantificación del contenido metálico se realizó utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer, Mod. AAnalyst 700, con horno de grafito Mod. HGA-850. Se emplearon estándares de referencia Perkin Elmer para cromo, bario y aluminio. Se analizó un estándar certificado (National Institute of Standards Tecnology, N° 2977) siguiendo el mismo procedimiento de digestión y análisis. Los valores del material de referencia se encontraron dentro del 9.0% respecto a los de la muestra certificada. La precisión se encontró en el intervalo 5.0-9.0%. Los límites de detección ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) fueron: Al (0.01823), Ba (0.00353) y Cr (0.00186).

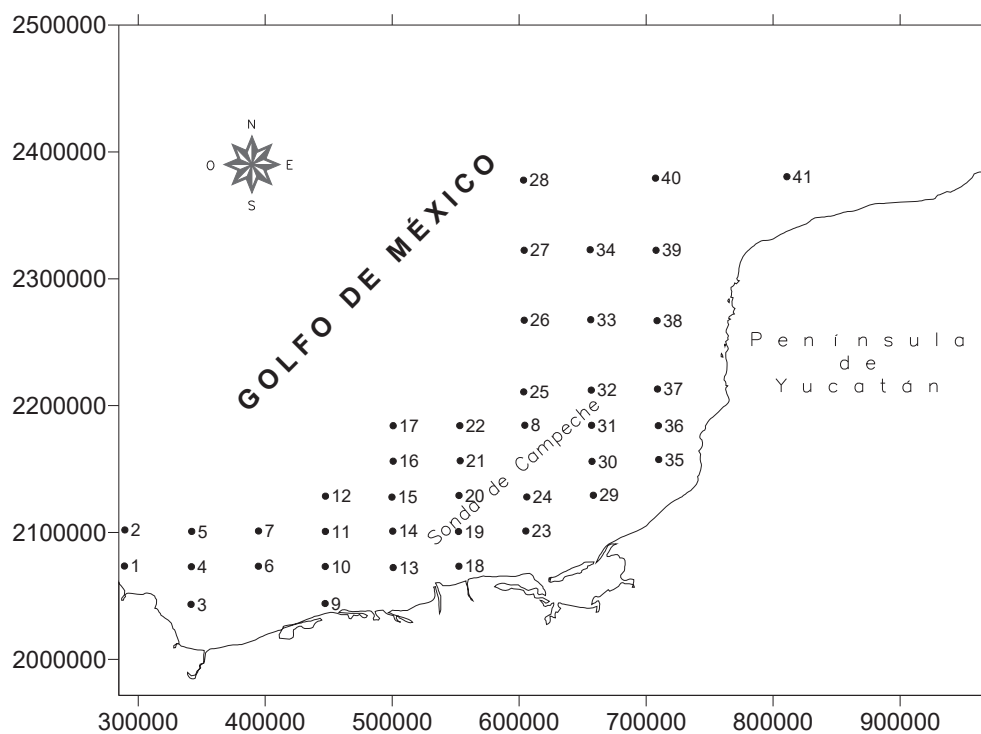


Figura 1. Sonda de Campeche, sur del Golfo de México. Puntos de muestreo.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados evidencian un marcado decremento para el contenido de cromo en el período 2001–2004 (Figura 2). Tal decremento podría indicar que las acciones de protección ambiental implementadas en la región durante ese periodo fueron efectivas para abatir su concentración.

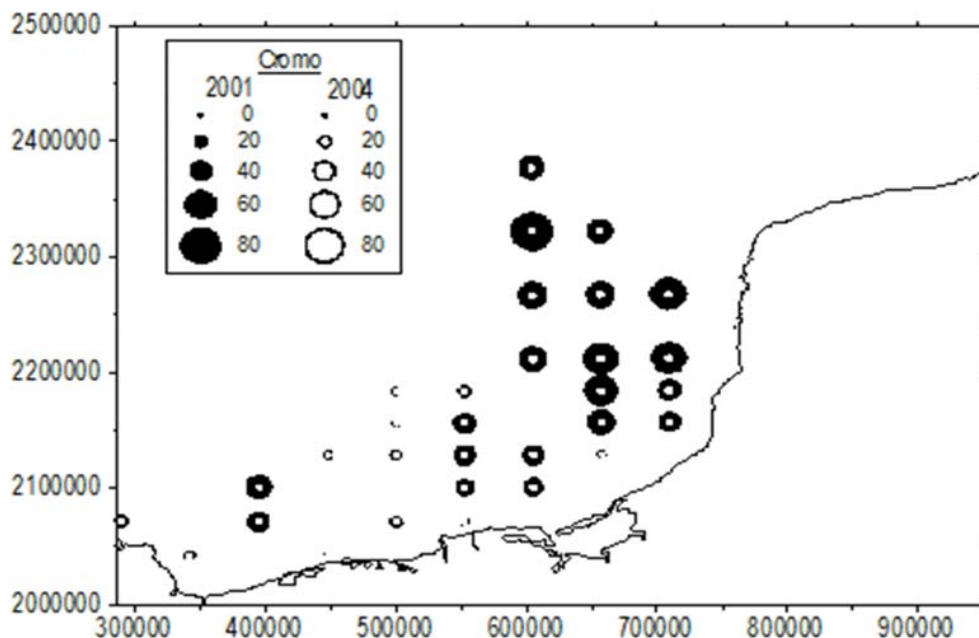


Figura 2. Contenido de cromo en estaciones de muestreo ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ). Sólo se presentan estaciones con registro de contenido metálico para los dos años que se comparan (2001 y 2004).

En el año 2001 el cromo mostró correlación positiva con el aluminio y negativa con el bario (Tabla 1). Ello permite suponer origen mixto -terrestre/antropogénico- para el cromo en el sur del Golfo de México. La ausencia de correlación entre este metal y los trazadores químicos -bario y aluminio- en el año 2004, podría indicar la presencia de dinámicos procesos de mezcla asociados a corrientes locales que redistribuyen el sedimento impidiendo detectar las asociaciones esperadas (Al-Cr, Ba-Cr).

Tabla 1. Correlación entre contenido de trazadores químicos -bario y aluminio- y metales pesados en sedimento reciente del sur del golfo de México (gris claro: correlación significativa al nivel 0.01). Años 2001 y 2004.

Año		Cr
2001	<b>Al</b> Correlación de Pearson	0.447
	Significación con dos colas	0.008
	N	34
	<b>Ba</b> Correlación de Pearson	-
	Significación con dos colas	0.008
	N	24
2004	<b>Al</b> Correlación de Pearson	-.078
	Significación con dos colas	.650
	N	36
	<b>Ba</b> Correlación de Pearson	.223
	Significación con dos colas	.192
	N	36

En el año 2001 la concentración promedio de cromo ( $Cr = 38.98 \mu\text{g g}^{-1}$ ) fue inferior al límite ERL propuesto por la Administración Nacional del Océano y la Atmósfera de los Estados Unidos de Norteamérica ( $Cr = 81 \mu\text{g g}^{-1}$ ). Su concentración media en el año 2004 ( $Cr = 2.87 \mu\text{g g}^{-1}$ ) nunca excedió tal límite. Considerando la relación reportada entre los límites ERL y la toxicidad del sedimento (Long *et al.*, 1995), estos hallazgos sugieren que sólo raramente pudieron existir efectos biológicos adversos asociados a la toxicidad del sedimento por cromo en los años 2001 y 2004.

## CONCLUSIONES

Es posible concluir que el cromo en el sur del Golfo de México no proviene exclusivamente de fuentes antropogénicas. Asimismo, el que las acciones recientes para abatir la concentración de ese metal en la región pueden haber sido efectivas. Sin embargo, se requieren más estudios para confirmarlo. Asimismo, son necesarios trabajos que amplíen y detallen la evolución temporal de otros contaminantes capaces de poner en riesgo la salud del sur del Golfo de México.

AGRADECIMIENTOS. Este trabajo se presenta en honor, reconocimiento y con gratitud infinita al Doctor Felipe Vázquez Gutiérrez (1953-2010), pionero del estudio sistematizado, a nivel regional, del sur del Golfo de México.

## REFERENCIAS

- Holmes Ch.W., 1982. Geochemical indices of fine sediment transport, Northwest Gulf of Mexico. *J. Sed. Petrol.*, 52, 307-321.
- Long E.R., MacDonald D.D., Smith S.L., Calder F.D., 1995. Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *Environ. Manage.*, 19(1), 81-97.
- PEMEX-UNAM, 2003. Evaluación prospectiva para el programa de monitoreo continuo del efecto ambiental de la actividad petrolera en el golfo de México. Reporte Final de la Campaña SGM6. Laboratorio de Fisicoquímica. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 294 pp.
- Ponce-Vélez G., Botello A.V., 2006. Organic and inorganic pollutants in marine sediments from northern and southern continental shelf of the Gulf of Mexico. *Int. J. Environ. Pollut.*, 26(1/2/3), 295-311.
- Rosales-Hoz L., Carranza-Edwards A., Arias-Reynada S., Santiago-Pérez S., 1992. Distribución de metales en sedimentos recientes del sureste del Golfo de México. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*, 19(2), 123-130.
- Rosales-Hoz L., Carranza-Edwards A., Santiago-Pérez S., Méndez-Jaime C., Doger-Badillo R., 1994. Study of anthropogenically induced trace metals on the continental shelf in the South-Eastern part of the Gulf of Mexico. *Rev. Int. Cont. Amb.*, 10(1), 9-13.
- U.S. Department of Health and Human Services, 2012. Toxicological profile for Chromium. Public Health Service & Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Atlanta, Georgia, 502pp.
- Vázquez G.F., Sharma K.V., 2004. Major and trace elements in sediments of the Campeche Sound, Southeast Gulf of Mexico. *Mar. Pollut. Bull.*, 48(1/2), 87-90.

## METABOLISMO ACUÁTICO Y DINÁMICA DEL OXÍGENO DISUELTO EN BAHÍA FALSA, BAJA CALIFORNIA

**Lee Sánchez Erika\*, Camacho Ibar Víctor, Mejía Trejo Adán, Félix Bermúdez Armando, Delgadillo Francisco, García Nava Héctor**

\*Universidad Autónoma de Baja California – Instituto de Investigaciones Oceanológicas. Carretera Transpeninsular Ensenada-Tijuana No. 3917, Frac. Playitas, Ensenada, B.C. 22860, México. Correo electrónico: erika.lee@uabc.edu.mx

De manera análoga al metabolismo de un organismo, el metabolismo de un ecosistema puede proveer una medida aproximada de su vitalidad y estado de salud (Kemp y Boyton, 1980). El oxígeno disuelto (OD) es una variable frecuentemente utilizada como indicador de la salud de los ecosistemas (Venkiteswaran *et al.*, 2007) ya que juega un papel importante en diversos procesos biogeoquímicos, y la determinación de su concentración es de importancia para cuantificar los procesos de fotosíntesis y respiración de ecosistemas acuáticos. Cuando los valores del metabolismo neto de un ecosistema (MNE) son positivos, el ecosistema se denomina 'autotrófico neto', lo cual indica que la comunidad exporta carbono orgánico a sistemas adyacentes; si los valores son negativos, habrá una condición de 'heterotrofia neta' lo cual indicará que el ecosistema requiere de un aporte externo de carbono orgánico para sostener su metabolismo (Kemp y Testa, 2011). Las lagunas costeras sostienen una rica fauna y flora autóctona ya que están protegidas, y en la mayoría de los casos, porque son sistemas de aguas someras de alta productividad (Newton *et al.*, 2014). Además son sitios ideales de desove y crianza de organismos de importancia económica, así como también para especies migratorias. La zona costera representa una de las áreas biogeoquímicamente más activas del océano, ya que por unidad de área, en ella se produce, se degrada, se almacena y se exporta más materia orgánica que en mar abierto (Champerois y Borges, 2012).

La Bahía San Quintín (BSQ), localizada al noroeste de la península de Baja California, México, es una laguna costera dominada por praderas de pastos marinos de la especie *Zostera marina* y con presencia de la macroalga *Ulva* spp. Esta laguna se encuentra en permanente conexión con el océano Pacífico a través de una boca, y cuenta con dos brazos, un brazo en el este denominado Bahía San Quintín y un brazo en el oeste denominado Bahía Falsa (BF). Tiene un área de ~43 km<sup>2</sup>; presenta una profundidad promedio de 2 m, aunque existen canales estrechos con profundidades hasta de 8 m. Las mareas son mixtas semidiurnas, con una amplitud máxima de 2.4 m. Por el clima tipo Mediterráneo de la región, esta laguna costera es

hipersalina durante todo el año (Camacho-Ibar *et al.*, 2003). Los vientos regionales inducen surgencias costeras a lo largo del año, las cuales se intensifican en los meses de abril a agosto (Ribas-Ribas *et al.*, 2011), propiciando una alta productividad primaria en la laguna debido al acarreo de aguas ricas en nutrientes desde el mar adyacente.

Observaciones recientes en BSQ sugieren que la biomasa de *Ulva* ha incrementado en la zona donde se realiza el cultivo del ostión japonés (*Crassostrea gigas* L.), lo cual podría tener como consecuencia el desplazamiento de *Z. marina* (Zertuche-González *et al.*, 2009). La ostricultura representa la actividad económica más importante en la laguna (Aguirre-muñoz *et al.*, 2001), cubriendo alrededor del 33% (300 ha) de la superficie de BF (Camacho-Ibar *et al.*, 2003). Hasta el momento no se han realizado estudios en BSQ para evaluar el posible efecto de la ostricultura en las praderas de *Z. marina*, y por ende si han modificado el balance entre la producción y el consumo de oxígeno en el sistema. Por otra parte, son pocos los estudios sobre el MNE en sistemas costeros en los que predominen las comunidades de pastos marinos y en los que dicho metabolismo se haya determinado a través del método de oxígeno en aguas abiertas, incluyendo la corrección por el intercambio atmosférico de gases (ej: Nagel *et al.*, 2009; Vaquer-Sunyer *et al.*, 2012; Champenois y Borger, 2012; Howarth *et al.*, 2014). Los estudios sobre el MNE en BSQ (Camacho-Ibar *et al.*, 2003; Ribas-Ribas *et al.*, 2011) se han basado en modelos de balances de fósforo y de carbono inorgánico. El objetivo del presente estudio es, a través de la medición continua *in situ* de oxígeno disuelto, estimar el MNE en BF para dos periodos metabólicamente contrastantes.

El cálculo del MNE a través de método de oxígeno en aguas abiertas, tiene la ventaja de que las series de tiempo de concentraciones de OD pueden ser medidas utilizando sensores que por lo general son precisos, duraderos y de auto-limpieza (Kemp y Testa, 2011). Ésta técnica se ha implementado en estudios recientes como el de Howarth *et al.*, (2014), en el que hicieron uso de sondas multiparamétricas. En este estudio se determinarán la productividad primaria bruta (PPB), la respiración de la comunidad (RC) y el MNE en BF mediante el método descrito por Odum en 1950 y modificado por Howarth *et al.*, (2014), en el que la PPB es estimada de la tasa de incremento de oxígeno durante el día en las horas luz, corregida por el intercambio atmosférico de gases y el consumo de oxígeno durante la respiración en el día; la RC es estimada de la tasa de disminución de oxígeno durante las horas de oscuridad después de la corrección por el intercambio atmosférico; el MNE es calculado a partir de la diferencia entre la PPB y la RC.



La medición de parámetros fisicoquímicos y biológicos en BF se han estado realizando de manera bimensual desde octubre de 2015 y se planea finalizar en julio de 2016, con el fin de contrastar las mediciones entre periodos con eventos de surgencias intensas de abril a julio de 2016, y el periodo con surgencias débiles o no surgencias de octubre de 2015 a enero de 2016. Los registros se realizan a lo largo de periodos de 15 a 30 días, con mediciones cada 15 minutos, con dos sondas multiparamétricas YSI 6920V2-2, con sensores de presión, temperatura, salinidad y pH, y sensores ópticos de clorofila y OD, separadas entre sí por ~1 km de distancia y a ~150 cm del fondo. Las sondas son calibradas y programadas en laboratorio y se calibran también con el análisis de muestras discretas recolectadas en el campo al inicio y al final de cada serie. Se están realizando correcciones por el intercambio atmosférico de gases utilizando datos de viento de la Estación Mareográfica y Meteorológica Costera del CICESE en Molino Viejo, San Quintín.

Los resultados para la serie del mes de octubre de 2015 indican que en la mayoría de los días, el MNE fue cercano al balance, tendiendo ligeramente hacia la heterotrofia neta. Se espera que durante los meses de primavera de 2016 el MNE tienda hacia condiciones de autotrofia.

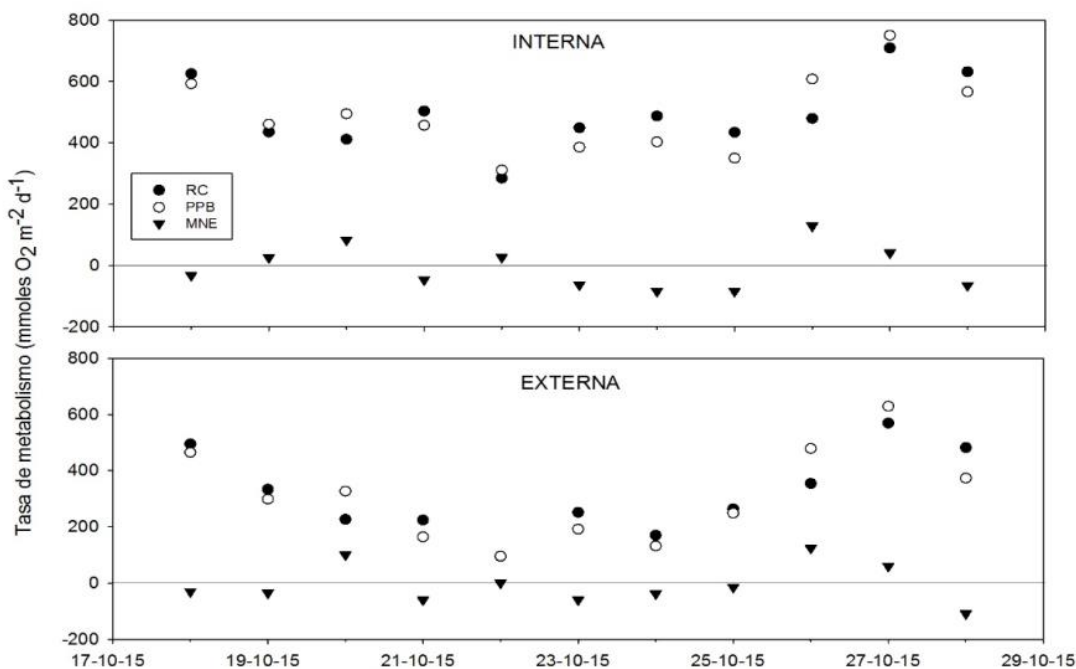


Figura 1. Tasas de PPB, RC y MNE para el periodo de muestreo de octubre de 2015

AGRADECIMIENTOS. Al proyecto CONACyT “Estudio integral del ciclo del nitrógeno en Bahía Falsa”, al CONACyT por el estímulo económico y al personal de Ostrícola Nautilus en Bahía Falsa.

## REFERENCIAS

- Aguirre-Muñoz A., Budemeier R.W., Camacho-Ibar V., Carriquiry J.D., Ibarra-Obando S.E., Massey B.W., Smith S.V., Wuff F., 2001. Sustainability of coastal resource use in San Quintin Bay, Mexico. *Ambio*, 30, 42-149.
- Camacho-Ibar V.F., Carriquiry J.D., Smith S.V., 2003. Non-conservative P and N fluxes and net ecosystem production in San Quintin Bay, México. *Estuaries*, 26, 1220-1237.
- Champanois W., Borges A.V., 2012. Seasonal and interannual variations of community metabolism rates of a *Posidonia oceanica* seagrass meadow. *Limnol. Oceanogr*, 347-361.
- Howarth R.W., Hayn M., Marino R.M., Ganju N., Foreman K., McGlathery K., Giblin A.E., Berg P., Walker J.D., 2014. Metabolism of a nitrogen-enriched coastal marine lagoon during the summertime. *Biogeochemistry*, 118, 1–20.
- Kemp W.M., Boynton W.R., 1980. Influence of biological and physical processes on dissolved dynamics in an estuarine system: Implications for measurement of community metabolism. *Estuarine and Coastal Marine Science*, 2, 407-431.
- Kemp W.M., Testa J.M., 2011. Metabolic balance between ecosystem production and consumption. *Elsevier*, 7, 83-118.
- Nagel J.L., Kemp W.M., Cornwell J.C., Owens M.S., Hinkle D., 2009. Seasonal and regional variations in net ecosystem production in *Thalassia testudinum* communities throughout Florida bay. *Contributions in Marine Science*, 38, 91-108.
- Newton A., Icely J., Cristina S., Brito A., Cardoso A.C., Clijn F., Riva S.D., Gertz F., Hansen J.W., Holmer M., Ivanova K., Leppakoski E., Canu D.M., Mocenni C., Mudge S., Murray N., Pejrup M., Razinkovas A., Reizopoulou S., Pérez-Rufaza A., Schernewski, Schubert H., Carr L., Solidoro C., Viaroli P., Zaldívar J.M., 2014. An overview of ecological status, vulnerability and future perspectives of European large shallow, semi-enclosed coastal systems, lagoons and transitional waters. *Elsevier*, 140, 95-122.
- Ribas-Ribas M., Hernández-Ayón J.M., Camacho-Ibar V.F., Cabello-Pasini A., Mejía-Trejo A., Durazo R., Galindo-Bect S., Souza A.J., Forja J.M., Siqueiros-Valencia A., 2011. Effects of upwelling, tides and biological processes on the inorganic carbon system of a coastal lagoon in Baja California. *Elsevier*, 92, 367-376.
- Vaquer-Sunyer R., Duarte C.M., Jordà G., Ruiz-Halpern S., 2012. Temperature dependence of oxygen dynamics and community metabolism in a shallow Mediterranean macroalgal meadow (*Caulerpa prolifera*). *Estuaries and Coasts*, 35, 1182-1192.

- Venkiteswaran J.J., Wassenaar L.I., Schiff S.L., 2007. Dynamics of dissolved oxygen isotopic ratios: a transient model to quantify primary production, community respiration, and air-water exchange in aquatic ecosystems. *Oecologia*, 153, 385-398.
- Zertuche-González J.A., Camacho-Ibar V.F., Pacheco-Ruíz I., Cabello-Pasini A., Galindo-Bect L.A., Guzmán-Calderón J.M., Macías-Carranza V., Espinoza-Avalos J., 2009. The role of *Ulva* spp. as a temporary nutrient sink in a coastal lagoon with oyster cultivation and upwelling influence. *Springer*, 21, 729-736.

## **ACONDICIONAMIENTO DE *Hydrocotyle bonariensis* PARA UN SISTEMA DE FITORREMEDIACIÓN DE PLOMO (PB<sup>2+</sup>) EN AGUA**

**López Guel Emigdio Curátame\*, Ramírez López Ligia, Mendoza Baldwin Edgar Gerardo**

\*Universidad Nacional Autónoma de México. Correo electrónico: [ibq.lopez@yahoo.com](mailto:ibq.lopez@yahoo.com)

### **INTRODUCCIÓN**

Los metales traza (incluidos metales pesados) han sido transportados a lo largo del ciclo hidrológico desde la aparición del agua en la Tierra. Durante su camino de los continentes a los océanos, los metales traza son sometidos a un gran número de procesos. Procesos importantes tienen lugar en la interface río-océano y la plataforma continental. En estas áreas se da una acumulación de metales traza naturales y de origen antropogénico. Además, los estuarios y las plataformas continentales son áreas donde se localizan generalmente puertos y centros industriales, coexistiendo con hábitats como los humedales. Comparado con el comportamiento de los metales en los océanos o lagos, el sistema estuarino es más complejo y dinámico debido a los fuertes gradientes en la composición química del agua, las variables concentraciones de materia suspendida y los procesos hidrodinámicos complejos.

La Convención sobre los Humedales (o Convención de Ramsar) proporciona el marco para la cooperación internacional y la acción nacional en pro de la conservación y el uso racional de los humedales. Desde el año 2004, las dos lagunas costeras veracruzanas de La Mancha y El Llano fueron designadas como sitio Ramsar (número de sitio 1336).

La laguna de La Mancha se localiza en el municipio de Actopan, estado de Veracruz, México. Su clima es cálido subhúmedo, con una temperatura media anual mayor de 22 °C. Predominan en el año los vientos del este originados del anticiclón del Atlántico norte, aunque la mayor fuerza se presenta con la entrada de los nortes (frentes fríos) en la época invernal. La laguna de La Mancha comprende por sí misma una superficie de 126 ha, y su principal aporte de agua lo provee el arroyo Caño Gallegos, que abarca el 99.3% de su cuenca. En la Mancha, la barra arenosa que la comunica con el mar es temporal y se abre con la presión que ejerce la acumulación de agua en la laguna en temporada de lluvias. Posteriormente, durante los nortes, debido al acarreo litoral de arena y al transporte de la misma por el viento, se acumula y vuelve a cerrarse.

En la zona costera baja de La Mancha y El Llano se localizan 85 asentamientos y poblados con un total de 10,316 habitantes, de los cuales 14 agrupan a 9,389 personas en asentamientos de más de 100 habitantes. Específicamente, la región de la laguna de La Mancha contiene el 15% de la población del municipio de Actopan, las actividades principales son el cultivo de la caña de azúcar, la prestación de servicios, la pesca y la ganadería. Por la boca de la laguna cruza un ducto de PEMEX, que produce la modificación hidrológica e hidrodinámica. En la zona sur de la laguna de La Mancha (donde desemboca el arroyo Caño Gallegos), se presenta mayor contaminación. Se han identificado altos niveles de bacterias coliformes fecales que se asocian a descargas de aguas residuales. Hay igualmente zonas donde la concentración de metales pesados (como mercurio, plomo y cadmio) sobrepasa los límites normativos. Se ha reportado que la dinámica de la apertura y restricción de la comunicación con el mar podría tener un efecto de acumulación y exportación, ya que los tiempos de residencia pueden ser muy cortos o muy largos.

En las últimas dos décadas, la fitorremediación se ha convertido en una opción reconocida de forma creciente para la remoción de contaminantes del agua. Las plantas y la asociación de sus bacterias de la rizosfera tienen diferentes acciones sobre los contaminantes, que incluyen la fitoextracción, la rizodegradación y la fitovolatilización. Con el crecimiento de la actividad industrial, los humedales pueden intervenir en el ciclo de ciertos contaminantes, como los metales pesados, en el medio local o en humedales construidos. Como sitio Ramsar, La Mancha cuenta con un listado florístico de poco más de 800 especies pertenecientes a esta zona, de las cuales algunas tienen efecto fitorremediador con base en la bibliografía. *Hydrocotyle bonariensis* es una planta clonal, con crecimiento por rizoma. Sus clones están interconectados, y presenta hojas y raíces solitarias en cada nodo (los nodos están espaciados). Cada nodo equivale a un ramet, que es la unidad fisiológica de la planta. El conjunto de dos o más ramets equivale a un genet.

La importancia de La Mancha radica en ser un humedal designado como sitio Ramsar, al cual se suman las actividades antropogénicas locales. El evaluar una remediación de contaminantes a través de plantas, sin dañar el ecosistema de la zona, contribuirá a la conservación de la vegetación, el mejoramiento de la calidad de agua y el cumplimiento con las directrices de la convención sobre los humedales. En este trabajo se definen las condiciones de crecimiento de una planta originaria de la zona de la laguna de La Mancha (*Hydrocotyle bonariensis*) para la evaluación en agua como fitorremediador a escala laboratorio bajo condiciones de cuerpos de agua semicerrados.



## **METODOLOGÍA**

El muestreo se realizó el 21 de enero 2016 se hizo un muestreo en La Mancha, Veracruz. Se recolectaron 35 rizomas de *Hydrocotyle bonariensis*, y el mismo día fueron trasladados al Laboratorio de Costas de Ciudad Universitaria, en la Ciudad de México. El sustrato en el que fueron plantadas consistió del mismo limo de las raíces de las plantas, y arena de la playa lavada tres veces con agua potable, y un último lavado con una solución nutritiva.

Las muestras recolectadas se mantuvieron en una incubadora sometida a baño de calentamiento con agua para mantener controlada su temperatura ambiental y de sustrato.

Cada semana se adicionaron 1 L de solución nutritiva (concentración de nutrientes 2.3 g L<sup>-1</sup>) al sustrato de la incubadora. El resto de los días se adicionaron 600 mL de agua potable cada dos o tres días.

El pH se midió en el sustrato cada día lunes, miércoles y viernes. Este valor se mantuvo entre 6 y 7.

La incubadora cuenta con una fuente luminosa de focos fluorescentes de 50 W, cuyas bases están a 40 cm de altura del sustrato de las plantas. El sistema prende y apaga cada 12 horas por medio de un dispositivo programable.

La propagación de la planta se hace en un módulo independiente al de la incubadora, pero con las mismas características de control de temperatura, medición de pH, fuente luminosa y adición de nutrientes.

Se hicieron pruebas de crecimiento en el sistema de propagación con agrolita, fibra de coco, y una mezcla 1:1 en peso de fibra de coco con agrolita. Se plantó un rizoma en un tubo de PVC por triplicado. En uno de los tubos se adicionó agrolita, en el otro fibra de coco, y en el último la mezcla de ambas.

El análisis de plomo se hizo a las matrices orgánicas e inorgánicas por medio de espectrometría de plasma de acoplamiento inductivo (ICP-AES).

## **RESULTADOS Y DISCUSIONES**

Se buscaron plantas con potencial fitorremediador tomando como referencia datos bibliográficos. Las características que se buscaron en estas especies florísticas son:

- Tiempo de crecimiento rápido, de días a no más de tres meses. Se evitan árboles y arbustos.
- Uso comercial de la planta. Se excluyeron plantas comestibles, o para subproductos alimenticios o farmacéuticos.

- Se prefieren plantas con fitorremediación *in situ* documentada.
- Se eligen plantas incluidas en la florística de la zona de La Mancha.

Así, *Hydrocotyle bonariensis* es una planta presente en la zona del humedal de La Mancha, con un factor de translocación que ronda entre 0.5 y 1.0 (Mendoza, 2014). Adicionalmente, su crecimiento lineal puede alcanzar 40 cm en 15 días, a una temperatura ambiental entre 20 y 26 °C (Longstreth, 1981).

Una vez que los genets fueron plantados en la incubadora y el módulo de propagación, se ha mantenido una temperatura promedio ambiental de 22 °C, y de sustrato 23.3 °C. Con respecto a las pruebas de sustrato, durante 3 semanas se observó el desarrollo de los rizomas, y el de más rápido crecimiento fue el puesto en agrolita con base en el crecimiento de nuevos nódulos. El que se mantuvo en 100% fibra de coco no generó nuevos nódulos, mientras que el que creció en 100% agrolita generó 3 nuevos nódulos. Mientras tanto, el rizoma de la mezcla generó 1 sólo nódulo.

También, durante las primeras manipulaciones de la agrolita, se notó una heterogeneidad del tamaño de partículas que la componen, en especial el contenido de polvo del material. Se hizo un análisis granulométrico por medio de tamizado, con el cual se dedujo que contiene 11% de finos. De esta forma, el tratamiento posterior de la agrolita para las pruebas de fitorremediación con plomo comprenderá el tamizado del material, y el uso de las fracciones mayores a la malla de 100 µm.

Para conocer preliminarmente el contenido de plomo en la agrolita a usar en las pruebas como sustrato, se envió a analizar una muestra en la que no se detectó plomo. Lo mismo se hizo con muestras vegetales (tanto rizomas como estructuras aéreas), encontrando un contenido de 0.2297 ppm en los rizomas con raíz. No se encontró contenido de plomo en las hojas con tallo.

Sistema fitorremediador: Este sistema consta de componentes replicados de los otros dos sistemas anteriormente explicados. Incluye un calentamiento por medio de baño maría, sistema de iluminación con focos fluorescentes de 50 W con apagado y encendido programado, y protección plástica.

El recipiente de fitorremediación tiene una capacidad para 24 L, y con el baño maría encendido mantiene la temperatura de su contenido acuoso entre 24 y 26 °C. Este recipiente tiene una entrada y una salida que lo conecta con un reservorio independiente de 50 L de capacidad. El reservorio funge como el tanque que suministra el líquido contaminado al recipiente de fitorremediación. Tal reservorio tiene una bomba que impulsa el líquido hacia el

recipiente fitorremediador a través de una manguera, y por medio de la salida del flujo se regresa el líquido al reservorio. De esta forma, en el recipiente fitorremediador siempre mantiene un volumen constante de su contenido acuoso.

Los soportes para las plantas constan de tubos de PVC horadados en su base para permitir el intercambio de agua. Los soportes están fijos en la superficie del medio acuoso.

## **CONCLUSION**

Se cuenta con genets de *H. bonariensis* adaptados a condiciones de temperatura, pH, suministro de nutrientes y luminosidad controlados.

Se tiene caracterizado un sistema de fitorremediación adaptado al crecimiento de *H. bonariensis*.

## **REFERENCIAS**

- López-Portillo J., Lara-Domínguez A.L., Ávila-Ángeles A., Vázquez-Lule A.D., 2009. Caracterización del sitio de manglar La Mancha, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO, México, D.F.
- Herrera-Silveira J.A., Morales-Ojeda S.M., Cortes-Balan T.O. 2011. Eutrofización en los ecosistemas costeros del Golfo de México: V.1. SEMARNAT-NOAA-GEF-UNIDO. 88 pp.
- Moreno-Casasola P., Salinas G., Amador Zaragoza L.E., Cruz H.H., Juárez Eusebio A., Ruelas Monjardín L., Landa J.L., Travieso Bello A.C., Monroy R., Paradowska K., López Rosas H., Infante D., Peralta L.A., 2006. Plan de Manejo Comunitario La Mancha-El Llano. Instituto de Ecología A.C. y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, SEMARNAT. Xalapa, Ver., México. III: 1179-1206. ISBN 970-709-039-1.
- Williams J.B., 2002. Phytoremediation in Wetland Ecosystems: Progress, Problems, and Potential. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 21(6), 607-635.
- Mendoza R.E., 2014. The interaction of heavy metals and nutrients present in soil and native plants with arbuscular mycorrhizae on the riverside in the Matanza-Riachuelo River Basin (Argentina). *Science of the Total Environment*, 505(2015), 555–564.
- Longstreth D.J., 1981. Light effects on leaf development and photosynthetic capacity of *Hydrocotyle bonariensis* Lam. *Photosynthesis Research*, 2, 95-104.

## DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE SALUD DE DOS POBLACIONES DE *Pteria sterna* MEDIANTE LA EVALUACIÓN DE BIOSENSORES EN ENSENADA DE LA PAZ, MÉXICO

Olivares Eslava M.\*, Sobrino-Figueroa A.\*\*, Gómez Olivares J.L.\*\*\*,  
Salinas Arreortua N.\*\*\*, Cáceres-Martínez C.\*\*\*\*

\*Estudiante de La Maestría de Biología Experimental Departamento Ciencias de La Salud UAM-Iztapalapa. \*\*Departamento de Hidrobiología UAM-Iztapalapa. \*\*\*Departamento de Ciencias de la Salud. UAM-Iztapalapa México D.F. \*\*\*\*Universidad Autónoma de Baja California Sur La Paz, B.C.S. México. Correo electrónico: aryam\_esol19@hotmail.com

### INTRODUCCIÓN

El proceso de urbanización de Ensenada de La Paz ha incrementado el aporte de xenobióticos en la zona costera. Los aportes antrópicos originan un aumento en los niveles de xenobióticos que junto con los cambios climáticos, constituyen un riesgo para el estado de salud de *P. sterna* u concha nácar, recurso de gran importancia económica en esta zona. Existen diferentes biosensores que permiten determinar el estado de salud en el que se encuentran los organismos, como el Índice de Condición, el grado de lipoperoxidación (TBARS), variación en la actividad de enzimas antioxidantes como la superóxido dismutasa (SOD) y catalasa (CAT), inhibición en la actividad de acetilcolinesterasa (AChE) y daño en el material genético a través de la prueba citogenética de Micronúcleos (MN). Hasta la fecha no se han realizados estudios de manera integral para detectar el efecto de los contaminantes presentes en los sitios de cultivo de esta especie. En este trabajo se realizó una evaluación de los efectos de los contaminantes en el estado de salud de *P. sterna* en condiciones de cultivo en Ensenada de La Paz B.C.S.

### MATERIAL Y MÉTODOS

Se establecieron dos cultivos de *P. Sterna* a finales de la época de verano del 2015 en dos localidades de Ensenada de la Paz, un sitio control frente la Isla Gaviota (24°17'21.75" N y 110°20'26.9" O) considerado con poca actividad antrópica y un sitio experimental la Marina de La Paz (24°09'09.77" N y 110°19'25.75" O) con influencia antrópica directa. Se colectaron 20 organismos de cada sitio. Se evaluó el índice de condición, mediante una relación de medidas morfométricas del organismo. En la branquia se determinó el grado de lipoperoxidación (TBARS) (Buege y Aust, 1978), la actividad de enzimas antioxidantes SOD (método modificado de Winterbourn *et al.*, 1975), CAT (Beutler, 1975) y frecuencia de MN (Márquez, 1993). En tejido del pie se midió la actividad de AChE (Ellman *et al.*, 1961).



## RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el índice de condición, lipoperoxidación, CAT, AChE y MN en los dos cultivos mostraron una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), teniendo un mayor crecimiento en los organismos control de Isla Gaviota ( $77.91 \pm 35.71\%$ ) en comparación con los experimentales de La Marina ( $41.26 \pm 7.681\%$ ). Se observó mayor grado de lipoperoxidación en el cultivo experimental ( $1.745 \pm 0.730$  nmol TBARS/mg de proteína<sup>-1</sup>) que en el control ( $1.372 \pm 0.471$  nmol TBARS/mg de proteína<sup>-1</sup>). La actividad de CAT fue mayor en el cultivo experimental ( $27.53 \pm 10.439$   $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$  de proteína<sup>-1</sup>) que en el control ( $22.80 \pm 18.40$   $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$  de proteína<sup>-1</sup>) y la actividad específica de AChE en el cultivo experimental fue menor ( $3.243 \pm 1.271$  nmol/min/mg de proteína<sup>-1</sup>) que en el control ( $4.214 \pm 1.122$  nmol/min/mg de proteína<sup>-1</sup>). La frecuencia de MN fue mayor en el cultivo experimental ( $1.114 \pm 0.399\%$ ) y menor en el cultivo control ( $0.166 \pm 0.123\%$ ).

En el caso de la actividad SOD esta no mostro diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los dos cultivos a pesar de que se observo un aumento en la actividad en el cultivo experimental ( $5.120 \pm 1.635$  U/mg de proteína<sup>-1</sup>) que el control ( $4.701 \pm 1.486$  U/mg de proteína<sup>-1</sup>).

## DISCUSIÓN

La Bahía de La Paz presenta un aumento de xenobióticos, como metales pesados (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, V y Zn), HAPs y posiblemente plaguicidas, los cuales se caracterizan por ser sustancias tóxicas y bioacumulables.

Se sabe que los metales pesados constituyen una fuente importante de estrés oxidativo que da generalmente como resultado el aumento en el grado de lipoperoxidación, un incremento en la actividad antioxidante de las enzimas SOD y CAT, una alteración en la actividad de AChE y daño genético.

Los datos obtenidos en la evaluación de lipoperoxidación, AChE, SOD, CAT y MN en los organismos de *P. sterna* en el cultivo experimental del sitio de La Marina podrían estar relacionados con la presencia de metales que causan efectos negativos en los organismos.

El aumento en la lipoperoxidación en el tejido de la branquiade los organismos experimentales respecto al tejido de los organismos control refleja la degradación de la membrana celular indicado un daño oxidativo células y de tejido. Por lo tanto el aumento en la alteración de los fosfolípidos de membrana a través de la peroxidación de lípidos se considera que es uno de los eventos clave del daño oxidativo. Varios estudios han evidenciado que la peroxidación de lípidos aumenta en los tejidos de diferentes especies de organismos acuáticos,



como resultado de la exposición a contaminantes ambientales, en este caso posiblemente por la presencia de metales.

La disminución en la actividad de AChE en el pie de los organismos del cultivo experimental respecto a los organismos control implica un daño en la transmisión del impulso nervioso estableciendo así neurotoxicidad causada probablemente por metales pesados, ya que se ha visto en diferentes trabajos que uno de los efectos de los metales como: Cd, Cu, Co, Cr, Hg, Pb y Zn es causar la inhibición de la enzima AChE similar a lo que ocurre con pesticidas organofosforados y carbamatos.

La actividad de SOD que se observó en el tejido de branquias de los organismos obtenidos en La Marina no mostró una diferencia significativa estadísticamente respecto con la actividad de SOD, sin embargo si se observó un aumento en la actividad de la enzima en comparación con los organismos control del sitio de referencia La Gaviota. SOD es una enzima antioxidante clave que cataliza la dismutación del radical superóxido ( $O_2^-$ ) en peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) y oxígeno  $O_2$  y se ha observado un aumento en su actividad en los bivalvos cuando estos han sido expuestos a diferentes contaminantes incluidos los metales.

El aumento en la actividad de CAT en el tejido de la branquia de los organismos experimentales en comparación con los organismos control de Isla Gaviota probablemente se deba a su función como enzima antioxidante contra los radicales libres generados por los metales presentes en el sitio experimental, ya que la CAT se encarga de la transformación del ( $H_2O_2$ ) en  $H_2O$  y  $O_2$  (compuestos no tóxicos). De esta manera el aumento en la actividad de CAT en los organismos expuestos a contaminantes sea un indicio de daño oxidativo por metales, así como se ha reportado con anterioridad.

También fue evaluado el índice de Condición (IC) que es un biomarcador morfofisiológico que da una aproximación del estado en el que se encuentra el organismo en relación con su crecimiento y desarrollo. Los datos que se obtuvieron en el sitio La Marina del IC se podría relacionar el estrés oxidante causado por metales con el menor crecimiento que presentaron los organismos de *P. sterna* de La Marina en contraste con los organismos de Isla Gaviota, ya que en diferentes trabajos se ha reportado que el estrés oxidante que causan los metales en distintos bivalvos incluso a concentraciones bastante bajas, tiene un fuerte efecto inhibitorio sobre funciones bioenergéticas en la mitocondria, por lo que causa alteraciones en el metabolismo energético dando lugar al deterioro en el crecimiento del organismo. También provocan necrosis en el epitelio branquial alterando la permeabilidad en sus membranas disminuyendo así la filtración del alimento causando una disminución en la disponibilidad de

energía para su metabolismo, así las altas concentraciones de metales resultan tóxicas para las células al alterar las funciones de las proteínas y consecuentemente la actividad enzimática alterando las funciones fisiológicas.

De manera general los metales pesados provocan un deterioro en el tejido de las branquias dando como resultado un decremento en la filtración por lo tanto menor obtención de oxígeno y alimento, disminución en la tasa de respiración, aumento en la tasa de excreción y disminución en el ritmo cardiaco. Lo anterior da como resultado una alteración y disminución en el crecimiento de los bivalvos.

## **CONCLUSIÓN**

Los resultados de la evaluación de los biosensores puede sugerir que los organismos expuestos a niveles más altos de contaminantes como los reportados en La Marina de La Paz generan un efecto deletéreo sobre *P. sterna* afectando su estado de salud en la época de verano.

AGRADECIMIENTOS. Al CONACYT y al proyecto de investigación: "Evaluación del Estado de salud de organismos de Importancia Ecológica y/o económica presentes en sistemas acuáticos" financiado por La División de CBS UAM-Iztapalapa.

## **REFERENCIAS**

- Alves A. *et al.*, 2007. Oxidative stress in *Perna perna* and other bivalves as indicators of environmental stress in the Brazilian marine environment: antioxidants, lipidperoxidation and DNA damage. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 146(4), 588-600.
- Badreddine S. *et al.*, 2014. Effects of permethrin exposure on antioxidant enzymes and protein status in Mediterranean clams *Ruditapes decussatus*. *Environmental Science and Pollution Research*, 21, 4461-4472.
- Beutler E., 1975. Catalase. In *Red Cell Metabolism. A manual of biochemical methods* 2<sup>nd</sup> Ed., Grune and Stratton, New York, 89-90p.
- Buege J.A., Aust S.D., 1978. Microsomal lipidperoxidation. *Methods in enzymology*, 52, 302-310.

- Carreira S. *et al.*, 2013. Ecotoxicological Heterogeneity in Transitional Coastal Habitats Assessed Through the Integration of Biomarkers and Sediment Contamination Profiles: A Case Study Using a Commercial Clam. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 64, 97,109.
- Efthimia C., Catherine T., Morgane H., 2013. Comparative study of biochemical and immunological biomarkers in three marine bivalves exposed at a polluted site. *Environmental Science and Pollution Research*, 20, 1812-1822.
- Ellman G.L., Courtney K.D., Andres, V., Featherstone R.M., 1961. A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochemical pharmacology*, 7(2), 88-95.
- Frasco M.F., Fournier D., Carvalho F., Guilhermino L., 2005. Do metals inhibit acetylcholinesterase (AChE)? Implementation of assay conditions for the use of AChE activity as a biomarker of metal toxicity. *Biomarkers*, 10(5), 360-375.
- Laila J. *et al.*, 2012. Oxidative stress biomarkers in mussels sampled from four sites along the moroccan atlantic coast (big casa blanca). *St. Cerc. St. CICBIA*, 13(3), 325-331.
- Liqiang Z. *et al.*, 2014. Environmental Cadmium Exposure Impacts Physiological Responses in Manila clams. *Biological Trace Element Research*, 159:241-253.
- Márquez B.C., 1993. Método para obtener metafase en branquias del mejillón *Mytilus californianus* (Conrad, 1837). *Revista de la Investigación Científica*, 4, 75-80.
- Sobrino-Figueroa A., Cáceres-Martínez C., 2011. Detección de compuestos tóxicos y genotóxicos en sedimentos de la Ensenada de la Paz, B.C.S. México: 44<sup>th</sup> annual meeting of the western society of malacologis, La Paz B.C.S.
- Sobrino F.A.S., 2001. Efectos de los metales Cd, Cr, Pb y sus mezclas en la almeja catarina *Agropecten vetricosus* (Sowerby, 1842), (Bivalvia, Pectinidae). Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias Marinas. México. Instituto Politecnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 215pp.
- Winterbourn C.C., Hawkins R.E., Brian M., Carrell R.W., 1975. The estimation of red cell superoxide dismutase activity. *The Journal of laboratory and clinical medicine*, 85(2), 337-341.

## **DISTRIBUCIÓN DE NUTRIENTES, OXÍGENO DISUELTO Y PH FRENTE A LA ZONA COSTERA ENTRE PUNTA LOMA Y PUNTA ZEMPOALA, VER., DURANTE EL 2015**

**Reyes-Rosales Angélica\*, Murad-Serrano Pauly, Mora-Martínez Amancio**

\*SEMAR, Faro Venustiano Carranza, Veracruz, Ver. angier2001@hotmail.com

### **RESUMEN**

Se efectuaron dos cruceros oceanográficos denominados "LOZEMVER\_0515", y "LOZEMVER\_0915", el primero durante la época de secas y el segundo en época de lluvias. Ambos a bordo del buque de investigación Oceanográfica ARM ONJUKU (BI-02) de la Secretaría de Marina-Armada de México. Se establecieron 59 estaciones en ocho transectos perpendiculares a la línea de costa, entre Punta Loma y Punta Zempoala, Ver., y hasta la isóbata de los 200 m. Se realizaron muestreos y análisis de nutrientes, pH y oxígeno disuelto (OD) en las profundidades de superficie, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150 y 200 m según la batimetría permitida en cada estación. Las concentraciones de amonio, nitritos y nitratos en ambas épocas se encontraron dentro del rango de valores mencionados por Sverdrup, 1942; Riley y Chester, 1989 y De la Lanza, 1991; solo los fosfatos también para ambas épocas se observaron por arriba de estos valores. Durante la época de secas y para toda el área de estudio, entre la superficie y los 20 m de profundidad se registraron las máximas concentraciones de amonio, nitratos y OD; así mismo, durante la época de lluvias fueron las concentraciones de nitritos, fosfatos y pH. Las concentraciones de nitritos, nitratos y pH se acentuaron durante la época de lluvias frente a algunos cuerpos de agua del área de estudio. El valor mínimo de oxígeno se registró a los 200 m en ambas épocas.

### **INTRODUCCIÓN**

Para cumplir con la misión de la Secretaría de Marina-Armada de México que es, emplear el poder naval de la Federación para la defensa exterior y coadyuvar en la seguridad interior del país; una de las atribuciones que competen al ámbito científico es realizar actividades de investigación científica, oceanográfica, meteorológica y biológica de los recursos marítimos actuando por sí o en colaboración con otras instituciones nacionales o extranjeras, o en coordinación con dependencias del Ejecutivo. En este sentido, el estudio y conocimiento de nuestros mares y zonas costeras constituye un factor importante para garantizar la defensa y soberanía de nuestros litorales y mar

territorial, así como los usos legítimos del mar. En cumplimiento a lo anterior y en apoyo a las operaciones navales, así como al desarrollo marítimo nacional, la Dirección General Adjunta de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología (DIGAOHM), mediante sus Estaciones e Institutos de Investigación Oceanográfica llevan a cabo proyectos de investigación físico-química, biológica y geológica, de las zonas costeras y oceánicas de México que les permitan caracterizar las condiciones marítimas presentes en el área de jurisdicción.

Por lo anterior, el Instituto Oceanográfico del Golfo y Mar Caribe (IOGyMC), dentro del proyecto “Caracterización Oceanográfica y Biológica de la zona costera entre Punta Loma y Punta Zempoala, Ver., durante un ciclo anual (2015), determinó las características oceanográficas y biológicas presentes en esta área; sin embargo, para éste estudio únicamente se enfocó al análisis del comportamiento de los nutrientes, oxígeno disuelto (OD) y pH presentes en dicha área, que permita junto con otros estudios comprender de manera integral la productividad del Golfo de México y Mar Caribe, donde existe una dinámica particular dada por las surgencias y el comportamiento ciclónico y anticiclónico de algunas masas de agua, y dando lugar a fenómenos alternos que conducen al enriquecimiento de nutrientes en la superficie (De la Lanza, 1991).

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

Se efectuaron dos cruceros oceanográficos denominados “LOZEMVER\_0515”, y “LOZEMVER\_0915”, el primero del 18 al 27 de mayo y el segundo del 1 al 10 de septiembre de 2015; correspondientes a las épocas de secas y lluvias, respectivamente. Ambos a bordo del buque de investigación Oceanográfica ARM ONJUKU (BI-02) de la Secretaría de Marina-Armada de México.

Se establecieron 59 estaciones en ocho transectos perpendiculares a la línea de costa, entre Punta Loma y Punta Zempoala, Ver., y hasta la isóbata de los 200 m. (Figura 1).



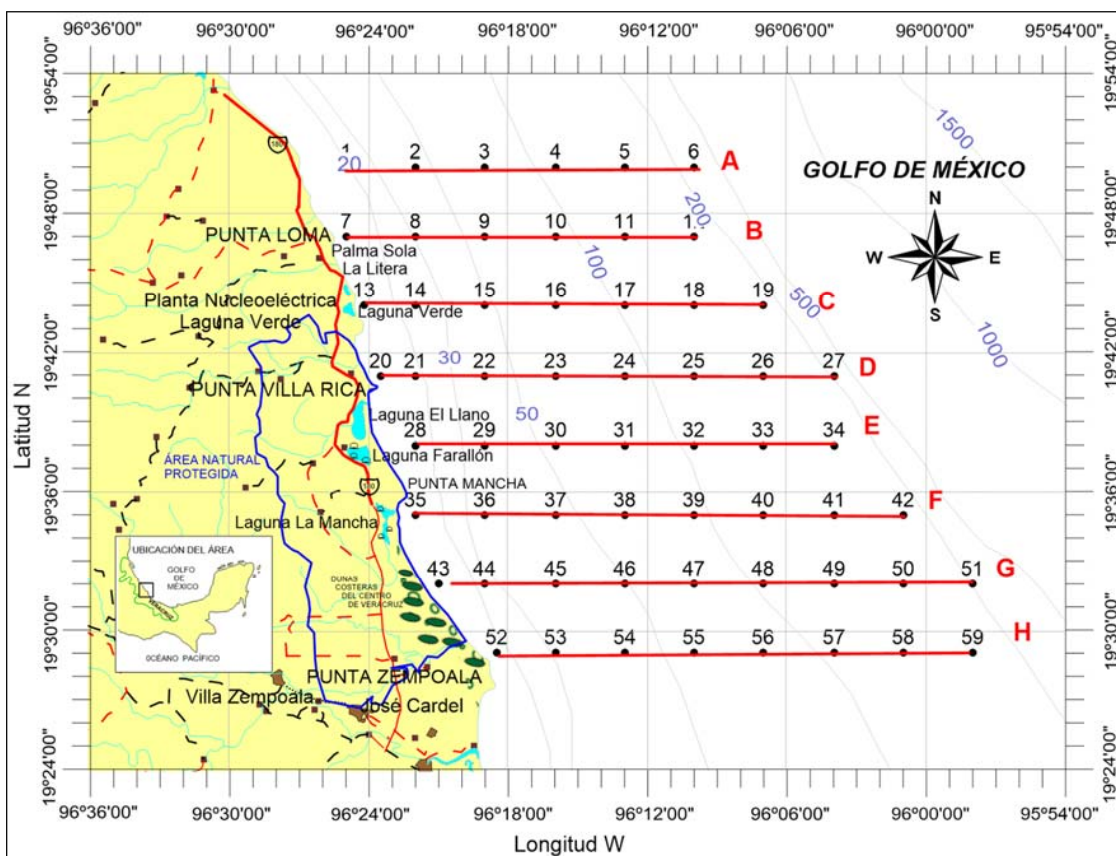


Figura. 1. Área de estudio.

En cada estación se obtuvieron muestras de agua de mar con botellas tipo Niskin de 5 L en las profundidades estándar (superficie, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150 y 200 m) a fin de determinar los siguientes parámetros: amonio ( $\text{NH}_4$ ), fosfatos ( $\text{PO}_4$ ), nitratos ( $\text{NO}_3$ ), nitritos ( $\text{NO}_2$ ), OD y pH; los dos últimos fueron obtenidos mediante sensores instalados en el CTD marca SEABIRD modelos 18-I y 43 respectivamente, durante la toma de muestras en columna de agua.

La determinación de los nutrientes en el laboratorio se realizó de acuerdo con los métodos descritos en Strickland y Parsons (1972) y Parsons *et al.* (1984): la concentración de amonio se determinó por el método sugerido por Solórzano en 1969; los fosfatos por el método sugerido por Murphy y Riley en 1962; los nitratos por el método sugerido por Morris y Riley en 1963 y Wood *et al.*, 1967; y los nitritos por la técnica implementada por Bendschneider *et al.*, 1952.

La descripción estadística, elaboración de mapas y gráficos de los parámetros se realizaron utilizando los programas de cómputo Excel y Surfer versión 10.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Varios autores mencionan los valores de referencia para nutrientes, tal es el caso de Sverdrup *et al.*, 1942, que para aguas oceánicas establece los siguientes valores: N-NH<sub>4</sub>: 0.35 a 3.50 µM, N-NO<sub>3</sub>: 0.10 a 43.00 µM y N-NO<sub>2</sub>: 0.01 a 3.50 µM; otros como Riley y Chester 1989, reportan para aguas marinas los valores: N-NH<sub>4</sub>: 0.10 a 3.57 µM, N-NO<sub>3</sub>: 0.10 a 35.71 µM y N-NO<sub>2</sub>: 0.01 a 3.57 µM; De la Lanza 1991, señala que los niveles de fosfatos además de no variar significativamente a lo largo de un año, por lo general se encuentran en rangos de 0.01 a 0.16 µM. Para ambas épocas y en todos los niveles de muestreo, los valores de nutrientes oscilaron dentro de los rangos mencionados por dichos autores, excepto los fosfatos durante la época de secas, observándose valores altos.

Así mismo, los valores máximos permitidos para Protección de la Vida Acuática en Agua Marina en Áreas Costeras (PVAAMAC) establecidos en los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CECA 001/89) establecidos por SEDUE (1990), señalan los siguientes valores: 0.04 mg L<sup>-1</sup> para nitratos; 0.002 mg L<sup>-1</sup> para nitritos, 0.002 mg L<sup>-1</sup> para fosfatos y 0.01 mg L<sup>-1</sup> para amonio. En ambas épocas, de acuerdo a estos valores, todos los nutrientes y el OD, registraron valores por arriba de dichos criterios; sin embargo, no se debe dejar de tomar en cuenta que estos valores se apegan únicamente a la zona costera y este estudio abarcó hasta la isóbata de los 200 m.

Para toda el área de estudio entre la superficie y los 20 m de profundidad, se registraron las máximas concentraciones de amonio, nitratos y OD durante la época de secas, así mismo, durante la época de lluvias fueron los nitritos, fosfatos y pH. Frente a las lagunas El Llano y Farallón, durante la época de lluvias y a nivel superficial, se registraron altas concentraciones de nitritos, nitratos y pH, posiblemente debido a los aportes continentales que se presentan durante esta época (De la Lanza, 1991) (Figura. 2).

A 200 m de profundidad, en ambas épocas se registró un decremento en el OD hasta 3.52 mg L<sup>-1</sup>, valor cercano al descrito por Nowlin (1971) y por El-Sayed *et al.* (1972) para aguas caribeñas, pero a 600 m, lo que representa el mínimo de oxígeno tanto en la Corriente de Lazo como en aquellas propias del Golfo de México (De la Lanza, 1991).

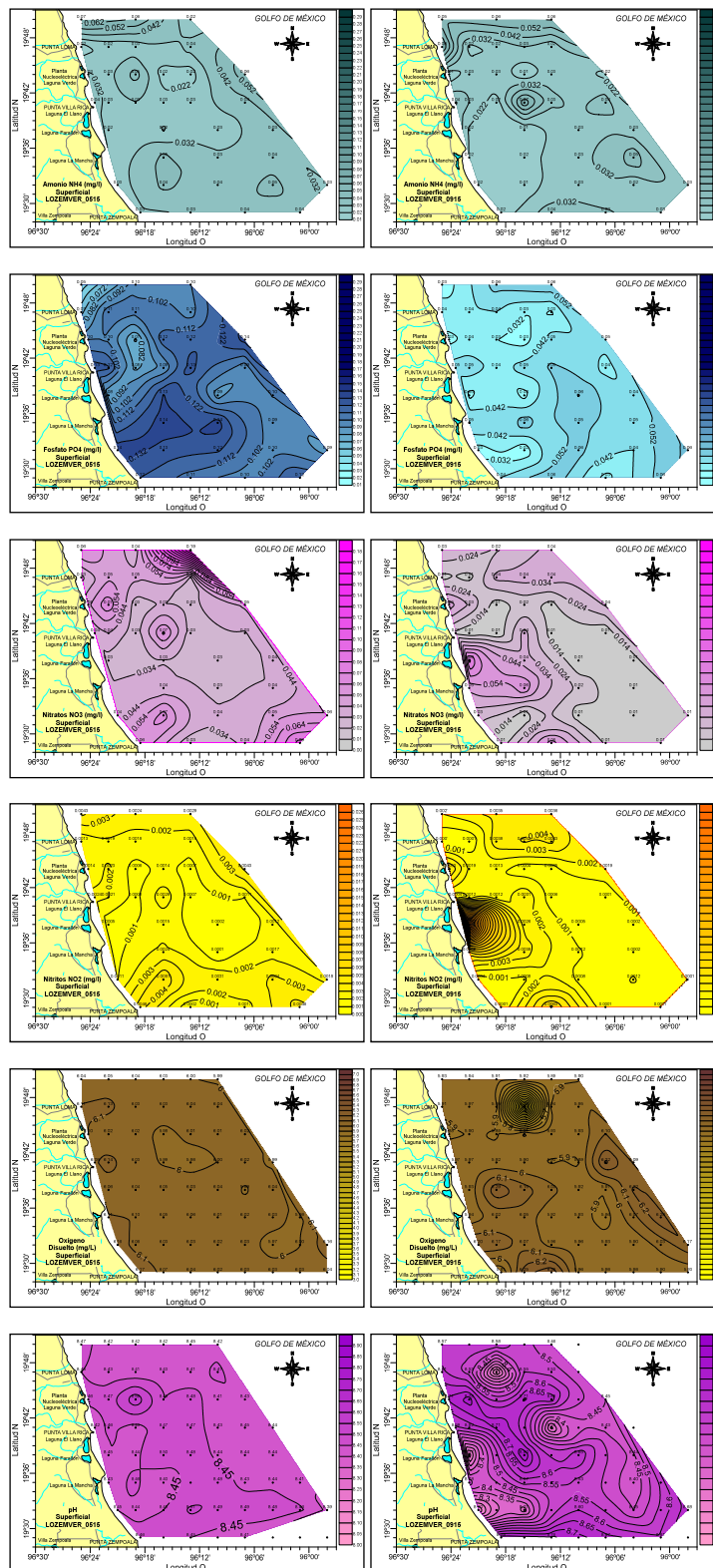


Figura 2. Nutrientes ( $\text{NH}_4$ ,  $\text{PO}_4$ ,  $\text{NO}_3$  y  $\text{NO}_2$ ), OD y pH superficial durante la campaña oceanográfica LOZEMVER\_0515 (columna izquierda) y LOZEMVER\_0915 (columna derecha).

Las concentraciones de nutrientes relativamente altas se pueden deber a procesos de actividad biológica como la descomposición de la materia orgánica, donde la autólisis o rompimiento químico de las células bajo influencia generalmente de enzimas, liberan amonio y fosfatos al agua circundante (Riley y Chester, 1989). También pueden deberse a la contaminación, además de la influencia de las corrientes predominantes en el área de estudio (De la Lanza, 1991).

## CONCLUSIONES

Las concentraciones de  $N-NH_4$ ,  $N-NO_2$  y  $N-NO_3$  para ambas épocas se encontraron dentro de los valores mencionados por Sverdrup *et al.*, 1942, Riley y Chester, 1989 y De la Lanza, 1991; excepto los fosfatos durante la época de secas, con valores por arriba de los mencionados, sin que esto represente condiciones de impacto.

En ambas épocas, de acuerdo a los valores máximos permitidos establecidos por SEDUE (1990), todos los nutrientes y el OD, registraron valores por arriba de dichos criterios.

Para toda el área de estudio, entre la superficie y los 20 m de profundidad se registraron las máximas concentraciones de amonio, nitratos y OD durante la época de secas y, de nitritos, fosfatos y pH durante la época de lluvias.

El valor mínimo de OD se registró a los 200 m para ambas épocas.

## REFERENCIAS

- Bendschneider K., Robinson R.J., 1952. A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water: *Journal of Marine Research*, 11, 87-96.
- Cifuentes L.J.L., Torres-García P., Frías M.M., 1975. El océano y sus recursos. Las ciencias del mar: oceanografía geológica y oceanografía química. La ciencia No. 12 desde México. Secretaría de Educación Pública. (SEP). Tomo II. Fondo de Cultura Económica (FCE) y CONACYT.
- De La Lanza E.G., 1991. Oceanografía de Mares Mexicanos. Agt. Editor. 2001. Características Físico-Químicas de los Mares de México. I9.1. UNAM, Instituto de Geofísica. Plaza y Valdés, Editores.
- El-Sayed S.Z. *et al.*, 1972. Chemistry, primary productivity, and benthic algae of the Gulf of Mexico. Serial Atlas of the Marine Environment, Folio 22. American Geographical Society: New York. 29p.
- Parsons *et al.*, 1984. A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis. Pergamon Press. Pons Point, N.S.W. Australia.



- Nowlin W.D., 1971. Watermasses and general circulation of the Gulf of Mexico. *Oceanology*, 5(2), 28-33.
- Morris, Riley I.P., 1962. The determination of nitrate in sea water. *Anal. Chim. Act.*, 29, 272-279.
- Murphy J., Riley I.P., 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta* 27:31-6. Department of Oceanography. University of Liverpool, England.
- Riley J.P., Chester R., 1989, Introducción a la química marina. AGT Editor, S.A. 459pp.
- SEDUE, 1990. Gaceta ecológica (*Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89*). II No. 6. 26-36.
- Solórzano L., 1969. Determination of Ammonia in Natural Waters by the Phenolhypoclorite Methods. *Limnol. Oceanogra.*, 14(5), 799-801.
- Strickland J.D.H., Parsons T.R., 1972. A Practical Handbook of Sea Water Analysis. Fisheries Research Board of Canada. Bulletin 167 (Second Edition). Ottawa, Can.
- Sverdrup H.U., Johnson M.W., Fleming R.H., 1942. The oceans: their physics, chemistry and general biology. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, N.J. U.S.A. 1087pp.
- Wood E.D., Armstrong F.A.J., Richards F.A., 1967. Determination of nitrate in sea water by cadmium-copperreduction to nitrite: *Journal Marine Biology Association*, U.K., 47, 23-31.



## VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA TOXICIDAD Y GENOTOXICIDAD DE SEDIMENTOS DE LA ENSENADA DE LA PAZ, B.C.S.

Sobrino-Figueroa A.\*, Cáceres-Martínez C.\*\*

\*Laboratorio Alejandro Villalobos. Departamento de Hidrobiología. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco No. 186 Col. Vicentina, México, D.F. C.P. 09340. Correo electrónico: coco@xanum.uam.mx \*\*Universidad Autónoma de Baja California Sur, Km 5.5 Carretera al Sur, Col. El Mezquitito, 23080, La Paz, B.C.S. México.

### INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista ecológico, los sedimentos son uno de los componentes de mayor importancia dentro de los ecosistemas acuáticos ya que juegan un papel relevante en el intercambio de sustancias químicas entre la fase particulada, la disuelta y la biológica. El análisis físico y químico de los sedimentos es insuficiente para tener una evaluación realista de la toxicidad de éstos, ya que se deben detectar los efectos adversos en los organismos ocasionados por la exposición a los sedimentos contaminados (Fergusson, 1990; Chapman, 1998). En nuestro país son escasos los estudios de tipo integral sobre la presencia y el efecto de contaminantes en los sistemas acuáticos, a pesar de que el grado de contaminación se ha incrementado a la par con el desarrollo de los asentamientos humanos y de las actividades agropecuarias, turísticas e industriales (Albert, 2006). En este trabajo se realizó una evaluación cualitativa de los efectos tóxicos y genotóxicos de sedimentos colectados en 8 localidades localizadas de la Ensenada de la Paz, B.C.S., en dos épocas contrastantes del año (verano e invierno), utilizando una batería de pruebas biológicas para localizar las zonas que podrían considerarse de riesgo.

### METODOLOGÍA

Muestras de sedimento fueron colectadas en 8 localidades situadas en la Ensenada de La Paz, en 2 estaciones del año contrastantes: Invierno (febrero de 2010) y verano (agosto de 2010).

La toxicidad de los sedimentos fue determinada por medio de una batería de pruebas con organismos de diferentes niveles tróficos: *Tetraselmis suecica* (microalga), *Brachionus plicatilis* (rotífero) y *Artemia franciscana* (entomostraco) (APHA, 1994; NMX-AA-110-1995-SCFI). El efecto genotóxico de los sedimentos se determinó por medio de la técnica de SOS-Chromotests (Quillardet y Hofnung, 1993). El grado de toxicidad y genotoxicidad obtenido en las

pruebas con los sedimentos se utilizó como criterio para clasificar la respuesta como Toxicidad alta (% de mortalidad > 75%) Toxicidad media (entre 50 y 75% de mortalidad) y toxicidad baja (entre 15 y 49% de mortalidad).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados obtenidos en los bioensayos con las muestras de sedimento colectadas en invierno, mostraron una toxicidad media en las localidades: Cicimar, La Marina, Molinito y Punta Prieta, en estos sitios también se detectó efectos genotóxicos. Las muestras de Los Arcos, La Perla, La Sirena y Pichilingue presentaron un grado de toxicidad bajo. El análisis de correlación múltiple indicó una relación significativa entre los valores de mortalidad y los niveles de cobre (0.87), cromo (0.67) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (0.60), ( $p < 0.05$ ).

En las muestras colectadas en el verano se detectó un grado de toxicidad es alto en las muestras obtenidas en Cicimar, La Marina, Molinito y Punta Prieta. Sedimentos con efectos genotóxicos fueron detectados en La Marina, Molinito y Punta Prieta. El análisis de correlación múltiple indicó una relación significativa entre la toxicidad y las concentraciones de cobre ( $r^2 = 0.63$ ), cadmio ( $r^2 = 0.49$ ) e hidrocarburos aromáticos policíclicos ( $r^2 = 0.51$ ), ( $p < 0.05$ ). Los valores de toxicidad y genotoxicidad obtenidos en los bioensayos indicaron la presencia de compuestos tóxicos y genotóxicos en 4 localidades: Cicimar, La Marina, Molinito y Punta Prieta en las 2 estaciones del año evaluadas. La toxicidad de los sedimentos de estos lugares va disminuyendo conforme aumenta la distancia.

Por lo tanto, todo lo anterior indica que existe una descarga continua de compuestos nocivos en las 4 localidades antes mencionadas. La presencia de compuestos nocivos en los sedimentos de estos sitios, podrían causar algún daño a los organismos que habitan en estos sitios.

## **REFERENCIAS**

- Albert L.A., 2006. Curso básico de toxicología ambiental. Ed. Limusa, México., 482pp.
- APHA, A.W.W.A. y W.P.F.C., 1994. Métodos estándar para el examen de aguas y aguas de desecho. 64° Ed. Interamericana. México, 690pp.
- Chapman P.M., 1998. Ecotoxicology and pollution key issues. *Mar. Poll. Bull.*, 31, 167-177.
- Fergusson J.E., 1990. The heavy elements chemistry, environmental impact and health effects. Pergamon Press. Oxford., 615pp.

NMX-AA-110-1995-SCFI. Evaluación de Toxicidad Aguda con *Artemia franciscana Kellogg* (Crustacea-Anostraca) - METODO DE PRUEBA (publicada en el Diario Oficial de la Federación el 12 de abril de 1996).

Quillardet P., Hofnung M., 1993. The SOS Chromotest: a review. *Mutation Research*, 297, 235-279.

## **EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LA ALMEJA CATARINA *Argopecten ventricosus* (SOWERBY, 1842), EXPUESTA A CONCENTRACIONES SUBLETALES DE METALES TÓXICOS**

**Sobrino-Figueroa A.\*, Cáceres-Martínez C.\*\***

\*Laboratorio Alejandro Villalobos. Departamento de Hidrobiología. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco No. 186 Col. Vicentina, México, D.F. C.P. 09340. Correo electrónico: coco@xanum.uam.mx \*\*Universidad Autónoma de Baja California Sur, Km 5.5 Carretera al Sur, Col. El Mezquitito, 23080, La Paz, B.C.S. México.

### **INTRODUCCIÓN**

La almeja Catarina es un recurso pesquero importante en el Estado de Baja California Sur, ya que en él se pesca el 90% de la producción a nivel nacional. Hace 30 años su consumo era local, posteriormente, en la década de los 70's el producto se comercializó a mayor escala. Desde entonces la producción de estos moluscos ha disminuido entre 16 a 86% (CONAPESCA, 2013). La causa de este decremento se atribuye únicamente a la sobreexplotación, ya que no existen estudios de carácter ambiental para conocer otras causas probables que ocasionaron el abatimiento de los bancos, a pesar de que hay casos en los que las poblaciones de almejas han desaparecido por completo, como ha ocurrido en Ensenada de la Paz (Baqueiro *et al.*, 1981); asimismo, se han detectado concentraciones de los metales cadmio, cromo, cobre, níquel y plomo en los sedimentos de lugares donde habitan estos organismos ( $4.2 \pm 0.9 \text{ mg g}^{-1}$  Cd,  $93.2 \pm 28.3 \text{ mg g}^{-1}$  Cr,  $43.2 \pm 12.3 \text{ mg g}^{-1}$  Ni y  $52.7 \pm 15.7 \text{ mg g}^{-1}$  Pb. Méndez *et al.*, 1998; Green-Ruiz, 2000; Shumilin *et al.*, 2001) que rebasan los niveles establecidos por Long *et al.* (1990) (ERL, efectos rango de bajo:  $1.2 \text{ mg g}^{-1}$  Cd,  $81 \text{ mg g}^{-1}$  Cr,  $20.9 \text{ mg g}^{-1}$  Ni,  $46.7 \text{ mg g}^{-1}$  Pb), los cuales causan efectos nocivos en organismos bentónicos. El objetivo de este trabajo fue realizar una evaluación de 4 biomarcadores: tasa de alimentación, índice O:N, lipoperoxidación y daño genético en adultos de almeja Catarina, expuestos a concentraciones subletales de los metales cadmio, cromo, plomo y su mezcla (1:1), para conocer su respuesta y observar el grado de recuperación de los organismos al suspenderse el efecto del estresor.

### **MÉTODO**

Se realizaron bioensayos con recambios de agua, con duración de 336 hrs. (168 de intoxicación y 168 de recuperación) donde se expuso a juveniles de almeja Catarina ( $1 \pm 0.2 \text{ cm}$ ) a 1 concentración ( $CL_{10}$ ) de cada metal y su mezcla (Cd 0.32, Cr 0.91, Pb 0.70 y mix 1.93  $\text{mg L}^{-1}$ ). Durante el bioensayo se evaluó tasa de alimentación, además de respiración y

excreción de amonio para determinar el índice O:N, en cámaras cerradas. A las 24, 96 y 168 horas de exposición, se tomaron muestras de tejido de branquia y de glándula digestiva de 6 organismos por tratamiento, para evaluar el grado de lipoperoxidación (MDA) (Buege y Aust, 1978) y el daño genético, (ensayo cometa) (Singh *et al.*, 1988) en los tejidos, de los organismos expuestos a los metales y el grupo control.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los ensayos donde se evaluó la tasa de alimentación se observó una relación dosis-respuesta inversa, ya que al aumentar el tiempo de exposición a los metales disminuyó la tasa de alimentación de los organismos. No se observa un aumento de la tasa en el periodo de recuperación. Se obtuvo una diferencia significativa entre los organismos expuestos a los metales y el grupo control.

La relación O:N tuvo valores por debajo de 9 en los organismos expuestos a los metales después de 96 y 168 horas, hecho que indica que los organismos estuvieron en un grado de estrés alto. En el periodo de recuperación no se observa que los organismos regresen a su estado de homeostasis debido a que los valores registrados fluctuaron entre 4 a 21. Se observó diferencia significativa entre el grupo control y los experimentales ( $p < 0.05$ ).

Los metales que mostraron tener el mayor efecto oxidante fueron el cadmio y cromo. Asimismo, se observaron diferencias significativas entre la respuesta del testigo y de los organismos expuestos a los metales ( $p < 0.05$ ). El metal con mayor efecto genotóxico fue el cadmio, seguido por el cromo. Se observó que existen diferencias significativas entre el grado de daño genético en organismos expuestos a los diferentes metales y los testigos (Tabla 1).

## CONCLUSIONES

Los organismos expuestos al metal Cd ( $0.32 \text{ mg L}^{-1}$ ), no sobrevivieron después de 168 horas de exposición (supervivencia  $< 10\%$ ). Estos organismos presentaron niveles de estrés alto, el grado de lipoperoxidación fue de más de 50 nM de MDA en branquia y mayor de 100 nM de MDA en glándula digestiva, el porcentaje de células con daño genético fue por arriba del 88%, con caudas de hasta 152  $\mu\text{m}$ . Las lesiones que presentaron estos organismos indican que la causa de su muerte es por asfixia o inanición.

Al registrarse concentraciones similares a las probadas en su ambiente, los organismos deben ser transplantados a sitios libres de metales para su recuperación en las primeras 24 a 48 hrs. después de la exposición para evitar su muerte.



Tabla 1. Daño genético observado en los bioensayos con almeja Catarina expuesta a metales (% células con daño).

METAL	DAÑO GENÉTICO (% CÉLULAS CON DAÑO)			
	24 H	96 H	168 H	168 H (Recu)
<b>Cd</b>	88	91	97	
<b>Cr</b>	62	71	74	56
<b>Pb</b>	39	43	32	46
<b>MIX</b>	54	91	65	32
<b>Tes</b>	24	21	31	18

## REFERENCIAS

- Baqueiro C., 1982. Distribución y abundancia de moluscos de importancia comercial en Baja California Sur. Delegación Federal de Pesca. B.C.S., 32pp.
- Buege J.A., Aust S.D., 1978. Microsomal lipid peroxidation. *Method Enzym.*, 51, 302-306.
- Green-Ruiz C., 2000. Geoquímica de metales pesados y mineralogía de la fracción arcillosa en los sedimentos de cuatro puertos del Golfo de California. Tesis Doctoral ICMYL, Mazatlán, Sinaloa, 329pp.
- CONAPESCA. 2013. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca. SEGARPA. México 299pp.
- Long R.E., Morgan G., 1990. The potential for biological effects of sediment-sorbed contaminants tested in the national status and trend program. NOAA Technical memorandum NOS OMA 52. Seattle, Washington, 231pp.
- Méndez L., Acosta B., Alvarez-Castañeda S.T., Lechuga-Deveze C.H., 1998. Trace metal distribution along the southern coast of Bahía de la Paz (Gulf of California), Mexico. *Bulletin Environmental Contamination Toxicology*, 61, 616-622.
- Shumilin E., Páez-Osuna F., Green-Ruiz C., Sapozhnikov D., Rodriguez-Meza G., Godínez-Orta L., 2001. Arsenic, antimony, selenium and other trace elements in sediments of the La Paz lagoon, peninsula of Baja California, Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 42, 174-178.
- Singh N.P., Banner D.B., Tice R.R., Schneider E.L., 1988. A simple technique for quantitation of low levels of DNA damage in individual cells. *Exptl. Cell. Res.*, 184: 123-130.

## CARBONO INORGÁNICO DISUELTUO, ALCALINIDAD TOTAL Y PH EN EL CARIBE ORIENTAL: INVESTIGACIONES OCEANOGRÁFICAS DE 1997, 2003 Y 2012

**Torres-González Beatriz Guadalupe\***, **Bustos-Serrano Héctor\***,  
**Hernández-Ayón José Martín\*\***, **Canino-Herrera Sergio Raúl\***

\*Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. \*\*Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California. Correo electrónico: marlupa\_11@hotmail.com

### INTRODUCCIÓN

El sistema del carbono es de gran importancia debido a los flujos atmósfera-océano y a las reacciones del dióxido carbono en el agua de mar que afectan los procesos físicos, químicos y biogeoquímicos (Zeebe *et al.*, 2001). El Mar Caribe encuentra modulado por la posición geográfica de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) la cual está influenciada por los vientos alisios con diferencias estacionales, generando corrientes superficiales y subsuperficiales, con una corriente principal llamada Corriente del Caribe. Para comprender la estructura de estas corrientes dentro del Caribe, es necesario conocer que las aguas que se introducen están sujetas a cambios (Andrade *et al.*, 2003; Chérubin y Richardson, 2007), así como a la influenciada de ríos como Orinoco, Amazonas y a afloramientos estacionales en las costas de Venezuela y Colombia; también se forman remolinos que fluyen hacia el noroeste en la Corriente del Caribe que conforme avanzan hacia América central se ven perturbados por la topografía (Huet *et al.*, 2004; Astor *et al.*, 2005). El presente trabajo se realizó con el fin de encontrar posibles cambios espaciales y temporales del Carbono Inorgánico Disuelto (CID), Alcalinidad Total (AT) y pH entre los cruceros de las líneas A22 y A20 realizados por WOCE, CCHDO y CLIVAR (Figura 1).

### METODOLOGÍA

Las diferencias espaciales de la base de datos de 1997, 2003 y 2012 se calcularon mediante la comparación de la línea A20 y A22, separando la zona eufótica (0 a 200 m) y zona afótica (200 a 2000 m) en intervalos de 200 m, se aplicó el estadístico de Wilcoxon-Wilcoxon para dos muestras independientes con corrección de Kruskal y Wallis ( $\alpha = 0.05$ ); para la obtención de la diferencia temporal se realizó la metodología anterior comparando las variables entre cada año. Las principales variables fueron CID que fue medido mediante un sistema

coulométrico, la AT que se midió con el método potenciométrico y el pH con método potenciométrico y en el 2012 con espectrofotometría (CDIAC-074).

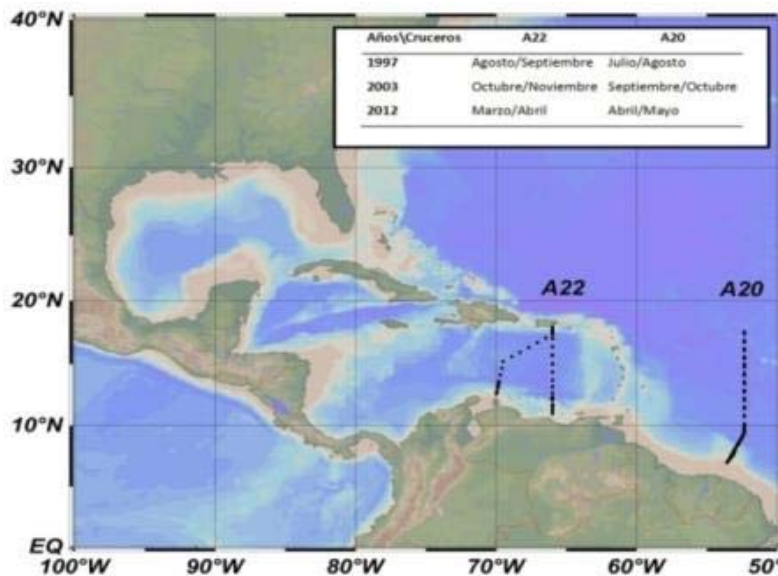


Figura 1. Zona de estudio y fechas en las líneas A20 y A22.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los salinidad muestra la interacción de aguas de diferentes propiedades, se realizó una sección transversal para los tres años y en todos se encontró una disminución de salinidad cercana a la costa en la línea A20, siendo más visible en el 2012 (Figura 2b), esta corriente de agua menos salina se esperaría encontrar en la línea A22 como lo menciona Hu *et al.*, 2004, en esta, se puede apreciar una dilución de dos unidades de salinidad como se observa en la Figura 2, si estas aguas menos salinas son provenientes de ríos, producen cambios en la química del agua y transportar nutrientes que ayuden al florecimiento de fitoplancton y así modificar las variables del carbono como se muestra en Cañón- Páez, 2010. Las variables del carbono, muestran que la distribución espacial del pH es similar entre los 500 y 1000 m de profundidad. Silva y Palma, 2006 y Álvarez-Borrego, 2007 en otras localidades, lo relacionan con la oxidación de materia orgánica, y a mayor profundidad un aumento debido al ingreso de aguas más oxigenadas (Figura 3 c-d), este comportamiento en la columna de agua se puede apreciar en la mayoría de las variables; es decir, después de 500 m de profundidad no se observan grandes cambios; para la AT en la línea A20 se observan valores bajos en superficie que coinciden con valores bajos en CID debido a la cercanía de la pluma del río Amazonas (Figura 3 a-b, e-f). En 2003 se encontró similitud entre líneas, lo cual posiblemente se deba a

que en los meses en que se trabajó, el flujo cercano a las Antillas Menores es bloqueado por circulación ciclónica, se presenta la migración de la ZCIT hacia el norte debido a los vientos Alisios lo cual generan un máximo de velocidad en la Contra Corriente Norecuatorial y una mayor circulación (Fratantoni *et al.*, 2000), con una desviación hacia el noroeste pasando por las Islas Windward (Johns *et al.*, 2002).

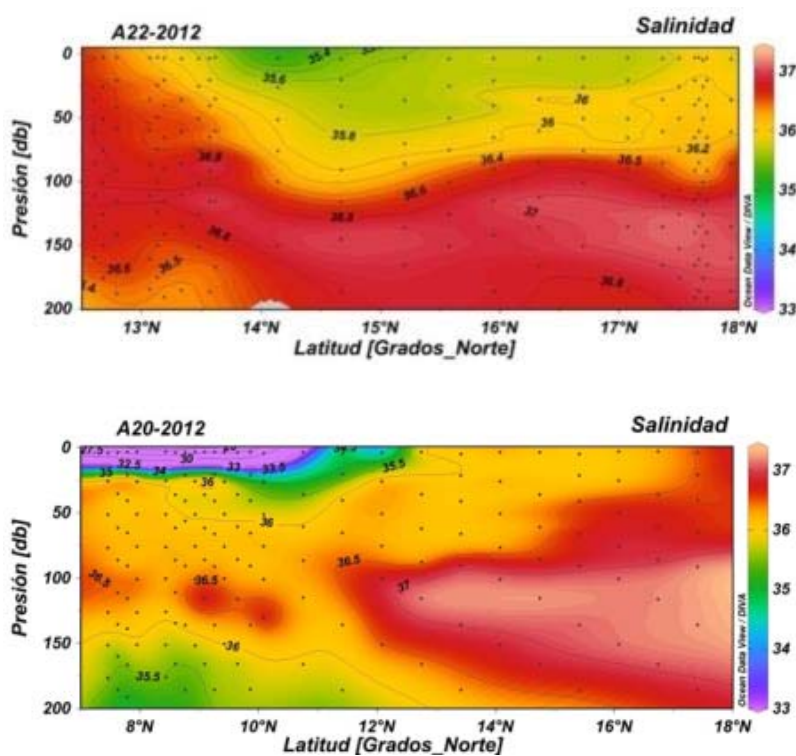


Figura 2. Sección transversal de la zona eufótica de las líneas A22 (a) y A20 (b) de salinidad.

En cuanto a la distribución temporal los parámetros del carbono muestran que en la zona eufótica el pH en 2003 y 2012 fueron similares para ambas líneas con valores de 8.05; la AT muestra mayor variabilidad en tiempo y espacio, se hace evidente el efecto del flujo de agua dulce del río Amazonas cercano a la costa, en la línea A20 que en la A22 con valores mínimos de  $2300 \mu\text{mol kg}^{-1}$  y hacia el norte con valores de  $2400 \mu\text{mol kg}^{-1}$ ; el CID muestra que en A20, son similares con valores de  $1900 \mu\text{mol kg}^{-1}$  en superficie y en A22 se encontraron mayores diferencias con mayor concentración cercano a la costa de  $2050 \mu\text{mol kg}^{-1}$ . En la zona afótica, la AT y pH de la línea A22 estadísticamente son diferentes; la AT en la línea A20 es diferente a partir de los 600 m de profundidad para los años 1997-2003 y 2003-2012, y similar en los años







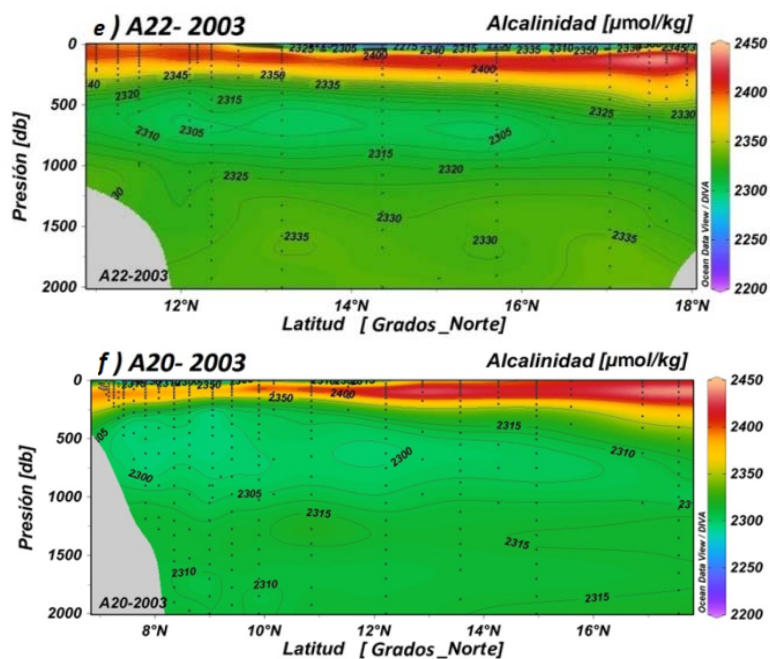


Figura 3. Sección transversal de las líneas A22 y A20 de CID, AT y pH del 2003.

## CONCLUSIONES

La línea A20 que representa la parte externa al Caribe Oriental, es la que tiene mayor influencia de las aguas del río Amazonas comparada con la A22, con decrementos en superficie de aproximadamente  $100 \mu\text{mol kg}^{-1}$  de CID y de  $200 \mu\text{mol kg}^{-1}$  para AT.

Los valores de pH para la zona eufótica durante el periodo de estudio son muy similares y cercanos a 8.0, sin evidenciar una posible acidificación.

Los valores de pH para la zona afótica, son muy similares y cercanos a 7.8, sin evidenciar una disminución con respecto a tiempo y espacio.

AGRADECIMIENTOS. AI CLIVAR, CCHDO y WOCE.

## REFERENCIAS

Andrade A.C., Barton E. Moers C., 2003. Evidence for an eastward flow along the Central and South American Caribbean Coast. *Journal of Geophysical Research*, 108(C6, 3185) 3166-3185.

- Astor Y., Müller-Karger F., Scranton M., 2003. Seasonal and interannual variation in the hydrography of the Cariaco Basin: implications for basin ventilation. *Continental Shelf Research*, 25(1), 125-144.
- Cañón-Páez M.L., 2010. Regionalización dinámica del Gran Caribe con base en productos espectroradiométricos satelitales. Escuela Naval Almirante Padilla, Facultad de Oceanografía Física. Tesis de maestría en oceanografía. Cartagena de Indias., 93pp.
- CDIAC-074, 1994. Handbook of methods for the analysis of the various parameters of the Carbon Dioxide System in sea water. Versión 2. Reporte técnico Oak Ridge National Lab. US DOE (Dickson, A.G. y Goyet C.).
- Chérubin L.M., Richardson P.L., 2007. Caribbean current variability and the Influence of the Amazon and Orinoco freshwater plumes. *Deep-Sea Research Part I-Oceanographic Research Papers*, 54(9), 1451-1473.
- Hu C., Montgomery E.T., Schmitt R.W., Müller-Karger F.E., 2004. The dispersal of the Amazon and Orinoco River water in the tropical Atlantic and Caribbean Sea: Observation from space and S-PALACE floats. Elsevier, *Deep-Sea Research Part II*. 51, 1151-1171.
- Jouanno J., Sheinbaum J., Barnier B., Molines J.M., Debreu L., Lemarié F., 2008. The mesoscale variability in the Caribbean Sea. Part I: Simulations and characteristics with an embedded model. *Elsevier. Ocean Modelling*, 23, 82-101.
- Johns W.E., Townsend T.L., Fratantoni D.M., Wilson W.D., 2002. On the Atlantic inflow to the Caribbean Sea. *Deep-Sea Research I*, 49, 211-243.
- Silva N., Palma S., 2006. Oxígeno disuelto, pH y nutrientes en canales y fiordos australes. Escuela de Ciencias del Mar. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 37-43p.
- Zeebe R.E., Wolf-Gladrow D., 2001. CO<sub>2</sub> in seawater: equilibrium, kinetics, isotopes. *Elsevier Oceanography series*, 65, 346.

## VARIACIÓN DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN SEDIMENTOS Y SU RELACIÓN CON EL VIGOR DEL MANGLAR EN LA LAGUNA DE CUYUTLÁN, COLIMA

Zenteno-Palma Carlos Augusto\*, Olivos-Ortiz Aramis\*\*,  
Álvarez-García María del Carmen\*\*, Quijano-Scheggia Sonia Isabel\*\*,  
Jiménez-Ramón Gloria Alicia\*\*

\*Facultad de Ciencias Marinas, Universidad de Colima, km. 20 carretera Manzanillo-Barra de Navidad, Manzanillo Colima México. \*\*Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas, Universidad de Colima Carretera Manzanillo-Barra de Navidad km 19.5 Colonia El Naranjo C.P 28860 Manzanillo, Colima, México. Correo electrónico: aolivos@ucol.mx

### INTRODUCCIÓN

La productividad de los cuerpos costeros, entre otros factores es función de los aportes de nutrientes inorgánicos debido a la interacción mareal debido al reciclamiento de la materia orgánica lábil, depositada en la fase sedimentaria. Los sedimentos de estos sistemas acuáticos reflejan la calidad ambiental del agua, así como las variaciones temporales de ciertos parámetros hidrológicos y químicos (Rojas, 2003), además poseen factores fisicoquímicos que influyen en la tasa de crecimiento de los organismos, su desarrollo, actividad y en la disponibilidad de alimento entre otras (Leal *et al.*, 2009). Las variables que influyen directamente en los sedimentos costeros y sobre todo en la distribución de sus organismos son: la temperatura que está directamente relacionada con el alto o bajo metabolismo de los organismos en un área en específica, retrasando o acelerando sus funciones celulares (Waycott *et al.*, 2011) y la salinidad que es un factor que presenta variaciones por influencia fluvial y que determina el balance osmótico y por ende en el equilibrio hídrico en comunidades (Botello *et al.*, 2005). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo es conocer la variabilidad temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH y posible influencia en el vigor del manglar replantado en distintas zonas de la Laguna de Cuyutlán, Colima.

### METODOLOGÍA

La Laguna de Cuyutlán se localiza en la costa del Estado de Colima entre los 18°57' y los 19°03' Norte, y a los 103° 57' y 104° 20' Oeste (Figura 1). Presenta una superficie de 7,200 ha y una longitud de 37 km con una barra de 5 a 6 km de ancho. Por su fisiografía y distintas obras ingenieriles se conforma por 4 cuencas (Vaso I, II, III y IV); con profundidades que oscilan entre los 20 cm y 15 m. Para este trabajo entre febrero y octubre de 2014 se realizó la medición de parámetros fisicoquímicos en el agua intersticial en 8 estaciones (1A, 1B, 2C, 2D, 3E, 3F,

3G) de acuerdo con las áreas de replantación de mangle en tres vasos de la laguna. La temperatura, oxígeno disuelto y la salinidad se determinaron con una sonda YSI Pro 2030, y el pH con un potenciómetro Thermo Scientific Orion Star A221. En base a criterios de normalidad y homogeneidad de los datos, se empleó análisis de varianza (significancia de  $p < 0.05$ ) para conocer diferencias significativas en cuanto a la distribución espacial y temporal de los sedimentos utilizando el software STATISTIC 5.



Figura 1. Área de estudio y ubicación de las estaciones de muestreo en la Laguna de Cuyutlán.

## RESULTADOS

La temperatura intersticial mostró relación con el patrón climático, las mayores temperaturas se registraron a partir de mayo hasta octubre con temperaturas de 30 °C en promedio; sin embargo, en el mes de marzo hay fluctuaciones significativas, obteniendo temperaturas de 35 °C, mientras que las mínimas coinciden entre los 25-26 °C en febrero y marzo. Estacionalmente no se observaron diferencias significativas entre las estaciones (Figuras 2 A y B). En la salinidad se observaron las mayores concentraciones durante el estiaje (marzo, abril y mayo) con valores promedio de 40 ups, y una disminución en la temporada de lluvia (junio, julio agosto y octubre) con valores de 20-25 ups; estacionalmente los mayores valores se presentaron en el vaso III con máximos de 40 ups y en los vasos I y II con valores de 30-35 ups (Fig. 2 C y D).



El pH no registró diferencias significativas espacial ni temporalmente, entre febrero y abril mantuvo valores de 7.7 aumentando drásticamente hasta los 8.3 en mayo, disminuyendo en junio a valores similares en los meses anteriores, en julio el pH se encontró en 7.2 siendo este el valor más bajo registrado. Para agosto y septiembre se registró un nuevo aumento de pH de 8 hasta octubre con un 8.4. El oxígeno disuelto presentó bajas concentraciones entre febrero y abril con promedio de 1 mg L<sup>-1</sup>, mientras que entre mayo y octubre se registró un máximo promedio de 7 mg L<sup>-1</sup>, siendo las estaciones del vaso I y II (1A, 1B, 2C y 2D) las que mostraron fluctuaciones durante los meses muestreados, caso contrario de las estaciones que se encuentran en el vaso III, que registraron en todo el tiempo muestreado mínimos en los sedimentos.

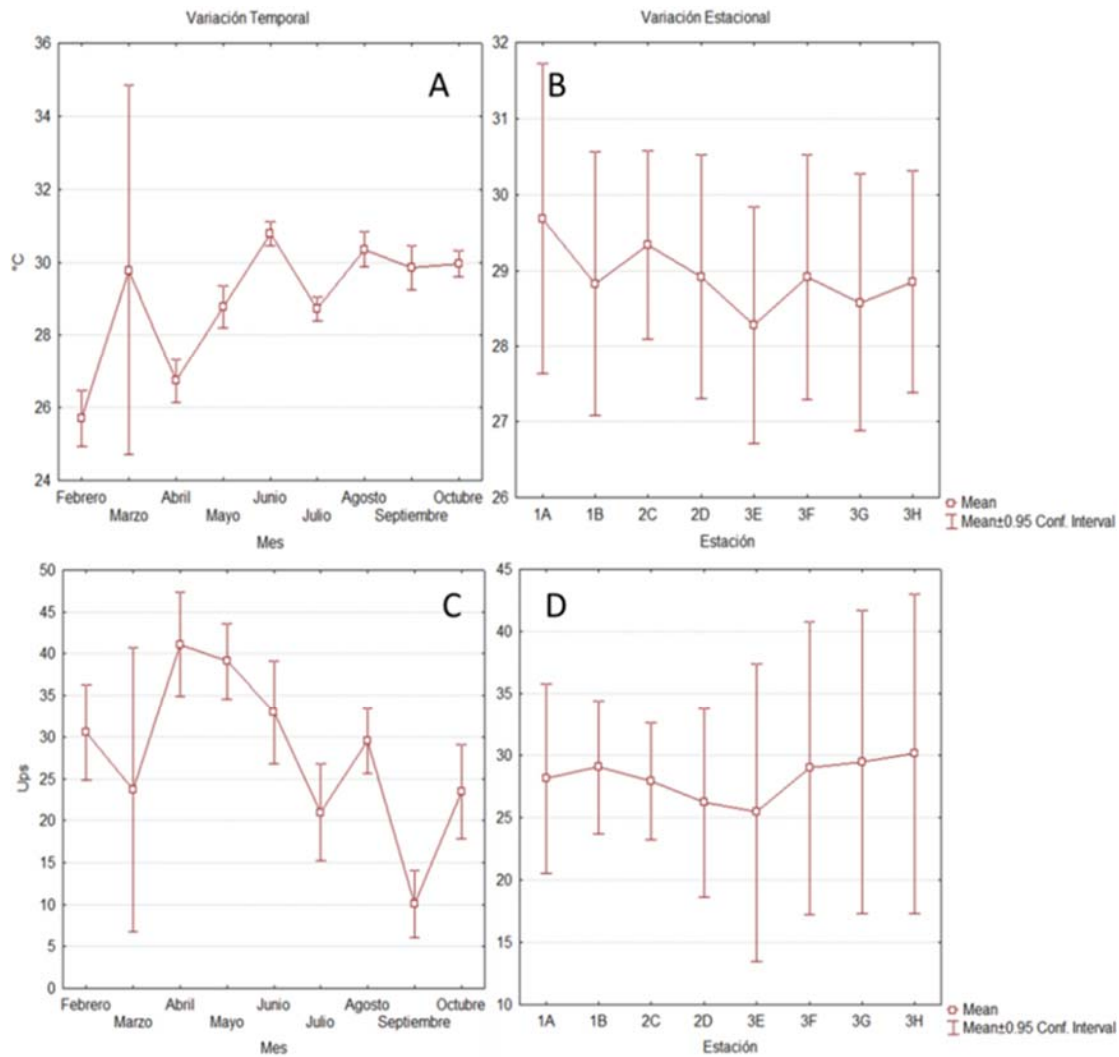


Figura 2. Variación mensual (A) y espacial (B) de la temperatura y la variación mensual (C) y espacial (D) de la salinidad intersticial en zonas de reforestación.



## DISCUSIÓN

Las altas temperaturas en el agua intersticial se presentaron de junio a octubre, esto se atribuye a la influencia climática coincidiendo con el estiaje (Orozco, 2008), lo cual provoca una disminución en el espejo de agua, y por lo tanto en las zonas de reforestación, los sedimentos superficiales mantengan una mayor incidencia de radiación solar lo que provoca un aumento de temperatura, comportamiento visto en el vaso III (3E, 3F, 3G, 3H) donde predominaron las temperaturas altas, caso contrario de los vasos I y II (1A, 1B y 2C, 2D) que registran bajas temperaturas debido a la mayor comunicación con el mar por los canales de Tepalcates y Ventanas, manteniendo el sustrato inundado y profundo, lo que propicia una regulación de la temperatura en esta zona. En este sentido el nivel de marea es otro factor importante en la Laguna de Cuyutlán, ya que generalmente los altos niveles de agua son en los meses de invierno y comienza a disminuir en abril-mayo debido a las mareas vivas de primavera (Mellink y Rojas, 2007), lo que también influye en las variaciones de la temperatura en el sustrato del sistema lagunar. En el caso de la salinidad se presentaron valores altos entre abril-junio, este aumento en la salinidad es también atribuido a la irradiación solar que se refleja en la temporada de estiaje que se presenta la zona de estudio (Cabral, 2011), lo cual además de disminuir la cantidad de agua en la superficie no genera el lavado de los sedimentos, lo que origina una acumulación de sales en superficie permitiendo en todos los casos, una deshidratación en las plantas asociadas a la rivera lagunar, lo cual les genera un estrés fisiológico ya que se ha visto que algunas especies de manglar no son tolerantes al exceso de salinidad ni a condiciones de desecación, lo que genera que se debilite y reduzca su competencia frente a otras especies de plantas vasculares (Werner y Stelzer, 1990), de la misma forma debido a la alta evaporación, ocurre un aumento en la disponibilidad de cationes metálicos disueltos los cuales son absorbidos desde el sedimento por las raíces de las plantas a través de los micelios, y una vez dentro de las plantas pueden causar inhibición enzimática que les genera estrés fisiológico, reducción del crecimiento y hasta la desecación (muerte) cuando las condiciones de sequía son extremas (Méndez *et al.*, 2009).

La variación del pH bajo en los sedimentos se relacionó con la cantidad de materia orgánica disponible, que al descomponerse genera ácidos grasos que al degradarse liberan iones de  $H^+$  que son absorbidos por los sedimentos incrementando su nivel de acidez (Almeida, 2008), por otro lado el lavado de los sedimentos por el aporte pluvial o mareal, además de incrementar la acumulación de agua sobre el sedimento aporta fuentes utilizables de oxígeno, oxidando la materia orgánica lábil y liberando iones  $H^+$  generando condiciones ácidas. Lo

anterior se reflejó en el oxígeno disuelto, lo cual es parte fundamental en la columna sedimentaria, ya que en la presencia de agua intersticial el material orgánico es altamente remineralizado debido a un proceso de degradación bacteriana normal de primer orden donde las bacterias degradan los compuestos orgánicos mediante el oxígeno disponible (Berner, 1990). Por otro lado (Silva, 2005) reporta que este tipo de lagunas por ser cuencas semicerradas donde la circulación de agua es escasa la cantidad de materia orgánica oscila entre los 7 y 10%, valores de oxígeno disuelto entre 0.7 y 2.5 mg L<sup>-1</sup> son normales, lo cual concuerda con lo encontrado en este trabajo.

## CONCLUSIÓN

Los parámetros fisicoquímicos se encuentran influenciados la morfología del área de estudio, la estacionalidad y el nivel de marea que mantienen rangos óptimos para el desarrollo de mangle. El vigor del manglar se encuentra principalmente influenciado por la temperatura y la salinidad, debido a que son dos parámetros que en elevados valores producen estrés en los organismos modificando su metabolismo y a su vez generando bajo crecimiento de los organismos.

## REFERENCIAS

- Almeida J.C.A., Restrepo, J.J.R., 2008. Caracterización preliminar de los sedimentos de un embalse tropical: represa La Fe (El Retiro, Antioquia, Colombia). *Limnetica*, 27(2), 195-210.
- Berner R., 1980. Early diagenesis: A theoretical approach. Princeton University Press, New York, 421pp.
- Botello A.V.; Rendón von Osten J., Gold Bouchot G., Agraz Hernández C., 2005. Golfo de México: Contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias. 2<sup>da</sup> Edición. Centro EPOMEX. Universidad Autónoma de Campeche. Campeche, México. 696pp.
- Cabral S.E.G., 2011. Efectos antropogénicas sobre la calidad del agua, diversidad y abundancia de la fauna nectónica de la laguna de Cuyutlán, Colima, México: recomendaciones para su manejo. 2011, de centro de investigaciones biológicas del noroeste, S.C.
- Leal Ascencio M.T., Miranda S., Otazo Sánchez E.M., Prieto García F., Gordillo A.J., 2009. Contaminación por metales en la laguna El Limón, Chiapas, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(3), 415-421.

- Méndez J.P., Ramírez C.A.G., Gutiérrez A.D.R., García F.P., 2009. Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(1), 29-44.
- Mellink R., Riojas-López M., 2007. Modificaciones estructurales artificiales de laguna Cuyutlán, Colima, México. *Revista geográfica*, 142.
- Orozco D.E., 2008. Contenido de carbono orgánico, nitrógeno total y diagénesis en sedimentos de la laguna de Cuyutlán, Colima (tesis de pregrado). Universidad de Colima, Colima.
- Rojas N., 2003. Distribución Espacial De textura, carbono y nitrógeno En sedimentos recientes en canales y fiordos chilenos. Golfo Corcovado (43° 50's) A Golfo Elefantes (46° 30's), Chile. *Revista Ciencia Y Tecnología Del Mar*, 26, 1.
- Silva N., Rojas N., 2005. Contenido de carbono orgánico, nitrógeno orgánico y diagénesis temprana en sedimentos superficiales de la zona de canales australes de Chile. Boca del Guafo (43 47's) a Canal Pulluche (45 49's).
- Waycott M., Mckenzie I., Mellors J.E., Ellison J.C., Sheaves M.T., Collier C., Payri C.E., 2011. Vulnerability of mangroves, seagrasses and intertidal flats in the tropical Pacific to climate change.
- Werner A., Stelzer R., 1990. Physiological responses of the mangrove *Rhizophora mangle* grown in the absence and presence of NaCl. *Plant, cell & environment*, 13(3), 243-255.

# Oceanografía Geológica





## CARACTERIZACIÓN DEL CAMPO DE DUNAS “LA LAGUNITA” EN LA PLAYA MUNICIPAL DE ENSENADA B.C.

**Carrillo Rodríguez Oswaldo\*, Guardado France Rigoberto, Téllez Duarte Miguel Agustín, Rendón Márquez Gabriel, Cupul Magaña Luis Antonio**

\*Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ciencias Marinas. Carretera Ensenada - Tijuana No. 3917. Colonia Playitas C.P. 22860. Ensenada, Baja California, México. Correo electrónico: oswaldo.carrillo@uabc.edu.mx

### INTRODUCCIÓN

El estudio de los campos de dunas es importante debido a los servicios ambientales que éstas ofrecen al hombre como, caminatas, contemplación del paisaje, observación de flora y fauna, aspectos didácticos y difusión de los valores ambientales entre otros (Secretaría de Protección al Ambiente, 2013).

En la actualidad estos servicios se han visto afectados por impactos naturales y antropogénicos siendo éstos últimos los más dañinos.

El marcado incremento poblacional y del turismo en la ciudad de Ensenada ha generado un aumento en la presión de uso de las playas y campos de dunas. El que no exista una regulación para controlar las actividades recreativas en estas zonas puede impactar fuertemente estos ambientes (Ortiz, 2006; Lubinsky *et al.*, 2006). Un ejemplo de ello es la circulación indiscriminada de vehículos todo terreno que resulta en cambios morfológicos que contribuyen al deterioro de las dunas (Smith, 1960).

Una manera de enfrentar esta problemática es elaborar un plan de manejo, sin embargo, la falta de información básica que permita proponer estrategias de manejo es algo que debe solventarse. De acuerdo a la opinión de los usuarios, el campo más impactado es el conocido como “La Lagunita” por lo que se realizó una caracterización de dicho campo con la intención que la información generada pueda ser utilizada para proponer estrategias de manejo y disminuir el deterioro del mencionado campo.

Los sedimentos que conforman el campo de dunas “La Lagunita” son arenas finas bien clasificadas compuestas por los siguientes minerales en orden de abundancia: cuarzos, feldspatos, minerales densos (micas, hornblenda, piroxenos), minerales opacos (magnetita, ilmenita) y plagioclasas. Los perfiles mostraron un patrón inverso al esperado, depositación en épocas de otoño-invierno caracterizado por la presencia de pendientes disipativas y erosión en las temporadas verano-otoño y otoño-invierno mostrando pendientes reflectivas. Los volúmenes

de arena para las campañas mencionadas fueron de 330,556.38 m<sup>3</sup> en primavera, 323,44.83 m<sup>3</sup> en verano, 295,893.94 m<sup>3</sup> en otoño y 339,527.78 m<sup>3</sup> en invierno. El balance sedimentario en el periodo del estudio es positivo (8,971 m<sup>3</sup>) lo que pone de manifiesto un proceso de depositación.

El estado de deterioro en la zona es evidente atribuyéndosele a efectos antropogénicos como paso de vehículos y caminatas; así como, a procesos naturales como erosión por viento.

## **MÉTODO**

Se definieron cuatro transectos perpendiculares a la línea de playa con una separación entre ellos de 100 m. y se realizaron cuatro campañas de campo (primavera, verano, otoño e invierno).

En cada campaña se realizaron perfiles topográficos de manera perpendicular a la costa en cada uno de los transectos mediante la técnica de nivelación diferencial (King, 1972). La longitud de los perfiles dependía del ancho de playa el día de la campaña iniciando en la línea de playa y terminando en la parte trasera de la duna.

Para realizar el análisis granulométrico se tomaron manualmente muestras de sedimento a lo largo de los cuatro transectos en la zona de cara de playa (CP), barlovento (B), cresta de duna (C) y sotavento (S), totalizando 16 muestras de 500 g. por campaña. Cada punto de muestreo fue posicionado con un GPS.

Las muestras fueron pretratadas (eliminación de materia orgánica y sales) de acuerdo al método descrito por Royse (1970), para su posterior análisis por medio de tamizado. Los parámetros texturales (media y clasificación) fueron obtenidos con el método de momentos de acuerdo a la metodología propuesta por Folk (1980) con apoyo del programa "GRADISTAT".

Se llevó a cabo una caracterización mineralógica los sedimentos mediante el análisis de cuatro muestras de sedimento (CP, B, C y S), tomadas en el perfil dos (parte central de la zona de estudio) durante la campaña de verano. Las muestras se montaron en una lámina delgada que fue sometida a vapores de ácido fluorhídrico y posteriormente sumergida en una solución de cobaltinitrito de sodio para teñir los feldespatos potásicos con el fin de hacer más fácil su identificación. Utilizando un microscopio Leica se analizaron las láminas delgadas y se identificaron los minerales siguiendo el método propuesto por Gazzi-Dickinson (Ingersoll *et al.*, 1984).

Una vez pretratadas las muestras, se obtuvo una fracción de un gramo y los granos contenidos en esta muestra fueron fotografiados en un microscopio de barrido electrónico modelo JEOL-JSM-35C y a partir de las imágenes obtenidas se determinó el grado de redondez mediante

la técnica propuesta por Waddell (1935) mientras que la esfericidad se estimó utilizando la técnica propuesta por Riley (1941).

La información obtenida en campo fue procesada en el programa EXCEL para generar los perfiles correspondientes referenciados al nivel medio del mar. A partir del análisis de las gráficas correspondientes se estimó la longitud, ancho y altura de las dunas, pendiente de los flancos, cambios en la morfología y volumen de sedimento depositado en cada campaña. El volumen de sedimento fue obtenido considerando el área bajo cada perfil en base a la fórmula propuesta por Montes de Oca (2003).

Se generaron gráficas donde se muestra la variación del tamaño de grano y clasificación (en unidades phi) a lo largo de los transectos para ambas campañas. La composición mineralógica de los sedimentos se muestra en una tabla indicando la abundancia promedio de minerales en porcentaje y finalmente se generó una gráfica de índices de redondez vs esfericidad para analizar su comportamiento de manera perpendicular a la costa.

Adicionalmente se estimó el porcentaje de cobertura vegetal a partir del análisis de fotografías aéreas utilizando el programa Agisoft®. El tipo y grado de impacto de los parámetros antropogénicos y naturales se evaluaron a partir de los criterios de Pintó (2014) modificados acorde a las condiciones de la zona de estudio.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la temporada primavera-verano se presentó un proceso erosivo al igual que las temporadas verano-otoño, siendo más evidente el último. Otoño-invierno mostró un proceso depositacional muy marcado. Los resultados evidencian una inversión en el patrón esperado. Lo anterior concuerda con resultados de Lizárraga (2007) donde atribuye esta inversión a los cambios locales en la morfología de la costa, afectando el ángulo de ataque de las olas rompientes y provocando este resultado.

El análisis del balance sedimentario durante el periodo de estudio arroja un balance positivo de 8971.40 m<sup>3</sup> (depositación), lo cual contrasta con los resultados obtenidos por Cruz (1994), que menciona que la celda litoral donde se encuentra el campo de dunas “La Lagunita” presenta un marcado proceso erosivo.

La clasificación, al igual que el tamaño promedio del sedimento no presenta tendencias claras de disminución o aumento en dirección al campo de dunas. Se observa que en zonas vegetadas y sotavento los sedimentos presentan un mayor tamaño y una menor clasificación lo que evidencia la importancia de la vegetación como trampa de sedimento mientras que en el

segundo de los casos, es decir, en la zona de sotavento, por ser una zona protegida, el viento pierde su capacidad de transporte presentándose al igual que el caso anterior una acumulación de diferentes tamaños de grano. En verano la zona de sotavento no presentó dicho patrón debido a la fuerza y la buena selección del viento (Folk, 1980). Las campañas de otoño e invierno mostraron comportamientos contrastantes donde la zona con la peor selección cambia de lugar de la cara de playa a la zona más lejana de la parte sur, esto se puede atribuir al incremento en la intensidad del viento por lo cual la capacidad de transporte de los granos aumenta y estos son acarreados a zonas más lejanas.

En cuanto a la esfericidad y redondez, los sedimentos presentan mayor esfericidad y redondez en la cara de playa con respecto a la zona de barlovento. En la cara de playa el sedimento presenta una redondez y esfericidad debido a las condiciones energéticas del oleaje, una vez que viento empieza a transportar el sedimento algunas partículas son transportadas por saltación y debido a su energía cinética cuando caen pueden inclusive mover partículas de hasta seis veces su tamaño (Bagnold, 1954) lo que puede ocasionar una disminución en los valores de redondez y esfericidad como resultado de fragmentación al impacto para después aumentar el grado de redondez y esfericidad en dirección al campo de dunas debido al proceso de abrasión. La redondez y esfericidad en la cresta y sotavento son parecidas debido a la mayor distancia de transporte y un equilibrio con las condiciones de viento (Mashhadi y Ekhtesasi, 2009).

Uno de los factores naturales más importantes que afectan el campo de dunas es la erosión por viento, debido en mucho a la baja cobertura vegetal ocasionada por el continuo deterioro de la vegetación causado por actividades antrópicas. Las principales actividades antrópicas que generan deterioro en el campo de dunas son el paso de vehículos todo terreno y segundo término el pisoteo de las plantas por los visitantes.

Solo un 14.86% del área de estudio presento vegetación. Debido a que no existen estudios sobre cobertura vegetal específicamente en esta zona no fue posible realizar una comparación del cambio de cobertura en el tiempo, sin embargo, Jiménez (2010) reporta una disminución de 33.48% para la zona de la playa municipal de 1979 a 1998. El autor menciona que en mucho esta disminución en la cobertura se debe al tipo de uso de suelo de la zona, lo cual reafirma la importancia del factor antrópico como el principal agente de daño al campo de dunas.

## CONCLUSIONES

Las dunas del campo "La Lagunita" están constituidas en orden de abundancia por cuarzo, feldespatos, minerales densos (micas, hornblenda, piroxenos), minerales opacos (magnetita, ilmenita) y plagioclasas.

El sedimento que constituye las dunas es arena fina bien clasificada y redondeada reflejando los mecanismos de transporte.

Los perfiles denotan un proceso depositacional en primavera-verano caracterizado por la presencia de pendientes disipativas y erosivo en las temporadas verano-otoño, así como en otoño-invierno (pendientes reflectivas) siendo más marcada la erosión en esta última.

El cambio del volumen sedimentario en la zona es negativo (8,971.40 m<sup>3</sup>) (proceso erosivo).

Se percibe claramente un estado de deterioro de campo de dunas atribuible a efectos antropogénicos (paso de vehículos y caminatas) y naturales (erosión por viento) siendo el antrópico el más significativo. Una de las evidencias más claras de este efecto es la destrucción y fragmentación de la vegetación, así como el aplanamiento de los perfiles de verano debido al tránsito vehicular.

La zona de estudio presenta un 14.86% de cobertura vegetal.

AGRADECIMIENTOS. M.C. Napoleón Gudiño Elizondo, Club Científico Universitario, Dr. Rafael Hernández Walls, Dra. Amaia Ruiz de Alegría Arzaburu, Técnico Víctor Pérez Arroyo, Ing. Luis Carlos Gradilla Martínez. A los estudiantes Marco y Roxana.

## REFERENCIAS

- Lizárraga A.J.R., Martínez-Díaz de León A., Delgado G.O., Torres C.R., Galindo B.L.A., 2007. Alternation of beach erosion/accretion cycles related to wave action off Rosarito, Baja California, México. *Ciencias Marinas*, 33(3), 259-269.
- Cruz C.M.E., 1994. Balance sedimentario de la Bahía de Todos Santos, B.C., México: Ensenada, Baja California. Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Tesis de licenciatura.
- Bagnold R.A., 1954. *The Physics of blown sand desert dunes*. London: Methuen. 265pp.
- Folk R.L., 1980. *Petrography of sedimentary rocks*. Hemphills. Austin, Texas. 170 pp.
- Ingersoll V.R., Bullard F.T., Ford L.R., Grimm P.J., Pickle D.J., Sares D.J., 1984. The effect of grain size on detrital modes: A test of the Gazzi-Dickinson point counting method. *Journal of Sedimentary Petrology*, 54(1), 103-116.



- King C.A.M., 1972. *Beaches and Coasts*. 2nd ed. Arnold. London. 570pp.
- Mashhadi N., Ekhtesasi M.R., 2009. Studying the Morphologic Maturation of Aeolian Sand Grains During Transportation Process of Wind Erosion (Case study: Khartouran Erg). *Desert*, 14, 197–207.
- Jiménez E.V.M., 2010. Cambio en la vegetación de las dunas costeras de la playa municipal de Ensenada entre los años 1979, 1980, 1993 y 1998. Tesina de Especialidad. Facultad de Ciencias Marinas, UABC. Ensenada, B.C. México. 51pp.
- Secretaría de Protección al Ambiente, 2013. Estudio previo justificativo para la creación del área natural protegida: Parque Estatal “La Lagunita”. file:///C:/Users/Rigoberto/Documents/BASURA/wally%20congreso%20resumen/EPJ\_PE\_La\_Lagunita-Version\_Consulta.pdf
- Montes de Oca M., 2003. *Topografía*. Alfaomega. México. 352pp.
- Royse C.F., 1970. *An introduction to sediment analysis*: Tempe, Arizona. Arizona State University. 180pp.
- Smith H.T.U., 1960. *Physiography and photo interpretation of coastal sand dunes*. Final Report Contract NONR - 2242(00), Office of Naval Research, Geographical Branch, 60pp.
- Lubinsky D., Victoria N., Cervantes O., Espinoza-Tenorio A., Delhumeau S., Espejel I., 2006. El valor de dos playas turísticas de Ensenada, Baja California según la percepción de los usuarios. *Manejo, Gestion y Certificacion de Playas*. 45–56pp.
- Ortiz R.V.G., 2006. Variación de la cobertura vegetal del campo de dunas de la playa Municipal de Ensenada, B.C., durante el periodo 1979-2002. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas, UABC, Ensenada, B.C. México.
- Pintó J., Martí C., Fraguell R.M., 2014. Assessing Current Conditions of Coastal Dune Systems of Mediterranean Developed Shores. *Journal of Coastal Research*, 30(4), 832–842.
- Riley N.A., 1941. Projection Sphericity. *Journal of Sedimentary Petrology*, 11, 94-95.
- Wadell H., 1935. Volume, Shape and Roundness of Quartz Particles. *Journal of Geology*, 43, 450-480.

## BALANCE HIDROLÓGICO DE LA BAHÍA MAGDALENA A PARTIR DE TÉCNICAS DE GEOMÁTICA

Pérez Pérez A.E.\*, Falcón Rodríguez J.L.\*, Márquez García E.\*\*

\*Dirección General Adjunta de Investigación Acuícola, INAPESCA, yokho\_elba@yahoo.es

\*\*Dirección General Adjunta de investigación Pesquera del Pacífico. INAPESCA.

### INTRODUCCIÓN

El balance hídrico es una herramienta básica que permite estimar la disponibilidad del agua en las cuencas hidrológicas, es un método de cálculo y análisis que nos ayuda comprender el comportamiento de los componentes que rigen el sistema hidráulico de la cuenca.

Se denomina Ciclo Hidrológico al movimiento general del agua, ascendente por evaporación y descendente primero por las precipitaciones y después en forma de escorrentía superficial y subterránea. Este ciclo hidrológico se ve afectado por diferentes factores, como la sobre explotación de acuíferos, los cambios de uso de suelo principalmente la deforestación, el incremento de urbanizaciones en zonas de producción hídrica, actividades agrícolas y a los propios proceso de variabilidad climática, al cual se le une en los últimos años el tema de Cambio Climático, al respecto observamos que el comportamiento espacial y temporal de la precipitación, temperatura y caudal, vienen sufriendo alteración en su régimen que hacen prever la probabilidad de ocurrencias de eventos extremos asociados a una deficiencia o exceso de agua (Sánchez San Román, 2001).

Como parte fundamental para determinar la capacidad de carga acuícola en Bahía Magdalena se calculó el balance hidrológico del complejo lagunar, que se localiza en la costa sur-occidental de la península de Baja California Sur. Empleando técnicas de geomática, en particular percepción remota, sistemas de información geográfica y geodesia, con el objetivo no solo de encontrar un valor numérico, sino de obtener un análisis espacial del complejo lagunar así como el de ubicar las zonas donde el balance hídrico es inestable.

### METODOLOGÍA

La metodología que se presenta permitió calcular el balance hídrico por medio de formatos vectoriales y base de datos, integrados o manejados a partir de un Sistema de Información Geográfica (SIG). El SIG permite además de calcular y analizar los procesos del balance hidrológico, obtener una cartografía temática adecuada y precisa, esto nos permite tener una visualización espacial del complejo lagunar.

La ecuación fundamental para el cálculo del balance hídrico es una ecuación de continuidad que consiste en cuantificar las entradas y salidas hídricas de la cuenca. Es una ecuación simple sin embargo la complicación está en la falta de medidas directas y por la variación espacial de la evapotranspiración, de las pérdidas profundas (en acuíferos) y de las variaciones del agua almacenada en la cuenca (Llorens, 2003). Esa falta de medidas directas y la variación espacial es por lo que se decidió utilizar herramientas geomáticas.

La siguiente ecuación se conoce con el nombre de Balance Hidrológico

$$P = ETR + ES + I$$

Donde:

P = Precipitación,

ETR = Evapotranspiración real;

ES = Escorrentía superficial;

I = Infiltración.

La fórmula general que se utiliza en el Balance Hidrológico es la siguiente:

**CAPTACIÓN - EVAPOTRANSPIRACIÓN = ESCORRENTÍA SUPERFICIAL + INFILTRACIÓN**

A través del balance hidrológico podemos conocer el estado de humedad de la cuenca ya que está asociada con la precipitación y descontando las pérdidas generadas, se puede clasificar el tipo de año (húmedo, normal o seco) permitiendo planificar el recurso hídrico, en base a la demanda.

Para realizar un balance hídrico superficial fue necesario contar con la cartografía temática de fisiografía, edafología, uso de suelo y vegetación de las subcuencas que convergen en el sistema lagunar, además se empleó la base de datos de la Red de Estaciones Climatológicas ERIC III (Extractor Rápido de Información Climatológica, IMTA, 2003) y los derivados de la percepción remota (fundamentalmente cobertura del terreno, relieve y suelos).

De las estaciones climatológicas ubicadas en las subcuencas se obtuvieron los valores de precipitación, temperatura y evaporación media anual necesarias para el balance hídrico. Se elaboraron las isoyectas de precipitación, esto se llevó a cabo realizando una interpolación con el método IDW (Inverse Distance Weighting), por su nombre y siglas en inglés y a partir de estas se calculó la precipitación real de las subcuencas; de igual forma que la precipitación se generaron las isotermas y se realizó un análisis de los datos de temperatura media, máxima y mínima anual,

el análisis contempla la caracterización, necesaria para el cálculo de la evapotranspiración, que es la cantidad de agua que retorna a la atmosfera, por la evaporación del suelo y la transpiración de la vegetación.

Thornthwaite (1948) denominó Evapotranspiración Potencial (ETP) a la evapotranspiración que se producirá si la humedad del suelo y la cobertura vegetal estuviera en condiciones óptimas. La Evapotranspiración Real (ETR) es la que se produce realmente en las condiciones existentes en cada caso.

Se calculó la evapotranspiración Real anual con la fórmula de Turc.

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Dónde:

ETR = evapotranspiración real en mm/año

P = precipitación en mm/año

$L = 300 + 25 t + 0.05 t^3$

t = temperatura media anual en °C

Para el cálculo de la infiltración que es el volumen de agua procedente de las precipitaciones que atraviesa la superficie del terreno y ocupa total o parcialmente los poros del suelo y del subsuelo. Se obtuvieron de INEGI las capas (shape) de edafología, litología, usos de suelo y vegetación, a escala 1:250,000 para analizar los factores que afectan a la capacidad del medio permeable. Para eso fue necesario conocer el Caudal disponible a partir de las precipitaciones. Mediante la fórmula siguiente se realizó al cálculo para obtener el caudal de la subcuenca.

$$Q_x = \frac{A_x}{A_A} * Q_A$$

Dónde:

Qx = Caudal a estimar subcuenca en  $m^3 s^{-1}$

Ax = Área de la subcuenca en  $km^2$

A<sub>A</sub> = Área de la cuenca A en  $m^2$

Q<sub>A</sub> = Caudal registrado en la cuenca A en  $m^3 s^{-1}$

La escorrentía, que es el agua de las precipitaciones que no se evapora ni infiltra, La fórmula que se utilizó para el cálculo de las escorrentías fue la siguiente:

$$E = \frac{31,536 * Q}{A}$$

Dónde:

E = Escorrentía en mm

Q = Caudal en m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>

L =Área de drenaje km<sup>2</sup>

Para poder realizar estas operaciones algebraicas se reclasificaron y normalizaron los mapas en formato raster, con el fin de obtener los resultados entre los valores de 0 a 1, siendo 0 el valor donde el balance hidrológico es ideal y 1 donde existe mayor fluctuación hídrica. Una vez realizadas las operaciones los resultados se vectorizaron para el despliegue y generación del mapa resultante.

## **RESULTADOS**

Del análisis de las variables se obtuvieron los siguientes resultados; a modo de caracterización regional o de la zona se obtuvo que la geología del lugar se caracteriza por la presencia de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias. Suelos de tipo Regosol, Yermosol y Zolonetz. Con clima muy seco semicálido con lluvias en verano e invierno. Temperatura media anual de 18-25 °C. y una precipitación total anual menor de 100 mm.

La región donde el balance hidrológico es más estable con valor de 0.31 es la región norte en la zona de manglares, seguida de la parte Este de la bahía 0.38 en las islas el balance es superior a 0.75 lo que indica una zona de inestabilidad hídrica.

## **CONCLUSIONES**

El aplicar técnicas de geomática para generar, analizar y procesar información que permita realizar el cálculo del balance hidrológico no solo numérico sino espacial es viable.

La variación de Balance Hídrico en la zona de las islas se debe a la influencia marina. por lo que esta metodología no es aplicable para zonas con influencia marina ya que se deben considerar más variables como la humedad proveniente del mar.



## **REFERENCIAS**

Ordoñez Gálvez J.J., 2011. Balance Hídrico Superficial. SENAMHI. Perú. 44pp.

Sánchez San Roman J., 2001. El agua en el suelo. [Web.usual.es/~javisan/hidro/temas/T040](http://Web.usual.es/~javisan/hidro/temas/T040)

UNESCO, Métodos de cálculo del balance hídrico, Guía internacional de investigación y métodos, A.A. Sokolov t T.G Chapman

## **Páginas de Internet**

<https://fjerrer.webs.ull.es/.../Evapotranspiracion>.

Esquema del Balance Hídrico: <http://www.cmapspublic2.ihmc.us>

Escalas Térmicas: <http://blnlaus.blogspot.com/>



# Cambio Climático



## **SUSCEPTIBILIDAD A LA VARIABILIDAD AMBIENTAL DEL SECTOR ACUÍCOLA EN EL ESTADO DE COLIMA, MÉXICO: CASO DE ESTUDIO**

**Liñán-Cabello Marco Agustín\*, Quintanilla-Montoya Ana Luz\*\*,  
Sepulveda Cesar Antonio\*\***

\*Facultad de Ciencias Marinas, Universidad de Colima, Manzanillo, Colima, México. \*\*Centro Universitario de Gestión Ambiental, Universidad de Colima, Colima, México  
Correo electrónico: linanmarco@hotmail.com

### **INTRODUCCIÓN**

En México como en muchos otros países de Latino América, la acuicultura se ha desarrollado como una gestión por actividades y no a partir de un esquema de desarrollo integral. De acuerdo con las proyecciones realizadas para México por Magaña (1999), a mediados del siglo XXI, el clima será más cálido (2-3 °C). Estudios específicos han referido que en los estados mexicanos de Colima y Guerrero, por cada grado de incremento de temperatura ambiental, los casos de dengue han aumentado entre 1.5 y 2%, mientras que los casos de paludismo podrían afectar principalmente a poblaciones rurales de difícil acceso.

El objetivo principal del presente estudio es identificar las expectativas de la actividad acuícola, frente a los escenarios de riesgo y variabilidad ambiental. Del mismo modo, se pretende contribuir al conocimiento para lograr un mejor desarrollo de la acuicultura, bajo un esquema de adaptación para el aprovechamiento sustentable de los recursos acuáticos, considerando los atributos del entorno, el desarrollo tecnológico y las potencialidades de desarrollo acuícola.

### **METODOLOGÍA**

Atributos del sector acuícola: Durante 2013 fueron realizadas encuestas en las diferentes unidades de producción acuícola (UPAs) del estado de Colima, a fin de caracterizar diversos aspectos relacionados con rasgos socioeconómicos y aquellos relativos a los sistemas de producción (situación legal, empleos generados, nivel de riesgo ante variabilidad ambiental, servicios de asistencia técnica, necesidades y consumo de alimentos peletizados, disponibilidad de insumos, disponibilidad y calidad de agua, disponibilidad de agua, sistemas de producción, especies cultivadas, densidad de cultivo, rendimientos productivos, entre otros indicadores).

Asimismo, se realizaron dos talleres consultivos con productores de tilapia y camarón en forma específica, a fin de reconocer la problemática de mayor relevancia respecto a eventos hidrometeorológicos, mareas rojas, desecación, lluvias intensas, afectaciones por patógenos y



sus posibles soluciones, Adicionalmente, se realizaron búsquedas en bases de datos especializados, y consulta de reportes técnicos gubernamentales. También, se practicaron encuestas a expertos en el estudio del CCG, con el fin de identificar posibles evidencias/registros de anomalías ambientales y estimaciones sobre el grado de impacto de cambios ambientales en el estado de Colima y particularmente al sector acuícola.

Vulnerabilidad: Para la determinación de la vulnerabilidad (V), se utilizaron los componentes definidos por el IPCC. Exposición (E), Sensibilidad (S) y Capacidad de adaptación (CA), de acuerdo a la relación:  $V = (E + S) - CA$ . De acuerdo a dicha propuesta metodológica, el rango en los valores de vulnerabilidad va de 0-1, correspondiendo a la unidad, el valor de máxima vulnerabilidad. Debido a la escasa información relacionada con la actividad acuícola a nivel estado y/o por municipios, en el presente estudio se consultaron bases de datos oficiales (INEGI, 2009 SAGARPA-CONAPESCA 2013), en adición a la recabada por otros autores y especialistas. La selección de indicadores se realizó tomando en consideración aspectos sociales, económicos y ambientales involucrados en las actividades pesqueras y acuícolas, y los datos obtenidos fueron estandarizados, con base en lo propuesto por Barsley *et al.* (2013).

## RESULTADOS

Rasgos socioeconómicos del sector: En el estado de Colima se reconocen 106 UPAs de las cuales, el 86% se encontraron activas. En la presente investigación se realizaron 65 encuestas que correspondieron al 75% de las 91 unidades productivas existentes. Los principales municipios donde se practica la acuicultura son Coquimatlán, Colima, Manzanillo y Tecomán, los cuales conformaron el 72% de las granjas existentes.

La mayor parte de las granjas se localiza en aguas interiores y muchas de ellas en lugares de difícil localización y sistemas acuáticos con limitados accesos. De acuerdo a los actores, estos factores de riesgo se potencializan en el accionar cotidiano de actividades que pueden provocar accidentes, lo cual se agrava más aun durante eventos de lluvias intensas y/o vientos. Es importante destacar que únicamente el 73% del sector, cuenta con servicios médicos, el cual se encuentra localizado a distancia lejanas, en ocasiones, a más de dos horas de trasportación, y sólo un 26% de los mismos, cuenta con seguro de vida.

Sistema productivo, uso de agua: En términos generales, la acuicultura en Colima presenta rezagos en cuanto a la productividad y en especial, con relación al número de especies que se cultivan, siendo fundamentalmente el camarón *P. vannamei* y la tilapia *Oreochromis spp.* (Tabla 1) las especies en cultivo, lo cual genera la necesidad de diversificar el sector. La actividad

acuícola en Colima se realiza esencialmente en estanques rústicos (64% de las granjas y 100% camarón). No obstante, importante destacar que el cultivo de camarón se practica bajo esquemas de mayor tecnificación lo cual redundará en mayores rendimientos productivos. El cultivo de éste crustáceo se practica primordialmente en aguas interiores, no obstante, recientemente existen sistemas de cultivo en jaulas flotantes que operan en la laguna Cuyutlán utilizando agua salada. En su mayoría, la acuicultura que se realiza en aguas interiores, utiliza estanques rústicos. No obstante, de acuerdo a la información recabada se detectó que estos sistemas generan factores de riesgo asociado al efecto erosivo durante temporada de altas precipitaciones pluviales.

En Colima, existe un centro reproductor de alevines que depende de la CONAPESCA, el cual produce anualmente 4 millones de crías. Existen también otros proveedores locales. Los sistemas de reproducción antes mencionados producen el 88% de la cría cultivada en el estado y utilizan la técnica de reversión sexual a partir de hormonas (17  $\alpha$  metil-testosterona), a fin de producir organismos monoicos; únicamente un 12% selecciona manualmente los machos o realiza bicultivos con tilapia-camarón.

En general, la mayoría de las granjas de tilapia registran baja productividad respecto a los rendimientos reportados por algunas UPAs (7-8 ton ha<sup>-1</sup>). Adicionalmente y de acuerdo a información obtenida con los actores, fue posible reconocer un escaso o nulo conocimiento del dominio de la técnica de cultivo.

Factores de riesgo: Los principales problemas reportados por los productores del estado, se menciona que existe un alto grado de burocracia principalmente asociada a los trámites para obtener permisos, certificaciones, concesiones, entre otros, así como al deficiente suministro eléctrico. También, este apartado se refiere al uso de agroquímicos y pesticidas por el sector agrícola, a los conflictos por el uso de agua con la agricultura, que es 78%. También, existen otros problemas relativos con el alto precio de insumos como el alimento a los organismos, la competencia en el mercado de importaciones y exportaciones, la comercialización del producto, y la falta de organización del sector para coordinar acciones de compra de insumos a menor costo.

De acuerdo a la información obtenida, se puede inferir que el recurso agua entre la actividad acuícola y la agropecuaria representa un serio conflicto. De acuerdo a los acuicultores del estado y expertos en el tema, la actividad agrícola genera contaminación por el uso de agroquímicos (como pesticidas) y los métodos de aplicación. De acuerdo a fuentes oficiales y especialistas consultados, las altas precipitaciones derivadas de fenómenos hidrometeorológicos

fueron consideradas como una de las causas de mayor peligro por provocar inundaciones, aumento de cauces de ríos y deslave de material rocoso.

Una problemática subsecuente del impacto del huracán Jova, fue la fuga incontrolada de organismos de cultivo, a diversos entornos acuáticos. Se estima que casi ocho millones de organismos se escaparon al medio. Tecomán fue el municipio con el mayor registro de organismos liberados, con casi un 76% del total. Particularmente, durante la trayectoria del huracán Jova se reportaron lluvias máximas puntuales en 24 horas de 374.4 mm en Coquimatlán, siendo la mayor cantidad de lluvia a nivel nacional durante el año 2011.

Vulnerabilidad de la actividad acuícola en los municipios del estado: Es posible observar que los municipios con mayor nivel de vulnerabilidad son Manzanillo, Colima y Tecomán, le siguen Villa de Álvarez, Armería y Coquimatlán. Por el contrario, los menores valores se encontraron en Comala, Ixtlahuacán y Minatitlán. En general la tendencia en los componentes S, E y CA es similar, correspondiendo a los mismos municipios de Manzanillo, Colima y Tecomán los valores más altos.

## **DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN**

El Cambio Climático Global presenta serias amenazas para la sostenibilidad del sector acuícola, con base en los impactos que produce en el mismo, los cuales pueden agruparse en tres categorías: a) efectos de orden biológico; b) efectos de orden económico; c) de orden social (Flores–Nava, 2010). No obstante, de acuerdo a la FAO (Cochrane *et al.*, 2009), solo se ha documentado un efecto directo en la acuicultura por acción del CCG promovido por causas antropogénicas: la niebla tóxica que se extendió sobre Asia sudoriental durante el fenómeno El Niño, de 2002.

De acuerdo a los esquemas de riesgo y factores de vulnerabilidad identificados en el Estado de Colima, fue posible identificar como principal factor de riesgo a la actividad acuícola en el estado de Colima es la incidencia de huracanes y/o lluvias intensas. En el caso particular de sistemas salobres y marinos se considera necesario implementar un esquema para disminuir descargas de contaminantes orgánicos e inorgánicos. Adicionalmente, debe existir una mayor restricción al otorgamiento de permisos para cultivo en cuerpos de agua de influencia marina. Respecto a la actividad acuícola en aguas interiores, es imperativa la necesidad de delimitar zonas con potencial de riesgo y en su caso proyectar obras ingenieriles de protección; se requiere instrumentar un programa de reconversión tecnológico para el uso integral del pez diablo ya existente en el estado y medidas de control para su confinamiento en los cuerpos ya existentes,

así como la creación de una unidad de manejo para el cocodrilo de pantano y evitar su extensión a ambientes lagunares con potencial acuícola; es necesario implementar un programa de reconversión tecnológica basado en sistemas alternativos de uso eficiente del agua como sería el caso de sistemas de recirculación, paralelo a un plan de tecnologías alternas para el cultivo de especies (preferentemente endémicas) con mayor resistencia a la variabilidad ambiental y que a su vez, no representen riesgos al ambiente y la biodiversidad. Se debe implementar tecnologías alternas la reversión sexual por compuestos hormonales para la producción de tilapia monosexo, tales como el sexado manual y cultivo de supermachos.

## **REFERENCIAS**

- Barsley W., De Young C., Brugère C., 2013. Vulnerability assessment methodologies: an annotated bibliography for climate change and the fisheries and aquaculture sector. FAO Fish. Aquac. Circ., 1083. Rome, FAO. 43pp.
- Cochrane K., De Young C., Soto, Bahri T., 2009. Climate change implications for fisheries and aquaculture. FAO Fish. Aquac. Tech. Pap., 530, 212pp.
- Flores-Nava A., 2010. Una reflexión sobre el impacto del cambio climático en las actividades acuícolas costeras de México. Universidad Autónoma de Campeche, CETY-S Universidad, Gobierno del Estado de Campeche, Méx. 944pp.





# Gestión de Recursos Costeros y Marinos



## CARACTERIZACIÓN PROTEÍCA Y LÍPIDICA DE MACROALGAS BENTÓNICAS DEL LITORAL MICHOACANO COMO RECURSO MARINO ALIMENTICIO

Arroyo Sesento L.E.\*, Hernández-Morales R.

\*Laboratorio de Biología Acuática "J. Javier Alvarado Díaz" Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Edificio BA, Ciudad Universitaria Av. Francisco J. Múgica S/N. Col. Felicitas del Río. C.P. 58040. Morelia, Michoacán. erickarrojo18@hotmail.com

### INTODUCCIÓN

Las algas marinas han sido utilizadas como fuente de alimento desde tiempos inmemorables en países del oriente tales como Japón, China y Corea. Mientras que en México a pesar de poseer amplias costas y gran abundancia de especies, se consumen en baja proporción, ya que es un recurso poco explorado e inutilizado. Las algas, son alimentos con alto valor nutritivo, son ricas en proteínas en carbohidratos y bajas en lípidos tal como las plantas superiores presentando también un alto contenido en sales minerales y elementos químicos, generalmente escasos en la vegetación terrestre, como el yodo; además, contienen abundantes vitaminas, sobre todo A y C, y en casos particulares D y E (Cifuentes *et al.*, 2000). En la costa michoacana se tienen registradas 80 especies de macroalgas en donde destacan las playas de Caleta de Campos y Las Peñas. Algunos de los géneros más comunes corresponden a *Chaetomorpha*, *Codium*, *Caulerpa*, *Enteromorpha*, y *Ulva* de algas verdes; *Amphiroa*, *Jania*, *Hypnea* y *Tayloriella* de algas rojas y *Padina*, *Ectocarpus*, y *Sargassum* de algas cafés (Ceballos *et al.*, 2005).

En la presente contribución se determina el contenido de proteínas y lípidos de 11 géneros de Rhodophyta, Phaeophyceae y Chlorophyta presentes en el litoral michoacano para su posterior caracterización nutricia; contribuyendo a su manejo y aprovechamiento como recurso natural alimenticio.

### MÉTODOS

Se realizó colecta de talos algales (dos ejemplares de cada talo) de acuerdo a la propuesta de Ceballos *et al.* (2015) en la playa de Caleta de campos la cual se sitúa en las coordenadas 18° 4' 28.1" N y 102°45'6.3" O y otra en la playa de Las Peñas misma que se localiza a 18° 1' 15.5" N y 102° 30' 2", ambas playas son parte del litoral del municipio de Lázaro Cárdenas en el estado de Michoacán. Una de las líneas de ejemplares se colocó en bolsas de plástico depositadas en una hielera a 4 °C sin preservador, mientras que la otra línea de ejemplares se preservó en solución 4% de formol. El material colectado se trasladó al Laboratorio de

Investigación en Biología Acuática “J. Javier Alvarado Díaz” para la cuantificación y su respectiva identificación. Posteriormente se realizó una limpieza de los talos, con agua destilada para retirar organismos epifitos y restos de formol. La identificación de los especímenes colectados se llevó a cabo por una revisión de caracteres taxonómicos en un microscopio Amscope con los objetivos 40 y 100X, considerando los criterios de Richardson (1975), Abbott y Dawson (1978), Flores (1993), Ortega *et al.* (1993), Druehl (2000) y Garduño *et al.* (2002). Para los análisis proteicos y lipídicos la muestra fue deshidratada y molida previamente.

La determinación de proteínas se basó en extracción, separación y cuantificación por medio del método Kjeldahl (NMX-F-068-S-1980) el cual consistirá en 3 pasos; una digestión: donde se colocó la muestra a ebullición con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado y K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> como catalizador, para digerir completamente el material y obtener el nitrógeno proteico en forma de ion amonio, una destilación: utilizando NaOH-Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y se recuperará la muestra destilada con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.02 N e indicador rojo de metilo, consecutivamente se valorará con una solución patrón de NaOH 0.01 N, para cuantificar la proporción de dicho componente por peso seco.

Posterior a los análisis se obtuvo de forma cuantitativa el rendimiento del constituyente del talo algal mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Proteínas} = \frac{14 \times N \times V \times 100 \times \text{factor}}{m \times 1000}$$

Dónde:

V = (ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1 N en la destilación) – (gasto NaOH 0.1 en la titulación)

m = masa de la muestra, en gramos

Factor = Factor de conversión de 6.25 utilizado para carne, pescado leguminosas y proteínas en general

La extracción de lípidos se llevará a cabo por el método propuesto por Bligh y Dyer (1959) la cual consiste en una extracción por calor con Cloroformo-Metanol 2:1, misma que permite por una diferencia de densidad la separación de la parte oleosa y acuosa, agregando agua destilada, cuantificando por gravimetría posterior a la desecación en cápsulas de porcelana a peso constante.

Posterior a los análisis se obtendrá de forma cuantitativa el rendimiento del constituyente del talo algal mediante la siguiente ecuación.

$$\% \text{ Lípidos} = 4/5 \frac{\text{Peso de lípidos}}{\text{gr de muestra}} \times 100$$

## RESULTADOS

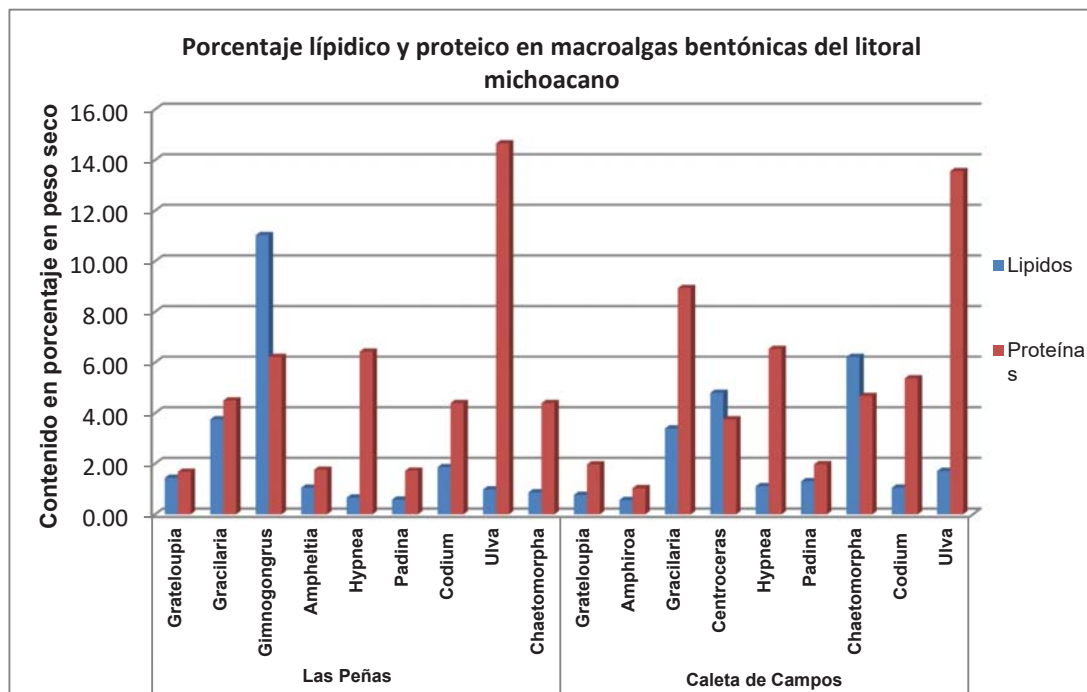
Se determinaron 11 géneros de macroalgas los cuales se enlistan en la Tabla. 1

Tabla 1. Géneros presentes en las áreas de estudio.

	Género/ Localidad	Caleta de Campos	Las Peñas
Chlorophyta	<i>Chaetomorpha</i>	•	•
	<i>Codium</i>	•	•
	<i>Ulva</i>	•	•
Phaeophyceae	<i>Padina</i>	•	•
	<i>Ampheltia</i>		•
Rhodophyta	<i>Amphiroa</i>	•	
	<i>Centroceras</i>	•	
	<i>Gimnogongrus</i>		•
	<i>Gracilaria</i>	•	•
	<i>Grateloupia</i>	•	•
	<i>Hypnea</i>	•	•

Se determina que los ejemplares con mayor calidad nutricional son *Ulva*, *Gracilaria*, *Hypnea*, *Codium*, y *Chaetomorpha* debido a su elevada concentración de proteínas y baja concentración de lípidos.





AGRADECIMIENTOS. Agradezco al M.C. Rubén Hernández Morales, profesor investigador de la Facultad de Biología de la UMSNH, las sugerencias emitidas al proyecto, mismas que han dado realce al presente trabajo. Así también se agradece de forma particular a la Coordinación de la Investigación Científica de la UMSNH, por el soporte económico y por el espacio para desarrollar la presente estancia de investigación.

## REFERENCIAS

- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2009. Resumen del Foro "Cómo alimentar al mundo en el 2050". Roma, Italia.
- Cifuentes Lemus J.L., Torres García M.P, Frías M.M., 2000. El Océano y sus Recursos VIII. El aprovechamiento de los recursos del mar. La ciencia para todos. Editorial Fondo de Cultura Económica. México, DF. 168pp.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2002. Perspectivas para la producción de algas marinas en los países en desarrollo. Roma, Italia.
- Fragoso T.L., 1991. Ficoflora de la localidad de Caleta de Campo, Michoacán, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 140,
- Chakraborty S., Santra S.C., 2008. Biochemical composition of eight benthic algae collected from Sunderban. *Indian Journal of Marine Sciences*, 37(3), 329-332.

NMX-F-068-S-1980. Determinación de Proteínas en Alimentos. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4858024&fecha=04/08/1980](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4858024&fecha=04/08/1980) (Consultada el 25 de Enero de 2016)

Ceballos C.J.G.A., Ortega M.M.R., Alvarado V.R., Sánchez A., Sánchez T., Andrade S.F., Morales H., 2015. Manual de Practicas de Laboratorio y Campo para Botánica I. UMSNH. Facultad de Biología. Morelia Michoacán. 118pp.

Stout-Dreckmann, 1993. Macroalgas bentónicas de faro de bucerias de Michoacán, México. Anales instituto de biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, 64(1), 23.

Zertuche G.J.A., 2013. Aprovechamiento de las macroalgas marinas en México. Estado actual y retos futuros. Memorias del VII Congreso Nacional de Ficología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF. 04-09p.

## **VARIACIONES FISICOQUÍMICAS Y CLIMÁTICAS EN EL ÁREA DE CACIQUE, COSTA ARRIBA DE COLÓN, PANAMÁ**

**Clarós, Juan\*, Centeno Angélica\*\***

\*Universidad Marítima Internacional de Panamá, \*\*Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá. jclaros60@hotmail.com

### **INTRODUCCIÓN**

La influencia antropogénica, los cambios ambientales, las dinámicas en las zonas marino costeras del Caribe de Panamá han sido poco estudiadas, por ello la iniciativa de realizar una investigación, centrada principalmente en evaluar los indicadores oceanográficos y socio-ambientales del área marino-costera del área de Cacique de la Provincia de Colón, a través de parámetros fisicoquímicos, biológicos, como principales indicadores que relacionen y reflejen el estado actual del ecosistema y así colaborar en un futuro en el manejo integrado de zonas costeras (MIZC).

Objetivo. Esta propuesta está fundamentada en el diagnóstico de las acciones antropogénicas desarrolladas en la zona y las posibles amenazas que se den en la zona marino-costera, debido a estas acciones (turismo, crecimiento poblacional, etc.); permitiendo con ello la aplicación a mediano y largo plazo de medidas preventivas y de mitigación a los ecosistemas.

### **METODOLOGÍA**

Para la determinación de los parámetros fisicoquímicos y biológicos se realizaron 6 muestreos; 3 durante la temporada lluviosa del año 2015 y 3 en la temporada seca del año 2016, en 12 estaciones de muestreo en la zona de profundidad para ambos parámetros oceanográficos (fisisicoquímicos y biológicos) y 12 estaciones de muestreo en la zona de intercosta para parámetros biológicos solamente. En cada uno de los doce sitios seleccionados para los parámetros fisicoquímicos y biológicos en la zona de profundidad, se determinaron pH, temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, conductividad. Se utilizaron análisis estadísticos lineales para mostrar diferencias entre sí en las dos temporadas, uno de ellos fue el oxígeno disuelto siendo uno de los parámetros que controla la presencia o ausencia de especies en los ecosistemas estuarios y costeros.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

La presencia o ausencia de especies en los ecosistemas estuarios y costeros sucede debido a que la demanda de oxígeno por parte de las bacterias es alta y ellas están tomando el oxígeno disuelto en el agua. Se pudo observar que mientras menor es la temperatura (29 a 31 °C) mayor es la salinidad (30 a 35 ppm) y el OD (6.2 a 9.0 mg L<sup>-1</sup>). Otros estudios determinan la relación inversa que existe entre la temperatura y la salinidad, con el oxígeno disuelto. La presencia de bacterias y coliformes fecales es significativa para todas las estaciones de muestreo. Los resultados dan indicio de que esta zona puede estar bajo un proceso de contaminación con aguas residuales, atribuibles a los asentamientos humanos, el desarrollo del turismo sin un plan de manejo adecuado y la falta de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, lo que influye, no solamente en la calidad integral del agua marina de la zona marino costera de Cacique y su condición apta para actividades de contacto directo entre el hombre y el ambiente, sino también en el equilibrio de la biodiversidad de este ecosistema.

## CONCLUSIONES

La presencia de bacterias y coliformes fecales es significativa para todas las estaciones de muestreo. Los resultados dan indicio de que esta zona puede estar bajo un proceso de contaminación con aguas residuales, atribuibles a los asentamientos humanos.

AGRADECIMIENTOS. Agradeciendo a todos los participantes del proyecto, a los estudiantes de 3<sup>er</sup> y 4<sup>o</sup> año de la Carrera de Biología Marina de la Universidad Marítima Internacional de Panamá, a los colegas de la Autoridad de Recursos Acuáticos de Panamá, y a las autoridades gubernamentales y privadas de Panamá que permitieron los permisos pertinentes para realizar dicha investigación.

## REFERENCIAS

- Aranda Montevideo S., Lara Fernández F., 2009. Teledetección: Agua y desarrollo sostenible. XIII Congreso de la Asociación Española de Teledetección. Calatayud, 23-26 de septiembre de 2009. *En*: Salomón Montevideo A., Lara Fernández F. (Eds). (Generación de Indicadores para el seguimiento de la Calidad de las Aguas Litorales, Evolución de la Turbidez en la Desembocadura del Río Guadalquivir). 197-200p.
- Soto E., Leigton G. Indicadores Biológicos de ecosistemas Marinos de Fondos Blandos y su importancia en los programas de monitoreo ambiental., Laboratorio de Ecología e Impactos Ambientales. Instituto de Oceanología, Universidad de Valparaíso, Casilla 13-D Villa de Mar, Chile.

El Color del mar por satélites: Indicador de Fenómenos oceanográficos en el gran Caribe, Estacionalidad, Zonación, Influencia de “El Niño”, septiembre del 2000.  
[www.mappinginteractivo.com](http://www.mappinginteractivo.com)



## **AFECTACIÓN AMBIENTAL EN LA BAHÍA DE GUAYMAS POR ACTIVIDAD PETROLERA**

**González M. María del Carmen\*, Roldán Morales Juan**

\*IMP. magonzal@imp.mx, Facultad de Ciencias, UNAM. (biolroldanmj@gmail.com).

### **INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS**

Las características de los sedimentos que forman parte de los substratos de hábitats bentónicos costeros y/o marinos, dependen de las condiciones abióticas tales como granulometría de sedimentos, contenido de materia orgánica extraíble (MOE), etc., así como por las de carácter biótico, por ejemplo, abundancia, densidad, por citar algunos; cuando alguna de estas condiciones se altera, generalmente hay modificaciones en el hábitat.

Las zonas portuarias son hábitats costeros modificados, donde se realizan actividades antropogénicas que inciden sobre el ambiente, la explotación y refinación de hidrocarburos son una de las actividades que mayores efectos adversos ejercen sobre este tipo de ambientes. En México ha alcanzado niveles significativos para la economía del país, los efectos hacia el ambiente han sido medianamente controlados, con base a la implementación de estrategias para el control de la contaminación petrolera.

En Guaymas se ha establecido una terminal marítima portuaria de PEMEX – Refinación para la descarga de hidrocarburos, se almacenan y distribuyen hacia los sitios de consumo. Esta descarga se realiza con el apoyo de navíos marítimos, que arriban a las instalaciones portuarias, donde se realizan maniobras de recepción y almacenamiento de hidrocarburos, la navegación de navíos, junto con las maniobras en las instalaciones portuarias, pueden ser factores que generen impactos ambientales hacia el ambiente costero marino de Guaymas.

Con la finalidad de caracterizar el escenario ambiental abiótico de esta terminal marítima de Pemex – Refinación, se realizaron evaluaciones ambientales antes y después de los dragados, para determinar posibles efectos ambientales por estas acciones. Los dragados excavan, trasladan y depositan materiales extraídos del sedimento de la zona portuaria, para establecer condiciones batimétricas operativas para la navegación marítima.

La evaluación ambiental consiste en el análisis de las características sedimentológicas, contenido de materia orgánica extraíble (MOE), de hidrocarburos poliaromáticos (HPA) y de metales pesados en sedimento, con la finalidad de establecer el marco ambiental de los sedimentos presentes en la zona litoral de Guaymas, zona que constantemente está sujeto a este tipo de actividades antropogénicas.

## ÁREA DE ESTUDIO Y METODOLOGÍA

La Bahía de Guaymas es una cuenca marina que se localiza en las costas de Sonora dentro del Mar de Cortez, que ocupa una superficie de 3,500 ha, en la porción central y frente a la salida al Océano Pacífico se ubica la zona portuaria. Una alta proporción de la bahía es somera, en el canal de navegación y recinto portuario hay profundidades de 10 m, áreas donde se llevan a cabo los dragados. La geomorfología del área data desde el Mesozoico, durante el Cretácico se moldea la configuración costera de la bahía, en los periodos del Cuaternario, que inicia con el Pleistoceno y termina con el Reciente, comprende la depositación de sedimentos (CNA, 2009). Las corrientes marinas son de baja intensidad, en la zona del canal sobrepasa de  $10 \text{ cm s}^{-1}$ .

La selección de estaciones dependió de las características batimétricas, así como de las condiciones operativas del recinto portuario; donde antes y después de los dragados se llevó a cabo la evaluación ambiental, en tres Zonas de muestreo: Muelles y Canales (área de dragado), de Tiro (área de disposición) y de Referencia (área de comparación), para un total de ocho estaciones antes de los dragados y once después de los mismos.

Puerto	No. Estaciones		Muelles y Canal		Tiro		Referencia	
	A	D	A	D	A	D	A	D
Guaymas, Son.	8	11	3	6	2	2	3	3

Nota: A – Antes del dragado; D – Después del dragado.

La evaluación comprendió dos temporadas de muestreo, antes de los dragados en verano de 1997; la segunda en invierno de 1998 y después de dragados.

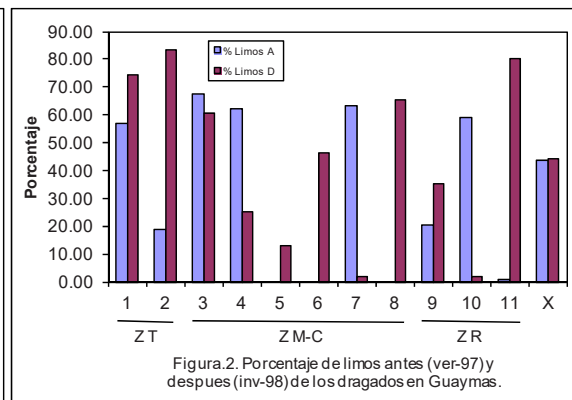
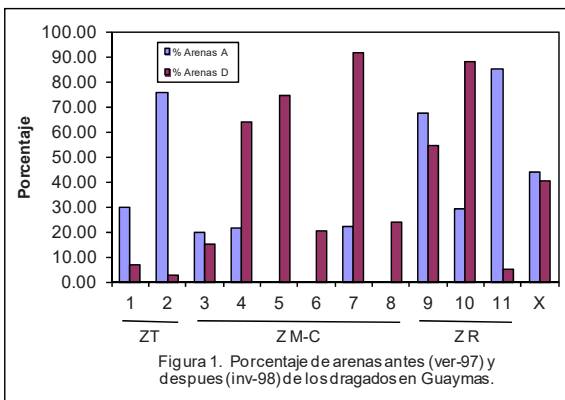
Puerto	Antes del Dragado	Temporada	Después del dragado	Temporada
Guaymas, Son.	9-11/07/1997	Verano	12-13/03/1998	Invierno

Esta investigación consistió de cuatro fases. En primer lugar, se definieron los sitios de muestreo de esta terminal marítima. En la colecta y preservación de las muestras, también se realizó el análisis in situ de parámetros abióticos que se evalúan en campo (temperatura, pH, salinidad, etc.). En el laboratorio se realizó el análisis de los parámetros abióticos: granulometría de sedimentos, determinación de concentraciones de materia orgánica extraíble (MOE), hidrocarburos poliaromáticos (PAH) y metales pesados. La última fase comprende la interpretación ecológica de los resultados obtenidos, para definir el marco ambiental abiótico en los sedimentos de este hábitat costero modificado.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La granulometría predominante en este recinto portuario y áreas adyacentes es a base de arenas y limos en una composición equitativa, cada caso con un nivel del 40%; la presencia de arcillas es mínima que no sobrepasa el 6%. Antes de los dragados, el mayor contenido de arenas en los sedimentos se observó en las zonas de Tiro y de Referencia, después de los dragados solo en la zona de Muelles y Canal (Figura 1), pone de manifiesto que después de los dragados, la mayor tasa de depositación probablemente sea con la arena, dado el peso y tamaño en este tipo de partículas sedimentarias.

Los limos antes de los dragados solo tienen mayor presencia en la zona de Muelles y Canal, después de los dragados prevalecen en las zonas de Tiro y de Referencia (Figura 2), esto señala que los limos son sedimentos ligeramente predominantes en la bahía de Guaymas y áreas adyacentes, puesto que después de los dragados se observa que en la zona de Muelles y Canal el contenido es mínimo con respecto a antes de estas acciones; bajo este esquema, son los sedimentos que predominan ligeramente en esta área costera y marina.



La composición de arcillas es ligeramente mayor en las zonas de Muelles y Canal y de Referencia antes de los dragados; después de estas operaciones son mayores en la zona de Tiro (Figura 3). Las arcillas representan la granulometría de menor tamaño entre los sedimentos, la baja presencia de este tipo de sedimentos en el recinto portuario y zonas anexas, se debe a que se trata de partículas de escaso tamaño, arrastradas constantemente por las corrientes marinas y de marea, además, la navegación del transporte marítimo genera re suspensión en los sedimentos y en consecuencia estas partículas en suspensión tardan en depositarse en el lecho marino.

El Índice de Fineza representa la capacidad de las partículas finas del sedimento en acumular contaminantes, generalmente compuesto por limos y arcillas, partículas que tienen dimensiones menores a 0.02 mm, las cuales retienen compuestos contaminantes en los espacios intersticiales que hay entre estos granos del sedimento. El grado de fineza es ligeramente mayor en la zona de Muelles y Canal antes de los dragados, después de estas actividades este índice es mayor en la zona de Tiro; mientras que en la zona de Referencia no se observa alguna tendencia antes o después de los dragados (Figura 4). Los altos niveles en este indicador granulométrico indica que el grado de susceptibilidad en la acumulación de contaminantes entre este tipo de partículas finas del sedimento es mayor, como se denota en la zona de Muelles y Canal antes de los dragados y en las zonas Tiro y Referencia después de los dragados.

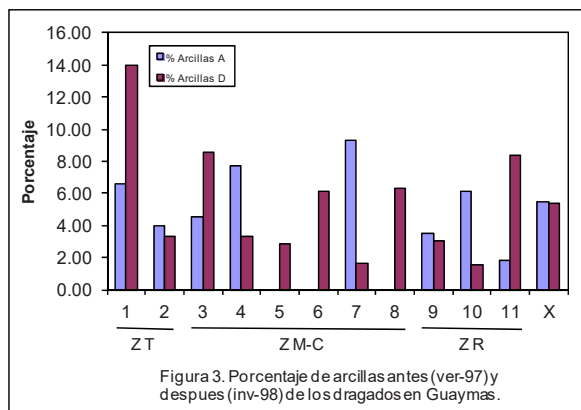


Figura 3. Porcentaje de arcillas antes (ver-97) y después (inv-98) de los dragados en Guaymas.

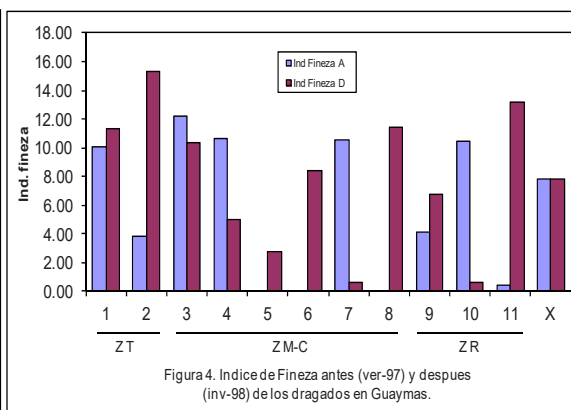
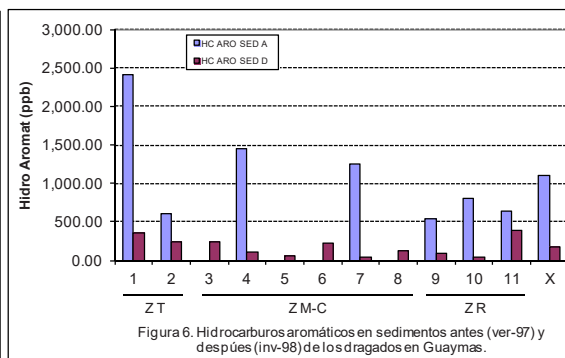
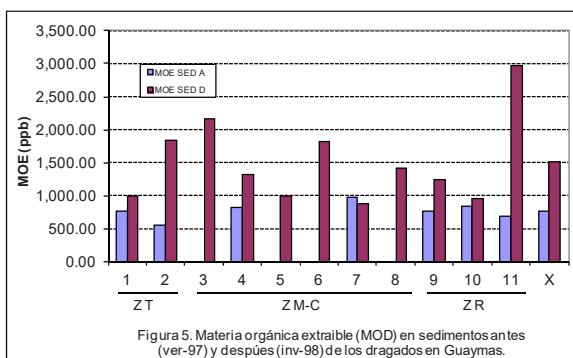


Figura 4. Índice de Fineza antes (ver-97) y después (inv-98) de los dragados en Guaymas.

La materia orgánica extraíble (MOE) comprende el material orgánico original de los hidrocarburos, que se formaron y están contenidos en las capas de rocas sedimentarias, estos compuestos orgánicos se caracterizan por la presencia de petrógrafos del carbón, conocidos como "macerales", comprenden "minerales orgánicos", entre los que destacan alginita, exinita, cutinita, resinita, lipinita, vitrinita y inertinita, minerales que comprenden tipos de kerógeno. Los altos contenidos de MOE se detectaron primordialmente después de los dragados en las tres zonas portuarias de Guaymas (Figura 5), lo que implica la presencia de minerales orgánicos asociados a hidrocarburos.



La presencia de hidrocarburos poli aromáticos (HPA) es mayor en cada una de las tres zonas portuarias antes de los granados (Figura 6), lo que implica que los dragados arrastran este tipo de compuestos, genera de abatimiento de HPA después de estas acciones, a pesar de la latente descarga accidental de HPA en esta zona portuaria de Guaymas. La alta presencia de HPA antes de los dragados confirma que estos compuestos orgánicos se acumulan constantemente en los sedimentos.

En cuanto a la presencia de los nueve metales pesados evaluados en esta bahía se tienen dos esquemas para el marco de referencia ambiental de los sedimentos. En base a las concentraciones determinadas para cada metal, se conforman tres grupos: a) los de menor contenido, que solo tienen entre 1.0 a 10.0 ppb (Cd, Cr, Fe y Pb); b) los que presentan niveles de 10.0 a 50.0 ppb (Ba, Ni y V); y c) aquellos que sobrepasan 50.0 ppb (Cu y Zn). La presencia de metales antes y después de los dragados se presentan tres líneas, los metales que presentaron mayores contenidos antes de los dragados fueron Ba, Cu, Fe, Ni y Zn; mientras los que se determinaron con mayor presencia después de los dragados correspondió a Cr y Pb; se denota la presencia de metales que no cambian en cuanto a contenido antes y después de los dragados, siendo estos Cd y V.

## CONCLUSIONES

La composición granulométrica que predomina en los sedimentos de las zonas de Bahía Guaymas es a base de arenas y limos, sobre las arcillas, en una proporción de 8:1. Antes de los dragados, las arenas predominan en las zonas de Tiro y de Referencia; limos y arcillas en la zona de Muelles y Canal. Después de los dragados, las arenas solo predominan en Muelles y Canal; limos y arcillas en las zonas de Tiro y de Referencia. El grado de fineza antes de los dragados es mayor en la zona de Muelles y Cabal, después de los dragados es mayor en las zonas de Tiro y de Referencia,



La presencia de MOE es mayor después de los dragados en las tres zonas evaluadas, indicio de una presencia semipermanente de hidrocarburos. El contenido de HPA es mayor antes de los dragados y todas las zonas. Es indudable que la presencia de hidrocarburos en esta bahía es por fuente antropogénica.

El contenido de metales pesados es diferencial, puesto que se conforman tres grupos de metales, los de mayor presencia son Cu y Zn; con niveles intermedios están Ba, Ni y V; con bajos contenidos en Ca, Cr, Fe y Pb. Antes de los dragados sobresalen Ba, Cu, Fe, Ni y Zn; después de los dragados están Cr y Pb; metales sin variación en cuanto a contenido antes y después de los dragados correspondió en Cd y Ni.

### **REFERENCIAS**

- CONAGUA, 2009. Actualización de la Disponibilidad Media Anual de Agua Subterránea. Acuífero (2635) Valle de Guaymas. Estado De Sonora.
- Tomas X., Obiols J., Peiro L., 1983. Pollution by heavy metals in the waters of the Huelva estuary: Analysis of results. *Afinidad*: 305-309.

## **CAMBIO DE USO DE SUELO EN LA ZONA LITORAL ENTRE CD. DEL CARMEN Y SABANCUY EN EL ESTADO DE CAMPECHE**

**López-González Eduardo\*, Márquez-García Antonio Z.\*, Toledo-Guzmán Alma D.\***

\*Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. San Rafael Atlixco No. 186, Col. Vicentina, Iztapalapa, C.P. 09340. Correo electrónico: eduardo.lopez.gonzalez07@gmail.com

### **INTRODUCCIÓN**

De acuerdo con la SEMARNAT (2012) el cambio de uso de suelo es la remoción total o parcial de la vegetación de los terrenos forestales para destinarlos a actividades no forestales. En las últimas décadas el cambio del uso del suelo se ha constituido como uno de los factores plenamente implicados en el cambio global, alterando procesos y ciclos, lo anterior se vuelve trascendental si se considera que es a través de estos cambios donde se materializa la relación entre el hombre y el medio ambiente, por lo que estudios sobre procesos de cambio en la cobertura y uso de suelo es una prioridad para la investigación ambiental. (Lambin *et al.*, 1999).

En el estado de Campeche uno de los ecosistemas que más se ven afectados por el cambio en el uso de suelo son las zonas de manglares. Este ecosistema promueve la biodiversidad ya que sus raíces proporcionan refugio para la fauna acuática, provee áreas de anidación y alimentación para aves residentes y migratorias, y protege las costas contra la erosión y las marejadas ocasionadas por los huracanes. Estos ecosistemas representan un ecosistema altamente productivo, con una gran riqueza biológica y proporcionan una gran diversidad de recursos y servicios ambientales. México se encuentra entre los cinco países con mayor extensión de este ecosistema (CONABIO, 2013).

Hoy en día es importante determinar la pérdida de cobertura de estos manglares y vegetación primaria, para ello, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas útiles como medios para la representación de información, la visualización y la investigación; o bien en aplicaciones para la toma de decisiones (Goodchild, 2000).

Por lo que el objetivo de este estudio fue evaluar el cambio actual del uso del suelo desde Cd. del Carmen a Sabancuy, Camp. y detectar las zonas con mayor pérdida de manglar para definir los posibles efectos del cambio de uso de suelo en la conservación de la isla.

## **METODOLOGÍA**

Para evaluar el cambio en el uso de suelo se utilizaron 2 imágenes de satélite de la serie Landsat, para el año 2001 se utilizó el sensor 5 TM y para el año 2014 una escena de Landsat8 sensor OLI, Path-21 & Row-47 obtenidas del sitio [www.glovis.usg.gov](http://www.glovis.usg.gov). A las escenas utilizadas se les realizó la corrección atmosférica absoluta (TOA) con el método propuesto por Chuvieco (2001), en el programa ERDAS V. 9.0, los valores radiométricos fueron re-escalados de 0 a 255. Se realizó una clasificación supervisada con el módulo de clasificación del programa ERDAS, y se obtuvieron 5 categorías de vegetación y de uso de suelo las cuales fueron: 1: manglar, 2: Cuerpos de agua, 3: Áreas Desprovista de Vegetación (asentamientos humanos, infraestructura y zonas donde no se encuentra alguna tipo de vegetación), 4: Vegetación Secundaria (vegetación que se desarrolla después de un disturbio “natural o humano” como resultado de un proceso de sucesión secundaria) (Gestión de los recursos naturales, 2009) y 5: Cultivos.

Se calcularon las tasas de cambio para cada categoría y entre categoría con la fórmula propuesta por FAO (1996):  $((A2 / A1)^{(1/t)} - 1) * 100$

Dónde: A1 = Área por categoría en el tiempo 1, A2= Área por categoría en el tiempo 2 y t= periodo de tiempo entre A1 y A2

Para la verificación de la imagen clasificada del año 2014 se realizó una salida de campo en el mes de octubre del 2014 a la zona costera del Estado de Campeche. Con los datos obtenidos en campo se hizo una matriz de confusión, con la cual se obtuvo la fiabilidad global (F) a partir de la siguiente formula, Chuvieco (2002):

$$F = \frac{\sum_{i=1, n} X_{ii}}{\sum_{i=1, n} \sum_{j=1, n} X_{ij}}$$

Se utilizó el estadístico Kappa (*k*) para medir la diferencia entre el mapa-realidad y el esperado, el estadístico se realizó con la siguiente formula, Chuvieco (2002):

$$K = \frac{n \sum_{i=1, n} X_{ii} - \sum_{i=1, n} X_i + X + 1}{n^2 - \sum_{i=1, n} X_i + X + 1}$$

## **RESULTADOS**

Para los años 2001 y 2014 existen cambio en el uso de suelo en la Isla del Carmen y desde Isla Aguada a Sabancuy en el estado de Campeche, donde se pudo identificar una pérdida en la cobertura de manglar de 43 ha y el aumento de 163 ha en las áreas de los cultivos, los

cuerpos de agua tuvieron un aumento en 47 ha, mientras que la vegetación secundaria tubo una reducción de su cobertura en 50 ha aproximadamente, y finalmente las áreas desprovistas de vegetación redujeron su cobertura en 119 ha (Figura 1).

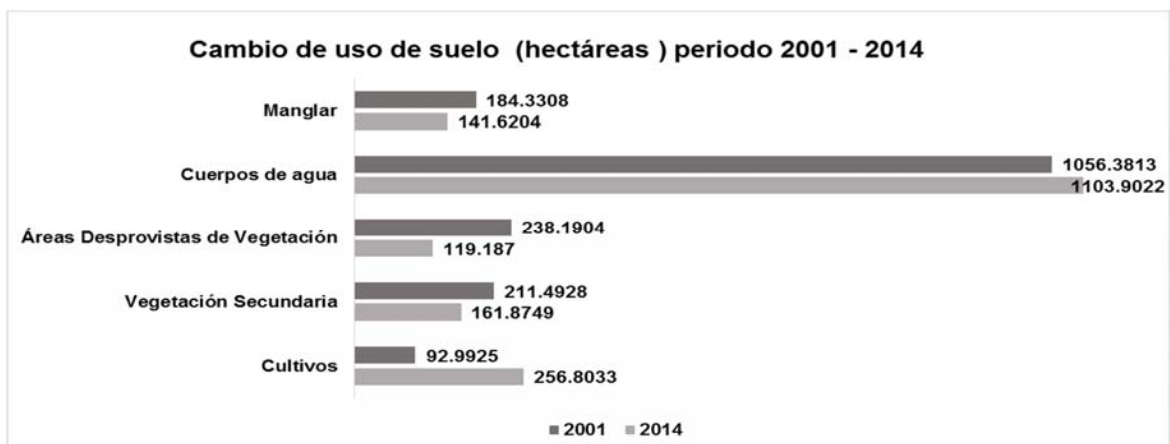


Figura 1.- Cambio de uso de suelo periodo 2001-2014

Las tasas de cambio del uso de suelo, se presentan principalmente en los cultivos con un incremento de 8.13%, los cuerpos de agua en la Isla del Carmen han aumentado 0.34% en volumen causando inundaciones y la pérdida de cobertura. Por otro lado, las tasas de cambio de las áreas desprovistas de vegetación, vegetación secundaria y del manglar presentan un porcentaje negativo con valores de -5.19, -2.04 y -2.01 respectivamente, lo que representa una disminución de sus coberturas (Figura 2).

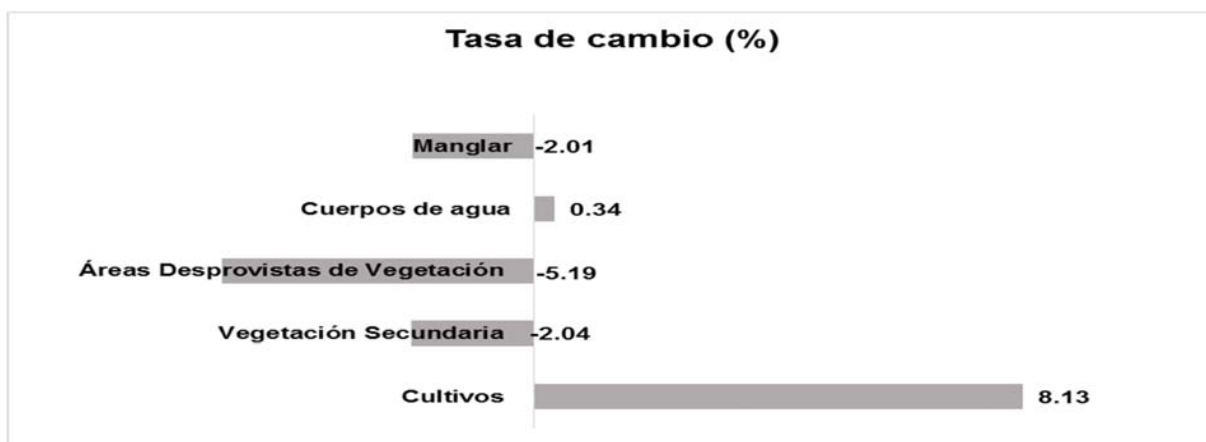


Figura 2.- Tasa de cambio de cada categoría

**DISCUSIÓN**

La vegetación secundaria y las áreas desprovistas de vegetación donde se incluyen asentamientos humanos y la infraestructura han reducido su cobertura, por causas de erosión por el avance del mar hacia tierra adentro y deforestación de vegetación primaria para áreas de cultivo que se están incrementando. La mayor tasa de cambio de uso de suelo se registra para las zonas de cultivos y cuerpos de agua, lo que indica un incremento de actividades de deforestación para tierras de cultivo y una pérdida de terreno por dentro de la isla del Carmen por áreas inundadas de manera permanente. La mayor pérdida de manglar ha sido sustituida por zonas de vegetación secundaria o para cultivos y asentamientos humanos.

La actividad humana ha destruido gran parte de estos ecosistemas por lo que los procesos de erosión aumentan en intensidad y es más severo el daño a la zona del litoral. Por otro lado la laguna ha tenido un aumento en su volumen por el proceso de azolvamiento por lo que está inundando una parte de cobertura terrestre en la zona de la Isla del Carmen (Figura 3).

Categorización periodo 2001 - 2014

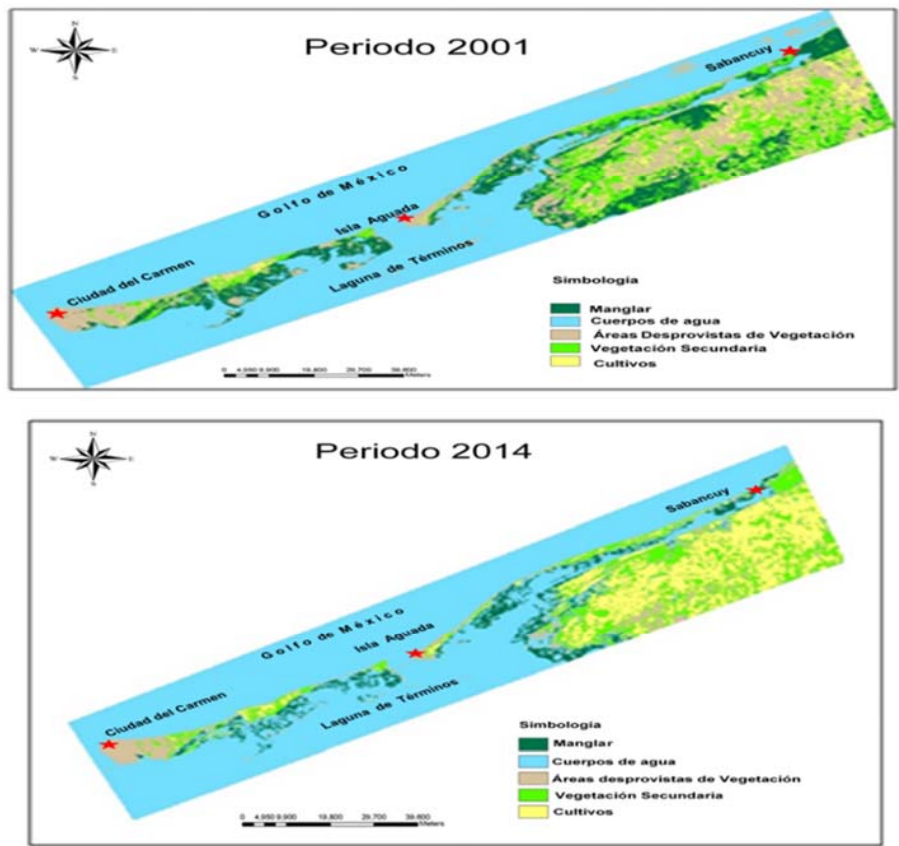


Figura 3.-Categorización periodo 2001-2014



## CONCLUSIONES

El mayor aumento de la cobertura fue el de zonas de cultivo, aumentando 163 ha, del año 2001 al 2014, la mayor pérdida de cobertura fueron las Áreas Desprovistas de Vegetación con 119 ha presentado una tasa de -5.19%.

El manglar ha sido sustituido principalmente por Áreas Desprovistas de Vegetación y Vegetación Secundaria con un cambio de 27.81 ha y 30.65 ha respectivamente. El manglar se ha perdido por causas naturales como la erosión costera y antropogénica por deforestación.

Se ha incrementado la pérdida de terrenos por áreas de inundación en la Isla del Carmen, lo que pone en evidencia un aumento en el nivel del agua de la laguna.

AGRADECIMIENTOS. A mis padres, por el apoyo incondicional que me brindan para lograr todas mis metas y sueños. Al Dr. Antonio Zoilo Márquez García y la Mtra. Alma Delia Toledo Guzmán, por su paciencia, tiempo y dedicación para hacer posible la realización de este trabajo.

## REFERENCIAS

- Chuvienco S.E., 2002. La observación de la tierra desde el espacio. Ariel, S.A. Barcelona, España, 586pp.
- CONABIO, 2013. Manglares en México: extensión y distribución. Disponible en línea en [http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares2013/pdf/Manglares\\_de\\_Mexico\\_Extension\\_y\\_distribucion.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares2013/pdf/Manglares_de_Mexico_Extension_y_distribucion.pdf) (consultado el 27/Noviembre/2014).
- FAO, 1996. Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes. Number 130. Roma, Italia.
- Goodchild M.F., 2000. Perspective: Browsing metadata, where do we go from here? *Geo Info Systems*, 10(5): 30–31.
- Lambin E.F., Baulies N., Bockstael G., Fisher T., Krug R., Lemmans E.F., Moran R.R., Rindfuss Y., Sato D., Skole B.L., Turner II, Vogel C., 1999. Land use and land cover change implementation strategy, IGBP report, 48, IHDP, report 10, Estocolmo. Disponible en línea en [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-46112009000200004](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112009000200004)(consultado el 22/Noviembre/2014).
- SEMARNAT, 2012. Conservación de suelos. Disponible en línea en <http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestion-ambiental/forestal-y-suelos/conservacion-de-suelos>(consultado el 30/Octubre/2014).
- [www.glovis.usg.gov](http://www.glovis.usg.gov) (consultado el 10/Noviembre/2014).

## **EVALUACIÓN DE REDES DE ARRASTRE PROTOTIPO QUE DISMINUYA LA CAPTURA DE ICTIOFAUNA EN LA PESCA DEL CAMARÓN**

**Martínez-Muñoz Marco A.\* , Gracia Adolfo \* , Sarmiento-Náfate Saúl \*\* ,  
Morales-Pacheco Oswaldo\*\* , Ramírez-Murillo Ricardo\*\*\* , Villalobos Toledo Jesús\*\* ,  
Olivares Romero Ismael\*\***

\*Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Laboratorio de Ecología Pesquera de Crustáceos, C.P. 70-305, A.P. 04510, México, D.F. marcoam@unam.mx. \*\*Centro Regional de Investigación Pesquera. Prol. Playa Abierta S/N. Colonia Miramar. C.P. 70680. Salina Cruz, Oaxaca. \*\*\* Instituto de Educación Media Superior del DF (IEMS-DF). Plantel Tlalpan I. Av. San Lorenzo #290, Col. del Valle Sur 03100, México, D.F.

### **INTRODUCCIÓN**

La preocupación por las elevadas capturas de especies de peces no objetivo, en la pesquería de camarón, ha estado focalizada en especies de importancia económica que son el objetivo de otras pesquerías comerciales, o bien en especies que son vulnerables. Sin embargo, un número significativo de especies no comerciales son capturadas incidentalmente y se descartan al mar, con excepción de algunos grandes peces que se separan previamente para su comercialización. La pesquería de camarón del Pacífico mexicano no escapa a la problemática global, la cual a pesar de ser una de las principales fuentes de divisas, ingresos y alimento, enfrenta hace unos años una profunda crisis manifestada en un descenso de las capturas comerciales y un aumento de los costos de operación representados principalmente en combustible (Barreto *et al.*, 2001). Con la participación del sector pesquero, en la que se evaluó los efectos bioeconómicos de la introducción de cambios tecnológicos en la pesca de arrastre de camarón en aguas someras del Golfo de Tehuantepec. Dichos cambios son la implementación de redes prototipo con nuevos diseños construidos con nuevos materiales, con la idea de aumentar la selectividad de las redes y disminuir la captura de fauna acompañante, así como del consumo de combustible.

Para fines del experimento, el sistema de pesca se comparó con el sistema tradicional que usa la flota pesquera de arrastre, cuantificando en ambos casos el efecto del sistema a través de indicadores tecnológicos y económicos. Finalmente, se evaluará la rentabilidad económica de la nueva tecnología a fin de valorar su potencial adopción.

## OBJETIVO

Comparar el sistema de pesca de arrastre de camarón por popa, basado en el uso de redes prototipo, portones innovados y excluidores de fauna marina con respecto al tradicional a partir de indicadores ecológicos, pesqueros y económicos, con el fin de comprobar su eficiencia operativa en función de la disminución de las capturas de especies no objetivo.

## METODOLOGÍA

Los datos provienen de remolques realizados por un barco camaronero comercial durante el periodo abril-agosto en la veda de pesca del camarón 2013. Se realizaron 3 cruceros, efectuando lances de pesca experimental en 44 estaciones definidas en la plataforma continental, entre los 17 y 35 m de profundidad, tuvieron una duración de 60 minutos y una velocidad promedio de 2.5 nudos. La mayor parte de los lances se realizaron en la subzona 92 y 93, en la franja costera frente a la laguna Mar Muerto hasta el sistema lagunar Carretas-Pereyra. En los cruceros de evaluación tecnológica fueron realizados por remolques por banda con las redes experimentales construidas con distintos materiales (Red tradicional (TRAD), Dyneema (DYNE), Poliamida monofilamento (PAMO), Polietileno multifilamento (PEMU)).

El barco empleó una red por banda, una de ellas con la red prototipo y la otra provista de la red tradicional (red control), con fines de evaluar el efecto en la captura comparando los diferentes tipos de materiales utilizados en la construcción de red. De esta forma el diseño de pesca experimental fue de tres factores i) Subzonas: 92 y 93 ii) tipo de red: DYNE, PAMO, PEMU con respecto a la red TRAD iii) Estrato de profundidad: 10-20 m; 21 a 40 m; 41-60 m.

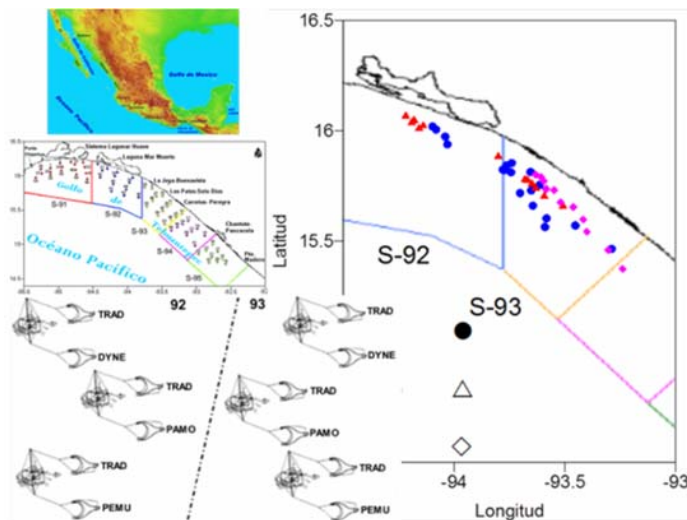


Figura 1. Diseño de pesca experimental donde los factores subzona, tipo de red y profundidad son evaluados con la operación simultánea con embarcaciones de la flota camaronera.

Los datos de captura de camarón por tipo de red y FAC, se estimaron con el método de área barrida (Sparre y Venema, 1997), con la finalidad de comparar los resultados, con respecto a las prototipo se empleó una ANOVA de dos vías. También se estimaron las diferencias de la CPUE con la prueba de Kruskal-Wallis con un nivel de  $p < 0.05$ ; mientras que las comparaciones múltiples de las interacciones fueron realizadas mediante la prueba de Tukey (Zar, 1996). Para evaluar el efecto del tipo de red sobre la estructura de tallas por subzona, se evaluaron las diferencias con las distribuciones de tallas observadas procedentes de las diferentes redes, mediante la prueba de bondad de ajuste de Chi-cuadrada ( $\chi^2$ ). Se estimó el % de exclusión para cada grupo de la captura. La selectividad del arte de pesca para las especies de camarón e ícticas, se determinó mediante el modelo de curva logística (Sparre y Venema, 1997). La selección del mejor modelo se realizó con base en la varianza explicada ( $r^2$ ) y la significancia de los parámetros. El método de comparación Abundancia-Biomasa (ABC) (Warwick, 1986), se aplicó para detectar perturbaciones en las comunidades bentónicas, comparando la dominancia en términos de abundancia y biomasa. El espectro de tallas se refiere a la relación de abundancia numérica agregada a intervalos de talla a través del rango de tallas muestreado de la comunidad.

## **RESULTADOS**

Se obtuvo una captura total de 5783.5 kg, con una proporción camarón-ictiofauna acompañante de 1:10. Se capturaron un total de 12154 individuos con un peso de 336.9 kg de fauna. Se aplicó un análisis de varianza de dos vías ( $p < 0.05$ ) para contrastar el factor longitud total (cm) y el número de individuos capturados tanto en las redes prototipo con respecto a la convencional y entre subzonas, en las que presentaron diferencias significativas. Es evidente que las redes TRAD y PAMO capturan tallas más pequeñas comparadas con las tallas de retención de la red PEMU. Para la variable número de individuos únicamente resultó diferente en la comparación de tipos de redes, siendo evidente que la red PEMU retiene menor número de ejemplares, mientras tanto para el factor subzona también se mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), evidenciando una mayor captura en el número de individuos en la subzona 92.

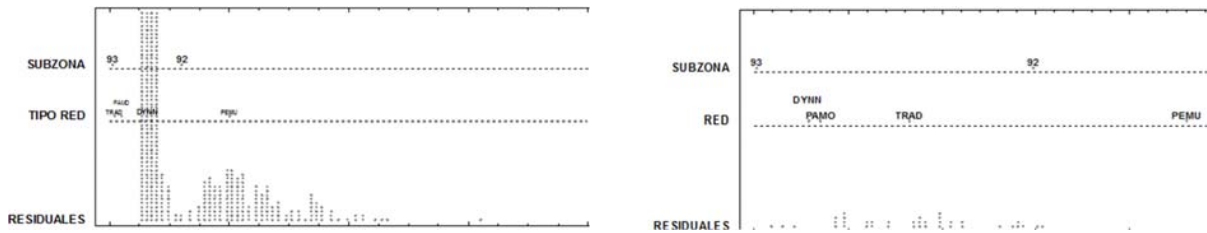


Fig. 2. Gráficas ANOVA comparando entre los factores longitud total y número de individuos con respecto a los tipos de red y las subzonas en el periodo de estudio 2013.

El intervalo más amplio de las redes prototipo correspondió a la red prototipo PEMU la cual se registró desde 1.5 a 41.1 cm de longitud total, le siguió la DYNE de 3.3 a 29.5 cm y finalmente la PAMO con un intervalo de 6.0 a 26.1 cm, mientras que la tradicional presentó el intervalo más amplio con 1.9 a 56.5 cm.

En ambas comparaciones, la distribución de tallas de la red convencional difirió de las redes prototipo. En efecto, la selectividad de las redes prototipo se notó al capturar menor proporción de individuos con tallas menores a 8 cm comparado con la red convencional. Las distribuciones difirieron significativamente entre tipos de red (DYNE vs PEMU; PAMO vs PEMU; y PEMU vs TRAD;  $P < 0.05$ ). Especialmente en la red PAMO en la que se capturó menor proporción de individuos con talla menor a 12 cm, a la vez que la mediana de la longitud de peces fue mayor con 12.4 cm. La estructura de tallas de la ictiofauna para cada tipo de red, presentó un primer rango de 3.3 a 295 cm la cual incluye a las tallas que se registraron entre la red DYNE y PAMO, mientras que en el intervalo de tallas más amplio se registró de 1.5 a 565 cm, es evidente que la red tradicional capturó tallas pequeñas y grandes. Esto se explica por la selectividad de las redes PAMO y DYNE las cuales se notó al capturar menor proporción de individuos con tallas menores de 295 cm con respecto a la TRAD y PEMU.



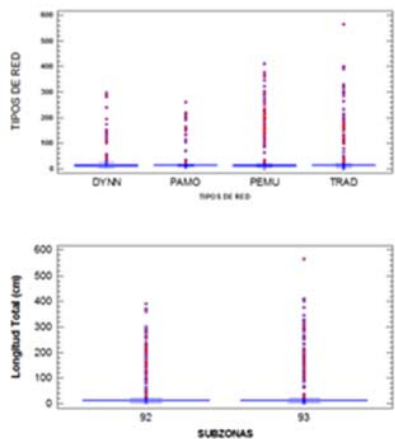


Fig. 3. Comparación de la longitud total (cm) registrada entre los tipos de redes prototipo y tradicional de la ictiofauna

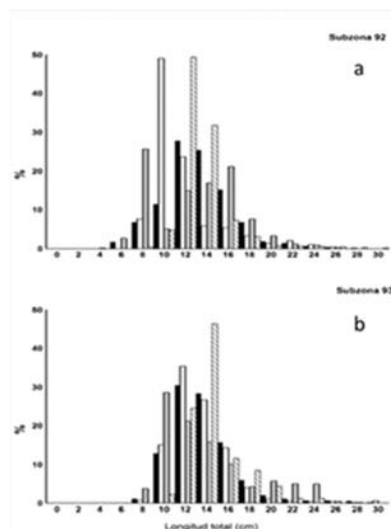


Fig. 4. Variación de la estructura de tallas de la ictiofauna capturada durante los lances experimentales por subzonas y tipos de redes.

En relación de la biomasa de camarón capturada entre la red tradicional y prototipo en el caso de la profundidad resalto la diferencia entre 22 m con respecto a 25 y 28 m. Para el caso de la captura incidental con respecto a la captura por tipo de red fue significativamente diferente entre la red prototipo y la tradicional. La red prototipo DYNE excluyó 46.7% de la captura de camarón y 52.3% de la FAC. Considerando el impacto de la red prototipo PAMO, ésta excluyó el 52.0% de la captura de camarón y 54.4% de FAC. Finalmente, el impacto de la red PEMU mostró una exclusión del 51.6% para el camarón y 53.8% para la FAC.

La talla de primera captura fue mayor en la red tradicional y PAMO, mientras que la DYNE y PEMU registraron una longitud menor, por lo que estos prototipos presentan cualidades favorables para las tallas de retención de los peces. Se analizaron las curvas ABC mostraron entre las curva tradicional *versus* PEMU, se detectó una alta perturbación en los dos casos, con un mayor grado en la red PEMU de acuerdo al coeficiente de perturbación  $W = 0.064$ . En general, los espectros de tallas comparadas entre las redes prototipos y la tradicional exhibieron diferencias en sus pendientes las cuales muestran una buena correlación (negativa) entre abundancias y las tallas de la ictiofauna.

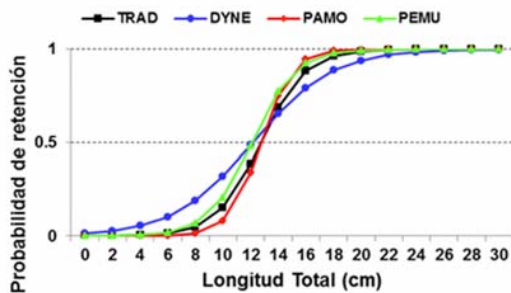


Fig. 5. Curvas de selectividad para los tipos de red TRAD; DYNE; PAMO y PEMU que se obtuvieron para la ictiofauna.

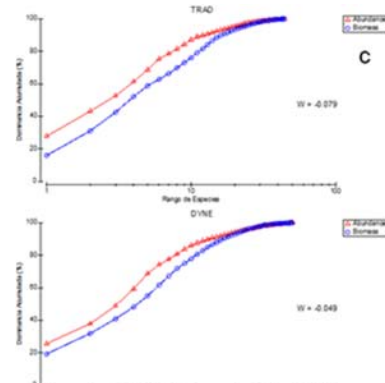


Fig.6. Curvas ABC comparando la red TRAD vs DYNE (Biomasa: círculos azules; Abundancia: triángulos rojos).

## CONCLUSIONES

Se demuestra que hay un efecto importante en la captura de fauna de acompañamiento y en particular de la ictiofauna comparando la red tradicional con la red prototipo y sus versiones en material de construcción. Resultando que la red PEMU y DYNE son las redes que excluyen una mayor proporción de FAC, tanto en biomasa como en la estructura de tallas.

Las distribuciones de tallas de la captura de las principales especies de peces, mostraron un patrón que diferencia los prototipos comparados, por lo que se demostró que el tipo de material con que se construyeron del arte experimental mejora relativamente su selectividad con la disminución de las capturas de especies incidentales.

AGRADECIMIENTOS. Al Centro Regional de Investigación Pesquera de Salina Cruz, del INAPESCA por la oportunidad de participar en las campañas realizadas en 2013 y por al apoyo en laboratorios para el proceso de muestras. Al posgrado del ICML para realizar la estancia postdoctoral. Y al Proyecto PAPIIT (IN211214-2) que fue soportado por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico, Universidad Nacional Autónoma de México.

**REFERENCIAS**

Barreto C.G., Polo G., Páramo B., 2001. Análisis biológico pesquero y económico de la fauna acompañante en la pesquería de arrastre industrial colombiana. En: Circular de Pesca No. 974. FAO, Roma. 234-270p.

Sparre P., Venema S.C., 1997. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1.

Manual. FAO Fish. Tech. Pap. Nº 306.1, Rev. 2. Rome.

## ANÁLISIS DE RECURSOS MÚLTIPLES PARA LA TOMA DE DECISIONES EN EL MANEJO DE AMBIENTES COSTEROS: ESTUDIO DE CASO ALTATA-PABELLONES

**Ortiz-Gallarza S.M.\*, Romero-Beltrán E.\*, Enciso-Enciso C.\*, Renan Ramírez J.\*\***

\*Instituto Nacional de Pesca. Centro Regional de Investigación Pesquera de Mazatlán. Calzada Sábalo-Cerritos s/n. Contiguo a Estero El Yugo, Mazatlán, Sinaloa. C. P. 82112. Teléfono +52 (669) 9881255 y 9881256. Correo electrónico: ortizsilvi@gmail.com \*\*Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Ciencias del Mar. Licenciatura en Gestión de la Zona Costera. Paseo Claussen s/n. Mazatlán, Sinaloa. C. P. 82000 Teléfono +52 (669) 9828656.

### INTRODUCCIÓN

En Sinaloa existen 640.17 km de litorales y 221,600 ha de superficies lagunares estuarinas (Castañeda López y Contreras Espinosa, 2003). Los ecosistemas lagunares estuarinos son cuerpos acuáticos litorales con comunicación con el mar, resultantes del encuentro de masas de agua distintas. Esto provoca fenómenos peculiares en su comportamiento físico, químico y biológico, con pautas ecológicas consecuentes. Sus tres características fundamentales son: 1) aporte de nutrientes desde las cuencas de escurrimiento, 2) penetración de organismos dulce acuícolas, estuarinos y marinos por ríos y mares y 3) suministro de materia orgánica por manglares y otra vegetación litoral, que propicia elevada productividad, al recibir un subsidio energético de consideración. La energía disponible es mayor que la de otros ecosistemas acuáticos, por lo tanto, cualquier alteración de los componentes, resulta en una modificación de sus propiedades (Contreras, 1993). El origen de estos ecosistemas obedece a características geomorfoedafológicas naturales, variaciones históricas del nivel del mar, evolución geográfica, geología, fisiografía y oceanografía costera -olas, corrientes, mareas-. Son uno de los ecosistemas de mayor potencial productivo (Contreras y Zavalegui, 1988) y si bien manifiestan individualidad, están regidos por factores "comunes" a todos ellos, como las condiciones salobres debidas a la mezcla de agua dulce y marina, que resultan en alta variabilidad de hábitats y productividad elevada (Contreras, 1991). El Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA) instruido por la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA) con el desarrollo y la puesta en marcha de un Plan de Manejo Pesquero del ecosistema lagunar estuarino Altata-Pabellones (PMPAP), de Sinaloa, México, pretende lograr un aprovechamiento responsable de los recursos pesqueros de este ecosistema, para asegurar su sustentabilidad y la permanencia de la actividad pesquera a mediano y a largo plazo, toda vez que se trata de una de las principales actividades generadoras de empleos en esta localidad de tan importante tradición pesquera. Asimismo, se

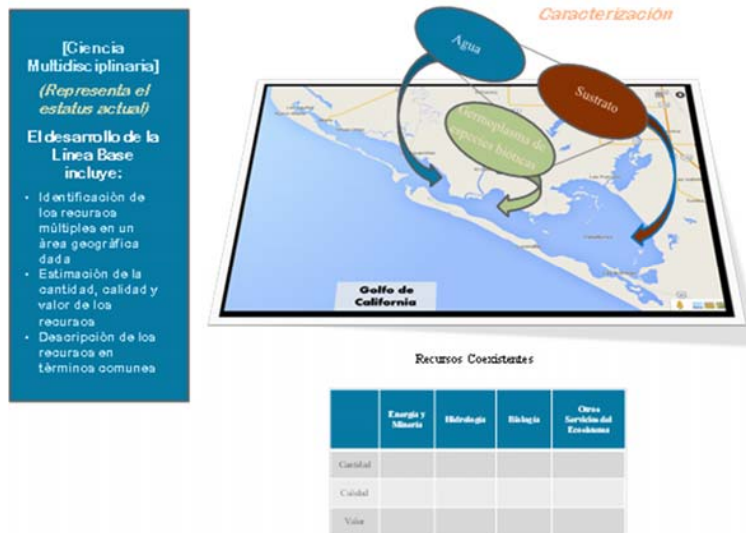
considera necesario y urgente emprender acciones orientadas al mejoramiento de la calidad ambiental del ecosistema lagunar estuarino Altata-Pabellones, contribuir a la recuperación de aquellos hábitats estratégicos para conservar la biodiversidad y posibilitar que continúen desarrollándose las actividades productivas, de interés para las poblaciones ribereñas; cuya participación activa es indispensable, integrada a la de otros actores sociales, tanto en su formulación, como en la aplicación futura, -entre los que se encuentran: pescadores, lugareños, poderes gubernamentales, asociaciones de los diversos productores, organizaciones no gubernamentales e instituciones de investigación-, entre los principales, para lograr un manejo óptimo de este ecosistema costero.

## **METODOLOGÍA**

Una gestión responsable de los recursos naturales para abastecer de manera aceptable las necesidades de las generaciones actuales y futuras, requiere de un enfoque integrado que esté basado en el espacio y en sistemas de pensamiento que incorporen los aspectos sociales, económicos y ambientales de la sustentabilidad. El análisis a escala del Paisaje asume una visión integral que se centra en las escalas espaciales más adecuadas para los valores de los recursos que están siendo administrados. El Análisis de Recursos Múltiples es un enfoque para el análisis a la escala del Paisaje, que integra la información entre recursos naturales múltiples, incluyendo los servicios de los ecosistemas y está diseñado para evaluar los impactos y las compensaciones entre el desarrollo y la conservación a la escala del Paisaje. Este enfoque se dirige implícitamente a las relaciones sociales, económicas y ecológicas funcionales (National Academies of Sciences, Engineering & Medicine, 2016).

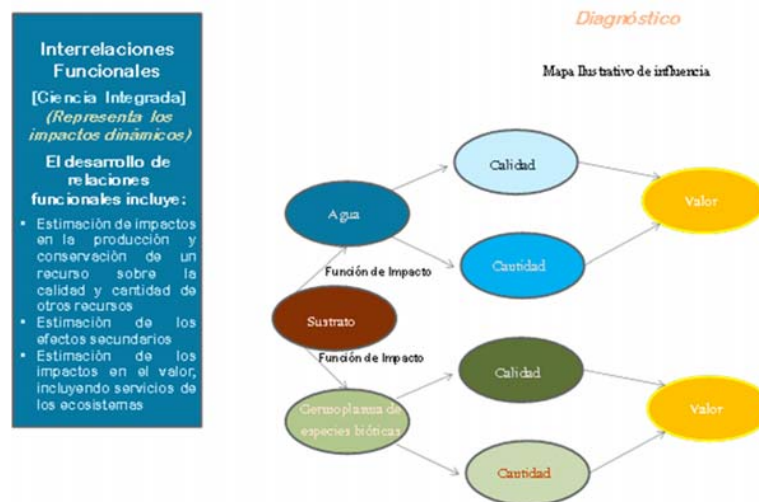
Esta metodología de las Academias Estadounidenses de Ciencias, Ingeniería y Medicina, de reciente incorporación en la planeación sustentable a sugerencia del Servicio Geológico Nacional de los Estados Unidos, incluye en su ejecución las siguientes tres fases de desarrollo: (1) Línea Base: integrada por la información sobre el estado actual de los recursos naturales múltiples, incluidos los servicios del ecosistema. Esta fase equivale a la *Caracterización*, durante la cual, se procede a la identificación de los recursos múltiples que se encuentran presentes en el área de estudio, así como a una determinación actualizada y fidedigna de sus condiciones cualitativas y cuantitativas (Figura 1).





Fuente: elaboración propia a partir de: National Academies of Sciences, Engineering & Medicine, 2016.  
 Figura 1. Elementos a considerar para el Análisis de Recursos Múltiples en el ecosistema lagunar estuarino Altata-Pabellones durante la primera fase de determinación de la línea base, equivalente a la *Caracterización*.

Todo ello, bajo el enfoque de las Ciencias geológicas, hidrológicas, biológicas y ecológicas integradas. Corresponde al desarrollo de un *Diagnóstico* multidisciplinario integral y representa los principales impactos dinámicos presentes y sus efectos en el valor y en la eficiencia de los servicios ambientales en el área de estudio (Figura 2).



Fuente: elaboración propia a partir de: National Academies of Sciences, Engineering & Medicine, 2016.  
 Figura 2. Interrelaciones funcionales a establecer en el Análisis de Recursos Múltiples en el ecosistema lagunar estuarino Altata-Pabellones en la segunda fase correspondiente al *Diagnóstico*.

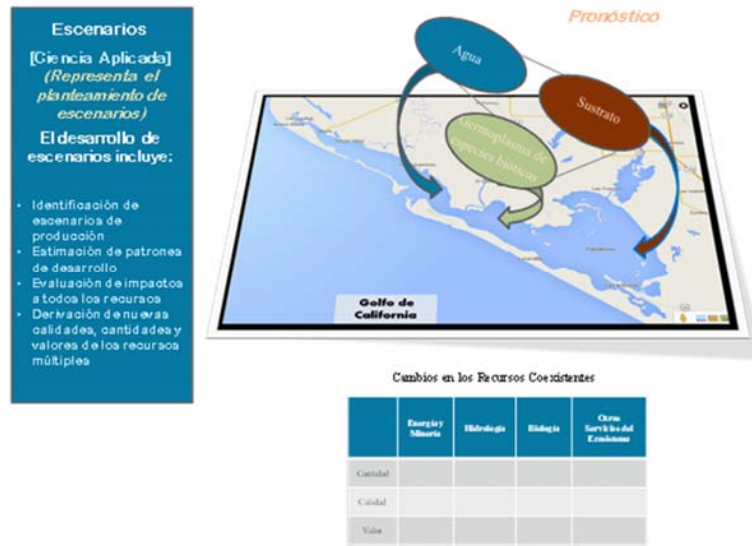
Finalmente, en la tercera etapa, tras el análisis profundo de las dos fases anteriores, se proyectan los: (3) Escenarios: planteados tras el análisis multidisciplinario de la evaluación de los impactos y de las medidas de compensación respecto a los recursos naturales en términos biofísicos y socioeconómicos. Se contemplan los impactos potenciales y el planteamiento de escenarios alternativos de manejo para los tomadores de decisiones, es decir, el Pronóstico propiamente dicho (Figura3).

Está implícito que se trata de un enfoque integral multidisciplinario-interinstitucional que está planeado con la finalidad de optimizar la toma de decisiones en consenso (Figura 4).

## **RESULTADOS**

Al sistema lagunar A-P ingresan anualmente un promedio de  $4,337.1 \cdot 10^3 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$  de agua, de estos  $847.51 \cdot 10^3 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$  son introducidos por la descarga de granjas camaroneras,  $2,602.37 \cdot 10^3 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$  por los drenes agrícolas,  $354.24 \cdot 10^3 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$  y  $532.98 \cdot 10^3 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$  por lluvia. Las pérdidas son principalmente por evaporación en toda la superficie lagunar de  $-1,443.19 \cdot 10^3 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ , y por el balance hidrodinámico para compensar los ingresos  $-2,893.90 \cdot 10^3 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ . Los balances de agua y sal indicaron tiempos de recambio total del agua del sistema de 16.3 días. Al sistema ingresan anualmente 1,757 t de Fósforo. Los drenes agrícolas aportan 1,656 t, la actividad camaronícola 58 t y el Río Culiacán aporta al sistema 43 t. Sin embargo, el sistema es capaz de exportar 245 t de Fósforo, así dentro del sistema permanecen 1,512 t de Fósforo. El flujo neto de intercambio anual es de 6,110 t. El ingreso anual de Nitrógeno al sistema lagunar es de 16,520 t. La actividad agrícola aporta 16,241 t, las granjas camaronícolas 107 t y a través del Río Culiacán ingresan 172 t. El balance indica que el sistema exporta al exterior 925 t, de esta manera el sistema lagunar retiene 15,595 t de Nitrógeno. El flujo de intercambio anual es de 25,313 t.

De acuerdo con el índice TRIX (6.60), el estado de la calidad del agua para el sistema lagunar es considerado pobre y posee las siguientes características: estado trófico alto, aguas altamente productivas y con posibles cambios temporales en la biota y variaciones en la diversidad. Hasta ahora el sistema lagunar ha sido capaz de aprovechar la gran cantidad de nutrientes que entran al sistema y convertirlos en productividad primaria, pero el peligro de que este equilibrio se rompa en algunas áreas del sistema lagunar, provocando problemas como afloramientos microalgales y mortandad de los recursos pesqueros, es real.



Fuente: elaboración propia a partir de: National Academies of Sciences, Engineering & Medicine, 2016.  
Figura 3. La tercera fase del Análisis de Recursos Múltiples en el ecosistema lagunar estuarino Altata-Pabellones resulta en el *Pronóstico* consensuado para el Plan de Manejo Pesquero.



Fuente: Taylor, 2015

Figura 4. Enfoque integral multidisciplinario-interinstitucional para optimizar la toma de decisiones.

Compartimento Sedimento. Con base en estudios locales de metales traza, existen aportes, sobre todo de Cadmio, Cobre, Plomo, Mercurio y Zinc, sin embargo, los niveles no se consideran hasta el momento nocivos. Compartimento Biota. Todos los estudios sobre contenido de metales traza en los diversos grupos de la biota: aves, moluscos, crustáceos, peces de

escama y elasmobranquios, señalan que no hay ningún riesgo actualmente en su consumo. En cuanto a pesticidas, los contenidos de pesticidas organoclorados, organofosfatados y PCB's son notables, principalmente en los sedimentos de las granjas camaronícolas, hay valores considerables en moluscos, peces y tortugas. Biodiversidad y Recursos Genéticos. A-P es un área hidrológica prioritaria y un sitio RAMSAR con especies protegidas y con la presencia de numerosos recursos bióticos de interés tanto ecológico, como económico. Y un gran acervo de recursos genéticos, tanto acuáticos, como terrestres de flora y fauna.

**AGRADECIMIENTOS.** El grupo interdisciplinario-interinstitucional está integrado por los especialistas en manejo de recursos y sustentabilidad de las instituciones participantes: el Instituto Nacional de Pesca, la Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca, el Instituto Sinaloense de Acuacultura y Pesca, la Universidad Autónoma de Sinaloa, Environmental Defense Fund, Pronatura Noroeste y el Centro de Colaboración Cívica; el cual, como un aspecto fundamental contempla además, el consenso de los productores pesqueros locales.

## **REFERENCIAS**

- Castañeda López O., Contreras Espinosa F., 2003. El Centro de Documentación: Ecosistemas Litorales Mexicanos como una herramienta de diagnóstico. Laboratorio Ecosistemas Costeros, Depto. de Hidrobiología, D.C.B.S. UAM-I. *Contacto S*: 48, 5-17.
- Contreras F., Zavalegui L.M., 1988. Aprovechamiento del litoral mexicano. CECODES-SEPESCA. México. 128pp.
- Contreras F., 1991. Hidrología y nutrientes en lagunas costeras. *En*: Figueroa Torres M. G., Álvarez Silva C., Esquivel Herrera A., Ponce Márquez M.E. (Eds.). *Fisicoquímica y biología de las lagunas costeras mexicanas*. Series Grandes Temas de la Hidrobiología. UAM. México. 16-24p.
- Contreras F., 1993. Ecosistemas costeros mexicanos. CONABIO-Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. México. 415pp.
- National Academies of Sciences, Engineering & Medicine, 2016. *Integrating Landscape Approaches and Multi-Resource Analysis into Natural Resource Management*. Washington, D. C. The National Academies Press. doi: 10.17226/21917.
- Taylor I., 2015. Presentation at National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine Workshop, June 2nd, 2015, Washington, D. C. *In*: National Academies of Sciences, Engineering & Medicine. 2016. *Integrating Landscape Approaches and Multi-Resource Analysis into Natural Resource Management*. Washington, D. C. The National Academies Press. doi: 10.17226/21917.



## NORMATIVIDAD VIGENTE E INICIATIVAS DE LEY DE COSTAS EN MÉXICO: INCIDENCIA RELATIVA EN LA GESTIÓN LITORAL

**Peynador Sánchez Carlos\***

Doctorado en Medio Ambiente y Desarrollo

\*Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Facultad de Ciencias Marinas y Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Baja California. Correo electrónico: cpeynador@lorax.com.mx

**Nota: Una versión extendida de este trabajo ha sido sometida para su publicación a la revista Gestión y Política Pública.**

### INTRODUCCIÓN

El marco normativo aplicable a las áreas litorales en México empezó a gestarse de manera integral a partir de la publicación de la LGEEPA en 1988 y comprende diferentes leyes de competencia federal y sus reglamentos, que otorgan atribuciones a dependencias de diversas secretarías de estado. Autores como SEMARNAT (2006) y Cortina-Segovia (2007) han señalado que este marco normativo presenta debilidades tales como: sobre regulación, incongruencia de instrumentos jurídicos, vacíos jurídicos y contraposición de competencias o desarticulación de las mismas. Asimismo, Carmona (2011) sostiene que el marco normativo vigente no está estructurado para poder llevar a cabo la gestión costera de forma integral y sustentable.

Por otra parte, algunos de los principales actores en el ámbito de la administración pública consideran que la creación de normatividad específica para zonas litorales y la estructura administrativa necesaria para su aplicación no es pertinente. Estos actores argumentan que implicaría altos costos económicos y políticos, además de que no es imprescindible para el manejo costero del país. Asimismo, sostienen que los instrumentos de política con que se cuentan son suficientes. En resumen, la perspectiva del sector oficial considera mantener el *status quo* del manejo de mares y costas y seguir aplicando los mismos instrumentos de política que se han utilizado hasta ahora.

En septiembre de 2010, marzo de 2011 y octubre de 2011, un grupo de organizaciones de la sociedad civil liderado por Los Cabos CoastKeeper, A.C. organizó tres foros orientados a la conservación de los ecosistemas costeros. Estos foros, contaron con el apoyo de instituciones oficiales como el entonces Instituto Nacional de Ecología (INE, ahora INECC), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), y la Comisión Nacional de Áreas Naturales



Protegidas (CONANP) y llevaron a los participantes a la conclusión de que el país debe contar con un ordenamiento jurídico específico en materia de gestión litoral. El producto final de estos talleres es la propuesta de Ley General para la Gestión Integral y Sustentable de las Costas Mexicanas (LC; Carmona, 2011). Esta propuesta de ley fue presentada a comisiones en el Senado de la República en marzo de 2012 y al menos tres integrantes de este cuerpo legislativo sometieron la propuesta al pleno de la LXI legislatura. La iniciativa no fructificó; sin embargo, en abril de 2015 la iniciativa fue nuevamente presentada y turnada a las comisiones unidas de medio ambiente y recursos naturales y de estudios legislativos. El proceso de elaboración y cabildeo de esta iniciativa deja claro que este grupo de organizaciones de la sociedad civil tiene la visión de que los instrumentos de política pública existentes son insuficientes para la gestión de áreas litorales. La idea de hacer “cambios” fue claramente expresada tanto en los foros como en la propuesta de crear una nueva Ley. De acuerdo con su apreciación, es necesario, al menos, perfeccionar los instrumentos de política públicas existentes y crear dependencias cuya labor específica sea atender los problemas costeros y marinos. “Antes que tener una agencia espacial, México debería tener una agencia de mares y costas” (Lazcano, 2013, com. pers.).

En 2012, algunos actores del ámbito académico, en conjunto con el entonces presidente de la comisión de ciencia y tecnología del senado, generaron la iniciativa para crear una dependencia de gobierno que se encargue de los asuntos costeros y marinos. Esta iniciativa tiene un importante antecedente en el “Primer Foro Nacional de Discusión sobre la Oceanografía en México, Presente y Perspectivas”, organizado por la Comisión de Marina de la LVII legislatura en el año 2002 ya que una de las propuestas finales de este foro fue la creación de una agencia especializada en la atención de los mares y costas del país. Durante el primer semestre de 2012, durante el proceso de gestación de la iniciativa, se llevaron a cabo foros de consulta con investigadores del área de ciencias del mar en diferentes ciudades del país para recabar sus opiniones y validar la propuesta. La iniciativa de Ley de Creación de la Agencia Mexicana de Mares y Costas (LAMMC; Castellón-Fonseca *et al.*, 2012) fue respaldada por uno de los grupos parlamentarios en el senado y fue turnada a la comisión de medio ambiente, recursos naturales y pesca así como a la de estudios legislativos durante la LXI legislatura. Hasta la fecha, la iniciativa no ha derivado en ningún decreto de Ley.

Existe una polémica respecto a la conveniencia de crear regulaciones específicas para la gestión litoral, y particularmente una ley específica o un aparato administrativo para atender esta zona. Esta polémica gira en torno a la conveniencia de implementar dicha regulación o de mantener el *status quo* del marco jurídico. Lo anterior, hace necesaria la realización de un análisis

de ambas alternativas de gestión. Este trabajo contribuye analizando las iniciativas de ley citadas, en el contexto de las metas y propósitos de manejo establecidos por la teoría, y de la situación actual de la normatividad federal e instituciones relacionadas con la gestión litoral.

## **METODOLOGÍA**

Se seleccionaron las leyes de competencia federal vigentes con injerencia en las zonas litorales, y se generó un listado de las secretarías de estado y organismos federales con injerencia en estas zonas. También se examinaron las iniciativas de la “Ley general para la gestión integral y sustentable de las costas mexicanas (Ley de costas, LC)” y de la “Ley de creación de la agencia mexicana de mares y costas” (LAMMC). Los cuatro conjuntos se contrastaron con las metas y propósitos de gestión propuestos por Clark (1996).

El análisis también se apoyó en la revisión de un caso práctico con la idea de ilustrar la descoordinación y/o la duplicidad de funciones entre instancias federales, estatales y municipales; y/o entre sectores, señalados por los promotores de las iniciativas.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Se encontró que la normatividad vigente y la LC contemplan las siete metas y propósitos de gestión establecidos por la teoría, y la LAMMC contempla tres. La LC y la LAMMC presentan tres objetivos de gestión no contemplados en la teoría (Participación social en toma de decisiones, Monitoreo de variables ambientales clave y Ámbito geográfico de aplicación). Esto configura una lista ampliada (LA) de diez categorías.

En la situación actual de la normatividad federal e instituciones relacionadas con la gestión litoral, se encontró que las 43 leyes analizadas cumplen con al menos uno de los propósitos de manejo de la LA, 25 cumplen con uno o dos y 18 con tres o más. Estas 18 leyes incluyen las ambientales, las relacionadas con aspectos marinos, con la planeación territorial y las de Turismo y Protección Civil. Las leyes generales del ambiente contemplan las 10 categorías y el Cambio Climático, ocho.

El conjunto de la normatividad federal y las dependencias relacionadas cumplen con las 10 categorías, y la iniciativa LC tiene más coincidencias que la LAMMC con los propósitos y metas de manejo establecidos en la teoría.

Por otra parte, se encontró que el desarrollo de la normatividad existente es coherente con la evolución de tales esfuerzos desde 1960.

El caso analizado (Bahía Salsipuedes, Baja California) mostró que a variedad de ordenamientos jurídicos aplicables se debió a la configuración del terreno para el proyecto inmobiliario, que se extiende transversalmente desde la línea de costa hasta 2 km tierra adentro. Por esto, la descoordinación y/o duplicidad de funciones debió ser manejada idóneamente para lograr que el resultado final cubriera los requisitos legales y velara por la protección de la biodiversidad y la integridad de la línea de costa.

Tabla I. Lista ampliada de las metas y propósitos de la gestión de zonas litorales (Elaboración propia)

Metas y propósitos de la gestión	
Teoría establecida Clark (1996)	Uso sustentable de los recursos
	Conservación de la diversidad biológica
	Protección contra riesgos (peligros) naturales
	Control de la contaminación
	Mejoramiento del bienestar social de las comunidades costeras
	Manejo y planeación del desarrollo económico
	Combinación adecuada de usos
No contemplados en Clark (1996) (Este trabajo)	Participación social en la toma de decisiones
	Monitoreo o seguimiento de las variables ambientales clave
	Ámbito geográfico de aplicación

## CONCLUSIONES

México cuenta con un marco normativo de competencia federal que incluye 43 leyes aplicables a las zonas litorales.

El conjunto de leyes de competencia federal vigentes, coincide con todos los propósitos y metas de manejo de la gestión litoral.

Las dos iniciativas de ley mantienen viva la reflexión sobre los marcos normativos y arreglos administrativos aplicables a la gestión litoral y corresponden con fases avanzadas en el proceso de gestión, tanto en términos de la evolución del manejo integrado de zona costera (Sorensen, 1992) como del ciclo de las políticas públicas (Navarro, 2008).

El manejo idóneo de la normatividad existente por parte de los profesionales ambientales es indispensable para sacar provecho de las capacidades de la misma y que lo mismo sucedería con una eventual ley de costas que se promulgara.

### REFERENCIAS CITADAS

Carmona MC., 2011. Propuesta de ley general para la gestión integral y sustentable de las costas mexicanas. 56pp.

Castellón-Fonseca F.J., Lara-Lara R., Peynador C., 2012. Propuesta para la creación de la Agencia Mexicana de Mares y Costas. Senado de la República.

Clark J.R., 1996. Coastalzonemanagementhandbook. Boca Ratón, Florida. CRC Press LLC. ISBN: 1-56670-092-2. 720pp.

Cortina Segovia S., Brachet Barro G., Ibáñez de la Calle M., Quiñones Valades L., 2007. Océanos y Costas. Análisis del Marco Jurídico e Instrumentos de Política Ambiental en México. México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. 236pp.

Navarro C., 2008. "El estudio de las políticas públicas". *En*: "Revista jurídica" Universidad Autónoma de Madrid. ISSN 1575-720X, N°. 17, 2008. 231-255p.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), 2006. Política Ambiental Nacional para el Desarrollo Sustentable de Océanos y Costas de México: Estrategias para su Conservación y Uso Sustentable. Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental, Dirección General de Política Ambiental, Integración Regional y Sectorial (DGPAIRS). SEMARNAT. México. 90pp.

Sorensen J., McCreary S.T., Brandani A., 1992. Costas: Arreglos Institucionales para Manejar Ambientes y Recursos Costeros. Rhode Island, E.U.A. Centro de Recursos Costeros. Universidad de Rhode Island. 185pp.

### Comunicaciones personales

Lazcano Sahagún, Marco Antonio. 2013. Director del programa de litigio ambiental de la organización Defensa Ambiental del Noroeste.





The background of the page is a light gray color with a repeating pattern of stylized, concentric waves and fish-like shapes. The waves are represented by curved lines, and the fish-like shapes are more complex, with some resembling the profile of a fish. The pattern is subtle and covers the entire page.

# Pesca y Acuacultura



## CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS EFECTOS EN UNA UNIDAD ACUÍCOLA DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA

\*Badillo Sotelo Leticia María, Vázquez Moreno José Enrique

\* Productores Marinos Baja S.A. de C.V. Blvd. Costero #853-2 zona centro Ensenada, B.C.  
Código postal 22800 \*Correo electrónico: letybad2@gmail.com

### RESUMEN

En base al reporte del 2014 del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático y la Organización Meteorológica Mundial (Field *et al.*, 2014) los cambios climáticos afectan a nivel global, específicamente la región de Norteamérica y los ecosistemas marinos, están teniendo un alto impacto en la diversidad y sobrevivencia de las especies marinas; los moluscos por ser organismos calcificados son más afectados por estos cambios. La unidad acuícola donde se realiza este trabajo es Productores Marinos Baja S.A. de C.V. (Figura 1), ubicada en el Ejido Erendira, Baja California, siendo el cultivo principal el abulón (*Haliotis* sp.).



Figura 1. Unidad Acuícola Productores Marinos Baja S.A. de C.V.

Los factores bióticos de los organismos en cultivo principalmente la tasa de crecimiento, depende de la especie, el tamaño de los organismos, la densidad de cultivo, la tasa de alimentación, el valor nutricional del alimento y los factores físicoquímicos (Hahn, 1989; Day y Fleming, 1992). La tasa de crecimiento de algunas especies de abulón puede diferir en condiciones de laboratorio, y se reportan incrementos en la tasa de crecimiento de  $88 \mu\text{m día}^{-1}$  para *H. fulgens* a  $27^\circ\text{C}$ ,  $77 \mu\text{m día}^{-1}$  para *H. rufescens* a  $18^\circ\text{C}$  y  $63.7 \mu\text{m día}^{-1}$  para *H. corrugata* a  $21^\circ\text{C}$  (Hahn, 1989) (Figura 2).



Figura 2. Abulón rojo (*Haliotis rufescens*) de cultivo de la unidad acuícola Productores Marinos Baja, S.A. de C.V.

El propósito de este trabajo fue evaluar durante el periodo del 2012 al 2015 el impacto de la variación de los factores fisicoquímicos del mar en los factores bióticos. Incluimos en el estudio tasas de crecimiento, sobrevivencias y consumo de alimento de los organismos en cultivo en nuestra unidad acuícola.

## REFERENCIAS

- Day R.W., Fleming A.E., 1992. The determinants and measurement of abalone growth. *In*: Sheferd S.A., Tegner M.J., Guzmán del Proo S.A. Abalone of the World, Biology, Fisheries and Culture. Fishing New Books. Oxford. 141-168p.
- Field C.B., Barros V.R., Dokken D.J., Mach K.J., Mastrandrea M.D., Bilir T.E., Chatterjee M., Ebi K.L., Estrada Y.O., Genova R.C., Girma B., Kissel E.S., Levy A.N., MacCracken S., Mastrandrea P.R., White L.L., 2014. Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Eds.) Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza, 34pp.
- Hahn K.O., 1989. Handbook of Culture of Abalone and Other Marine Gastropods. CRC Press, Boca Ratón, FL. 348pp.



## ASPECTOS REPRODUCTIVOS DEL LENGUADO *Syacium ovale* (GÜNTHER 1864) EN EL PACÍFICO MEXICANO

Barba Torres Juan Francisco, Gaspar-Dillanes Ma. Teresa, Díaz Avalos Carlos

UNAM-Colegio de Ciencias y Humanidades, Cataratas y Llanura S/N, Ciudad de México;  
INAPESCA, UNAM-IIMAS. E-mail: jfbarbato@gmail.com

### INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la diversidad, la biología y la ecología íctica marina es escasa; desde el punto de vista biológico, es necesario utilizar las poblaciones basándose en el conocimiento científico de las especies y el ecosistema, lo que permite el máximo su aprovechamiento y conservación, promoviendo la diversificación y el conocimiento de los actuales recursos marinos. Existe la necesidad de obtener mayor información de las especies de peces dominantes en las capturas (van der Heiden, 1985), precisando los aspectos de biología y ecología básica, potencialidad de las especies, para con ello tener suficientes elementos para decidir la posibilidad de convertirse en una pesquería o de protegerlas (Amezcuca-Linares, 1985), como es el caso de *Syacium ovale*, una especie de lenguado, que junto con otros lenguados, es pescada incidentalmente en los arrastres camaroneros, que en ocasiones son abundantes y muy apreciadas comercialmente por su alto valor nutricional (Balart 1996, Rábago-Quiroz *et al.*, 2008).

*Syacium ovale* es un lenguado de la familia Paralichthyidae, se distribuye desde el Golfo de California hasta Panamá, y la parte occidental de Baja California Sur (Barba-Torres, 1990), la longitud máxima reportada es de 23 cm de  $L_t$ , vive en fondos blandos, entre 9 y 40 m de profundidad, se explota a pequeña escala con redes de arrastre y se comercializa en fresco (Barba-Torres, 1990; Fischer *et al.*, 1995). A la fecha son escasos los trabajos de *S. ovale*, por lo que este estudio presenta información de los aspectos reproductivos de esta especie, que fue dominante en la comunidad demersal íctica de la plataforma continental de los estados de Nayarit y Guerrero durante los años 1982 y 1983.

### METODOLOGÍA

Se realizaron tres cruceros oceanográficos a bordo del B/O "El Puma" en la plataforma continental de Nayarit y Guerrero; la red de estaciones consistió de 36 en Nayarit y 73 en Guerrero; las recolectas se realizaron del 7 al 17 de febrero de 1982 (Invierno 82), del 15 al 28 de abril de 1982 (Primavera 82) y del 7 al 17 de enero de 1983 (Invierno 83). Los peces se



capturaron con una red camaronera de 24 m de largo, 21 m de abertura de boca y 4 cm de luz de malla en el copo (Barba-Torres, 1990).

Debido a que la especie no presenta dimorfismo sexual evidente, fue necesario disecar las gónadas para su determinación sexual. Para la determinación del estado de madurez gonádica se utilizó la escala de Hilge (1977). Para la talla de primera madurez se consideró el 50% de los individuos que han alcanzado la madurez sexual (Pérez y Pereiro, 1985), esta talla se obtuvo del valor medio de la ojiva positiva acumulada normalizada.

El índice gonadosomático (IGS), indica la proporción del peso de la gónada con relación al peso total del pez. Así mismo, debido a la dificultad en algunos casos para la determinación de la madurez gonádica se utilizó, por primera vez, en ambos sexos la longitud gonádica proporcional (LGP) que relaciona la longitud de la gónada con la longitud patrón del pez y se calculó la proporción de sexos.

Para el estudio de la fecundidad se analizaron 16 hembras maduras, cuyos ovarios se fijaron en líquido Gilson (Bagenal y Brown, 1978) para desprender los ovocitos del tejido ovárico; posteriormente se lavaron con agua corriente y trasladaron a un matraz de 300 mL, del que se tomaron tres alícuotas de 1.0 mL; con la ayuda de un microscopio para disección, de un contador manual y de una reglilla micrométrica los ovocitos fueron contabilizados y medidos. Para determinar la fecundidad se consideraron los ovocitos mayores de 165  $\mu\text{m}$ , debido a que presentaron desarrollo de gránulos de vitelo, esto fue observado en cortes histológicos de los ovarios que se realizaron en la Facultad de Medicina de la UNAM.

Para el estudio de la progresión modal y el número de posibles desoves se elaboraron histogramas de frecuencias, donde la variable fue el diámetro de los ovocitos; se utilizó la rutina "Mixtools" del programa libre "R" <https://www.r-project.org/> y así estimar el número de desoves probable.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### Porcentaje de hembras

En Nayarit, durante el invierno 82 y la primavera 82 se obtuvo 40% de hembras en la población, ascendiendo ligeramente hasta alcanzar 50% durante el invierno 83. En Guerrero se presentaron valores semejantes, el mayor porcentaje de hembras correspondió al invierno 82 con 50%, mientras que durante la primavera 82 y el invierno 83 se encontró 40% de hembras.

Talla de primera madurez.

El intervalo de longitud de las hembras maduras en Nayarit fue de 62 a 137 mm de  $L_p$ , la talla de primera madurez estimada fue  $94.43 \text{ mm} \pm 8.85 \text{ mm}$  de  $L_p$ . En Guerrero las tallas de las hembras maduras se encontraron entre 63 y 137 mm de  $L_p$ , la talla de primera madurez estimada fue  $96.42 \text{ mm} \pm 8.85 \text{ mm}$  de  $L_p$ ; en el Golfo de California, Rábago-Quiroz *et al.* (2008, 2015) registraron tallas entre 50 y 170 mm de  $L_t$ , y una talla de primera madurez a partir de 160 mm de  $L_t$ , valores similares a los registrados en este estudio.

Estadios de madurez gonádica

Durante el invierno 82 en la plataforma continental de Nayarit se presentaron valores de 51% de hembras maduras; en primavera 82 se observó un incremento de 63% de hembras maduras y durante el invierno 83 disminuyó 18%. En Guerrero el porcentaje de hembras maduras fue 48%, 58% y 50% en invierno 82, primavera 82 e invierno 83, respectivamente.

*Índice Gonadosomático (IGS) y Longitud Gonádica Proporcional (LGP).*

Los valores más altos del IGS en hembras y machos distribuidos en Nayarit ocurrieron durante la primavera 82 con valores promedio de  $0.015 w_{gon}/w_t$ , le siguió el invierno 83 y 82, con  $0.010$  y  $0.009 w_{gon}/w_t$ , respectivamente. Asimismo la LGP presentó los valores más altos en primavera 82 con  $0.234 w_{gon}/w_t$  y de  $0.214$  y  $0.191 w_{gon}/w_t$  en los inviernos 82 y 83, respectivamente (Tabla 1). Las proporciones de peso y longitud de los testículos presentaron las mismas variaciones. En Guerrero los valores mayores del índice gonadosomático también ocurrieron durante la primavera con  $0.022$  y en los inviernos de 1982 y 1983 con valores de  $0.020$  y  $0.009 w_{gon}/w_t$ , respectivamente. La proporción de LGP siguió un mismo comportamiento en hembras y machos, además coincidieron temporalmente los valores más altos en ambos sexos (Tabla 1).

Tabla 1. Longitud de las gónadas (Lgon), peso de la gónada (Pgon), Índice Gonadosomático (IGS), Longitud Gonádica Proporcional (LGP) de *Syacium ovale* en la Plataforma Continental de Nayarit y Guerrero.

Variable	Nayarit (Invierno 82)		Nayarit (Primavera 82)		Nayarit (Invierno 83)	
	hembras	machos	hembras	machos	hembras	machos
Lgon (mm)	18.347	3.069	24.375	3.036	18.610	2.900
Pgon (g)	0.079	0.010	0.291	0.024	0.194	0.010
IGS	0.009	0.001	0.015	0.001	0.010	0.002
LPG	0.214	0.036	0.234	0.030	0.191	0.024
Variable	Guerrero (Invierno 82)		Guerrero (Primavera 82)		Guerrero (Invierno 83)	
	hembras	machos	hembras	machos	hembras	machos
Lgon (mm)	25.393	4.100	26.898	4.572	15.667	4.417
Pgon (g)	0.252	0.020	0.265	0.024	0.103	0.013
IGS	0.020	0.001	0.022	0.001	0.009	0.002
LPG	0.279	0.044	0.288	0.045	0.180	0.040

Fecundidad absoluta (FA) y Fecundidad relativa (FR).

Del análisis de FA de 16 hembras maduras se obtuvo un mínimo de 4 600 ovocitos en una  $L_p$  de 85 mm y peso total de 9.1 g, el valor máximo de 30 467 ovocitos correspondió a una hembra de 116 mm de  $L_p$  y peso total de 21.2 g. El promedio de FA fue de 21 157 ovocitos. La FR presentó valores de 505.5 a 1 437.1 ovocitos  $g^{-1}$  de hembra.

Relación entre la Fecundidad absoluta, el peso y la longitud

Se obtuvo el modelo  $FA = 1\ 826.7 \text{ ovocitos } g^{-1} (P_t) - 10\ 616.65 \text{ ovocitos}$ , que explica la variabilidad de la fecundidad *versus* el peso total de la hembra en gramos, que resultó ser significativo con  $p < 0.01$ , con un factor de determinación del 0.93. Además de la intersección con la abscisa, se estimó el peso mínimo de 5.83 g, en el cual las hembras alcanzan la madurez sexual.

El modelo de la relación entre la fecundidad y la longitud patrón:  $FA = 1.83 \cdot 10^{-6} L_p^{4.977}$ , explica el 84% de la variabilidad de la fecundidad con una significancia de  $p < 0.01$ .

### Desarrollo del desove

A partir del análisis estadístico de mezclas se estimaron cuatro modas, la primera con diámetro promedio de 33  $\mu\text{m}$  (ovocitos en maduración), este grupo correspondió a las células de reserva que se encuentran en las primeras fases de desarrollo caracterizado por la ausencia de gránulos de vitelo; las otras tres modas 165, 297 y 330  $\mu\text{m}$  pertenecen a los posibles desoves. Los ovocitos de 330  $\mu\text{m}$  se encuentran próximos a ser desovados, ya que presentaron un pequeño espacio perivitelino y el glóbulo de grasa característico en este grupo de peces (Ahlstrom *et al.*, 1985). Esta estrategia reproductiva de *Syacium ovale* corresponde a una Fecundidad Indeterminada, debido a que los ovocitos continúan madurando durante su etapa reproductiva (Greer *et al.*, 1994).

### CONCLUSIONES

- La talla de primera madurez de *Syacium ovale* fue semejante en ambas áreas de estudio 94.43 mm  $L_p$  en Nayarit y 96.42 mm de  $L_p$  en Guerrero.
- A partir del análisis de los estadios de madurez gonádica y el índice gonadosomático, la longitud de las gónadas y los antecedentes bibliográficos se puede afirmar que la reproducción de *S. ovale* ocurre durante todo el año con pulsos de mayor actividad en la primavera y el verano.
- El peso total de la hembra es la variable que mejor explica la variabilidad en la fecundidad, mostrando un incremento lineal entre el número de ovocitos con relación al peso de las hembras, el modelo obtenido fue  $FA = 1\ 826.7 \text{ ovocitos/g } (P_t) - 10\ 616.65 \text{ ovocitos}$ .
- *Syacium ovale* tiene una estrategia reproductiva de fecundidad indeterminada, y al menos presenta tres grupos de ovocitos mayores de 165  $\mu\text{m}$  que indican el número de desoves en su época reproductiva.

AGRADECIMIENTOS. Al Dr. Felipe Amezcua Linares y a los compañeros del laboratorio de Ictiología y Ecología Estuarina del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM.

### REFERENCIAS

Ahlstrom E.H., Amaoka K., Hensley D.A., Moser H.G., Sumida B.Y., 1985. Pleuronectiformes: Development. *In*: Moser H.G. (Ed.). Ontogeny and Systematics of Fishes. American Society of Ichthyologists and Herpetologists. Special Pub. No. 1:640-670.

- Amezcu-Linares F., 1985. Recursos potenciales de peces capturados con redes camaroneras en la costa del Pacífico de México. *En*: Yáñez-Arancibia A. (Ed.). Recursos Pesqueros potenciales de México: La pesca acompañante del camarón. PUAL/ICML/INP/UNAM. México. 2, 39-94p.
- Bagenal T.B., Braum E., 1978. Eggs and early life history. *In*: Bagenal T.B. (Ed.). Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Waters. IBP Handbook No. 3. Blackwell Scientific Publications, Ltd. Great Britain. 165-201p.
- Balart E.F., 1996. Pesquería de lenguados. *En*: Casas-Valdez M., Ponce-Díaz G. (Eds.). Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. SEMARNAP/Gob. Edo. BCS/FAO/INP/UABCS/CIBNOR/CICIMAR/CETMAR-La Paz. México. 273-285p.
- Barba-Torres J.F., 1990. Taxonomía, biología y ecología del lenguado *Syacium ovale* (Günther) en áreas del Pacífico mexicano 1982-1983 (Teleostei: Bothidae). Tesis Maestría en Ciencias (Biología). Facultad de Ciencias, U.N.A.M. México. 111pp.
- Fischer E., Krupp F., Schneider W., Sommer C., Carpenter K.E., Niem V.H., 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. III, Vertebrados—Parte 2. Roma, FAO. 1379pp.
- Greer W.M., Witthames P.R., Bautista de los Santos J.J., 1994. Is the fecundity of the Atlantic Mackerel (*Scomer scombrus*: Scombridae) determinate? *Sarcia*, 79, 13-26.
- Hilge V., 1977. On the determination of the stages of gonad ripeness in female bony fishes. *Meeresforsch*, 25, 149-155.
- Pérez N., Pereiro F., 1985. Aspectos de la reproducción de la merluza (*Merluccius merluccius* L.) de la plataforma gallega y cantábrica. *Bol. Inst. Esp. Oceanog.*, 2(3), 39-47.
- Rábago-Quiroz C.H., López-Martínez J., Herrera-Valdivia E., Nevárez-Martínez M.O., Rodríguez-Romero J., 2008. Population dynamics and spatial distribution of flatfish species in shrimp trawl by catch in the Gulf of California. *Hidrobiologica*, 18(2), 193-202.
- Rábago-Quiroz C.H., López-Martínez J., Nevárez-Martínez M.O., Morales-Bojórquez E., 2015. Abundance and size structure of flatfish species on the west side of the Gulf of California, Mexico. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 50(2), 235-247.
- van der Heiden A.M., 1985. Taxonomía, biología y evaluación de la ictiofauna demersal del Golfo de California. *En*: Yáñez-Arancibia, A. (Ed.). Recursos Pesqueros potenciales de México: La pesca acompañante del camarón. PUAL/ICML/INP/UNAM. México. 149-200p.



## REEMPLAZO DE LA HARINA DE PESCADO POR CONCENTRADO DE PROTEÍNA DE SOYA EN DIETAS PARA JUVENILES DE TOTOABA (*Totoaba macdonaldi*) SUPLEMENTADAS CON DIFERENTES NIVELES DE TAURINA.

Espinosa-Acevedo Heraclio\*, López Lus M., Cruz-López Honorio, True Conal D., Galaviz Mario A.

\*Universidad Autónoma de Baja California (UABC), Facultad de Ciencias Marinas. PO Box 76, Ensenada B.C. 22860, México. Correo electrónico: heraclio.espinosa@uabc.edu.mx

### INTRODUCCIÓN

El crecimiento acuícola y la disminución pesquera a nivel mundial ha originado la búsqueda de alternativas de la proteína en la alimentación animal sin descuidar la salud, sustentabilidad y rentabilidad del cultivo. Insumos vegetales como semilla de algodón, lupino, frijol, gluten de maíz, papa, linaza, canola y soya han sido utilizados como ingredientes alternativos por su bajo costo, disponibilidad en el mercado y producción sustentable. El concentrado de proteína de soya (CPS) es de los más utilizados en la acuicultura para sustituir la proteína que proviene de la harina de pescado (HP). Se ha estudiado el reemplazo total o parcial de la fuente de proteína en peces carnívoros, debido al elevado porcentaje de proteína, baja composición de carbohidratos, balance de aminoácidos adecuado, resultado de los métodos de procesamiento que eliminan y desactivan los factores antinutricionales que afectan la digestibilidad de nutrientes en los organismos (Naylor *et al.*, 2000; Cabral *et al.*, 2011). A nivel experimental el CPS ha mostrado un rendimiento sobre los parámetros de sobrevivencia, peso ganado, eficiencia alimenticia y tasa de crecimiento específico, con un reemplazo total o parcial sobre el total de la proteína dietaria de especies como lenguado (*Hippoglossus hippoglossus*), salmón del atlántico (*Salmo salar*), jurel (*Seriola lalandi*), bacalao del atlántico (*Gadus morua*) y corvina (*Atractoscion nobilis*). Sin embargo, el reemplazo de la fuente de proteína con CPS depende de la especie de cultivo. Se ha requerido la adición de nutrientes de manera exógena para mejorarla calidad de la dieta (Matsunari *et al.*, 2005). Taurina (Tau), nutriente esencial, a pesar de no ser un constituyente proteico está presente en diversos tejidos, por lo cual se le han atribuido diversas funciones fisiológicas como estabilización de membranas, anti oxidación, función muscular, destoxicación, osmorregulación, metabolismo y conjugación de ácidos biliares. Además, mejora la salud en especies de peces carnívoros que manifiestan el síndrome hígado verde como *S. lalandi*, *A. nobilis* y *T. macdonaldi*. (Jirsa *et al.*, 2014; López *et al.*, 2015). En la presente investigación se realizó el reemplazo de la harina de pescado por CPS en dietas

adicionadas con diferentes niveles de taurina, por lo que, el objetivo de éste trabajo fue evaluar el crecimiento y condición fisiológica de juveniles de *T. macdonaldi*, un pez carnívoro endémico del Golfo de California que presenta un gran potencial acuícola debido a su alta demanda y valor económico.

## **METODOLOGÍA**

Diseño experimental. El bioensayo fue desarrollado durante 90 días en 24 tanques de 100 L con recambio de  $1.7 \text{ L min}^{-1}$  mediante un sistema de recirculación de agua de mar con filtro biológico y luz UV. 12 tratamientos por duplicado con fotoperiodo (12:12 luz: oscuridad), y temperatura de  $23 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  y oxígeno disuelto mayor a  $5 \text{ mg ml}^{-1}$ , pH, temperatura, amonio, nitritos y nitratos se mantuvieron dentro de los valores adecuados para totoaba. Dietas Experimentales Doce dietas experimentales isoprotéicas e isoenergéticas fueron formuladas de acuerdo al requerimiento nutricional de *T. macdonaldi* utilizando 3 diferentes niveles de CPS (0, 30 y 45%) y 4 diferentes niveles de Tau (0, 0.3, 0.6 y 0.9%). La composición proximal se realizó con la metodología de AOAC. Los peces se aclimataron a las condiciones del cultivo alimentados con dieta control. Diez juveniles de totoaba ( $90 \pm 2 \text{ g}$ ) fueron seleccionadas al azar y asignados a sus respectivos tanques. Cada dieta experimental fue asignada al azar, la alimentación fue a aparente saciedad dos veces al día (09:00 y 16:00 h) durante 90 días. Toma de muestras La obtención de muestras de tejido se realizó mediante disección de 4 peces para muestra de hígado, bilis y vísceras después de 24 h de ayuno. Los tejidos se pesaron para el cálculo de los índices de condición fisiológica (índice hepatosomático (IH), índice biliar (IB) e índice viscerosomático (IV)), calculados según López *et al.* (2015).

## **RESULTADOS Y DISCUSIONES**

La utilización de altos niveles de fuentes de proteínas vegetales como el CPS tiene un efecto en el crecimiento y estado de salud de los organismos debido a una reducción en el consumo voluntario del pez como consecuencia de la palatabilidad de la dieta y factores antinutricionales presentes en dietas elaboradas con CPS. En el presente estudio los resultados preliminares muestran que al aumentar el porcentaje de CPS de 30 a 45% sin Tau tiene efectos negativos en el crecimiento, sin embargo, se observó un aumento en crecimiento de estos mismos (30 y 45%) pero suplementadas con Tau. El mejor crecimiento en peso se presentó en CPS 30/0.06% de Tau ( $285 \pm 0.5 \text{ g}$ ) y el menor en la dieta CPS 45/0% de Tau ( $265 \pm 7.0 \text{ g}$ ) (Figura 1). Estos resultados coinciden con los reportados por Trejo-Escamilla *et al.* (2015), donde observó

que un reemplazo mayor a 30% de CPS tiene un efecto negativo en el consumo de alimento y crecimiento de totoaba. El nivel de suplementación de Tau tiene un efecto positivo en los tratamientos que contienen CPS, así como en la misma dieta control elaborado con solo HP como fuente principal de proteína. Satriyo *et al.* (2016) reportaron que *T. macdonaldi* requiere al menos 0.3% de Tau en la dieta aun cuando la HP es fuente principal de proteína, ya que mejora las anomalías fisiológicas en juveniles.

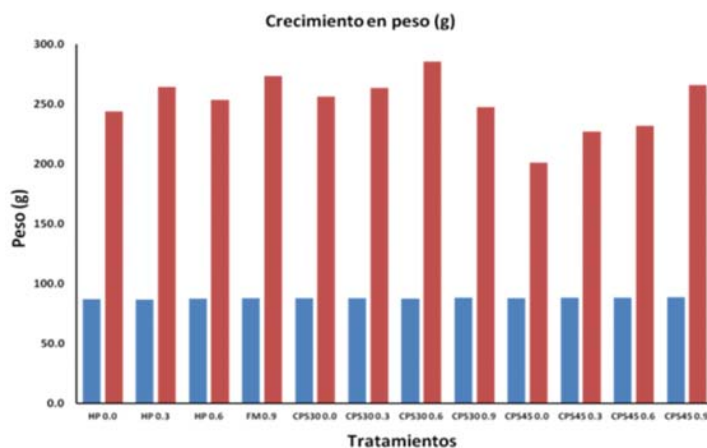


Figura 1. Crecimiento en peso (g) de juveniles de *Totoaba macdonaldi* alimentados con diferentes niveles de soya y suplementado con diferentes niveles de Tau en la dieta.

Como efecto del reemplazo de la HP por CPS como fuente de proteína, tanto el porcentaje de reemplazo de CPS (0, 30 y 45%) y el nivel de Tau en la dieta (0, 0.3, 0.6 y 0.9%) tienen un efecto en la condición de los organismos (Tabla 2). Espinosa Acevedo (2014) no encontró efectos en el IH debido al reemplazo de la HP por CPS en dietas suplementadas con 0.1% de Tau en la alimentación de juveniles de *T. macdonaldi*, los efectos fueron más pronunciados en un reemplazo del 100% de la HP. El índice biliar (IB) de cada tratamiento mostró una disminución conforme aumentaba el reemplazo de la fuente de proteína en dietas sin suplementación de Tau. Sin embargo, en los tratamientos con CPS e incremento del nivel de Tau mostraron un mayor o igual porcentaje de índice biliar, aunque posiblemente no significativo estadísticamente. De forma aparente, la adición de Tau refleja una mayor producción de bilis para las dietas con 30 y 45% de proteína vegetal, mientras en la dieta HP disminuye el contenido biliar al no suplementarse Tau. Resultados similares fueron reportados por Satriyo *et al.* (2016), reportan que el nivel de Tau en dietas para juveniles de totoaba debe de ser del 0.3%, ya que sin suplementación de Tau se afecta significativamente el IH, IB y el IV. Estos resultados coinciden con los de Yamamoto *et al.* (2007), argumentan que el IB es acompañado con una reducción del contenido de sales biliares.

Tabla 2. Índices fisiológicos de juveniles de totoaba *Totoaba macdonaldi* alimentados con diferentes niveles de soya y suplementado con diferentes niveles de Tau en la dieta.

<b>Dieta</b>	<b>IB</b>	<b>IH</b>	<b>IV</b>
<b>HP/0.0</b>	0.13 ± 0.004	0.97 ± 0.096	3.5 ± 0.11
<b>HP/0.3</b>	0.13 ± 0.006	1.02 ± 0.257	3.5 ± 0.02
<b>HP/0.6</b>	0.12 ± 0.015	0.75 ± 0.036	3.1 ± 0.06
<b>HP/0.9</b>	0.11 ± 0.007	0.82 ± 0.074	3.1 ± 0.03
<b>CPS30/0.0</b>	0.12 ± 0.015	0.94 ± 0.108	3.6 ± 0.00
<b>CPS 30/0.3</b>	0.12 ± 0.028	0.83 ± 0.003	3.2 ± 0.03
<b>CPS 30/0.6</b>	0.12 ± 0.004	0.84 ± 0.004	3.2 ± 0.00
<b>CPS 30/0.9</b>	0.12 ± 0.001	0.78 ± 0.032	3.2 ± 0.05
<b>CPS 45/0.0</b>	0.10 ± 0.004	0.97 ± 0.018	3.7 ± 0.32
<b>CPS 45/0.3</b>	0.13 ± 0.012	0.77 ± 0.005	3.4 ± 0.13
<b>CPS 45/0.6</b>	0.13 ± 0.012	0.87 ± 0.012	3.3 ± 0.00
<b>CPS 45/0.9</b>	0.13 ± 0.013	0.80 ± 0.087	3.5 ± 0.10

IB: Índice biliar; IH: Índice hepatosomático; IV: Índice viscerosomático

El mayor IH se encontró en la HP/0.3 y vario conforme aumentaba el nivel de Tau en la dieta, siendo menor para el tratamiento HP/0.6. De la misma manera se observó un mayor IV conforme aumentaba el reemplazo de la fuente de proteína de la HP por CPS, donde el valor más alto en los tratamientos no suplementados fue en CPS 45%/0.0% con un IV de 3.7 ± 0.32%. Cabral *et al.* (2011) reportaron que altos niveles de sustitución no tienen efectos en el IV e IH si se combinan fuentes vegetales en la dieta de *S. senegalensis*, debido a un mejor balance nutricional y perfil de nutrientes esenciales contenidos en la dieta. Se reportaran resultados del presente estudio como niveles de triglicéridos y colesterol en plasma, hematología y química sanguínea, niveles de actividad de enzimas como ALT y AST, presencia del síndrome del hígado verde y perfil de aminoácidos y ácidos grasos.



## CONCLUSIONES

Juveniles de *T. macdonaldi* pueden ser alimentados con dietas que contengan de 30 a 45% de concentrado proteico de soya, cuando estas sean suplementadas con al menos 0.6 o 0.9% de taurina. El índice bilisomático, hepatosomático y vicerosomático pueden ser buenos indicadores del estado nutricional de totoaba al ser alimentados con dietas que contengan concentrado proteico de soya como fuente parcial de proteína.

## REFERENCIAS

- Bañuelos-Vargas I., López L.M., Perez-Jimenez A., Peres H., 2014. Effect of fishmeal replacement by soy protein concentrate with taurine supplementation on hepatic intermediary metabolism and antioxidant status of totoaba juveniles (*Totoaba macdonaldi*). *Comp. Biochem. Physiol. B.*, 170, 18-25.
- Espinosa Acevedo H.M., 2014. Efecto del contenido de proteína de soya en la dieta sobre la hematología y química sanguínea en juveniles de totoaba (*Totoaba macdonaldi*). Universidad Autónoma de Baja California. *Tesis de licenciatura*.
- Davis Jirsa D., Salze D.A., Rhodes P.G., Drawbridge M., 2014. Taurine requirement for juvenile white seabass (*Atractoscion nobilis*) fed soy-based diets. *Aquaculture*, 422-423, 36-41.
- López L.M., Flores-Ibarra M., Bañuelos-Vargas I., Galaviz M.A., True C.D., 2015. Effects of fishmeal replacement by soy protein concentrate with taurine supplementation on growth performance, hematological and biochemical status and liver histology of totoaba juveniles (*Totoaba macdonaldi*). *Fish Physiol. Biochem.*, 41, 921-936.
- Matsunari H., Takeuchi T., Takahashi M.K., Mushiake K., 2005. Effect of dietary taurine supplementation on growth performance of yellowtail juveniles *Seriola quinqueradiata*. *Fisheries Science*, 71, 1131-1135.
- Naylor R.L., Goldberg R.J., Primavera J.H., Kautsky N., Beveridge M.C.M., Clay J., Folke C., Lubchenco J., Mooney H., Troell M., 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, 405, 1017-1024.
- Budi-Satriyo T., López L.M., Galaviz M.A., Salze G., 2016. Evaluation of dietary taurine on blood parameters, somatic indices and liver status of *Totoaba macdonaldi*. World Aquaculture Society, Las Vegas Nevada.
- Trejo-Escamilla I., López L.M., Galaviz M.A., Álvarez-González C.A., True C.D., 2015. Proteína de soya en alimento para juveniles de *Totoaba macdonaldi* y su efecto en el desarrollo productivo y actividad enzimas digestivas *En: Elizabeth Cruz Suárez L., Marie D.R., Tapia Salazar M., Nieto López M.G., Villarreal Cavazos D.A., Guerra M. (Eds). Avances en*



Nutrición Acuícola XIII. Simposio Internacional de Nutrición Acuícola. 11-13 noviembre. Universidad Estatal de Sonora, Hermosillo Sonora México.

Yamamoto T., Suzuki N., Furuita H., Sugita T., Tanaka N., Goto T., 2007. Supplemental effect of bile salts to soybean meal-based diet on growth and feed utilization of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Fish. Sci.*, 73, 123-131.

## AVANCES SOBRE EXPRESIÓN DE ENZIMAS DIGESTIVAS EN JUVENILES DE TOTOABA (*Totoaba macdonaldi*, GILBERT 1890) ALIMENTADOS CON PROTEÍNAS DE ORIGEN VEGETAL

Guijarro Mario\*, Galaviz Mario. A.\*, López Lus. M., García Gasca Alejandra, Hernández Cornejo Rubí, True Conal D.

\*Universidad Autónoma de Baja California (UABC), Facultad de Ciencias Marinas. PO Box 76, Ensenada B.C. 22860, México. E-mail: mguijarro@uabc.edu.mx

\*\*Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Unidad Mazatlán, Avenida Sábalo Cerritos s/n, Mazatlán, Sinaloa 82010, México

### INTRODUCCIÓN

La expresión de enzimas digestivas que son secretadas por el páncreas sufre modificaciones durante el desarrollo y maduración de órganos que forman el sistema digestivo en los peces (Smith, 1989; Peres *et al.*, 1998). Así mismo, la síntesis de estas enzimas puede ser modulada por algunos genes, hormonas y la nutrición de los organismos (Peres *et al.*, 1998). La secreción y el contenido de proteasas, lipasas y amilasas en los organismos, sufren cambios en respuesta a la cantidad de sustratos empleados en la metodología.

La aplicación de las técnicas de la biología celular y molecular durante la nutrición de los juveniles de peces marinos puede ser una herramienta útil, ya que puede ayudar a determinar si los cambios en la cantidad de las enzimas digestivas reflejan el control en el nivel de la transcripción o de traducción de los genes implicados, y para la identificación de genes específicos que participan en la regulación del desarrollo gastrointestinal (Zambonino Infante y Cahu, 2001). En los últimos años, el número de estudios realizados donde llevan a cabo la relación de expresión y actividad de enzimas digestivas en peces han sido escasos, (Douglas *et al.*, 1999; Péres *et al.*, 1998; Srivastava *et al.*, 2002; García Gasca *et al.*, 2006; Galaviz *et al.*, 2015). La regulación de la expresión de enzimas digestivas es especie-específicas y esta modulada por la edad. Por lo tanto, la expresión génica de estas enzimas dependientes de células acinares está regulada por al menos dos señales fisiológicas complejas que son hormonas y dieta. Es por ello que los estudios sobre la expresión de enzimas digestivas en juveniles de peces marinos representan una fuente de información muy importante sobre el funcionamiento de la fisiología digestiva de peces marinos, con el propósito de formular dietas adecuadas durante las diferentes etapas de crecimiento. El objetivo del presente estudio es evaluar el efecto del concentrado proteico de soya sobre la expresión de los genes que codifican para las enzimas

digestivas (tripsina, quimotripsina y pepsina) en intestino, ciegos pilóricos y estómago de juveniles de *Totoaba macdonaldi*.

## METODOLOGÍA

Se realizó un bioensayo en un sistema semicerrado en condiciones controladas donde se tuvieron juveniles de *Totoaba* alimentados por un tiempo de 3 meses con 3 dietas experimentales las cuales fueron: HP (harina de pescado), CPS 30% y CPS 45%. Al final del experimento 3 peces pertenecientes a cada dieta fueron sacrificados para extraer los tejidos de interés (estómago, ciegos pilóricos e intestinos), los tejidos fueron fijados en buffer RNA *later* para una buena conservación y evitar degradación del ARN (Tabla 1).

Tabla 1. Relación entre el número de muestra, tejido y dieta.

Muestra	Tejido	Tratamiento
1	Intestino	CPS 30% (A)
2	Intestino	CPS 30% (B)
3	Intestino	CPS 45% (A)
4		CPS 45% 0.9
	Intestino	taurina (A)
5	Intestino	CPS 0 % (A)
6	Estómago	CPS 30%
7		CPS 30% 0.9
	Intestino	taurina
8	Ciegos pilóricos	CPS 30%
9	Intestino	CPS 0% (B)
10		CPS 45% 0.9
	Intestino	taurina (B)
11	Estómago	CPS 0%
12	Intestino	CPS 45% (B)

El análisis molecular se realizó según la metodología descrita por García- Gasca *et al.* (2006). El ARN total fue extraído de tejido de intestino usando reactivo Trizol (Invitrogen), seguido por dos tratamientos de DNAsa RQ1 (promega) para eliminar completamente el ADN genómico. La síntesis de ADN complementario se llevó a cabo con 5 µg de ARN total y la enzima transcriptasa reversa M-MLV (Promega) en presencia de random primers.

*PCR Cuantitativo (qPCR).*

La expresión de genes de tripsina, quimotripsina, fosfatasa alcalina y 18s ribosomal fue cuantificada de manera relativa con un termociclador de tiempo real CFX96 BIORAD usando

SYBER GREEN®. Las muestras de ADN complementario de Totoaba de los diferentes tratamientos fueron analizadas por triplicado y se utilizó como control interno el gen 18s ribosomal (los primers para qPCR se muestran en la Tabla 4). Las reacciones de PCR se realizaron bajo las siguientes condiciones: 95 °C por 2.5 minutos, y 40 ciclos a 95 °C por 30s, 60 °C por 30s y 72 °C por 30s. La elaboración de la curva estándar de cada uno de los genes se realizó por medio de diluciones en serie del ADN complementario amplificado en PCR punto final con los primers de tripsina, quimotripsina, fosfatasa alcalina y 18s ARN ribosomal. Se utilizaron los valores del ciclo umbral (CT) y el número de copias en escala logarítmica (log copy number) obtenidos del análisis de dilución serial para realizar un análisis de regresión lineal y calcular cada una de las curvas estándar.

Para el cálculo del número de copias (C0) en muestras no conocidas se empleó el modelo de regresión lineal:

$$y = a + b (CT)$$

Donde:

y= nivel de expresión de cada gen, a= intercepto, b= pendiente de la curva estándar y CT= ciclo umbral.

Finalmente para normalizar la C0 de cada muestra se dividió la C0 de cada uno de los genes por el C0 de 18s rRNA y por último cada muestra normalizada se dividió por el calibrador que en este caso fue la muestra de la dieta control.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados son presentados como media  $\pm$  error estándar. La normalidad de los datos fue determinada por la prueba de Kolmogorov-Smirnov test y la homocedasticidad con la prueba de Levene. Se realizó un análisis de varianza de una vía (ANOVA) para procesar los resultados, seguida de una prueba de Tukey de comparaciones múltiples para comparar el comportamiento de las dietas (HP, CPS 30% y CPS 45%). Todos los análisis se llevaron a cabo usando el programa Sigma Stat versión 3.5 y se empleó un nivel de significancia de 0.05.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

Hasta el momento se cuentan con resultados preliminares de expresión de 18s ribosomal, tripsina, quimotripsina y pepsina de PCR punto final.

El ARN mensajero del gen 18s ribosomal se detectó en todas las muestras analizadas del presente estudio sin importar la dieta suministrada a los organismos. El gen 18s ribosomal es utilizado comúnmente en diversos estudios como gen constitutivo o bien llamado gen de referencia, ya que en teoría su nivel de expresión no cambia con respecto alguna variable (Figura 1).

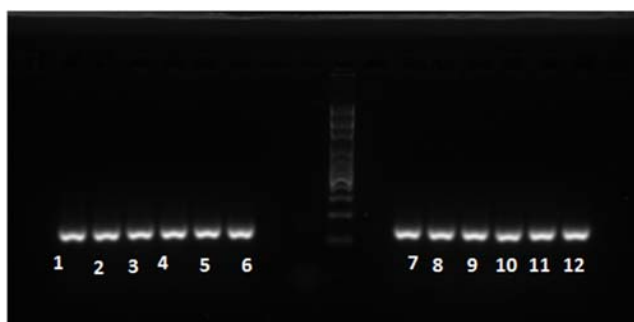


Figura 1. Amplificación por PCR punto final para el gen 18s ribosomal (gen constitutivo) en muestras de intestino, ciegos pilóricos y estómago de juveniles de totoaba.

El ARN mensajero de tripsina no se detectó en ninguno de los tejidos muestreados (intestino, estómago, ciegos pilóricos) del presente estudio. Es probable que tripsina en juveniles de totoaba no sea tan importante en esta etapa de desarrollo y crecimiento de esta especie, por lo cual otras enzimas como quimotripsina quien es desencadenada de tripsina sea la que esté realizando la digestión de proteínas en esa etapa (Figura 2A). Al comparar los niveles de expresión de quimotripsina con respecto a tripsina se puede observar que este gen tiene niveles más elevados con respecto a tripsina, observándose que la expresión del gen en los juveniles de totoaba se expresa en todos los tratamientos (HP, CPS 30 y 45%), aunque de manera menos clara en el tratamiento con 45% de CPS en la dieta (Figura 2B). Estos resultados coinciden con los reportados por Galaviz *et al.* (2015), en un estudio similar al presente, donde se evaluó el nivel de expresión de tripsina, quimotripsina y fosfatasa alcalina en juveniles de totoaba alimentados con dietas a diferentes niveles de CPS por HP. El CPS y la harina de soya son ingredientes que contienen factores antinutricionales los cuales anulan la actividad de algunas de estas enzimas. La respuesta fisiológica que se podría generar en los organismos que consumen dietas formuladas con estos factores son pancreatitis e hipertrofia pancreática los cuales han sido ampliamente relacionados con el uso de productos de la soya (Hardy, 2002; Hardí *et al.*, 2011.). Su mecanismo de acción es inhibir la actividad de enzimas proteolíticas, principalmente tripsina y quimotripsina los cuales se unen a la enzima blanco (tripsina y en menor medida quimotripsina) formando complejos estequiométricos estables lo que en consecuencia inhiben su actividad.



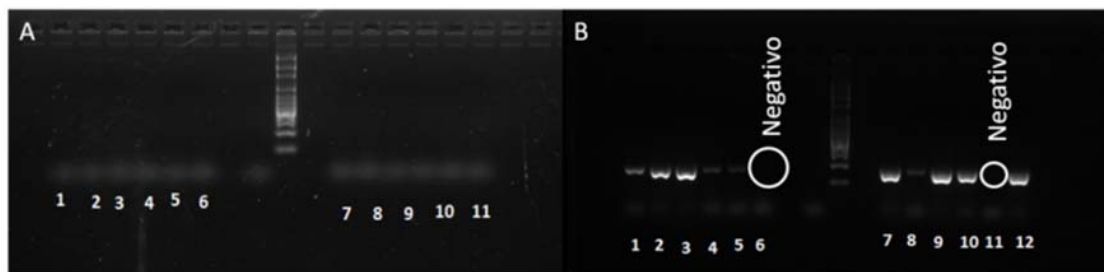


Figura 2. Amplificación por PCR del gen tripsina (A) y quimotripsina (B) en muestras de intestino, ciegos pilóricos y estómago de juveniles de totoaba. En la figura B, negativo significa que no se encontró expresión del gen de quimotripsina en muestras de estómago.

El gen de la pepsina se pudo observar que se expresa en muestras de estómago como se esperaba, sin embargo, el nivel de expresión fue mayor en el tratamiento con HP, mientras que en la dieta CPS 30% presentó un nivel muy tenue de expresión (Figura 3). Así mismo, también se logró observar una ligera expresión en los ciegos pilóricos de este mismo gen.

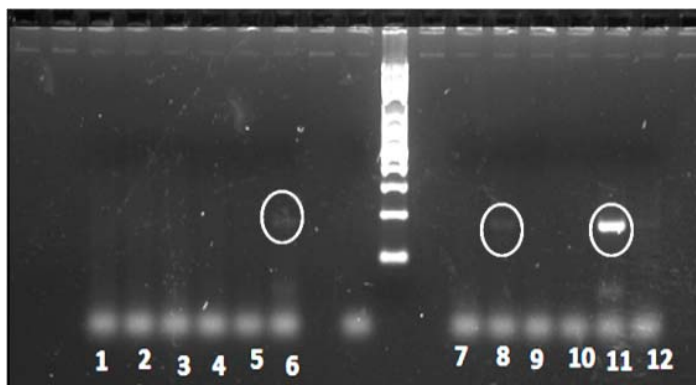


Figura 3. Amplificación por PCR punto final del gen pepsina en muestras de intestino, ciegos pilóricos y estómago de juveniles de *Totoaba macdonaldi*. Círculo en la muestra número 6 exhibe bajo nivel de expresión en muestras de estómago del tratamiento con CPS 30%, mientras que el círculo en la muestra 8 revela bajo nivel de expresión en muestras de ciegos pilóricos.

El gen de fosfatasa alcalina no reveló niveles de expresión en muestras de Intestino con 0% de SPC (dieta control) al igual que en muestras de estómago 0% y 30% SPC, sin embargo, en muestras de intestinos con 30% y 45% de SPC se exhibió un buen nivel de expresión.

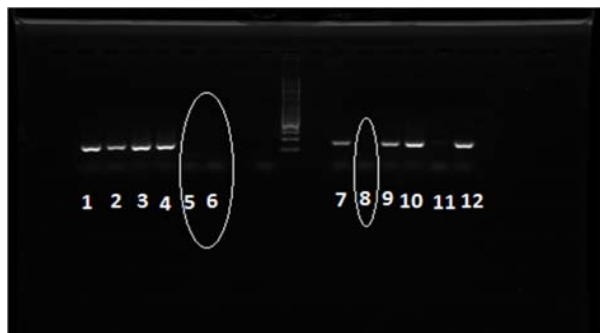


Figura 4. Amplificación por PCR punto final del gen fosfatasa alcalina en muestras de intestino, ciegos pilóricos y estómago de juveniles de *Totoaba macdonaldi*. Círculo en las muestras 5 (Intestino 0%), 6 (estómago 30%) y 8 (ciegos pilóricos 30%) revelan que no hubo niveles de expresión de este gen, sin embargo, la muestra número 11 (estómago 0%) presenta una expresión muy tenue, no obstante, las demás muestras si exhibieron un buen nivel de expresión correspondientes a 30% y 45% de SPC.

Aún se sigue trabajando en el procesamiento de las muestras en qPCR para obtener la cuantificación del nivel de expresión de estos genes en muestras de los diferentes tejidos de juveniles de totoaba alimentados con diferentes niveles de CPS en la dieta y poder obtener una conclusión más clara al respecto del uso del CPS en dietas para peces marinos y su efecto sobre el nivel de expresión de enzimas digestivas claves en la digestión de proteínas.

## REFERENCIAS

- Douglas S.E., Gawlicka A., Mandlam S., Gallant J.W., 1999. Ontogeny of the stomach in winter flounder: characterization and expression of the pepsinogen and proton pump genes and determination of pepsin activity. *Journal of Fish Biology*, 55, 897-915.
- García-Gasca A., Galaviz M., Gutiérrez J.N., García-Ortega A., 2006. Development of the digestive tract, trypsin activity and gene expression in eggs and larvae of the bullseye puffer fish *Sphoeroides annulatus*. *Aquaculture*, 256, 366-376.
- Galaviz M.A., López L.M., García-Gasca A., Álvarez-González C.A., True C.D., Gisbert E., 2015. Digestive system development and study of acid and alkaline protease digestive capacities using biochemical and molecular approaches in totoaba (*Totoaba macdonaldi*) larvae. *Fish Physiology and Biochemistry*, 41, 1117–1130.
- Galaviz M.A., López L.M., Trejo-Escamill I., Pérez-Arvizu P., García-Gasca A., Hernández-Cornejo R., Álvarez-González C.A., True C.D., 2015. Avances en estudios sobre expresión y actividad de enzimas digestivas en juveniles de totoaba (*Totoaba macdonaldi*, Gilbert 1890) alimentados con proteínas de origen vegetal. *En: Cruz Suárez L.E., Marie D.R., Tapia Salazar M., Nieto López M.G., Villarreal Cavazos D.A., Guerra M. (Eds). Avances en Nutrición Acuícola XIII. Simposio Internacional de Nutrición Acuícola. 11-13 noviembre. Universidad Estatal de Sonora, Hermosillo Sonora México.*

- Hardy R., 2002. Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*. In: Webster D.C., Lim C. (Eds.), Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. CABI Publishing. 184-203p.
- Hardy R.W., Gatlin-III D.M., Bureau D.P., D'Abramo L.R., Davis D.A., Halver J.E., Krogh A., Médale F., Shiao S.Y., Tocher D.R., 2011. Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. Washington, D.C. The National Academies Press, 376pp.
- Péres A., Zambonino Infante J.L., Cahu C., 1998. Dietary regulation of activities and mRNA levels of trypsin and amylase in sea bass *Dicentrarchus labrax* larvae. *Fish Physiol Biochem*, 19, 145–152.
- Smith L., 1989. Digestive Functions in Teleost Fishes. In: Fish Nutrition. Halver J. (Ed.) Academic Press, Inc. London. 332-422pp.
- Srivastava A., Kurokawa T., Suzuki T., 2002. mRNA expression of pancreatic enzyme precursors and estimation of protein digestibility in first feeding larvae of the Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* 132, 629-635.
- Zambonino-Infante J.L., Cahu C.L., 2001. Ontogeny of the gastrointestinal tract of marine fish larvae. *Comparative Biochemistry and Physiology C*, 130, 477-487.

## **DIETAS PARA TRUCHA ARCOIRIS (*Oncorhynchus mykiss*) CON PROTEÍNA DE ORIGEN VEGETAL**

**Hernández Hernández Luis Héctor\*, Fernández Araiza Mario Alfredo,  
Angeles López Omar, Sánchez Ávila Daniel**

\*Laboratorio de Producción Acuícola (Acuario), UNAM FES Iztacala, Av. de los Barrios 1, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México, México, C.P. 54090. Correo electrónico: luish3@yahoo.com

### **INTRODUCCIÓN**

La trucha arco (*Oncorhynchus mykiss*) es una de las especies importantes para la acuicultura en México, con un crecimiento promedio anual de 3.9% durante la última década (CONAPESCA 2012). El cultivo de esta especie tiene potencial de crecer aún más, si se atienden algunos aspectos relacionados con el cultivo. Particularmente, el alimento balanceado se considera un nodo detonante para la producción trutícola en el país: es el insumo básico para el desarrollo y crecimiento de los organismos, además de que representa el 50% de los gastos de producción (García-Mondragón *et al.*, 2013).

En el país, las dietas comerciales para trucha aun dependen de la harina y el aceite de pescado como fuentes de proteína y lípidos, respectivamente. Aunque se considera que la producción de ambos insumos se mantendrá estable en los próximos años, se espera que la demanda a nivel internacional supere a la oferta. Por tanto, en el futuro, el uso de dietas con una base en productos de pescado será caro y prácticamente no sustentable (Hardy, 2010). La industria acuícola internacional ha reconocido por algunos años la necesidad de sustituir la harina y el aceite de pescado en las dietas para organismos acuáticos. Productos de origen vegetal se han propuesto como una alternativa económica y amigable con el ambiente, generando cada vez mayor investigación a nivel global sobre su uso (Gatlin *et al.*, 2007). En México y pesar de la importancia del cultivo de la trucha arco iris, se han realizado solo unos pocos estudios sobre el uso de proteínas y lípidos de origen vegetal en la formulación de dietas. Por ello, en el Laboratorio de Producción Acuícola de la UNAM se han desarrollado diferentes formulaciones con proteínas de origen vegetal y se han probado en crías y juveniles de trucha. El objetivo del presente trabajo es presentar los últimos resultados de la investigación realizada con diferentes fuentes vegetales y su efecto en el crecimiento y respuestas metabólicas de trucha arco iris.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se presentan los resultados de tres pruebas de alimentación: en la primera prueba se utilizaron dietas formuladas con concentrado de proteína de soya (CPS) al 75% de la porción de la proteína, para el 25% se utilizó harina de pescado. Además, se realizaron sustituciones del 25 (SPC-25), 50 (SPC-50) y 75% (SPC-75) del aceite de pescado con una mezcla de aceites de soya y de linaza. Durante la segunda prueba se utilizó una dieta con aislado de proteína de soya y polvo de *Spirulina* como fuentes de proteína y la adición de diferentes concentraciones de taurina y metionina [total 10 g por kg de dieta, en proporciones de 0/10 (T0/M100), 2.5/7.5 (T25/M75), 5.0/5.0 (T50/M50), 7.5/2.5 (T75/M25) y 0/10 (T100/M0), respectivamente]. En la tercera prueba, se utilizó también aislado de proteína de soya con una sustitución parcial del 75 y 90% de la harina de pescado. Cabe señalar que, en esta prueba, se utilizaron organismos de dos localidades: de una granja privada y de un centro nacional de producción acuícola.

Las pruebas tuvieron una duración mínima de 70 días, al final de las cuales se determinó el crecimiento y se obtuvieron las muestras para los análisis respectivos. Los datos obtenidos se analizaron con un ANDEVA de una vía para las dos primeras pruebas, mientras que los obtenidos en la tercera prueba se analizaron con un ANDEVA de dos variables.

## RESULTADOS

El uso de proteínas de origen vegetal utilizadas en estas pruebas no tuvo un efecto negativo en el crecimiento de las crías de trucha arco iris utilizadas. La ganancia en peso (GP) y la tasa de crecimiento específico (TCE) de los organismos alimentados con el CPS y las diferentes sustituciones del aceite de pescado se muestran en el Cuadro 1 y no se observaron diferencias significativas con respecto a un grupo control con 100% de aceite de pescado. En la Figura 1, se muestra el contenido de lípidos totales en el hígado y músculo y no se observaron diferencias significativas.

Cuadro 1. Crecimiento de crías de trucha arco iris (peso inicial  $0.74 \pm 0.05$  g) alimentadas con dietas con concentrado de proteína de soya y diferentes concentraciones de una mezcla de aceites vegetales.

Dietas	GP (%) <sup>1</sup>	TCE (%/día)
SPC-25	821 ± 63	3.0 ± 0.1
SPC-50	907 ± 23	3.1 ± 0.03
SPC-75	932 ± 32	3.2 ± 0.04
SPC-C	897 ± 45	3.1 ± 0.07



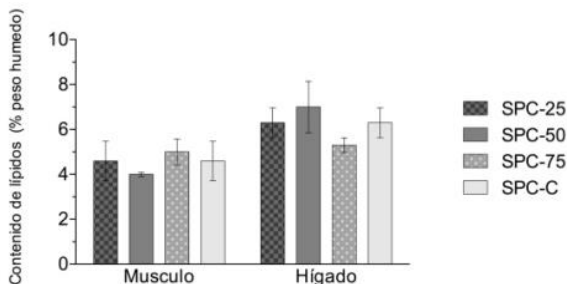


Figura 1. Contenido de lípidos totales en musculo e hígado de crías de trucha arco iris alimentadas con dietas con concentrado de proteína de soja y diferentes concentraciones de una mezcla de aceites vegetales

La GP y la TCE de las crías alimentadas con las diferentes concentraciones de taurina: metionina se muestran en el Cuadro 2. Se observó una tendencia de valores más altos conforme aumento la concentración de taurina hasta  $7.5 \text{ g kg}^{-1}$  (dieta T75/M25). Posteriormente, se observó un decremento en dichos valores. La capacidad antioxidante en el hígado y la actividad explosiva de los macrófagos del riñón se muestra en la Figura 2. Se observa una tendencia similar que en el crecimiento, es decir, valores cada vez más altos conforme aumento la concentración de taurina en la dieta, hasta un nivel de  $7.5 \text{ g kg}^{-1}$ .

Cuadro 2. Crecimiento de crías de trucha arco iris (peso inicial  $0.54 \pm 0.1 \text{ g}$ ) alimentadas con dietas con aislado de proteína de soja y polvo de *Spirulina*, así como diferentes concentraciones de taurina y metionina. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

Dietas	WG (%)	SGR (% día <sup>-1</sup> )
T0/M100	$177 \pm 21a$	$1.4 \pm 0.1a$
T25/M75	$243 \pm 26a$	$1.7 \pm 0.1b$
T50/M50	$313 \pm 25b$	$2.0 \pm 0.08bc$
T75/M25	$359 \pm 27b$	$2.1 \pm 0.09c$
T100/M0	$181 \pm 20a$	$1.5 \pm 0.09a$
T0/M0	$232 \pm 19a$	$1.2 \pm 0.06a$
Comercial	$302 \pm 30b$	$1.9 \pm 0.1bc$

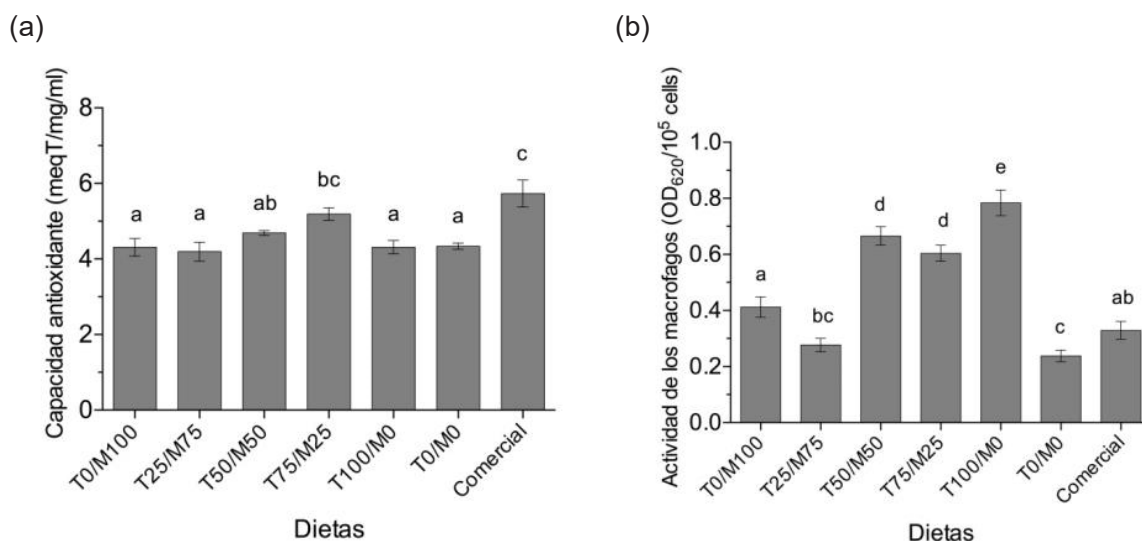


Figura 2. Capacidad antioxidante de los hepatocitos (a) y actividad explosiva de los macrófagos de los riñones (b) de crías de trucha arco iris alimentadas con dietas con aislado de proteína de soja y polvo de *Spirulina*, así como diferentes concentraciones de taurina y metionina. Letras diferentes de las columnas indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

Finalmente, el crecimiento de las crías de dos localidades con las dietas con APS en dos concentraciones, se muestra en el Cuadro 3. Se observó que independientemente del origen, las crías crecieron mejor con la dieta con 75% de APS. En la Figura 3 se muestra la concentración de la hormona de crecimiento (GH) en hígado y suero; no se observó una tendencia en el contenido de esta hormona con respecto a los tratamientos o el origen de los organismos.

Cuadro 3. Crecimiento de crías de trucha arco iris (peso inicial  $0.29 \pm 0.01$  g) de dos localidades, el Centro de Producción Acuícola El Zarco (tratamiento Z) y de la granja privada de Tres Piedras (T) y alimentadas con dietas con aislado de proteína de soja en dos concentraciones.

Tratamiento	GP (%)	TCE (%/día)
Z75	1589 $\pm$ 179	1.4 $\pm$ 0.2
Z90	1090 $\pm$ 67	1.3 $\pm$ 0.2
ZControl	1665 $\pm$ 461	1.5 $\pm$ 0.1
T75	1798 $\pm$ 271	1.4 $\pm$ 0.1
T90	1151 $\pm$ 434	1.3 $\pm$ 0.2
TControl	1313 $\pm$ 482	1.4 $\pm$ 0.2

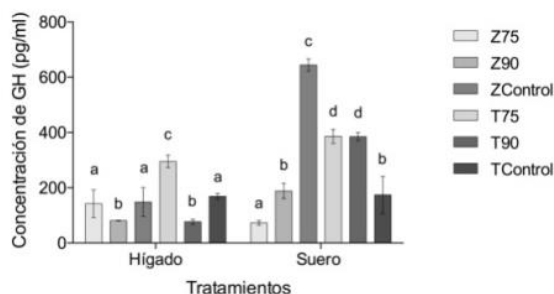


Figura 3. Concentración de GH en hígado y suero de crías de trucha arco iris (peso inicial  $0.29 \pm 0.01$  g) de dos localidades, el Centro de Producción Acuícola El Zarco (tratamiento Z) y de la granja privada de Tres Piedras (T) y alimentadas con dietas con aislado de proteína de soya en dos concentraciones.

## CONCLUSIONES

Los datos obtenidos en las pruebas de alimentación indican que proteínas de origen vegetal pueden utilizarse en dietas para trucha arco iris. Cuando se utilizan como única fuente de proteína, las dietas deben de ser suplementadas con aminoácidos, particularmente con metionina y taurina. Ambos compuestos están presentes en la harina de pescado y como se observó, son importantes en diferentes procesos metabólicos. Cuando se utilizan como fuente parcial de la porción de la proteína, los organismos muestran un crecimiento mayor que los alimentados con dieta comercial.

El desarrollo de mejores formulaciones, así como el uso de nuevos ingredientes representa nuevas oportunidades de investigación. Así mismo, nuevas tecnologías como la expresión de genes mediante q-PCR permiten entender con mayor claridad el efecto de nutrientes o ingredientes a nivel genético, además de establecer marcadores genéticos que permitan la selección de individuos para la creación de una línea de trucha.

## REFERENCIAS

- CONAPESCA, 2012. Anuario estadístico de acuicultura y pesca 2011. CONAPESCA. México. 306pp.
- García-Mondragón D., Gallego-Alarcón I., Espinoza-Ortega A., García-Martínez A., Arriaga-Jordán C.M., 2013. Desarrollo de la producción de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en el Centro de México. *Revista AquaTIC*, 38, 46-56.
- Gatlin D.M., Barrows F.T., Brown P., Dabrowski K., Gaylord T.G., Hardy R.W., Herman E., Hu G.S., Kroghdahl Å., Nelson R., Overturf K., Rust M., Sealey W., Skonberg D., Souza E.J., Stone D., Wilson R., Wurtele E., 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquaculture Research*, 38, 551-579.
- Hardy R.W., 2010. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. *Aquacult. Res.*, 41, 770-776.

## AVANCES E IMPLICACIONES EN LA PRODUCCIÓN DE JUVENILES DE PECES MARINOS: *Ocyurus chrysurus*, *Centropomus undecimalis*, *Lutjanus guttatus*

Ibarra-Castro Leonardo\*

\*Laboratorio de Reproducción y Planta Piloto de Peces Marinos, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), Avenida Sábalo-Cerritos s/n, Mazatlán, A.P. 711. Sinaloa, 82010, México. leonardo.ibarra@ciad.mx; leobeis@hotmail.com

### INTRODUCCIÓN

Es claro que a nivel mundial hay una demanda de proteína animal de calidad. Por lo tanto, se tiene la necesidad de nuevas alternativas de producción. La acuicultura es la actividad productiva que más ha crecido en los últimos años. Esta actividad, ha logrado la transición de bajas producciones de cultivos para hacerlos más intensivos, hasta llegar a cantidades industriales (aumenta en una tasa anual del 6.2%). En el 2012, la producción de peces marinos por cultivo representó el 12.6% de la producción piscícola mundial, que correspondió al 26.9% del valor total de la producción de ese año (FAO, 2014).

El grupo de peces más ampliamente cultivado en el ámbito mundial son: carpas, tilapias, bagres y salmón. Lo anterior puede deberse a que son relativamente fáciles de cultivar ya que actualmente hay tecnologías para su cultivo, las cuales se encuentran ampliamente desarrolladas. Por otro lado, los peces marinos se consideran difíciles de cultivar y de reproducirse en cautiverio. Es en países asiáticos y europeos donde se ha logrado el desarrollo de tecnologías de cultivo de peces marinos. Principalmente estos dos países cubren cerca del 90% de la producción de los peces marinos que son comercializados en todos los continentes (FAO, 2014). América Latina se encuentra muy distante de Europa y Asia en la producción de peces marinos, debido a una serie de problemas; desde una mala selección de especies (especies con lento crecimiento) hasta falta de programas de desarrollo a largo plazo, que permitan la generación de paquetes tecnológicos de producción confiable. Dichos problemas, se caracterizan porque los sectores involucrados (investigación, gobierno, social y privado) plantean diferentes objetivos, lo que limita el alcanzar una meta común.

México, no es ajeno a los anteriores problemas, sin embargo, se han logrado avances significativos en el desarrollo de las tecnologías de producción para varias especies marinas. *Ocyurus chrysurus* (pargo canané, yellowtail snapper), es una especie tropical muy común en la

pesca comercial y deportiva del Caribe y Golfo de México (Munro *et al.*, 1973; Turano, *et al.*, 2000). Dicha especie ha sido recomendada para producción acuícola (Watanabe *et al.*, 2005), con fines de engorda comercial o repoblamiento de zonas sobre-explotadas. En los últimos años esta especie se ha producido y llevado hasta un tamaño comercial, a través de un programa que inicio en la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación (UMDI-Sisal), UNAM (Sánchez-Zamora, datos no publicados; Gutierrez-Sigeros, en revisión). Por otro lado, *Centropomus undecimalis* (Bloch) (robalo blanco, Common snook), es de las especies más grandes con potencial acuícola en el Atlántico Occidental y de las que presentan más rápido crecimiento, además de poseer alto valor para la pesca comercial y deportiva de todo el Golfo de México (Tucker, 2005). Esta es una especie con alto potencial para acuicultura comercial, así como para repoblamiento de las zonas que presentan sobrepesca (Brennan *et al.*, 2008; Tucker, 2005). Al igual que el pargo canané, el robalo blanco está siendo objeto de estudio en UMDI-Sisal y se han tenido avances en la producción de juveniles (Ibarra-Castro *et al.*, 2011a). Finalmente, *Lutjanus guttatus*, (pargo lunarejo, spotted rose snapper) es parte importante de las pesquerías de las costas del Océano Pacífico y pertenece a la familia Lutjanidae. El pargo lunarejo, es el objetivo de trabajo de varios centros de investigación ubicados en las costas del Océano Pacífico de México y Centroamérica, por el potencial que representa para maricultura (Cano, 2003; Boza-Abarca *et al.*, 2008; Ibarra-Castro y Duncan, 2007; Ibarra-Castro *et al.*, 2008; Ibarra-Castro y Alvarez-Lajonchère, 2009, 2011b, 2012a; Herrera-Ulloa *et al.*, 2010; Ibarra-castro *et al.*, 2012b). Al igual que otras especies de peces marinos de importancia comercial son iteroparos gonocóricos y presentan fertilización externa sin cuidado paternal. Las tres especies mencionadas con anterioridad presentan un desarrollo ovárico asincrónico con presencia simultánea de ovocitos en todos los estados de desarrollo. La distribución de tamaños de ovocitos en sus gónadas es continua, excepto en el momento del desove, donde pueden sobresalir por su tamaño, los ovocitos al inicio del proceso de hidratación; pero es más frecuente encontrar modas sucesivas que inician en crecimiento primario y que alcanzan vitelogénesis completa, ya que la hidratación es un proceso relativamente corto y difícil de observar. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo, es mostrar los avances en la producción de juveniles de tres especies de peces marinos de importancia comercial en México, así como las implicaciones durante su proceso.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Reproductores**



Para las tres especies, los reproductores se mantienen en condiciones naturales de fotoperiodo y temperatura en las instalaciones de UMDI-Sisal y CIAD-Unidad Mazatlán. Para mantenimiento y reproducción, se usan tanques de 18 m<sup>3</sup> y 12 m<sup>3</sup> con un flujo de 6-8 volúmenes al día y con una fuerte aireación (60 L min<sup>-1</sup> a 0.17 barómetros de presión). Se alimentan con una dieta fresca-congelada compuesta por pescado oleaginoso, barrilete, calamar, harina comercial INVE, complementos vitamínicos (0.3% de vitamina C, 0.1 vitamina E) y 6% de aceite de Menhaden. Los reproductores se alimentan cada tercer día a razón del 3% del peso corporal. Las técnicas de muestreo del desarrollo gonadal, inducción al desove, manejo de huevos e incubación están descritas en Ibarra-Castro y Duncan (2007), Ibarra-Castro *et al.* (2011a), Ibarra-Castro y Alvarez-Lajonchère (2009; 2011b), Ibarra-Castro *et al.* (2012a) e Ibarra-Castro *et al.* (2012b).

### **Producción de alimento vivo (rotíferos)**

En el caso de producción del pargo canané y robalo, los procedimientos de cultivo de alimento vivo están descritos en Ibarra-Castro *et al.* (2011a). Brevemente, los rotíferos se cultivan usando alimento comercial Selco 3000® (INVE Aquaculture Inc., Mazatlán, México), con una tasa de alimentación de 0.3 mg por millón de rotíferos y en un sistema batch de cuatro días. Los rotíferos cosechados se enriquecen por 18 h con Protein Selco Plus® (INVE Aquaculture Inc.) a 0.3–0.36 g l<sup>-1</sup> × 10<sup>6</sup>. Complementando la alimentación con nauplios y metanauplios de artemia (Great Salt Lake, INVE Aquaculture, Inc., Mazatlán, México), enriquecidos con DC DHA Selco® (INVE Aquaculture Inc., Mazatlán, México) por 18 h. Para la producción de pargo lunarejo se usó un sistema de Batch de tres y cuatro días durante la temporada de producción del 2011. Para las temporadas del 2012-2014, se implementó un sistema de producción semi-continuo con cosechas parciales diarias del 15 al 25%. Los rotíferos, nauplios y metanauplios de artemia fueron enriquecidos como se describió previamente para pargo canané y robalo.

### **Cultivo de larvas**

En general el protocolo de cultivo larvario fue muy similar para las tres especies. A partir del día 2 Post-eclosión (PE) se añaden 10 rotíferos mL<sup>-1</sup> hasta el día 7. Posterior al día 7, se mantienen a una densidad de 20 rotíferos mL<sup>-1</sup> hasta el día 16 PE. A partir del día 17 se reduce la cantidad de rotíferos a 15 rotíferos mL<sup>-1</sup> hasta el día 20. Del día 21 al 25 se disminuye gradualmente la cantidad de rotíferos hasta eliminarlos completamente. Los nauplios de Artemia se adicionan desde el día 14 hasta el día 16. Del día 17 al destete (día 35), se alimenta con metanauplios de Artemia enriquecida, manteniendo una densidad promedio de 2 individuos

mL<sup>-1</sup>. El alimento balanceado de acuerdo al tamaño de las larvas es suministrado a partir del día 12 en adelante.

## **RESULTADOS**

En condiciones de cautiverio, el pargo canané desova de manera natural o bajo inducción hormonal. Se pueden obtener desoves por tres o cinco días continuos y un lote de 5 hembras y 8 machos puede desovar entre 300,000 a 700,000 huevos por desove. El porcentaje de huevos flotantes varía del 80 al 96%, con porcentaje de fertilización promedio del 90%. El diámetro promedio del huevo es 800 µm, con un diámetro promedio de la gota de aceite de 130 µm. El periodo del desarrollo embrionario a 27 °C es de 18 h, y se obtiene un promedio de eclosión del 85% con una supervivencia de larvas a la apertura de la boca del 50%. Generalmente se incuba un promedio de 200 h L<sup>-1</sup> para obtener un promedio de 100 larvas L<sup>-1</sup> a la primera alimentación. Los juveniles son cosechados entre 40 y 50 días después del inicio del cultivo larval. Se han logrado cosechar más de 250,000 juveniles en una temporada de producción, con un peso de 1 g, una longitud total entre 3 a 5 cm y un promedio de supervivencia del 15% a partir de la primera alimentación.

En condiciones de cautiverio, el robalo blanco solo desova bajo inducción hormonal. Las hembras requieren tener un diámetro promedio necesario para realizar la inducción de 400 µm y puede administrarse una dosis promedio de LHRHa de 120 µg kg<sup>-1</sup>. Mientras que en machos puede usarse una dosis promedio de LHRHa de 80 µg kg<sup>-1</sup>. La mejor respuesta a la inducción puede darse entre 30 y 38 h post-inducción hormonal. Se pueden obtener desoves por tres días continuos. Una hembra de 6 kg puede desovar entre 300,000 a 1,000,000 de huevos por desove. El porcentaje de huevos flotantes varía del 0 al 80%. El diámetro promedio del huevo es 690 µm, con un diámetro promedio de la gota de aceite de 190 µm. El periodo del desarrollo embrionario a 27.5 °C es de 16 h, se obtiene un promedio de eclosión del 90% y una supervivencia de larvas a la apertura de la boca del 40%. Generalmente se incuba un promedio de 40 h L<sup>-1</sup>. Los juveniles son cosechados 45 días después del inicio del cultivo larval. Se han logrado cosechar 70,000 juveniles en una simple corrida de producción, con un peso de 0.07 g, y una longitud total de 2.8 mm y un promedio de supervivencia del 50% a partir de la primera alimentación.

En condiciones de cautiverio, el pargo lunarejo desova de manera natural o bajo inducción hormonal si es necesario. Se pueden obtener desoves por tres o cinco días continuos y un lote de 7 hembras y 15 machos puede desovar entre 300,000 a 1,300,000 huevos por desove. El porcentaje de huevos flotantes varía del 70 al 90%, con porcentaje de fertilización promedio del

90%. El diámetro promedio del huevo es 760  $\mu\text{m}$ , con un diámetro promedio de la gota de aceite de 115  $\mu\text{m}$ . el periodo del desarrollo embrionario a 30 °C es de 20 h, se obtiene un promedio de eclosión del 95% y una supervivencia de larvas a la apertura de la boca del 65%. Generalmente se incuba un promedio de 200 h  $\text{L}^{-1}$  para obtener un promedio de 100 larvas  $\text{L}^{-1}$  a la primera alimentación. Los juveniles son cosechados entre 33 y 45 días después del inicio del cultivo larval. Se han cosechado más de 1,000,000 juveniles en cuatro temporadas de producción, con un peso de 5-10 g, y un promedio de supervivencia del 14% a partir de la primera alimentación, para las cuatro temporadas de producción.

## DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

La producción sostenida de juveniles de peces marinos en la cantidad y calidad necesaria, durante todo el año, es el primer aspecto que debe dominarse para desarrollar una industria estable en el campo de la maricultura. Controlar la reproducción en cautiverio, cultivo de alimento vivo, cultivo larvario y pre-engorda son las etapas que deben conjuntarse para que se den las producciones masivas de juveniles. Los resultados muestran que es posible alcanzar altas producciones de juveniles. Sin embargo, los diferentes proyectos realizados muestran que aún hay una serie de problemas por solucionar. En la producción de juveniles: debido a la falta de producción de insumos nacionales de alta calidad, es necesario el ajuste de aranceles en la importación de insumos (pasta de microalgas, alimento balanceado para larvas, artemia, enriquecedores de rotíferos y artemia, hormonas para la inducción a la maduración, ovulación y desove, entre otros), que permitan costos de importación que no repercutan de forma directa en el costo por juvenil producido. En el proceso de engorda: a la fecha, se han evidenciado tres problemas directos, jaulas para engorda que soporten las condiciones oceanográficas del Océano Pacífico así como redes de mayor calidad, logística de manejo y control en las jaulas y la falta de dietas de calidad, diseñadas específicamente para cubrir los requerimientos nutricionales de las diferentes especies de peces marinos, a un costo accesible para el productor.

Actualmente, en México existe un interés creciente en la diversificación de la acuicultura. Los problemas suscitados en la camaronicultura en los últimos 5 años, han dirigido las expectativas de producción hacia la piscicultura marina. Como avance: se tiene que del 2011-2014 con estas tres especies, se puede asumir que se han dado los primeros pasos para llevar la producción de juveniles a una escala piloto comercial. Lo anterior a permitido hacer pruebas de engorda en Yucatán y Veracruz (Golfo de México). Mientras que, en el Pacífico Mexicano se han desarrollado pruebas de engorda en jaulas flotantes en los estados de Baja California Sur,

Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca. Estos cuatro años se ha trabajado con base a las necesidades del sector y desarrollando proyectos productivos en estrecha colaboración con CONAPESCA. Los cuatro ejes en conjunto (gobierno, investigación, sector social y sector privado) tomaron decisiones en la planeación de producción anual de juveniles y sitios de engorda. Desde las primeras experimentaciones en el cultivo de peces marinos, hasta el diseño, construcción y operación de la planta piloto de CIAD-Mazatlán, se ha tenido como objetivo central el establecer y mejorar protocolos de cultivo (reproductores, alimento vivo, larvas y juveniles) para lograr un sistema viable y rentable en la producción masiva de juveniles, señalando los juveniles como la semilla fundamental para el desarrollo de la maricultura de peces marinos. CIAD-Unidad Mazatlán ha pasado de lo experimental y científico, a la producción piloto-comercial del pargo lunarejo, permitiendo a su vez las actividades de engorda en diferentes estados del Pacífico Mexicano. En estos cuatro años se ha creado toda una infraestructura para la producción masiva de juveniles de peces marinos y estuarinos, que en los últimos dos años, por cambios en la administración gubernamental y cambio de prioridades, se encuentra en pausa replanteando objetivos con nuevas especies.

En conclusión, el cultivo de peces marinos en México enfrenta como principal reto el desarrollo de protocolos de cultivos larvarios masivos que permitan la formación de lotes de juveniles a grandes volúmenes y que estén disponibles todo el año para fortalecer los planes de producción de la industria que está iniciando. Tanto gobierno, investigación, sector social y privado deben hacer un esfuerzo para evaluar los sistemas de producción de forma objetiva. Se necesita generar información completa del proceso productivo (reproductores, alimento vivo, larvas y juveniles) para llevar a cabo evaluaciones económicas que eviten pérdidas económicas innecesarias al propio gobierno, industria privada, sector social y tiempo en la investigación. Por esto, es fundamental que en los sucesivos proyectos relacionados con el cultivo de peces marinos, se garantice la generación de información mediante la estandarización de bitácoras de biometrías, de registro de parámetros ambientales, de alimentación y de manejo, así como de las técnicas empleadas de muestreo (frecuencias, forma y cantidad), seguimiento sanitario, alimentación y manejo del transporte a los sitios de engorda. Contar con información organizada y completa de todo el proceso de producción alineados a un programa nacional sobre el cultivo de peces marinos, permitirá el desarrollo de nuevas tecnologías en respuesta al sector social y privado. Por lo tanto, es necesario que las instituciones que realizan investigación sobre el cultivo de peces marinos a nivel nacional abordemos problemas reales que la industria presenta actualmente en México (dietas de engorda específicas para cada especie, deformidad de



juveniles, manejo de problemas de mortalidad por bacterias y parásitos, entre otros), desde un enfoque tecnológico a una escala de producción piloto y comercial, contando con apoyo gubernamental y privado. Un objetivo común, donde cada uno de los cuatro ejes de producción cumpla su función específica, es necesario para el desarrollo y crecimiento de la maricultura industrial en México, como se ha dado en Asia y en Europa.

AGRADECIMIENTOS. Al Ing. Francisco Nieto Sánchez, Director de Desarrollo de Pesca y Acuicultura y su grupo de colaboradores (CONAPESCA), por la confianza y el soporte de proyectos ejecutados del 2011-2014, periodo el que se realizaron las producciones de juveniles. Gracias a todo el personal de la planta piloto y la administración de CIAD-Unidad Mazatlán por el soporte permanente. Gracias a todos mis profesores y después colegas, por los consejos y discusiones productivas en el trabajo de peces marinos. A todo el sector privado y social involucrado en los diferentes proyectos realizados.

## REFERENCIAS

- Boza-Abarca J., Calvo-Vargas E., Solis-Ortiz N., Komen J., 2008. Induced spawning and larval rearing of spotted rose snapper, *Lutjanus guttatus*, at the Marine Biology Station, Puntarenas, Costa Rica. *Ciencias Marinas*, 34, 239–252.
- Brennan N.P., Walters C.J., Leber K.M., 2008. Manipulations of stocking magnitude: addressing density-dependence in a juvenile cohort of common snook (*Centropomus undecimalis*). *Reviews in Fisheries Science*, 16, 215–227.
- Cano A., 2003. Reproduction in captivity and cultivation of the Pacific rose spotted snapper *Lutjanus guttatus* in the Republic of Panama. World Aquaculture 2003, World Aquaculture Society.
- FAO. 2014. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Roma. 223pp.
- Gutiérrez-Sigeros I., Ibarra-Castro L., Alvarez-Lajonchère L., Sanchez-Zamora A. Natural spawning and pilot-scale mass production of the Yellowtail snapper, *Ocyurus chrysurus* juveniles. En revisión.
- Ibarra-Castro L., Duncan N.J., 2007. GnRH $\alpha$ -induced spawning of wild-caught spotted rose snapper *Lutjanus guttatus*. *Aquaculture*, 272, 737-746.
- Ibarra-Castro L., García-Gasca A., Hernández R., Duncan N., 2008. Ovarian development of the spotted rose snapper (*Lutjanus guttatus*). *Cybium*, 32(2) suppl., 237-238.



- Ibarra-Castro L., Alvarez-Lajonchère L., 2009. An improved induced-spawning protocol for spotted rose snapper *Lutjanus guttatus*. *The Israeli journal of aquaculture*, 61(2), 121-133.
- Ibarra-Castro L., Alvarez-Lajonchere L.S., Rosas C., Palomino-Alvarran I.G., Holt G.J., Sanchez-Zamora A., 2011a. GnRHa-induced spawning with natural fertilization and pilot-scale juvenile mass production of common snook, *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792) in captivity. *Aquaculture*, 319, 479-483.
- Ibarra-Castro L., Alvarez-Lajonchere L., 2011b. GnRHa induced multiple spawns and voluntary spawning of captive spotted rose snapper (*Lutjanus guttatus*) at Mazatlan, Mexico. *Journal of the World Aquaculture Society*, 42, 564-574.
- Ibarra-Castro L., Alvarez-Lajonchère L., García-Aguilar N., Abdo de la Parra M.I., Rodríguez-Ibarra L.E., 2012a. Generation cycle closure of the spotted rose snapper, *Lutjanus guttatus*, in captivity. *Revista de Biología marina y Oceanografía*, 47(2): 333-337.
- Ibarra-Castro L., Muñoz-Meza L.E., Alvarez-Lajonchere L., 2012b. Estudios sobre el manejo e incubación de huevos del pargo flamenco *Lutjanus guttatus* (Pisces, Lutjanidae). *Hidrobiológica*, 22(1), 49-57.
- Munro J.L., Gaut V.C., Thompson R., Reeson P.H., 1973. The spawning seasons of Caribbean reef fishes. *J. Fish Biol.*, 5, 69-84.
- Rojo-Cebreros A.H., Ibarra-Castro L., Guerrero-Carlock E., Sánchez-Téllez J.L., Alvarez-Lajonchère L. Pilot-scale production of rotifer *Brachionus sp.*, for simultaneous mass production of spotted rose snapper *Lutjanus guttatus*, juveniles. En revisión.
- Tucker Jr. J.W., 2005. Snook culture. *American Fisheries Society Symposium*, 46, 297–305.
- Turano M.J., Davis D.A., Arnold C.R., 2000. Observations and techniques for maturation, spawning, and larval rearing of the yellowtail snapper *Ocyurus chrysurus*. *J. World Aquacult. Soc.*, 31, 59-68.
- Watanabe O.W., Benetti D., Feelke M.W., 2005. Status of Artificial Propagation of Mutton, Yellowtail, and Red Snapper (family Lutjanidae) in the Southeastern United States. *American Fisheries Society Symposium*, 46, 517-540.

## POSIBILIDADES DE ÉXITO EN LA MARICULTURA DE PECES CARNÍVOROS MARINOS POTENCIALES, EN FUNCIÓN DE LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS ACUÍCOLAS

López Acuña Lus M.\*, Galaviz Espinoza Mario A., True Conal D.

\*Universidad Autónoma de Baja California (UABC), Facultad de Ciencias Marinas. PO Box 76, Ensenada B.C. 22860, México. E-mail: llopez@uabc.edu.mx

La acuicultura se está convirtiendo en una actividad importante como fuente nutricional ideal para el humano, además, está generando ingresos importantes para cientos de millones de personas en todo el mundo. En la actualidad la acuicultura proporciona la mitad de todo el pescado destinado al consumo humano, por lo que ésta actividad está en continuo crecimiento. Sin embargo, uno de los principales factores que podría afectar el crecimiento acelerado de la acuicultura es la incertidumbre con disponibilidad y calidad de los alimentos formulados para alimentar los organismos en cultivo (FAO, 2016).

Existe un gran interés comercial a nivel regional, nacional e internacional en el cultivo de especies acuícolas, debido a la demanda en el mercado por el consumo de su carne. En México la actividad de acuicultura y maricultura se encuentra en fase inicial para el cultivo comercial de lobina rayada (*Morone saxatilis*), jurel cola amarilla (*Seriola lalandi*), totoaba (*Totoaba macdonaldi*), y de investigación, la cabrilla arenera (*Paralabrax maculatofasciatus*), botete diana (*Sphoeroides annulatus*), pargo rojo (*Lutjanus peru*) y corvina blanca (*Atractoscion nobilis*), entre otras; todas ellas, con grandes avances en la producción de alevines, sin embargo, para llevar a cabo éste desarrollo se requiere de estudios que ayuden a desarrollar y validar alimentos que beneficien nutricionalmente a los organismos y que sean económicamente viables (Civera *et al.*, 2002; Bañuelos-Vargas *et al.*, 2014; López *et al.*, 2006, 2009, 2015; FAO, 2016).

La mayoría de los estudios en nutrición acuícola están enfocados en apoyar el desarrollo sostenible de los alimentos formulados para peces marinos debido a la reducción del suministro de harina de pescado de pesquerías silvestres, y al aumento en su precio. Asimismo, para que la industria de la acuicultura y maricultura sean rentables, es necesario elaborar alimentos comerciales para peces carnívoros con ingredientes económicos y disponibles (Gatlin *et al.*, 2007), así mismo, se han desarrollado investigaciones para sustituir la dependencia de harina de pescado por fuentes vegetales como harina de soya, harina de trigo, harina de maíz, entre otras (Gaylord *et al.*, 2007; Bañuelos-Vargas *et al.*, 2014; López *et al.*, 2015).

El desarrollo de la piscicultura, en particular de especies marinas, depende en gran parte de la disponibilidad de alimentos formulados que cubran los requerimientos nutricionales, que preserven la salud de los organismos bajo cultivo, y además sean económicamente rentables. En México existen pocas plantas de alimentos balanceados con capacidad de producir alimentos extruidos, que son los más adecuados para los peces marinos por el hecho de poder obtener pellets con diferentes tamaños y densidades (hundibles, flotantes, etc.) y adecuarse a los hábitos alimenticios de las diversas especies en sus diferentes estadios de desarrollo.

Los alimentos extruidos para peces marinos son producidos principalmente por empresas extranjeras como Rangen y Ziegler (EUA), Skretting (Noruega) EWOS (Chile, Canadá), sin embargo, los costos de adquisición y logística de esos alimentos les restan competitividad y rentabilidad a los productores de peces en México. Existe una marca que elabora alimento especializado para peces marinos (Alimentos Consorcio Súper, Jalisco), y otras marcas que han desarrollado diversas experiencias en este mercado, tales como Agribrands Purina, Alimentos el Pedregal, Malta Texo, Nutrición Marina, Provimi, Vimifos, etc.

A la fecha se han realizado esfuerzos para favorecer el desarrollo del cultivo de peces a través de la colaboración de instituciones de investigación con la industria de alimentos a nivel nacional. Tanto los inversionistas para la producción y engorda de peces, así como la industria de alimentos requieren de una demanda en volumen considerable de alimento para que su producción en tonelaje sea rentable. Desafortunadamente, cuando se inicia con el desarrollo productivo de una especie, los requerimientos de alimento son bajos y por lo tanto la industria de los alimentos no se interesa en producir volúmenes pequeños.

Algunos grupos nacionales de investigación en nutrición de peces cuentan con fórmulas desarrolladas, con estudios experimentales que les permiten desarrollar alimentos específicos para las especies con potencial de cultivo. Por lo que, realizar colaboración entre la industria y la academia es una oportunidad única para detonar el cultivo de peces marinos carnívoros en México.

Se discutirán resultados obtenidos en pruebas piloto comercial al comparar diferentes alimentos comerciales, producidos por diferentes empresas mexicanas.





Figura 1. Prueba piloto comercial con lobina rayada en la empresa Pacifico Aquaculture, Ensenada Baja California. Empresas nacionales de alimentos para peces participaron en el estudio para conocer el efecto de sus alimentos comerciales en el rendimiento y salud de los organismos.

## REFERENCIAS

- Bañuelos-Vargas I., López L.M., Perez-Jimenez A., Peres H., 2014. Effect of fishmeal replacement by soy protein concentrate with taurine supplementation on hepatic intermediary metabolism and antioxidant status of totoaba juveniles (*Totoaba macdonaldi*). *Comp. Biochem. Physiol. B.*, 170, 18-25.
- Civera R., Ortiz J.L., Dumas S., Nolasco E., Álvarez A., Anguas B., Peña R., Rosales M., Carrasco V., García R., Goytortúa E., 2002. Avances en la Nutrición de la Cabrilla Arenera *Paralabrax maculatofasciatus*. En: Cruz-Suárez L.E., Ricque-Marie D., Tapia-Salazar M., Gaxiola-Cortés M.G., Simoes N. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 3 al 6 de Septiembre del 2002. Cancún, Quintana Roo, México.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture. Rome. 200pp.

- Gatlin III D.M., Barrows F.T., Brown P., Dabrowski K., Gaylord T.G., Hardy R.W., Herman E., Hu G., Krogdahl A., Nelson R., Overturf K., Rust M., Sealey W., Skonberg D., Souza E.J., Stone D., Wilson R., Wurtele E., 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquaculture Research*, 38: 551-579.
- Gaylord G.T., Barrows F.T., Teague A.M., Johansen K.A., Overturf K.E., Shepherd B., 2007. Supplementation of taurine and methionine to all-plant protein diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 269, 514-524.
- López L.M., Durazo E., Rodríguez Gómez A., True C.D., Viana M.T., 2006. Composición proximal y perfil de ácidos grasos de juveniles silvestres y cultivados de *Totoaba macdonaldi*. *Ciencias Marinas*, 32, 303-309.
- López L.M., Durazo E., Viana M.T., Drawbridge M., Bureau D.P., 2009. Dietary lipid levels effect on performance, body composition and fatty acid profile of juvenile white seabass, *Atractoscion nobilis*. *Aquaculture*, 289, 101–105.
- López L.M., Flores-Ibarra M., Bañuelos-Vargas I., Galaviz M.A., True C.D., 2015. Effect of fishmeal replacement by soy protein concentrate with taurine supplementation on growth performance, hematological and biochemical status, and liver histology of totoaba juveniles (*Totoaba macdonaldi*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 41, 921-936.



## COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE MARCAJE DE SEMILLA DE ABULÓN ROJO (*Haliotis rufescens*)

**Macedo-Carranco J.C.\*, Searcy-Bernal R., Montaño-Moctezuma C.G.**

\*Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California, CP 22860, Ensenada, México; Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, CP 22860, Ensenada, B.C., México, Correo electrónico: cmacedo@uabc.edu.mx

### INTRODUCCIÓN

La siembra masiva de semilla de abulón con fines de repoblamiento inició en Japón en la década de los 60 's (Hamasaki y Kitada, 2008). Anualmente se siembran en ese país de 25 a 30 millones de semillas de unos 25 a 30 mm de longitud. El éxito de estos programas varía y se estiman tasas de recuperación entre 1 y 24%, y contribuciones a la captura de hasta el 83% en algunas localidades (Hamasaki y Kitada, 2008). Siguiendo el ejemplo japonés, México es el segundo país con programas masivos de repoblamiento de abulón, aunque las siembras anuales solo superan el medio millón de semillas (Searcy-Bernal *et al.*, 2013). Evaluaciones preliminares realizadas por la Cooperativa Progreso en La Bocana, B.C.S., demuestran que alrededor del 5% de la semilla (~20 mm) de *H. fulgens* sembrada alcanza la talla comercial de 140 mm después de cuatro años (Aguilar-Osuna, 2010; Searcy-Bernal *et al.*, 2013). El marcaje individual de la semilla sembrada es fundamental para una evaluación precisa de su sobrevivencia y crecimiento. El método más usual consiste en pequeñas etiquetas plásticas numeradas, adheridas a la concha del abulón mediante un pegamento de secado rápido (*e.g.* cianoacrilato).

Estas marcas han sido utilizadas para semilla de abulón azul (*H. fulgens*) por algunos laboratorios del sector cooperativo (Aguilar-Osuna, 2010) y por el Instituto Politécnico Nacional (IPN) (Guzmán del Proó *et al.*, 2004). Un método similar pero con etiquetas de aluminio fue usado anteriormente por la UABC (Searcy-Bernal y Salas-Garza, 1985). Estas marcas son efectivas por unos meses, pero posteriormente se cubren con organismos incrustantes que poco a poco deterioran las marcas y/o impiden su visualización o lectura. Además, se ha observado que algunas marcas se desprenden de las conchas. Por otro lado, debido a los hábitos crípticos de los abulones juveniles, en ocasiones es imposible recuperar organismos marcados que se encuentran en grietas o cuevas inaccesibles. Las marcas electrónicas tipo PIT (por sus siglas en inglés, Passive Integrated Transponder) se han utilizado exitosamente para marcar invertebrados y peces (Gibbons y Andrews, 2004). Las marcas PIT son pequeñas (8.4 a 23 mm), tienen una

durabilidad de décadas y están formadas por un microchip inerte, electromagnético y protegido por una cápsula de cristal (Gibbons y Andrews, 2004). Cada marca tiene un código alfa-numérico de 12 dígitos que es detectado por el lector a una distancia que depende del microchip y del lector (típicamente ente 15 y 35 cm, BIOMARK, 2012). Esta investigación, que se desarrolló con la colaboración de la empresa Productores Marinos Baja (PMB), presenta por primera vez ensayos con microchips tipo PIT para marcar semilla de abulón rojo, cuya eficiencia se comparó con el método convencional con marcas plásticas. Este proyecto se realizó con abulón rojo (*H. rufescens*) por la flexibilidad que ofrece su ciclo reproductivo continuo durante todo el año, pero posteriormente se pretende extender estos estudios a otras especies de abulón y zonas de la península de Baja California. El objetivo fue evaluar a corto plazo (2 meses) una siembra experimental en una zona costera de Bahía Todos Santos (Ensenada, B.C.) con semillas de abulón rojo (*H. rufescens*) marcada con etiquetas plásticas y electrónicas (PIT), para comparar la detección de éstas.

## **METODOLOGÍA**

Las 180 semillas que se marcaron tuvieron una longitud y peso total promedio de 26.0 mm y 2.5 g, respectivamente, y fueron proporcionadas por la empresa PMB. Las semillas fueron mantenidas en cubetas de 15 L con flujo continuo de agua de mar filtrada (ca. 2 L min<sup>-1</sup>) a una temperatura de 18±1°C y 12h luz/12 oscuridad por dos semanas antes de los experimentos. Los recipientes donde se colocaron los abulones tuvieron un flujo continuo de agua y cambios completos de esta cada dos días para retirar materia orgánica en descomposición. La alimentación se llevó a cabo *ad libitum* cada tercer día con algas frescas de la especie *Macrocystis pyrifera* hasta que los organismos se llevaron al campo. Después del periodo de aclimatación, todos los abulones se marcaron con etiquetas plásticas numeradas marca Floy Tag Inc., de 3 x 9 mm, y marcas electrónicas o microchips tipo "PIT" de la marca Biomark, de 1.4 x 9 mm.

Los organismos se secaron superficialmente para ser pesados con una balanza Acculab (modelo Pocket Pro 250-B), medidos con un vernier Cole-Parmer (modelo Carbon Fiber Digital Caliper 0-6") y marcados de la siguiente manera: Con la ayuda de una lima triangular, se realizó un surco unos 10 mm de longitud y 2-3 mm de profundidad en la parte baja de la concha del abulón, utilizando un lima triangular para mejorar la retención de los PITs y evadir problemas potenciales previamente reportados con otros métodos (Hale *et al.*, 2012). Se aplicó un poco de adhesivo de cianoacrilato (Coraffix), se colocó un microchip de vidrio y se aplicó más adhesivo. Para el caso de las marcas plásticas, se colocaron con el mismo adhesivo en la parte alta de la

concha, de igual manera, pero sin hacer el surco. Una vez marcado el abulón, se le agregó bicarbonato de sodio al adhesivo en la concha para acelerar su secado y se lavó con agua de mar. Los abulones fueron llevados al campo dentro de bolsas de red plástica en grupos de 30 organismos, cubiertos de algas en una hielera.

El experimento se realizó en tres pozas de marea, seleccionadas previamente y en cada una de estas se sembraron 60 semillas. La mitad de la semilla fue marcada sólo con etiquetas plásticas (P) y la otra mitad con PIT y etiquetas plásticas (P+PIT).

Se acondicionaron las pozas agregando rocas de unos 15x30 cm y hojas de algas pardas, así como removiendo a los depredadores (cangrejos y estrellas de mar) y competidores (erizos). Se instaló un sensor de temperatura de registro continuo en cada poza (Stowaway Modelo TidBit) programado para tomar lecturas cada hora. Los abulones marcados se depositaron en cada poza durante mareas bajas asegurando su permanencia. Se realizaron cuatro muestreos no destructivos: a las dos horas de siembra, a las 24 h de siembra, al mes y a los dos meses; buscando exhaustivamente abulones marcados en las pozas de marea y áreas adyacentes, siguiendo dos tipos de evaluación: La evaluación 1 se realizó sin remover rocas de las pozas, tratando de detectar abulones marcados visualmente (con la ayuda de un visor de buceo) y con un antena de raqueta (18 cm de diámetro) conectada a un lector HPR Plus (Biomark), mientras que la evaluación 2 consistió en una búsqueda similar después de la remoción cuidadosa de las rocas, las cuales fueron regresadas a su posición original después del muestreo. El área de evaluación al mes y dos meses se incrementó utilizando un cuadrante de cuerda de 4x4 m instalado alrededor de la poza, para documentar la dispersión de la semilla. Siempre que fue posible, se midieron los abulones detectados *in situ* o desprendiéndolos del sustrato.

## RESULTADOS

Los promedios de temperatura fueron similares en las tres pozas y fluctuaron entre 15.3 y 19.0°C con un promedio mínimo de 14.0 y un promedio máximo de 21.2°C. Sin embargo, hubo un pico mínimo de hasta 11.2 y uno máximo de 28.3°C.

Primer Muestreo: "Mismo Día de Siembra" 26 de Febrero

A simple vista identificamos uno de 90 organismos sólo con etiqueta plástica (P) y 15 de 90 abulones con PIT (P+PIT) mediante el uso de la antena.

Segundo Muestreo: "24h Después de Siembra" 27 de Febrero

En tan sólo un día la marea se había llevado la mayoría de las algas depositadas en las pozas, siendo la C la más afectada, y posiblemente con estas se fueron algunos abulones que se encontraban pastoreando. En la poza A se encontraron un total de 15 abulones P y 21 P+PIT de los cuales 0% y 14.3% fueron detectados en la evaluación 1, respectivamente.

Al remover las rocas (evaluación 2), se encontraron organismos entre estas y debajo de ellas. Del total de abulones P+PIT encontrados debajo de las rocas, once estaban aglomerados en el fondo de la poza A y no pudieron ser identificados inmediatamente con el lector hasta que fueron separados. En la poza B la mayoría de los abulones se habían movido, se encontraban en ranuras de 0.5 a 1 cm de profundidad desde las cuales era visible su etiqueta, o escondidos en pequeñas grietas de unos 3 cm de diámetro y 5 cm o más de profundidad. Fue posible detectar un total de 23 abulones P y 13 P+PIT; sin embargo, solo el 8.7% de los organismos P fue detectado en la evaluación 1, encontrando un porcentaje mayor de P+PIT: 69.2%. En la poza C se encontraron un total de 10 abulones P y 12 P+PIT, de los cuales 0% y 58.3% fueron detectados en la evaluación 1, respectivamente.

## **DISCUSIÓN**

Etiquetar a los organismos con PIT es un método que no genera impacto en el organismo más que al momento de etiquetarlo, del cual se recupera después de unas cuantas horas en laboratorio. Además, el impacto en el ambiente se reduce debido que el lector puede identificar muchos organismos no visibles, sin requerirse un muestreo destructivo. Es necesario realizar estudios de este tipo en las especies que se utilizan en los programas de repoblamiento masivo en las costas de Baja California, como lo son *H. fulgens* y *H. corrugata*. La adhesión de los PIT pudiera facilitarse por la rugosidad mayor de sus conchas en comparación con el abulón rojo. Aunque esta tecnología demostró mejores resultados que el método de marcaje convencional, se deben realizar modificaciones específicas a los sistemas de detección de PIT en la zona submareal, que es donde sea realiza normalmente el repoblamiento. Por último, está la consideración del costo-beneficio.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En este estudio se realizaron, por primera vez, ensayos con microchips tipo PIT para marcar semilla de abulón rojo, cuya eficiencia de detección en el campo fue mejor que con el método convencional utilizando marcas plásticas.

El impacto en el ambiente se reduce debido que el lector puede detectar muchos organismos no visibles sin requerirse un muestreo destructivo.

Un sistema de marcaje y detección de abulones como el utilizado en este trabajo, podría dar a los investigadores la oportunidad de monitorear más adecuadamente el progreso de los esfuerzos de repoblamiento.

## REFERENCIAS

- Aguilar-Osuna D., 2010. Cultivo y repoblamiento de abulón en La Bocana, B.C.S. *En: Searcy-Bernal R., Espinoza-Montes J.A., Anguiano-Beltrán C. (Eds). Repoblamiento de abulón en México. Mexicali, BC: Universidad Autónoma de Baja California. 23–37p.*
- Gibbons J.W., Andrews K.M., 2004. PIT tagging: Simple technology at its best. *Bioscience*, 54(5).
- Guzmán del Proó S.A., Carrillo-Laguna J., Belmar-Pérez J., Carreón-Palau L., Castro A., 2004. Transplanting of wild and cultivated juveniles of green abalone (*Haliotis fulgens* Philippi 1845): Growth and survival. *J. Shellfish Res.*, 23, 855-860.
- Hale J.R., Bouma J.V., Vadopalas B., Friedman C.S., 2012. Evaluation of passive integrated transponders for abalone: tag placement, retention and effect on survival. *J. Shellfish Res.*, 31, 789-794.
- Hamasaki K., Kitada S., 2008. The enhancement of abalone stocks: lessons from Japanese case studies. *Fish and Fisheries*, 9, 243-260.
- Searcy-Bernal R., Salas-Garza A.E., 1985. Estudio sobre ecología y siembra de abulón en Baja California. CIBCASIO Transactions X. 105-122pp.
- Searcy-Bernal R., Anguiano-Beltrán C., Espinoza-Montes J.A., Carpizo-Ituarte E., 2013. Restocking of abalone populations (*Haliotis* spp.) in Mexico. *Journal of Shellfish Research*, 32(1), 189-195.



## **EL PLAN DE NEGOCIO, UNA HERRAMIENTA INDISPENSABLE PARA LAS CIENCIAS APLICADAS**

**López Frisbie Maximiliano**

Facultad de Ciencias Marinas, UABC. Correo electrónico: mlopez64@yahoo.com

### **INTRODUCCIÓN**

Uno de los mayores retos para vigorizar la vinculación entre los sectores productivos y las redes de conocimiento científico, es por un lado la limitada comprensión o percepción de los actores involucrados en esta mancuerna productiva, y por el otro la reflexión de la importancia de cada uno de ellos en la cadena de generación de valor. Esto es, dimensionar adecuadamente el verdadero valor que se le pueden asignar a tanto las aportaciones de conocimiento, los procesos y mejoras en procesos o bien una transferencia de tecnología ya que con este tipo de herramientas se logra evaluar todas las variables de las cuales se compone el costo total y poder estimar una utilidad razonable. Muchos de los valores que se tienen en las ciencias aplicadas van ligadas a valores de conocimiento, los cuales podrían ser difíciles de evaluar si no se tiene claro toda la composición del costo.

En esta plática informativa presentare una herramienta fundamental para el buen desarrollo de las ciencias aplicadas, con el objetivo de insertar estas herramientas de mejor manera en la vida cotidiana de los negocios.

## METODOLOGÍA

## ESTADO DE RESULTADOS

Proyección del Estado de Pérdidas y Ganancias								
			Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
INGRESOS	POR VENTAS		0	3,215,465	3,215,465	3,215,465	3,215,465	3,215,465
COSTO DE PRODUCCION			669,914	757,333	757,333	757,333	757,333	757,333
UTILIDAD BRUTA			-669,914	2,458,132	2,458,132	2,458,132	2,458,132	2,458,132
GASTO DE ADMINISTRACION			883,208	883,208	883,208	883,208	883,208	883,208
GASTO DE VENTA			0	1,275,200	1,275,200	1,275,200	1,275,200	1,275,200
UTILIDAD DE OPERACION			-1,553,122	299,724	299,724	299,724	299,724	299,724
DEPRECIACIONES			304,494	304,494	304,494	304,494	304,494	304,494
GASTO FINANCIERO			66,991	75,733	75,733	75,733	75,733	75,733
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO			-1,924,608	-80,504	-80,504	-80,504	-80,504	-80,504
IMPUESTOS			0	-	-	-	-	-
UTILIDAD NETA			-1,924,608	-80,504	-80,504	-80,504	-80,504	-80,504
RETRIBUCION SOBRE INGRESOS (5%)			0	- 4,025	- 4,025	- 4,025	- 4,025	

Esta es una expresión resumida a lo que nos tendría que llevar nuestro ejercicio, pero también podemos tenerlo de la siguiente manera, el cual es un ejercicio previo a este resultado.

Concepto	1	2	3	4	5
Inversion	\$3,777,532.25				
Costos fijos	\$30,416.67	\$30,416.67	\$30,416.67	\$30,416.67	\$30,416.67
Costos variables	\$2,500.00	\$2,500.00	\$229,713.08	\$108,508.30	\$323,218.46
<b>TOTAL</b>	<b>-\$3,810,448.92</b>	<b>-\$32,916.67</b>	<b>-\$260,129.75</b>	<b>-\$138,924.96</b>	<b>-\$353,635.13</b>
Acumulado	-\$3,810,448.92	-\$3,843,365.58	-\$4,103,495.33	-\$4,242,420.29	-\$4,596,055.42
Ingresos (Ventas)	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Perdidas y ganancias	-\$3,810,448.92	-\$3,843,365.58	-\$4,103,495.33	-\$4,242,420.29	-\$4,596,055.42
Año 1	-\$2,256,285.21				
Año 2	-\$735,038.17				
Año 3	\$786,208.87				
Año 4	\$2,307,455.91				
Año 5	\$3,828,702.95				
TIR	31%				
VAN	\$3,931,044.35				

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

Como lo pudimos observar en los 2 ejemplos anteriores, la importancia de poder evaluar correctamente nos llevará a poder establecer varios escenarios de valor, en los que tanto para el probable inversionista como para el poseedor de la tecnología o el conocimiento queda muy claro que se tiene que hacer para llevar a cabo el proyecto y no solo eso sino que se mantengan en el mercado y se logre sobre pasar la barrera de los 5 años en operación, que es a nivel mundial una barrera enorme debido al constante fracaso de las MiPyMEs, por la inadecuada planeación financiera.

## BIBLIOGRAFÍA

Baca Urvina G., 2013. Evaluación de proyectos (7ª ed.). Mc Graw Hill, México.

## **EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA PROGENIE DE FAMILIAS DE TOTOABA SILVESTRE Y F1 BAJO CRIANZA COMUNAL PARA SER EMPLEADAS EN LA PRODUCCIÓN COMERCIAL**

**Neyra Flores Amaury Eduardo, True Conal, Enríquez Paredes Luis, Giffard Mena Ivone**

Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Carretera Transpeninsular Ensenada-Tijuana No. 3917, Col. Playitas C.P. 22860, Ensenada, Baja California, México. Correo electrónico: amaury.neyra@uabc.edu.mx

### **INTRODUCCIÓN**

En acuicultura el uso de poblaciones domesticadas ha demostrado ventajas, incluyendo un aumento de las tasas de crecimiento, mejoramiento del factor de conversión alimenticia y mayor tolerancia al estrés, así como una reducción de costos al evitar la necesidad de capturar reproductores silvestres. Sin embargo, han sido observadas algunas desventajas en la progenie de reproductores domésticos al compararlas con sus congéneres silvestres. Algunas de ellas son una reducción en la variabilidad genética, tasas de crecimiento y supervivencia, mayor incidencia de deformidades, así como una baja resistencia a enfermedades, entre otros. Por consecuencia el uso de poblaciones domesticadas en acuicultura requiere la evaluación de su progenie y comparación con su contraparte silvestre, asegurando la fiabilidad en la calidad (crecimiento y supervivencia) de su progenie. La mayoría de estudios donde evalúan y comparan las diferencias en calidad sobre la progenie de peces han sido desarrollados mediante la crianza individual de las familias, proceso que puede generar diferencias sutiles en lo que respecta al crecimiento y supervivencia. Tales limitaciones han sido minimizadas aplicando una técnica alternativa donde las familias son criadas en tanques comunales. La estrategia comunal permite la mezcla de la progenie de diferentes familias antes de tener la talla adecuada para ser etiquetadas, eliminando la variación ambiental ocasionada por la estrategia de crianza individual. La asignación parental de las familias puede ser efectuada posteriormente en base al grado de similitud genética existente entre pariente mediante la aplicación de marcadores moleculares altamente polimórficos como microsatélites.

La totoaba es un pez perteneciente a la familia Scianidae también conocidas como curvinas o roncadors. Es endémico del Golfo de California y actualmente es una especie protegida a consecuencia de la sobre explotación pesquera y una mala regulación del recurso en la década de 1970's. Desde 1994 iniciaron los esfuerzos por la reproducción y cultivo de esta

especie como medida de seguridad ante la reducción de la población hasta lograr dominar su ciclo completo de cultivo en la UABC-FCM, mantener una línea enfocada a la repoblación de la especie y otra para la producción acuícola comercial (True 2012). Así mismo como consecuencia del alto valor económico en el mercado asiático han sido consolidadas dos empresas en México que comercializan esta especie. A pesar del éxito obtenido durante los últimos años utilizando reproductores silvestres y domesticados para la producción, no existe estudio disponible que compare el desempeño de sus progenies.

El objetivo de este estudio es el identificar si la calidad de la progenie de reproductores domésticos es fiable para la producción comercial con respecto a sus congéneres silvestres. Esto permitirá mejorar la calidad de la cría de reproductores domésticos con la finalidad de generar líneas comerciales óptimas con una clara trazabilidad en el mercado comercial.

## **METODOLOGÍA**

Para la formación de las familias se seleccionaron e indujeron al desove a dos individuos silvestres (familia silvestre), dos domesticados de primera generación (Familia domestica) y un individuo domestico con uno silvestre (familia híbrida). Durante el diseño de los apareamientos se colectó una muestra de tejido de los parentales para ser genotipados con 11 loci de microsatélites previamente optimizados. De los desoves obtenidos el 2do día se mezcló un total de 100,000 huevos de cada una de las familias y se sembraron en tanques cónicos de 2.2 m<sup>3</sup> acoplados a un sistema de recirculación para su crianza comunal. Durante el proceso de cultivo se realizó el muestreo de 75 individuos en cuatro etapas críticas del proceso de cultivo (Eclosión/Rotífero/Artemia/Formulado) y posterior a la selección de tres rasgos de interés (Grandes/Chicas/Deformes) del proceso de cultivo para determinar la proporción presente de cada una de las familias. Cada uno de los individuos fue fotografiado para ser medido morfológicamente y almacenado en buffer de digestión a -20 °C hasta ser utilizados para la asignación molecular utilizando un solo microsatélite. Se verificó para cada una de las etapas de muestreo si los datos obtenidos cumplían los supuestos básicos de homogeneidad de varianzas y distribución normal para los análisis paramétricos. La longitud estándar de las familias en cada una de las etapas se comparó mediante una ANOVA de una vía. El análisis de diferencias en el volumen de huevos viables entre los desoves de cada una de las familias se realizó mediante una prueba de comparaciones múltiples (no paramétrica) al no tener una distribución normal. El análisis estadístico fue realizado con el programa Statistica 7 con a un nivel  $\alpha = 0.05$ .



## RESULTADOS

En la etapa de “Eclósión” la proporci3n de las familias fue homogénea, lo cual podr3a ser un indicador de una tasa de eclósión similar entre las familias. La tasa de eclósión similar obtenida en este estudio difiere con lo reportado por Soares *et al.* (2005) quienes obtuvieron una tasa de eclósión significativamente mayor ( $90 \pm 6\%$ ) para reproductores F1 al compararla con lo obtenido por Duncan *et al.* (2002) en reproductores silvestres ( $70 \pm 0.3\%$ ). A partir de la etapa de “Rotíferos” se observ3 una menor proporci3n de individuos de la familia silvestre, situaci3n a menudo observada durante la crianza comunal, en la cual existe un diferencial de supervivencia de ciertas cruza. El aumento de la supervivencia de la progeñe de F1 observada en este estudio ha sido reportado igualmente por Knibb *et al.* (2016) y menciona que puede deberse a una respuesta de selecci3n correlacionada al criterio de selecci3n primario (tamaño del adulto), o debido a la selecci3n inadvertida, por el hecho de que los reproductores seleccionados son larvas que han sobrevivido a las condiciones de crianza. La mejora de la supervivencia obtenida en la progeñe de F1 en este estudio permitir3a una mejora en la producci3n de cr3as destinadas al desarrollo de una industria acu3cola rentable, sin embargo para un futuro programa de repoblamiento se recomienda realizar los estudios pertinentes en relaci3n al efecto de la domesticaci3n sobre el desempeño de estos individuos en el medio natural.

En la etapa “Formulado” fue evidente que la familia silvestre tuvo un crecimiento significativamente menor al compararlo con las otras familias. La familia h3brida y domestica no presentaron diferencia significativa en longitud est3ndar para la etapa de “Form”, sin embargo en la clasificaci3n de rasgos se observ3 una mayor proporci3n de la familia domestica representada en las “Gr”. La mejora del crecimiento observada en este estudio para la progeñe de reproductores F1 fue similar a los resultados reportados por Ogata *et al.* (2002) quienes obtuvieron una mejora del crecimiento del lenguado japon3s (*Paralichthys olivaceus*) en apenas la segunda generaci3n, sin embargo, Vandeputte *et al.* (2009) reporto un desempeño similar entre la descendencia de machos silvestres y dom3sticos de lobina europea, lo cual asocia al hecho de que sus machos dom3sticos eran apenas su primera generaci3n al igual que los individuos utilizados en este estudio.

En esta etapa la familia silvestre represento el 58% de los individuos deformes, de los cuales un 80% presentaba la deformidad “enanass”. Derayat *et al.* (2003) menciona que en juveniles de bacalao las malformaciones de la columna vertebral podr3an afectar su

comportamiento de alimentación y habilidad de nado, dejando un crecimiento lento y una alta mortalidad, tal como se observó en este estudio para la familia silvestre.

Se observó que el enfoque de crianza comunal para totoaba puede ser desarrollado usando marcadores moleculares microsatélites, facilitando el desarrollo de un protocolo de trabajo adecuado mediante el control y evaluación del desempeño de las familias que serán utilizadas en el futuro para la producción comercial y en el programa de repoblamiento. Este estudio ha mostrado las primeras pruebas sobre la viabilidad de la progenie de reproductores F1 para ser utilizada en la producción comercial al presentar una mejor supervivencia y crecimiento en cautiverio comparado con sus congéneres silvestres, lo que permitiría mejorar la trazabilidad del producto comercial al no ser necesario introducir nuevas familias para la reproducción en cautiverio.

## **CONCLUSIONES**

La progenie de reproductores F1 muestra indicios de domesticación, mostrando viabilidad para ser utilizada en la producción comercial, lo cual podría indicar un nuevo esquema de trabajo para el futuro de la producción comercial de la especie.

AGRADECIMIENTOS. Unidad de Biotecnología en Piscicultura, Fac. de Cs. Marinas, UABC Ensenada. A Luis Rodrigo Arce Valdez por su apoyo durante el procesamiento molecular. CONACYT por beca de maestría.

## **REFERENCIAS**

- Andriantahina F. *et al.*, 2012. Comparison of reproductive performance and offspring quality of domesticated Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 324-325, 194–200.
- Chapman R.W., Ball A.O., Mash L.R., 2002. Spatial homogeneity and temporal heterogeneity of red drum (*Sciaenops ocellatus*) microsatellites: Effective population sizes and management implications. *Marine Biotechnology*, 4(6), 589–603.
- Derayat A. *et al.*, 2013. Growth and gonadal development in diploid and triploid Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 39(5), 1195–1203.
- Farias I.P. *et al.*, 2006. Isolation and characterization of DNA microsatellite primers for *Cynoscionacoupa*, the most exploited sciaenid fish along the coast of Brazil. *Molecular Ecology Notes*, 6(3), 660–663.

- Fleming I.A., Einum S., 1997. Experimental tests of genetic divergence of farmed from wild Atlantic salmon due to domestication. *ICES Journal of Marine Science*, 54(6), 1051–1063.
- Fosså S.A., 2004. Man-made fish: domesticated fishes and their place in the aquatic trade and hobby. *OFI Journal*, 44(1), 3–4.
- Garber A.F. *et al.*, 2010. Survival and growth traits at harvest of communally reared families of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Aquaculture*, 307(1-2), 12–19.
- Garcia de Leon F.J. *et al.*, 1998. The application of microsatellite markers to breeding programmes in the sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture*, 159(3–4), 303–316.
- Garibaldi S., 2002. Desarrollo morfológico de Totoaba macdonaldi durante su estudio larval. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada.
- Knibb W. *et al.*, 2016. Comparison of lines shows selection response in kingfish (*Seriolalandi*). *Aquaculture*, 452, 318–325.
- McGinnity P. *et al.*, 2004. Differential lifetime success and performance of native and non-native Atlantic salmon examined under communal natural conditions. *Journal of Fish Biology*, 65, Suppl. A, 173–187.
- Milot E. *et al.*, 2013. Reduced fitness of atlantic salmon released in the wild after one generation of captive breeding. *Evolutionary Applications*, 6(3), 472–485.
- Mylonas C.C. *et al.*, 2015. Reproduction of hatchery-produced meagre *Argyrosomus regius* in captivity III. Comparison between GnRHα implants and injections on spawning kinetics and egg/larval performance parameters. *Aquaculture*, 448, 44–53.
- Soares F. *et al.*, 2015. Comparative analysis on natural spawning of F1 meagre, *Argyrosomus regius*, with wild broodstock spawns in Portugal. *Fish Physiology and Biochemistry*.
- True C.D., 2012. Desarrollo de la biotecnia de cultivo de la totoaba. Universidad Autónoma de Baja California.
- Vandeputte M. *et al.*, 2009. Response to domestication and selection for growth in the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) in separate and mixed tanks. *Aquaculture*, 286(1-2), 20–27.
- de Verdal H. *et al.*, 2014. Individual growth monitoring of European sea bass larvae by image analysis and microsatellite genotyping. *Aquaculture*, 434, 470–475.
- Volckaert F.A.M., Hellemans B., 1999. Survival, growth and selection in a communally reared multifactorial cross of African catfish (*Clarias gariepinus*). *Aquaculture*, 171(1-2), 49–64.
- Wang C.M. *et al.*, 2008. Estimating reproductive success of brooders and heritability of growth traits in Asian sea bass (*Lateolabrax japonicus*) using microsatellites. *Aquaculture Research*, 39(15), 1612–1619.

## EVALUACIÓN DE CALIDAD ESPERMÁTICA EN REPRODUCTORES DE PESCADO BLANCO (*Chirostoma estor*)

Peralta-Martínez M.A.\*, Velazco Sarabia J., Retana Ortega D.A.

\*Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA), Dirección General Adjunta de Investigación en Acuicultura. Pitágoras 1320. Col. Santa Cruz Atoyac, Del. Benito Juárez. México D.F., C.P. 03310. México. Correo electrónico: angeles.peralta@inapesca.gob.mx

### INTRODUCCIÓN

El pescado blanco es un recurso de alta importancia por su valor económico, ecológico y cultural; sin embargo, en las últimas décadas su población ha disminuido debido a la compleja crisis que se ha dado en los lagos de Pátzcuaro y Chapala, afectados por contaminación, sobreexplotación, tala de bosques en sus cuencas y contaminación ambiental (Rojas-Carrillo 2003). Durante la última década se han alcanzado importantes avances para su cultivo, logrando cerrar su ciclo de vida en condiciones de cautiverio, no obstante, se han observado problemas reproductivos como baja fertilización, bajo porcentaje de eclosión y alevines deformes. En esta especie, poco se ha reportado sobre estudios de calidad espermática o preservación de gametos, lo que limita el manejo y control de gametos.

El objetivo de esta investigación es evaluar diversos indicadores de calidad espermática en machos reproductores de pescado blanco (*Chirostoma estor*) bajo condiciones controladas de crecimiento, con la finalidad de establecer un diagnóstico reproductivo de la especie y generar la información que nos permita obtener un lote de reproductores con alto potencial reproductivo.

### MÉTODOS

Se utilizaron 169 reproductores machos del pez blanco, *C. estor*, cultivados en el Centro Regional de Investigación Pesquera-Pátzcuaro, Michoacán, con peso promedio de  $11.92 \pm 3.81$  g y talla de  $11.48 \pm 1.15$  cm y 24 meses de edad. Los organismos fueron mantenidos durante todo el estudio en 2 tanques circulares a  $25 \pm 1$  °C y fotoperiodo natural, con alimento balanceado (mini pellets), adultos de *Artemia franciscana*, *Daphnia* y pequeños trozos de filete de carpa dos veces al día. Durante todo el estudio se mantuvieron conjuntamente con hembras de la misma edad. Los organismos fueron revisados cada 15 días de julio- noviembre del 2014. Para la colecta de esperma, los machos fueron anestesiados por inmersión durante 4-5 min en una solución de benzocaína a una concentración de  $7 \text{ mL L}^{-1}$  hasta que los peces presentaran signos de adormecimiento, una vez anestesiados se pesaron, midieron y se extrajo manualmente el



esperma, haciendo una leve presión en la zona abdominal para cada uno de los organismos. Las muestras fueron almacenadas en tubos de 140  $\mu\text{L}$ , a 5  $^{\circ}\text{C}$  y transportadas al laboratorio en donde fueron refrigeradas a 4  $^{\circ}\text{C}$  hasta su uso.

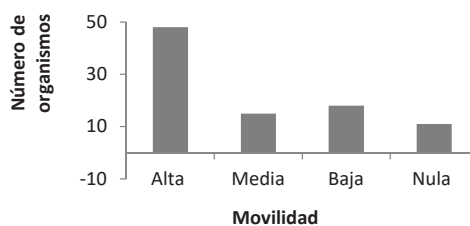
**Evaluación de Movilidad.** En un portaobjetos se depositó 1  $\mu\text{L}$  de semen y una vez enfocada la muestra en microscopio óptico con objetivo 10X, se le adicionó 10  $\mu\text{L}$  de agua destilada, con el fin de activar el movimiento de los espermatozoides y evaluar su movilidad dándoles un valor de alta, media, baja o nula.

**Concentración espermática.** Se evaluó el número de espermatozoides por doble conteo en cámara Neubauer con dilución de 1:100 en microscopio óptico con objetivo 40X.

**Integridad de la membrana.** Se determinó por medio de un frotis con tinción de Eosina-Nigrosina al 1% y se observó en un microscopio óptico a 40X. Se consideró que los espermatozoides vivos no se tiñen y los espermatozoides muertos toman la coloración de la Eosina-Nigrosina debido a que la membrana se vuelve permeable por muerte celular.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Movilidad.** Los resultados obtenidos muestran que la movilidad que presenta el pez blanco es alta con 48 peces, seguida de baja con 18 organismos y sólo 15 presentan una media (Figura 1), esto es similar al trabajo de Lichtenstein, 2009 con la especie pejerrey en donde su movilidad fue alta para cada tratamiento, a su vez Peñaloza, 2009, obtuvo una mejora movilidad con la misma especie *M. estor* al no utilizar cubreobjetos, ya que estos bajan hasta un 200%, porque impide el libre movimiento de los espermatozoides, limita la incorporación de oxígeno a la muestra y consecuentemente la motilidad se ve afectada. Por otro lado, Hajirezaee *et al.* (2010) y Montes, (2012), hacen mención que la movilidad espermática es considerada como una de las principales variables relacionadas con la calidad espermática, por lo que en esta investigación deducimos que el esperma es de buena calidad, sin embargo, estos parámetros son variables entre especies y pueden deberse a diferentes factores como condiciones de cultivo, temporada reproductiva, hábitos alimenticios, entre otros.



Concentración y volumen espermático

Figura 1. Movilidad espermática presente en los organismos de *C. estor*



La mayor concentración espermática presente en los organismos del pescado blanco en promedio fue de  $6.92 \times 10^7$  y  $2 \times 10^8$  espermatozoides  $\text{mL}^{-1}$ , para los meses de octubre y septiembre respectivamente (Figura 2), estos valores fluctuaron a lo reportado por Peñaloza, 2009 donde obtuvo una concentración espermática de  $2.21\text{-}2.55 \times 10^9$  con la misma especie, esta fluctuación puede deberse a la talla y peso que presenta el pez blanco, ya que los organismos utilizados fueron de 17.32 cm y 41.96 g respectivamente, a comparación del presente estudio que fueron organismos más pequeños 11.48 cm y 11.92 g, a su vez también hace mención que el volumen de esperma producido es directamente proporcional al peso de los organismos y por ende su concentración espermática aumenta, por lo cual en esta investigación presenta valores bajos por la talla y peso de los peces antes mencionados. Sin embargo, Montejó *et al.* (2002) reportan una concentración espermática de  $21.4 \times 10^9$  con la especie *Eremophilus mutisii* manteniéndola en cautiverio, a su vez realizaron un estudio con el mismo organismo en su hábitat natural y encontraron que su valor aumentó a  $22.5 \times 10^9$  y ellos lo atribuyen a que la diferencia encontrada es debido al peso de los organismos ya que el pez que se mantuvo en cautiverio tenía un peso de 96.7 g, mientras que los peces en su hábitat natural pesaban 129.6 g y esto puede deberse como lo señala Amaya, 1975, que los animales silvestres pueden seleccionar y satisfacer mejor sus hábitos alimenticios a comparación de los en cautiverio ya que los requerimientos que necesita cada especie no son proporcionados.

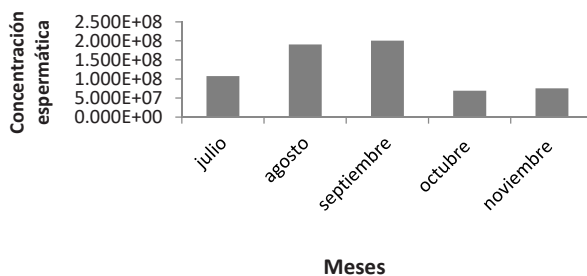


Figura 2. Concentración espermática presente en los organismos de *C. estor* en los diferentes meses.

Con el mejoramiento de la técnica de recolección de esperma, en los dos últimos muestreos se pudo determinar el volumen de esperma que los organismos reproductores presentaban después de su extracción, estos valores estuvieron en un rango de 42-43  $\mu\text{L}$  para los meses de octubre y noviembre respectivamente. Estos valores se encuentran dentro del intervalo que obtuvo (Peñaloza, 2009) de 11-101  $\mu\text{L}$  (Figura 3), donde hace mención que esta variación que se puede encontrar en términos de volumen de esperma de un pez a otro es por

constante manipulación que se le da al organismo, ya que a mayor frecuencia de muestreo en los peces menor cantidad de semen presentarían, por tal motivo en el presente estudio se realizó el muestreo cada 15 días.

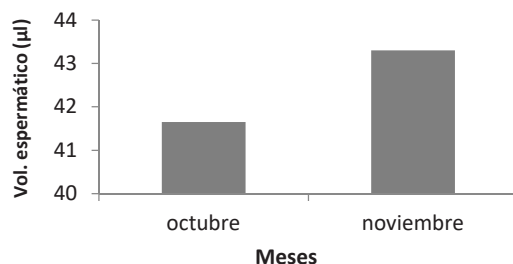


Figura 3. Volumen de espermatozoides presentes en los organismos reproductores de *C. estor*.

Las variaciones que se obtuvieron en los diferentes meses se deben a que los organismos no están en sus picos reproductivos por lo cual el número de células es baja, comparado con lo que reportó Peñaloza, 2009, adicionalmente otro aspecto que afecta la calidad y cantidad de células espermáticas son las condiciones en las que se mantienen a los peces, así como también el periodo de descanso que se les da a los machos entre un muestreo y otro. Autores como Navarro *et al.* (2004); Liley *et al.* (2002) y Vladić *et al.* (2002), mencionan que un factor limitante es la edad, ya que en sus estudios demuestran que entre más joven sea el organismo mayor cantidad de células están presentes. Cabe destacar que los picos reproductivos para esta especie *C. estor* se presentan en los meses de marzo, abril y mayo, y un pico más pequeño en los meses de septiembre, octubre y noviembre.

## CONCLUSIONES

En este estudio se han obtenido los primeros resultados de calidad espermática en la especie *C. estor*, encontrados en el pico reproductivo más bajo de la especie, no obstante, se sigue trabajando en esta evaluación para obtener la información de calidad espermática que se presenta durante un ciclo anual.

## REFERENCIAS

Amaya R., 1975. Contribución al estudio biológico del capitán de la Sabana, *Eremophilus mutisii* (Humboldt, 1805) en el lago de Tota. *Inderena*, 23p.

- Hajirezaee S., Mojazi Amiri B., Mirvaghefi A.R., 2010. Fish milt quality and major factors influencing the milt quality parameters: A review. *African Journal of Biotechnology*, 9(54), 9148-9154.
- Lichtenstein G., 2009. Desarrollo e implementación de técnicas para la criopreservación de esperma de pejerrey bonaerense *Odonstesthes bonariensis*. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Belgrano, Buenos Aires, Argentina. 53pp.
- Liley N.R., Tamkee P., Tsai R. y Hoysak D.J., 2002. Fertilization dynamics in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): effect of male age, social experience, and sperm concentration and motility on in vitro fertilization. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59(1), 144-152.
- Montejo J., Rosado R., González, A.J., 2002. Evaluación del semen de capitán de la Sabana, *Eremophilus mutisii* (Pisces: Trichomycteridae). *Dahlia-Rev. Asoc. Colomb. Ictiol.*, 5, 41-47.
- Montes M.M., 2012. Evaluación de la calidad espermática y ensayos preliminares en Criopreservación de espermatozoides de Leguado *Paralichthys adspersus* (Steindachner, 1867). Tesis de Bióloga. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Ciencias Biológicas. Perú. 71pp.
- Navarro J.O., Velasco M.S., Cruz C.P., 2004. Evaluación de cinco protectores para la crioconservación de semen de Cachama Blanca (*Piaractus brachypomus*). *Rev. Col. Cienc. Pec.*, 17, Suplemento.
- Peñaloza Camargo M.L., 2009. Evaluación de la calidad espermática de reproductores cultivados de pez blanco de Pátzcuaro (*Menidia estor*) para optimizar el proceso de fertilización. Tesis de maestría, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán, México. 72pp.
- Rojas-Carrillo P., Fuentes C.D. (Eds), 2003. Historia y avances del cultivo de pescado blanco. Instituto Nacional de Pesca. SAGARPA.
- Vladić T.V., Afzelius B.A. y Bronnikov G.E., 2002. Sperm quality as reflected through morphology in Salmon alternative life histories. *Biology of Reproduction*, 66(1), 98-105.

## ESTIMACIÓN DE TALLA DE PRIMERA MADUREZ CON ENFOQUE MULTIMODELO DE *Callinectes arcuatus* (ORDWAY, 1853), NAYARIT, MÉXICO

Pérez-Velázquez Pablo Alejandro, Ortega Lizárraga Gilberto Genaro,  
de la Cruz-González Francisco Javier, Padilla-Galindo Sergio Paul,  
Luna-Raya Ma. Concepción

CRIP Bahía de Banderas, Instituto Nacional de Pesca. Calle Tortuga 1, La Cruz de  
Huanacastle, Nayarit. C.P. 63732. Tel. (329) 29 55 630. E-mail:  
alejandro.perez@inapesca.gob.mx

### INTRODUCCIÓN

La jaiba azul *Callinectes arcuatus* (Ordway, 1863) de la familia de los Portúnidos constituye un recurso pesquero económico alternativo importante para numerosos pescadores ribereños de la región del Pacífico mexicano (Ramírez-Félix *et al.*, 2003). La distribución geográfica de *C. arcuatus* es desde Los Ángeles, California, EUA hasta Mollenda, Perú e Isla Galápagos (Hendrickx *et al.*, 1995). En 2014 se registraron en México 34,334 t de jaiba capturadas comercialmente, con un valor de captura de 429.47 millones de pesos (CONAPESCA, 2015). Por otro lado, para apoyar la evaluación y el manejo de una pesquería es importante determinar  $L_{50\%}$  o longitud media de primera reproducción, con este parámetro es posible establecer las tallas mínimas de captura o épocas de veda de una especie (Chen y Paloheimo, 1994). Cuando los datos soportan evidencia para ajustar más de un modelo es posible construir un modelo promedio de los mejores ajustes, o incluso de todos los modelos candidatos como mejor alternativa para describir el crecimiento de una especie (Katsanevakis y Maravelias, 2008) o conocido como inferencia multimodelo (IMM).

Existen estudios previos de estimaciones de  $L_{50\%}$  de *C. arcuatus* que han utilizado *a priori* acorde a un modelo sigmoideo y la mayoría de esos métodos están basados en la distribución normal acumulada. El modelo sigmoideo ha sido regularmente el más usado para describir la relación entre la talla y la madurez sexual y existen además otros modelos para la estimación de este parámetro (Trippel y Harvey, 1991; Burnham y Anderson, 2002). Analizar a partir de la inferencia multimodelo la estimación de varios modelos para obtener el mejor valor promedio de las variables antes descritas ( $L_{50\%}$ ) podría representar una ventaja para efectuar inferencias más robustas y no condicionadas al valor de un solo modelo.

En este trabajo se aplicaron métodos de inferencia multimodelo para hacer estimaciones más robustas de  $L_{50\%}$  en *C. arcuatus* para apoyar la toma de decisiones en materia del manejo pesquero de dicho recurso.

## **METODOLOGÍA**

El área de estudio incluyó las localidades pesqueras de Puerta de Palapares e Isla Mexcaltitán, del municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit ( $22^{\circ} 06' 52''$  N,  $105^{\circ} 37' 45''$  O y  $21^{\circ} 54' 13''$  N,  $105^{\circ} 28' 35''$  O) y una tercera localidad denominada Playa Pajaritos ( $22^{\circ} 29' 10''$  N,  $105^{\circ} 36' 50''$  O), ubicada en el municipio de Tecuala, Nayarit. Los muestreos se realizaron de enero a diciembre 2014 en sitios de captura distribuidos en canales y esteros distintos en días con efecto lunar y de marea baja. Para obtener las muestras se utilizaron aros jaiberos de 55 cm de diámetro y trampas tipo Chesapeake de 20 x 40 cm. Para la estimación de talla de primera madurez ( $L_{50\%} = AC_{50\%}$ ), se tabularon las proporciones de jaibas maduras por sexos y combinados, por intervalo de talla y se ajustaron a cuatro modelos diferentes; logísticos (descritos en Ortega-Lizárraga, 2012), Gompertz (1825), Lysack (1980) y Brouwner y Griffiths (2005). Los parámetros de  $AC_{50\%}$  fueron ajustados utilizando máxima verosimilitud (Hilborn y Mangel, 1997) estimados con el algoritmo de Newton (Haddon, 2001). La elección del mejor modelo para  $AC_{50\%}$  se basó en el enfoque de teoría de la información usando el índice de información de Akaike corregido para muestras pequeñas ( $AIC_C$ ). El modelo con el menor índice de Akaike ( $AIC_{C,min}$ ) fue elegido como el mejor modelo (Burnham y Anderson, 2002). Para cada modelo se cuantifica la plausibilidad, dados los datos y el conjunto de los modelos candidatos, se calculó el “peso de Akaike” de cada modelo ( $w_i$ ).

## **RESULTADOS**

Se analizó una muestra de (*C. arcuatus*) de 1,661 individuos, el 77% ( $n= 1270$ ) fueron machos y el 23% ( $n= 391$ ) hembras. La proporción sexual media fue de 0.29 hembras/1 macho (H:M) con valores extremos de 0.13:1 y 0.5:1 (H:M). Las tallas de los organismos estuvieron entre 33 y 135 mm de AC (promedio  $82.2 \pm 17$  cm) y 2.8 a 199 g de peso entero (promedio  $62.3 \pm 31.1$  g). Las hembras registraron tallas de 33 a 112 mm y pesos entre 2.8 a 113.5, mientras que los machos presentaron tallas entre 40 a 135 mm y pesos entre 4.1 a 199 g. La estructura de tallas de hembras con base a su madurez sexual indicó que las hembras inmaduras se presentaron hasta 85 mm, las hembras maduras se registraron entre 75 a 115 mm, mientras que las hembras ovígeras se registraron ene 85 a 110 mm.

En los tres casos (hembras, machos y total) el modelo de Lysack (1979) fue el que mejor se ajustó a los datos de jaiba, según su plausibilidad, sin embargo, no se apreciaron diferencias



significativas en los resultados arrojados por el modelo logístico y el modelo de Brouwer y Griffiths (2005), como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. Valores AIC y  $\omega_i\%$  para selección del mejor caso para *C. arcuatus*.

	<b>AIC</b>	$\Delta_{AIC}$	$e^{-\Delta_{AIC}}$	$\omega_i \%$
<b>HEMBRAS</b>				
Logístico	32.12	0.00	1.00	33.24
Gompertz	41.77	9.64	0.01	0.27
<b>Lysack</b>	<b>32.12</b>	<b>0.00</b>	<b>1.00</b>	<b>33.24</b>
Brouwer y Griffiths	32.12	0.00	1.00	33.24
<b>MACHOS</b>				
Logístico	186.89	0.00	1.00	33.33
Gompertz	330.18	143.29	0.00	0.00
<b>Lysack</b>	<b>186.89</b>	<b>0.00</b>	<b>1.00</b>	<b>33.33</b>
Brouwer y Griffiths	186.89	0.00	1.00	33.33
<b>TOTAL</b>				
Logístico	178.12	0.00	1.00	33.33
Gompertz	273.72	95.59	0.00	0.00
<b>Lysack</b>	<b>178.12</b>	<b>0.00</b>	<b>1.00</b>	<b>33.33</b>
Brouwer y Griffiths	178.12	0.00	1.00	33.33

La  $Ac_{50\%}$  para hembras se estimó en 81.96 mm, para el caso de los machos fue estimada a los 94.09 mm y para el caso de la especie a los 92.36 mm, según lo calculado por el mejor caso (Tabla 2).

Tabla 2. Parámetros de talla de primera madurez ( $Ac_{50\%}$ ) para *C. arcuatus*.

	<b>Logístico</b>	<b>Gompertz</b>	<b>Lysack</b>	<b>Brouwer y Griffiths</b>
<b>HEMBRAS</b>				
$L_{50\%}$	80.46	78.72	<b>81.96</b>	81.96
$\beta_1$	3.01	0.20	<b>0.33</b>	3.01
AIC	32.12	41.77	<b>32.12</b>	32.12
<b>MACHOS</b>				

L <sub>50%</sub>	92.59	87.88	<b>94.09</b>	94.09
$\beta_1$	5.87	0.08	<b>0.17</b>	5.87
AIC	186.89	330.18	<b>186.89</b>	186.89
TOTAL				
L <sub>50%</sub>	90.86	86.18	<b>92.36</b>	92.36
$\beta_1$	6.52	0.08	<b>0.15</b>	6.52
AIC	178.12	273.72	<b>178.12</b>	178.12

## DISCUSIÓN

Se presenta el primer estudio de *C. arcuatus* de Nayarit que utiliza inferencia multi modelos y teoría de la información. En años recientes debido a la disminución de la producción pesquera de otras especies locales se ha incrementado el interés de los pescadores comerciales por el aprovechamiento de esta especie aún abundante y que aún no se cuenta con datos fidedignos de su producción por lo que es importante la determinación de los parámetros de estimación de talla de primera madurez para definir estrategias de manejo pesquero.

La mejor estimación de la talla de primera madurez, en los tres casos (hembras, machos y total) el modelo de Lysack (1979) fue el que mejor se ajustó a los datos de jaiba, según su plausibilidad, sin embargo, no parece haber diferencias significativas en los resultados arrojados por el modelo logístico y el modelo de Brouwer y Griffiths (2005). La  $Ac_{50\%}$  para hembras se estimó en 81.96 mm, para los machos fue estimada a los 94.09 mm y para toda la población fue de 92.36 mm, según lo calculado por el mejor caso según su plausibilidad, sin embargo no se observaron diferencias significativas en los resultados arrojados por el modelo logístico y el modelo de Brouwer y Griffiths (2005) estos datos contrastan con lo registrado por Ortega-Lizárraga (2012) para esta misma especie con valores de  $Ac_{50\%} = 68.29$  mm que alcanza entre los tres a cuatro meses de edad. Los resultados obtenidos en este trabajo son importantes pues según lo indicado por la NOM-039-PESC-2003 que es una normativa oficial mexicana que está relacionada al aprovechamiento pesquero comercial en forma ordenada de las jaibas del Pacífico mexicano, que señala que deberán capturarse ejemplares de tallas comerciales de un mínimo de  $AC = 95$  mm de ese modo la pesquería ordenada no deberá ejercer presión alguna sobre la reproducción de esta especie.

Se concluye que mediante el uso de la metodología de multimodelos se determinó una longitud asintótica promedio de 150.74 mm en ancho de caparazón (AC) y una estimación de talla de primera madurez en  $AC_{50\%}$  de 81.96, 94.09 y 92.36 mm para hembras, machos y ambos sexos

respectivamente. Estos datos se encuentran en el rango de los obtenidos por otros autores que usaron modelos *a priori* lo que refleja la utilidad del enfoque de análisis multimodelos aplicado para sustentar el manejo pesquero de la jaiba de Nayarit.

AGRADECIMIENTOS. A las Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera y pescadores de Nayarit, dedicados al aprovechamiento del recurso jaiba, por el apoyo y las facilidades otorgadas para llevar a cabo esta investigación. Al Instituto Nacional de Pesca de México por el financiamiento otorgado para llevar a cabo esta investigación y a los revisores anónimos que han ayudado a mejorar la utilidad de este documento.

## REFERENCIAS

- Akaike H., 1981. Likelihood of a model and information criteria. *Journal of Econometrics*, 16, 3-14.
- Brouwer S.L., Griffiths M.H., 2005. Reproductive biology of Carpenter Seabream (*Argyrozona argyrozona*) (Pisces: Sparidae) in a marine protected area. *Fishery Bulletin*, 103(2), 258-269.
- Burnham K.P., Anderson D.R., 2002. Model selection and multi-model inference: a practical information theoretic approach. Springer. New York. 488pp.
- CONAPESCA, 2015. Anuarios estadísticos pesqueros 1996-2014 ([www.conapesca.gob.mx](http://www.conapesca.gob.mx)). Estadísticas pesqueras.
- Chen Y., Paloheimo J.E., 1994. Estimating fish length and age 50% maturity using a logistic type model. *Aquatic Sciences*, 56(13), 206-219.
- Gompertz B., 1825. On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 115, 513-583.
- Haddon M., 2001. Modelling and Quantitative Methods in Fisheries. Boca Raton, FL: Chapman and Hall/CRC. 406pp.
- Hendrickx M.E., Cangrejos. En: Fisher W., Krupp F., Schneider W., Sommer C., Carpenter K.E., Niem V.H. (Eds.), 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental 1, Plantas e Invertebrados. FAO. Roma. 646pp.
- Hilborn R., Mangel M., 1997. The Ecological Detective. Confronting Models with Data. Princeton University Press. New Jersey. 317pp.

- Katsanevakis S., Maravelias C.D., 2008. Modelling fish multi-model inference as a better alternative to a priori using von Bertalanffy equation. *Fish and Fisheries*, 9(2), 178-187.
- Lysack W., 1980. Lake Winnipeg fish stock assessment program. Manitoba Department of Natural Resources, MS Report No. 80-30, Canada. 118pp.
- Ortega-Lizárraga G.G., 2012. Evaluación de la pesquería de la jaiba azul *Callinectes arcuatus* (Ordway, 1863) de la Bahía de Santa María la Reforma. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias del Mar UAS. 50pp.
- Ramírez-Félix A., Singh-Cabanillas J., Gil-López H.A., Sarmiento-Náfate S., Salazar-Navarro I., Montemayor-López G., García-Borbón J.A., Rodríguez-Domínguez G., Castañeda-Lomas N., 2003. La pesquería de jaiba (*Callinectes* spp.) en el Pacífico mexicano: Diagnóstico y propuesta de regulación. INP. SAGARPA, México. 53pp.
- Trippel E.A., Harvey H.H., 1991. Comparison of methods used to estimate age and length of fishes at sexual maturity using populations of White sucker (*Catostomus commersoni*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 48(8), 1446-1459.

## CLUSTERIZACIÓN COMO MODELO DE DESARROLLO EN LA PESCA: CASO DE ESTUDIO PELÁGICOS MENORES EN BAJA CALIFORNIA

**Martínez-Guerrero S.A., Lucio-Martínez N.L.**

Centro de Investigación y Desarrollo Costero

Las pesquerías en México hoy en día están próximas a las 1,700 toneladas de pescados y mariscos (CONAPESCA, 2015), no obstante, lo anterior (Cruz Torres, 2007) reconoce que el panorama de la pesca a nivel mundial no es halagador dado que el aprovechamiento de algunas especies se ha mantenido en el margen de su máximo aprovechamiento sostenible o por encima de él. Adicional a ello los recientes cambios climáticos han afectado las condiciones de reclutamiento y distribución de las especies marinas y se requiere desarrollar propuestas integrales con bases conceptuales definidas, definición de su problemática y conocimiento biológico pesquero.

A nivel mundial, la pesca y acuicultura son consideradas como el futuro de la alimentación (FAO, 2012), por esta razón los países primermundistas están canalizando importantes esfuerzos para ordenar, modernizar y estimular la inversión de las organizaciones que se dedican al aprovechamiento de la pesca y acuicultura y para lo cual se establecen estrategias comunes. Existen diferentes tipos de agrupaciones o conglomerados que tienen la finalidad de mejorar el desarrollo o actividad productiva, algunos de ellos son:

- El clúster puede ser definido como el sistema interconectado de empresas e instituciones que mediante en conjunto tienen un mayor valor que en lo individual, para con ello ser eficiente o efectivo en una integración vertical (Porter, 2008).  
Los clústeres mejoran la productividad no solo por los insumos y ensamble, pero pueden facilitar las actividades en conjunto.
- Sistema producto es el conjunto de elementos y agentes concurrentes de los procesos productivos de productos agropecuarios, incluidos el abastecimiento de equipo técnico, insumos productivos, recursos financieros, la producción primaria, acopio, transformación, distribución y comercialización (DOF, 2001).
- La conformación de redes puede ser diversa, de acuerdo a su complejidad de productos, intercambio de conocimiento, aprendizaje organizacional, difusión de información (Hoffmann *et al.*, 2004), enfocando en una red de empresas esta se enfocada en conseguir algún acceso a recursos y relaciones (Johanson y Mattson, 1987).



- Las redes de innovación según Carayannis (2006) son infraestructurales reales y virtuales que promueven creatividad, amplían la capacidad de invención y transforman la innovación en un dominio público o privado en el contexto de sistemas abiertos.

La estrategia de encadenamiento productivo es una bandera de éxito en diferentes actividades económicas. En México existen casos de éxito en los resultados presentados por los Clúster Automotriz, Aeronáutico y Médico (Laguna, 2010) por mencionar algunos. Con estas estrategias de integración han desarrollado ventajas competitivas en un entorno globalizado.

Otra forma de usar las estrategias de “suma de valor” se observan en el sector turístico, que muestra cuantiosas valoraciones de la actividad económica y de la suma de participaciones adicionales al sector turístico en el ejercicio de la misma.

Bajo ese mismo modelo se pretende identificar la potencialidad de presentar al sector pesquero de pelágicos menores como actores económicos asociados a una actividad común, debido a que el valor de la pesquería en las estadísticas oficiales y estimaciones que se han hecho en el caso específico de los peces pelágicos menores, tiene distintas vertientes en lo económico, tal como la acumulación de valor después de la captura hasta la comercialización, montos que no aparece en las cuentas públicas ni como pesca ni como producción industrial.

Si bien el Producto Interno Bruto (PIB) como indicador de importancia económica de una actividad nacional es un referente válido, la generación de valor como motor nacional, requiere reflejar los casos de encadenamiento productivo integral para potencializar las actividades a desarrollar.

Dentro del PIB para la pesca es importante mencionar que no se encuentra considerado el proceso y adicionales de valor, de esto derivan una serie de problemas, de los cuales uno de los principales son las políticas públicas. Otro aspecto es la definición de la pesquería de acuerdo a la Ley de Pesca, donde pesquería comprende desde la captura hasta la comercialización final, pero hay “huecos legales” que no permiten la regulación más allá de la actividad extractiva. Esta situación es lo que ha fomentado la sobre-capitalización de pesquerías como la de camarón, atún y sardina, lo que encierra una problemática económica de largo alcance, esta regularización sigue aun definiéndose, por lo que para el presente se considera como una estructura organizada, considerando empresas de manera preponderante.

La valoración de modelos económicos para la definición de política pública ha sido una estrategia de las naciones a través del tiempo (Nieto y Rodríguez, 2005). En nuestro país pasamos de un proceso de privatización en los años sesentas a industrialización en los años

setentas fomento la exportación de los noventas hasta llegar a un modelo de economía global en donde una de las metodologías más reconocida es la evaluación bajo modelo de clúster (Dávila, 2008). La competitividad y el desarrollo económico de las actividades acuícolas y pesqueras no pueden verse ajenas al entorno macroeconómico en el que se encuentra nuestro país ni a su situación microeconómica asociada a su necesidad de desarrollo.

Para ello debemos comprender cómo operan cada actor tanto de manera autónoma como en su conjunto, presagiando para esto que esperamos que un desarrollo macroeconómico de la pesquería mexicana pueda integrar diferentes clústeres pesqueros en función de su proceso, regionalización y/o ventajas naturales como la abundancia de la especie o la infraestructura disponible para su adecuado aprovechamiento. Siempre teniendo como premisa que todos estos clústeres pueden ser competitivos siempre que todos sean productivos (Dávila, 2008).

Con los siguientes supuestos:

- A. Cada eslabón productivo tiene diferentes actividades a desarrollar
- B. Esta diferenciación permite la incorporación de valor a través de diferentes acciones / procesos
- C. No se tiene conocimiento del valor económico preciso derivado del encadenamiento productivo de la pesquería de pelágicos menores.
- D. No se tiene conocimiento preciso de la importancia socioeconómica asociada a la cadena de valor de los pelágicos menores.
- E. La organización de un clúster es planteada a partir de generar sinergias que impulsen el desarrollo de agrupaciones de empresas, mediante la cooperación de los diferentes integrantes, con la finalidad de que todos mejoren sus condiciones de desarrollo, encontrándose por tal dentro del clúster todos los integrantes de la cadena productiva.

Una de las implicaciones es justamente el problema de identificar la razón económica en donde el capital natural, en este caso la sardina especie perteneciente a los pelágicos menores, al pasar por la producción de las empresas y presenta una conversión de natural definido como oferta biológica, lo que normalmente deja a los medios de producción sobre capitalizados a financiero.

La presente propuesta de integración de clúster de pelágicos menores debe de tener la capacidad de desarrollarse en cualquier entidad y con cualquier especie considerando temas de

sustentabilidad como un acuerdo multilateral ético y político tomado en Naciones Unidas, por ello se seleccionó la pesquería de Pelágicos Menores de Baja California como caso de estudio por las siguientes razones:

- Es la pesca con mayor volumen en la región de Baja California y la más importante por el abastecimiento a las plantas de proceso.
- Presenta una temporalidad a lo largo del año es decir que no tiene vedas o regulaciones y/o limitaciones en su captura. Pero la reglamentación del control del volumen de captura está dada por el control en el esfuerzo pesquero. Éste a su vez está representado por la capacidad nominal de acarreo.
- Existe una flota limitada que permite identificar adecuadamente el valor de contingencia en relación a la extracción de este recurso.

#### **OBJETIVO GENERAL**

Identificación de la clusterización como modelo de desarrollo en la pesca: caso pelágicos menores en baja california.

#### **OBJETIVOS PARTICULARES**

- Comparar el valor económico del encadenamiento productivo de la pesquería de pelágicos menores con el valor oficial para esta actividad.
- Obtener información de capacidad de proceso, presentaciones, precios y costos de venta, valor de infraestructura, flujo de capital, de cada uno de los eslabones de la cadena productiva de la pesquería de pelágicos menores.
- Identificación de los integrantes del modelo de clúster de pelágicos menores para Baja California
- Determinar el impacto social y económico de la pesquería en las regiones donde se desempeña esta actividad.

#### **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

Al desarrollar la evaluación económica asociada al modelo de clusterización, en donde se incorpora la cadena de valor de la industria de pelágicos menores de Baja California, se logrará

conocer la diferencia entre la valoración oficial de la industria de pelágicos menores y la valoración mediante una cadena de valor como una ventaja competitiva.

Ahora bien, para contextualizar el modelo de clúster podemos mencionar a Porter (1990) como pionero en el tema de la ventaja competitiva de las naciones, aun cuando el concepto de la agrupación empresarial fue estudiado por Marshall que en 1920 propuso el término “distrito industrial” (Marshall, 1923), a partir de su investigación, otros autores se han integrado a la discusión. Los principales factores que propician la formación de los clústers se encuentra la proximidad geográfica, el predominio de pequeñas y medianas empresas, la colaboración entre compañías basadas en la innovación, la identidad socio-cultural que facilita la confianza y ayuda o apoyo del gobierno regional (Humprey y Schmitz, 1995).

Diferencia del concepto clúster según diferentes autores:

1.- Un grupo de empresas interconectadas y de instituciones asociadas, ligadas a actividades e intereses comunes y complementarios, geográficamente próximas (Porter, 2009).

2.- Grupos de organizaciones que trabajan en un sector económico definido y en un entorno geográficamente limitado, esto permite la generación de una serie de sinergias operativas que constituyen fuentes de las que extraer ventajas competitivas (Esteban, 2011).

3.- Grupos de empresas relacionadas con relaciones de cooperación y complementariedad entre ellas (Vila, F., y Rodriguez, M. 2000: 97), en un marco geográfico común, y que operan en un entorno caracterizado por un alto grado de especialización, intensa competencia y una masa crítica de empleados con alto nivel de formación (World Economic Fórum en Esteban, 2009).

Si estas acciones las juntamos con la biomasa disponible, tecnificación en los procesos de captura, producción nacional y oferta internacional, *versus* mercado entonces podemos ubicar en un plano adimensional las acciones prioritarias a desarrollar en donde si integramos el objetivo de un clúster es encontrar la combinación efectiva de conocimiento, tecnología, relaciones y procesos que provean a la organización y así desarrollar una ventaja competitiva (Walters, 2004), es decir que estas acciones pueden detonar en una articulación de manera integral sobre una pesquería.

En el marco de la evaluación pesquera los principales indicadores siempre han sido los volúmenes de captura (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2015: 182), dejando a un lado las evaluaciones económicas de la cadena de valor. Durante el 2012 las capturas de pelágicos menores presentaron datos record históricos si los comparamos con años anteriores con una captura aproximada de 814,899 toneladas (peso vivo) de las principales especies de pelágicos menores a nivel nacional (Sardina monterrey, anchoveta y macarela), lo que en términos económicos reflejo según el anuario estadístico de pesca y acuicultura (2012), una derrama económica estimada de \$689,191,728.00 (Seiscientos ochenta y nueve millones, ciento noventa y un mil setecientos veintiocho mil pesos 00/100 M.N.) a nivel nacional.

A pesar de que esos valores no incluyen la cadena de valor, tampoco reflejan de una manera directa o estimada la generación de empleos asociados a la captura, procesos y comercialización en cada uno de los eslabones de la cadena productiva de los pelágicos menores.

Para este trabajo utilizaremos el término de clúster definido como una concentración geográfica de empresas e instituciones conexas, pertenecientes a un campo concreto, unidas por rasgos comunes y complementarias entre sí (Porter, 1999: 199).

## **ESPECIE OBJETIVO Y ÁREA DE ESTUDIO**

En México la pesquería de pelágicos menores (Tabla I) principalmente de anchoveta y sardina inició en el puerto de Ensenada, B. C. (Fig. 1), en 1929, registrándose bajos niveles de captura debido a la poca demanda de consumo y escasa capacidad de acarreo de la flota. A mediados de la década de los cuarenta ocurre un desplome de la pesquería en las costas de Norteamérica como consecuencia de cambios bruscos de los factores ambientales y la aplicación de un excesivo esfuerzo de pesca, provocando con ello una severa crisis económica en la industria estadounidense. Durante los sesenta este desplome repercutió en las costas mexicanas de B.C., lo cual ocasionó su virtual desaparición (Ochoa, 1999).



Tabla I. Especies objetivo de pelágicos menores presentes en aguas mexicanas, según la carta nacional pesquera 2012 (DOF, 2012).

NOMBRE COMÚM	NOMBRE CIENTÍFICO
Sardina monterrey	<i>Sardinops sagax</i>
Anchoveta	<i>Engraulis mordax</i>
Sardina crinuda	<i>Opisthonema libertate</i>
Sardina crinuda azul	<i>Opisthonema bulleri</i>
Sardina crinuda machete	<i>Opisthonema medirastre</i>
Macarela	<i>Scomber japonicus</i>
Sardina bocona	<i>Cetengraulis mysticetus</i>
Sardina japonesa	<i>Etrumeus teres</i>
Charrito	<i>Trachurus symmetricus</i>
Sardina piña	<i>Oligoplites spp</i>

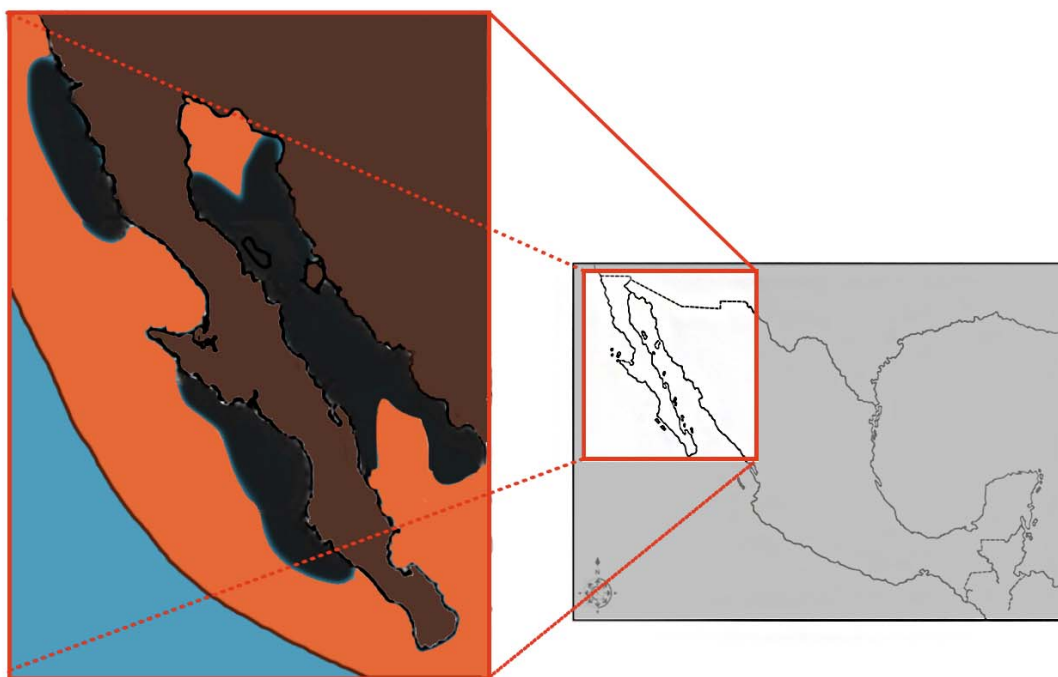


Figura 1. Área general de distribución de peces pelágicos (área gris) y áreas de captura comercial de pelágicos menores en Baja California (modificado de DOF, 2012).

En los últimos 20 años las capturas se han mantenido en un promedio que oscila las 600,000 toneladas como se observa en la figura 2, se muestra el volumen de la producción primaria de las principales unidades de producción (Baja California BC, Baja California Sur BCS y Sonora SON) acorde al análisis estadístico de pesca 2010, 2011, 2012, 2013 y 2014 mismo que es desglosado por especie capturada.

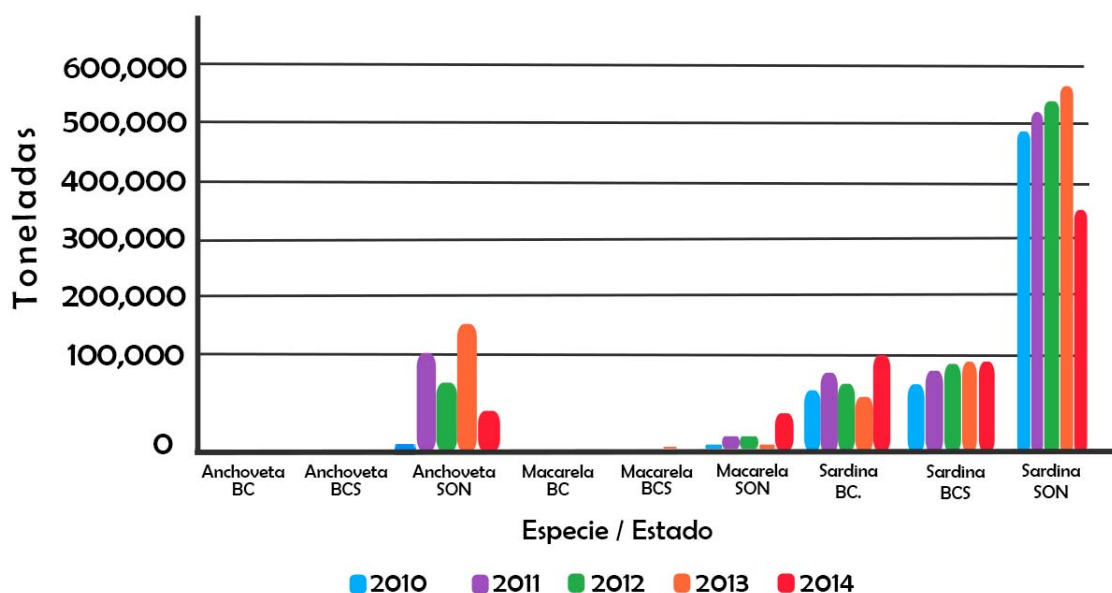


Figura 2. Volumen de la producción primaria de las unidades de producción (Baja California BC, Baja California Sur BCS, Sonora y Sinaloa SON) acorde al anuario estadístico de pesca 2010, 2011, 2012, 2013 y 2014. \*Por efecto de producción Sonora y Sinaloa se integran (SAGARPA, 2010 al 2014).

### Composición anual de las capturas por especie de pelágicos menores en Baja California.

En el Estado de Baja California la captura de pelágicos menores está compuesta por las especies de Anchoveta, Macarela y Sardina, las composiciones anuales de las capturas muestran un mayor porcentaje para la sardina siendo este aproximadamente del 95% mientras que el 5% se encuentran las especies de Anchoveta y Macarela (Datos recabados de las bases de datos de los anuarios de pesca de CONAPESCA, 2008 a 2014).

Los valores oficiales de valor de la pesquería de los pelágicos menores, se observan en la tabla II que corresponden a las cifras del Anuario estadístico de Pesca y Acuicultura y nunca se han correlacionado con valores de mercado internacional.

Tabla II. Importancia económica de los pelágicos menores en Baja California (anchoveta, macarela y sardina) de los últimos años (Anuario estadístico de pesca, 2010 al 2014).

AÑO	VALORES EN PESOS
2010	57, 750, 363
2011	65, 483, 666
2012	68, 920, 652
2013	57, 562, 615
2014	90, 660, 684

#### METODOLOGÍA

El método de verificación de la información recabada en las encuestas fue:

##### Para productores:

Número de embarcaciones por empresa: solicitud por escrito a la CONAPESCA

Capacidad de bodega en la embarcación: permiso de pesca

Insumos: balance anual de la empresa

Precios de venta de sus productos: facturas

Empleados: inspección ocular

##### Para industrializadores:

Procesos y capacidad: inspección ocular y facturas

Estándares de calidad: evidencia documental

Exportación y destinos: factura

Empleados: inspección ocular

El desarrollo del trabajo en campo desarrollado mediante un censo con encuestas dirigidas y búsqueda bibliográfica en fuentes oficiales para determinar los 5 ejes de información que a continuación se enuncian:

- I. Investigación exploratoria para clasificar las actividades por tipo de proceso productivo.
- II. Analizar los beneficios económicos de cada actividad
- III. Determinar los volúmenes de producción / Demanda
- IV. Determinar la interrelación como cadena de valor y su potencial de considerar como clúster
- V. Desarrollar el modelo de las 5 fuerzas propuesto por Porter.

Existen diferentes metodologías para abordar estos temas, para el desarrollo de la presente investigación se presentó lo siguiente:

- A. Censo de unidades económicas sujetas de evaluación en campo.
- B. Estimación del costo de las unidades productivas bajo el modelo de precio de mercado
- C. Encuesta abierta dirigida para la determinación de actividades volúmenes de proceso, generación de valor y posición en la cadena de valor, considerando las siguientes distinciones:

*Productores.* - Se refiere a aquellas unidades de esfuerzo que se dedican a la extracción del producto pesquero.

*Industrializadores.* - Se refiere a aquellas unidades de producción que únicamente cortan y/o congelan el producto pesquero, con la limitación que el producto resultante no sufre modificación en su estructura.

*Transformadores.* - Se refiere a aquellas unidades de producción que, empleando métodos térmicos, modifican la estructura original del producto pesquero, con fines de reducción, cocción o conserva.

Para los efectos del presente estudio quedan excluidos los eslabones de comercialización, investigación y proveeduría, toda vez que la comercialización de los pelágicos menores se realiza directamente por los actores antes referidos y los restantes eslabones serán considerados en el análisis de valor agregado.

- D. Investigación cuantitativa de los procesos e interacciones de mercado en donde la incorporación de valor, será identificada mediante Valor del Mercado y Disposición a pagar.

El valor monetario de la actividad que representa la inversión y producción en donde para la actividad pesquera se tiene identificado emplear la siguiente herramienta de análisis, empleando el Método de valoración de la Producción, modificado del convencional empleado para análisis forestales (Adaptado de Pearce, 1993), a efecto de poderlo emplear en la pesca, el cual se puede representar como:

Valor Económico de la Pesca (VEP)

$$(1) \text{ VEP} = \text{Sd} * \text{PVP}$$

Dónde:

Sd = Volumen del Stock estimado disponible

PVP: Precio de Venta Promedio

Sustituyendo, se puede expresar la ecuación (1) como:

$$(2) \text{ VEP} = \text{Sd} * [(\text{Rpf} * \text{Sd}) * \text{PVf} + (\text{Rpec} * \text{Sd}) * \text{PVec} + [(\text{Rpcc} * \text{Sd}) * \text{PVcc}] + (\text{Rpt} * \text{Sd}) * \text{PVt}]$$

Donde:

Sd = Volumen del Stock estimado disponible

Rpf: Razón de producción de fresco

Rpec: Razón de producción de entero congelado

Rpcc: Razón de producción de cortado congelado

Rpt: Razón de Producción de transformado

PVf: Precio Venta fresco

PVec: Precio Venta entero congelado

PVcc: Precio Venta cortado congelado

PVt: Precio Venta transformado

Para obtener la información de los censos de unidades económicas, estimación de costo de la unidades productivas y la determinación de volúmenes de proceso se procederá a desarrollar una encuesta abierto dirigido a cada integrante de la cadena productiva, tomando para ello las bases de datos de CONAPESCA, CANAINPESCA y Comité Sistema Producto Pelágicos



Menores de Baja California, buscando con ello ampliar el espectro de incidencia para desarrollar una nueva base de datos que incorpore al mayor porcentaje de la industria que este activa.

La encuesta dirigida a los productores, industrializadores, comercializadores y ranchos atuneros se adjunta al presente en el Anexo I, será llevado a la práctica bajo el modelo de entrevista dirigida para poder desarrollar en la mayor medida posible la información requerida.

Una vez capturada la información puntual de cada actor se procederá a realizar un análisis que será compartido con los representantes de eslabón para realizar una validación de la información recopilada y posteriormente realizar el análisis de valoración.

### **Selección de la muestra**

Para el desarrollo del presente estudio y el desarrollo de la investigación será mediante un censo, se implementará en la totalidad de unidades económicas asociadas a la cadena productiva de pelágicos menores en Baja California. Con un tamaño de muestra del 100% de la población objetivo corresponden a 45 unidades productivas, mismas que en su totalidad fueron muestradas, es decir un muestreo no aleatorio y una confianza del 95% para el desarrollo de las encuestas abiertas, los rangos de los precios se establecerán mediante estadística no paramétrica por el tamaño de la muestra.

Lo supuesto a cumplir son los siguientes:

$H_0 = \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3$

$H_a =$  al menos un  $\alpha_i$  es diferente

El tratamiento de los datos obtenidos de las encuestas se realiza un análisis de rangos, es importante mencionar que los parámetros empleados para ponderar la información fueron en base a los datos recabados en las encuestas, con máximos y mínimos.

### **RESULTADOS**

Se identificaron 15 empresas en producción, 24 en industrialización, 4 comercializadores y 3 en maricultura que usan el recurso como insumo principal en su proceso (engorda de atún)

En función del trabajo de campo se logró identificar de manera precisa la cadena productiva, misma que se esquematiza en la figura 3, bajo el siguiente modelo: El eslabón de productores, está representados por los armadores (captura), el eslabón de industrialización y comercializador, conformado por la industria (congeladoras en su mayoría) y ellas mismas comercializan sus productos, y finalmente los proveedores de servicios e insumos (proveedores

de latas, cartón, maquinas, diésel, entre otros) y ranchos atuneros (que emplean a la sardina como un insumo).

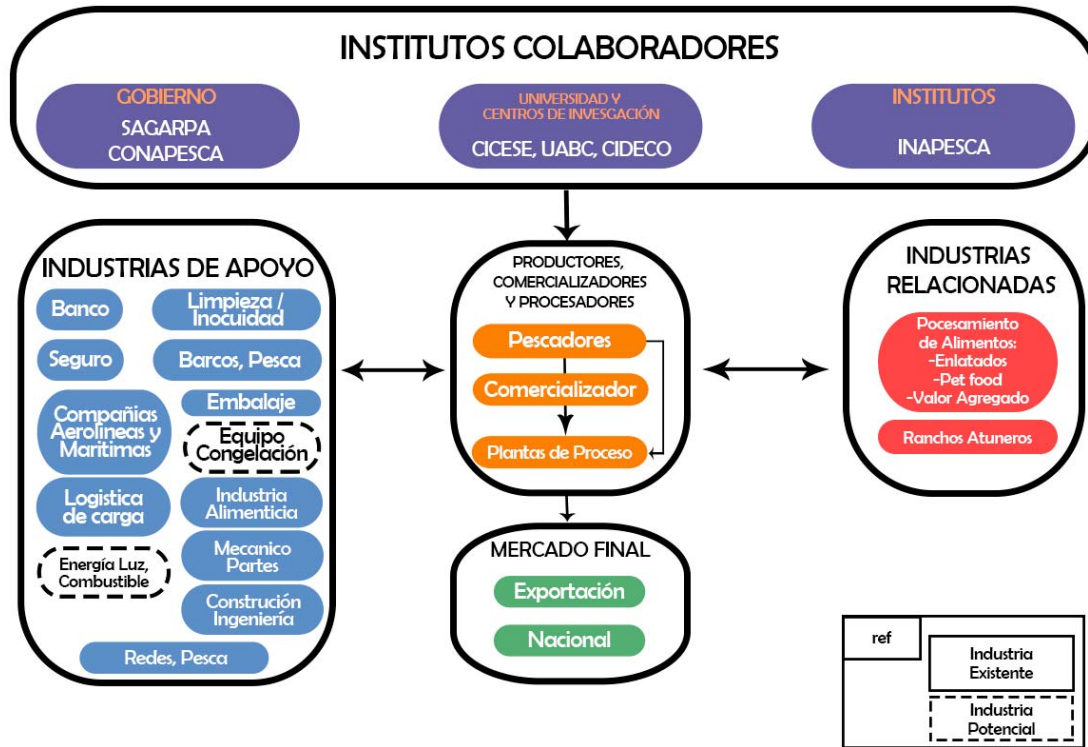


Figura 3. Eslabones que integran la cadena productiva de los pelágicos menores en Baja California (Modificado de: Hemmerle, M., Heimur, T., Maggard, K., Paik, J., y Valdivia, S. 2010, 16pp).

Los precios de venta de Pelágicos menores por los armadores en Baja California al siguiente eslabón (industrialización) oscilo en un mínimo de 77 dólares y un máximo de 550 dólares, dependiendo la calidad siendo el uso para consumo humano en que tuvo el mejor precio. Tomando en consideración los diferentes procesos y capacidades de procesamiento se identificó una captura diaria promedio de 2,405 toneladas a un precio promedio mínimo de 100 dólares lo que arroja ingresos mínimos de 240,500 en el primer eslabón.

El encadenamiento productivo posterior derivado del estudio de campo se identifica en la tabla III.

Tabla III. Ingresos estimados por el eslabón de industrialización de Baja California.

INDUSTRIALIZACIÓN	PRODUCCIÓN PROMEDIO DIARIA (t)	PRECIO DE VENTA MÍNIMOS (USD)	INGRESOS MÍNIMOS MENSUALES (USD)
Sardina entera Congelada	240	\$300	\$72, 000
Sardina cortada - Envicerada congelada	80	\$650	\$52, 000

A efecto de realizar una valoración en relación de los históricos se consideraron las valoraciones económicas antes referidas y se consideró una captura histórica promedio de 80,000 toneladas. Al realizar la sumatoria de las toneladas destinadas a cada proceso se obtiene el valor de la cadena productiva de los pelágicos, como se observa en la tabla IVTabla , se identifica el valor en el primer eslabón y en la tabla V el encadenamiento productivo al siguiente eslabón.

Tabla IV. Valoración de la cadena productiva de los pelágicos menores en fresco en Baja California

PORCENTAJE QUE REPRESENTA DE LAS 80, 000 t	TONELADAS DESTINADAS A CADA PROCESO	DESTINO	COSTO USD/t SEGÚN EL DESTINO	VALOR (USD)
18	14,400	Ranchos Atuneros	200	\$2,880,000.00
22	17, 600	Entero Congelado Consumo Humano	200	\$3,320,000.00
52	41, 600	Entero Congelado pet - food	200	\$8,320,000.00
8	6, 400	Cortado Congelado	200	\$640,000.00
TOTAL	80, 000			\$15,360,000.00

Tabla V. Valoración de la cadena productiva de los pelágicos menores para producto terminado en Baja California

PORCENTAJE QUE REPRESENTA DE LAS 80,000 t	TONELADAS DESTINADAS A CADA PROCESO	RENDIMIENTO	TONELADAS FINALES DESTINADAS A CADA PROCESO	COSTO USD/t SEGÚN EL DESTINO	VALOR (USD)
18	14,400	Fresco Ranchos Atuneros	14,400	200	\$2,880,000
22	17,600	Entero Congelado Consumo Humano	17,600	525	\$9,240,000
52	41,600	Entero Congelado pet - food	41,600	450	\$18,720,000
8	6,400	Cortado Congelado (2:1)*	3,200	1,250	\$4,000,000
TOTAL	80,000				<b>\$34,840,000</b>

\*Se necesitan dos toneladas de sardina entera para obtener una tonelada de sardina cortada.

Tomando en consideración el modelo de valoración de producción modificado expresado en el diseño metodológico, el flujo del capital que se obtuvo al realizar la sumatoria de los valores arrojados de la cadena productiva de los pelágicos menores en fresco para cada destino del producto se realizó la sumatoria de los resultados arrojados por cada destino del producto. Dando como resultado la sumatoria de \$50,200,000 dólares por tonelada.



Al realizar la comparación de la valoración encontrada en la presente investigación correspondiente a 2013 que corresponde a \$50,200,000 USD (tipo de cambio \$13.4 noviembre



2013 un total de \$672,680,000 pesos) con lo reportado en el anuario estadístico de pesca durante el mismo año correspondiente a \$57,562,615 pesos hay una diferencia de \$582,019,316 pesos.

### **Valorando el modelo de clúster**

Tomando en consideración la información asociada a la cadena de valor de la industria de pelágicos menores se procedió a desarrollar un mapa de clúster que se aprecia en la figura 4, tomando en consideración las siguientes premisas:

- 1) El insumo principal son los pelágicos menores y para efectos del mapa de clúster se denominarán sardina.
- 2) No se realiza una segmentación en función de las mejoras tecnológicas de la flota.
- 3) La flota sardinera captura a libre demanda es decir que no existe una cuota o base que diferencie o favorezca al proveedor del insumo principal, no obstante, existen valores de referencia que establece el INAPESCA de forma aleatoria.
- 4) La variación de los productos está en función de la calidad del producto que arriba a las plantas, por lo que los productos intermedios y finales están en función del abasto y no del mercado
- 5) La comercialización para fines del modelo de clúster se define como un eslabón previo a los compradores, indistintamente si sea un actor económico o un departamento de ventas del eslabón de industrialización
- 6) El gobierno está considerado como servicios de soporte porque puede alterar el equilibrio del abasto toda vez que los permisos tienen una caducidad a los 5 años y ofrece estímulos a la inversión en toda la cadena productiva.
- 7) El gobierno incentiva la ampliación de la capacidad de transformación de manera independiente a la oferta biológica.



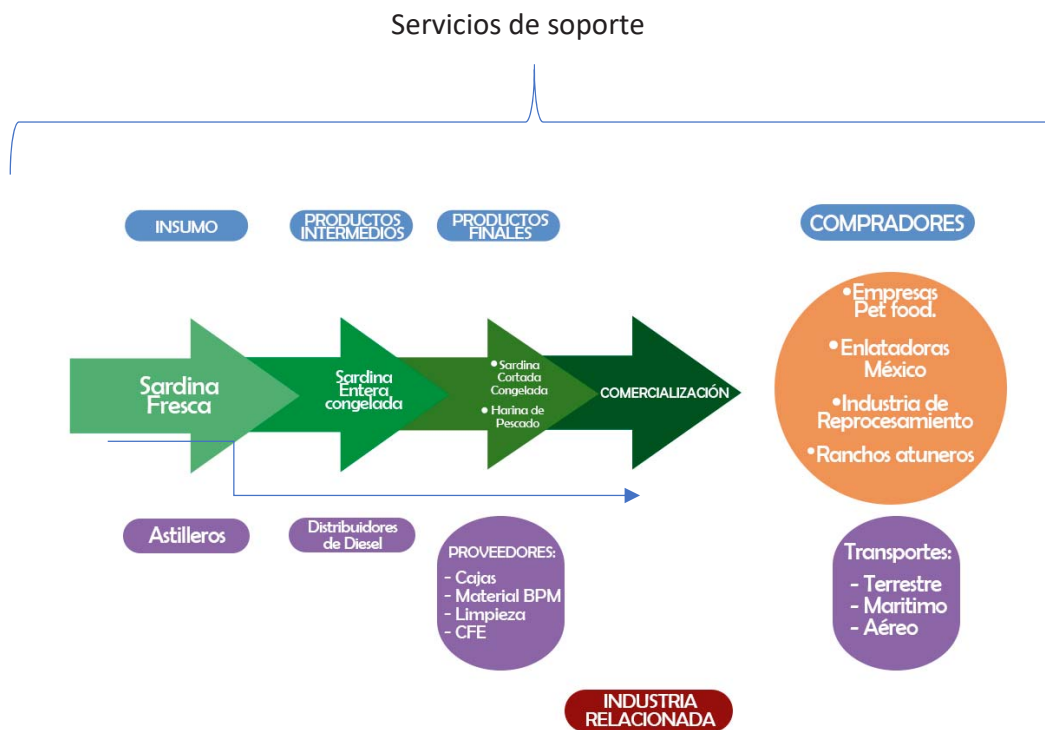


Figura 4. Mapa de clúster de la industria de pelágicos menores en Baja California.

### Análisis de las 5 fuerzas

La evaluación de las 5 fuerzas bajo el modelo de Porter, permite identificar la competencia en la industria, como se observa en la figura 5, el modelo tiene una base de proveedores definida en la que se sostiene el resto de la industria y deriva la oferta al mercado. Si bien existe una alternativa en los pelágicos menores de importación (enlatada principalmente por Ecuador que no cumple con las normas de calidad que “se imponen” a los productores nacionales, lo que incluye no respetar los derechos humanos), esta marca una segmentación como producto sustituto, toda vez que las propiedades de la sardina monterrey, que es la principal especie capturada en Baja California son superiores y más demandadas por el mercado.

Así pues, se puede identificar que la competencia entre las empresas actuales está asociada a su tecnología y por ende a la inversión que permita hacer una diferenciación en los productos a comercializar. Dicho lo anterior la capacidad de pesca y proceso se ven reducidos por la oferta tecnológica.

Aun con esta rivalidad definida, el poder de negociación de los compradores es limitado al existir una demanda superior que la oferta en cuyo caso este poder se puede reflejar en sobre precio según el mercado meta y el cumplimiento de estándares de inocuidad obligatorios para acceder a dichos mercados.

En la presente investigación se encontró una evidencia positiva, con la integración en sistemas de clúster asociados a la oferta de producto congelado para consumo humano que en su mayoría será confeccionado en productos industriales, es decir se comercializa materia prima para procesos que ocurren fuera del país. Los productos de consumo final se tienen, en baja proporción. permitiendo reflejar una directriz de rumbo a mejores condiciones de precio para el sector pesquero.

Los procesos de organización sin un clúster, son difíciles de impulsar en una competencia hacia el mercado exterior, es decir existiría una desventaja competitiva a nivel internacional.



Figura 5. Evaluación de las 5 fuerzas que impulsan la competencia en la industria de pelágicos menores de Baja California.

**Diseño del Diamante de Porter**

Tomando como base la información se procedió a diseñar el diamante de la industria de pelágicos menores en donde las acciones expresadas permiten enunciar condiciones que afectan a todo el clúster y en donde de implementarse acciones concretas de atención permitirían mejorar las condiciones de la industria en su conjunto.

**DIAMANTE DE PELÁGICOS MENORES EN B.C.**

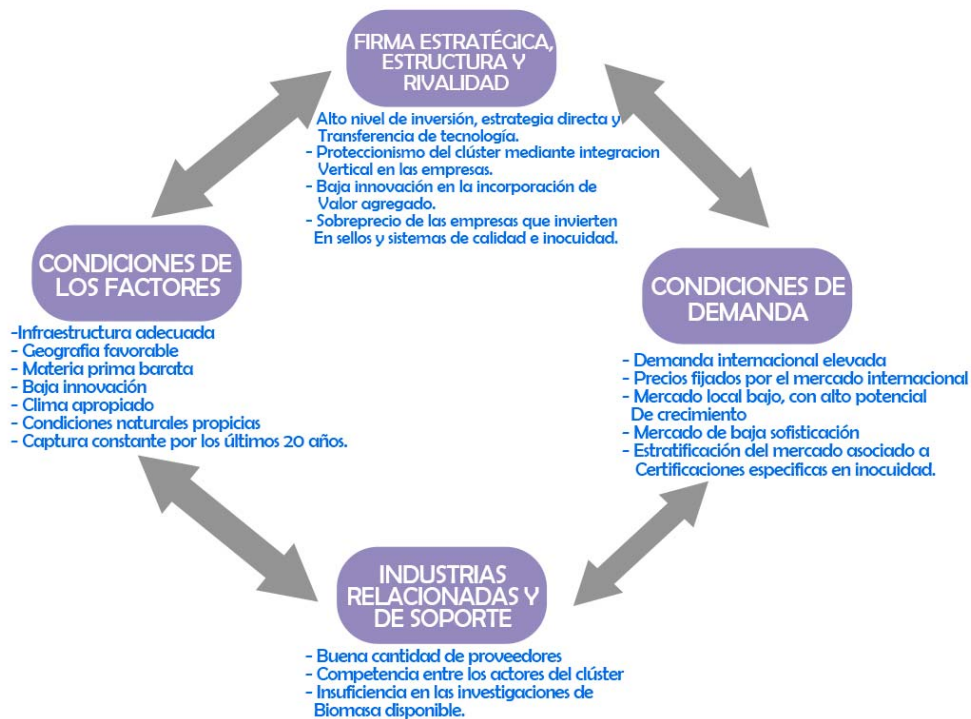


Figura 6. Análisis de la industria bajo el modelo del Diamante de Porter.

Como se observa en la figura 6 se puede identificar que aun cuando existen condiciones favorables para la industria de pelágicos menores en Baja California, los mercados se están segmentando a mejorar las condiciones de calidad e inocuidad, lo que está llevando a una tendencia de inversión a la cadena productiva que se contrapone con una baja inversión en investigaciones de biomasa disponible.

Acorde a los datos del INEGI el producto interno bruto de la mayoría de los productos pesqueros a nivel nacional resulta menor al uno por ciento, no obstante, para éste indicador

solamente se considera el producto que es extraído del agua y hasta que es vendido para cualquier otra actividad llámese acuicultura, plantas de proceso, transformación y consumo final.

Esto ocasiona que el valor agregado derivado de los procesos productivos de la transformación de los productos pesqueros, no sean considerados como parte de los resultados de la industria pesquera, lo cual es un problema que afecta la capacidad de organizar, ordenar y aprovechar un recurso finito.

Con la presente investigación se demuestra que una de las industrias pesqueras de más bajo valor presenta una importancia económica y social que no ha sido debidamente reflejada por el tipo de actividades que se desarrollan pasando de poco menos de setenta millones de pesos a poco más de cincuenta millones de dólares.

En relación a la incorporación del eslabón de política pública como parte del clúster, se puede identificar que el ordenamiento del eslabón de la producción está íntimamente ligado a la política pública, debido a que la CONAPESCA con autorización de INAPESCA permiten la incorporación de nuevos actores al eslabón de producción, es decir la ampliación de la capacidad de captura, asociada a los pelágicos menores depende directamente de la aprobación y autorización de la política pública.

Es importante enfatizar que si bien los resultados de la presente investigación cumplen las expectativas que dieron origen a la presente, el proceso de desarrollo incurre en un proceso asociado a fenómenos naturales que tiene un impacto directo sobre la pesquería, en donde al 2015 las capturas disminuyeron considerablemente lo que incrementó los precios de los pelágicos menores en el mercado internacional más de un 50 %, es decir que el precio de mercado tiene un máximo histórico que obliga a mencionar que las estimaciones fueron muy conservadoras.

Aun así, derivado del análisis en la cadena de valor dentro del presente proyecto, se podría considerar como indicador que cada kilo de sardina genera una derrama económica de setenta centavos de dólar americano.

Este estudio se enfocó a una pesquería que en sus históricos mantiene un promedio que permite estimar proyecciones a años futuros, toda vez que los principales procesos y precios se han mantenido estables. No obstante el diseño de la valoración permite adicionar variables que adicionen valor agregado y mejores condiciones de precio en el mercado, lo que permite establecer una hipótesis nueva que valide su implementación en diferentes productos y procesos, lo cual habría que valorarlo con diferentes especies tanto de pesca como de acuicultura para



poder desarrollar un indicador nacional de la generación de valor asociado a la actividad acuícola y pesquera, para que sirva de referencia comparativa ante otros giros económicos.

Bajo el modelo de análisis de cadena de valor se identificó que la clusterización o los actores que siguen la ruta de la cadena de valor, que siguen no solo la dirección del producto, es decir de donde viene y hacia dónde va, también el incremento de valor que va sufriendo cada vez que pasa de un eslabón a otro y con ello ponderar el valor real.

## REFERENCIAS

- Anuario estadístico de Pesca y acuicultura, 2005 al 2014. Comisión Nacional de Acuicultura y pesca. Recuperado en marzo 2015 de: [http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/cona\\_anuario\\_estadistico\\_de\\_pesca](http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/cona_anuario_estadistico_de_pesca)
- Carayannis, E., 2006. Co-operating in strategic government University Industry (GUI), The power of complex, dynamic knowledge networks. *Journal of technology transfer*, 24(2), 197-210.
- Cruz, T., 2007. Pesca medio ambiente y sustentabilidad en Sinaloa. Sinaloa: Universidad Autónoma de Sinaloa.
- Dávila, A., 2008. Los clústers industriales del noreste de México (1993 – 2003). Perspectivas de desarrollo en el marco de una mayor integración económica con Texas. *Región y sociedad*, 20(41).
- Diario Oficial de la Federación, 2001. Ley de Desarrollo Rural Sustentable. Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión. 68pp.
- Diario Oficial de la Federación, 2012. Plan de manejo pesquero para la pesquería de pelágicos menores (sardinas, anchovetas, macarela y afines) del Noroeste de México. Secretaría de Agricultura, Ganadería, desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Recuperado de: <http://dof.gob.mx>
- Esteban, J., 2011. Clústers y competitividad: el caso del País Vasco. Recuperado de: <http://es.slideshare.net/turismocdct/el-modelo-de-cluster-turistico-y-la-competitividad-por-juan-manuel-esteban>
- Food and Agriculture Organization (FAO), 2012. Estado mundial de la pesca y la acuicultura. Roma. 231pp. Recuperado de: <http://www.fao.org>
- Hemmerle M., Heimur T., Maggard K., Paik J., Valdivia S., 2010. The Fishing Cluster in Uganda. Final report for microeconomics of competitiveness. Harvard Kennedy School. 30pp.
- Hoofmann V., Molina-Morales X., Martínez-Fernández, T., 2004. Redes de Empresas: Uma proposta de tipología para sua classificação. XXVIII ENAMPAD Curitiba Brazil.



- Humphrey J., Schmitz H., 1995. Principles for promoting clusters & networks of SMEs. United Nations Industrial Development Organization. 1-26p.
- Johanson J., Mattsson L., 1987. Interorganizational relations in industrial systems: A network approach compared with the transactioncost approach. *International Studies of Management and Organization*, 17(1), 34 – 48.
- Laguna C., 2010. Cadenas productivas, columna vertebral de los clústers. México. Economía mexicana. Nueva época, Vol XIX. Recuperado de: [http://www.economiamexicana.cide.edu/num\\_anteriores/XIX-1/04.EM.Laguna%20ReyesEM\(119-170\).pdf](http://www.economiamexicana.cide.edu/num_anteriores/XIX-1/04.EM.Laguna%20ReyesEM(119-170).pdf)
- Marshall A., 1923. Industry and trade. McMillan, London.
- Nieto B., Rodríguez R., 2005. Modelos de valoración de activos condicionales: un panorama comparativo. *Investigaciones económicas*. Madrid. 29(1), 33-71.
- Ochoa Sánchez A., 1999. La antropología y el estudio de las comunidades pesqueras en México: pescadores atuneros y sardineros en el puerto de Ensenada, B.C. en Memoria 1999, IIH-UABC/SEE.
- Pearce D., 1993. Economic values and the natural world. Earthscan, Londres.
- Porter M., 1990. La Ventaja Competitiva de las Naciones. Free Press, New York, 1990 & 1998.
- Porter M., 1999. Clusters y Competicion: New Agendas for Companies, Governments, and Institutions. Harvard Business School Press.
- Porter M., 2008. On Competition. Harvard Business School.
- Porter M., 2009. Ser competitivo. Harvard Business School press. Grupo Planeta. 550pp.
- Secretaria de Agricultura Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA), 2010 al 2014. Anuario estadístico de acuacultura y pesca. CONAPESCA. México.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2015. Atlas agroalimentario 2015. México.
- Vila M., Ferro C., Rodríguez M., 2000. Agrupamientos sectoriales territoriales (A.S.T.): reflexiones acerca de los recursos compartidos. *Revista de Economía y Empresa*, 14(40), 87-101.
- Walters D., 2004. New economy – new business models – new approaches. *International journal pf physical distribution & logistics management*, 34(3), 219-229

## LA TOTOABA Y SU BIOTECNIA: AMPLIACIÓN DE LA UNIDAD DE MANEJO AMBIENTAL DE LA UABC

**True Conal David\*, Enríquez Paredes Luis M., López Acuña Lus M., Sandoval Garibaldi Gerardo, Castro Norberto, Galaviz Espinoza Mario A.**

\*Universidad Autónoma de Baja California (UABC), Facultad de Ciencias Marinas. PO Box 76, Ensenada B.C. 22860, México. Correo electrónico: [ctrue@uabc.edu.mx](mailto:ctrue@uabc.edu.mx)

Después de casi 20 años de trabajo continuo en el desarrollo de la biotecnia del cultivo de totoaba, una especie bajo protección especial y en peligro de extinción (NOM-059-SEMARNAT-2014 y Apéndice I CITES) del Golfo de California, es que se logra el desarrollo de la etapa de cultivo en cautiverio. A partir de la investigación y mediante la continua modificación en los procesos de producción o cultivo es que se construye una significativa ampliación de las instalaciones existentes en la UABC, para aspirar a una producción futura de hasta 1 millón de crías al año. El objetivo es dar inicio a dos aspectos: 1) Un programa de repoblación como apoyo hacia la población silvestre y 2) El desarrollo de una cadena productiva basada en la engorda acuícola de la especie. Se presentará una síntesis del estado de conocimiento y desarrollo actual de esta especie, así como del concepto tras la ampliación de las instalaciones. Se hará hincapié de como el aumento de las capacidades de producción en conjunto con un programa de seguimiento y monitoreo podrían lograr en un futuro no muy lejano, regresar el uso sustentable de este recurso icónico del Golfo de California.









