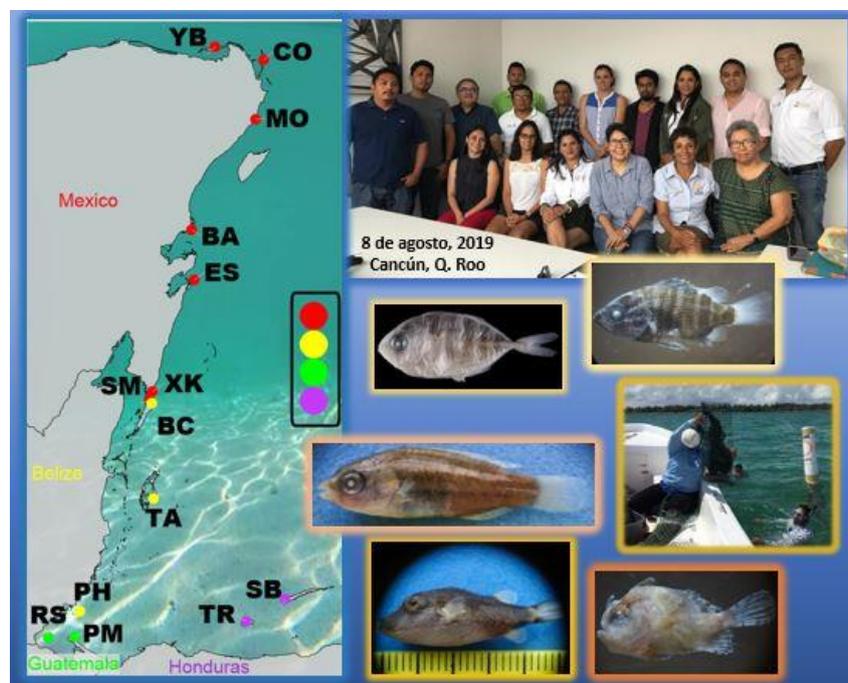




Fomento de Capacidades en AMP y Conectividad en el Arrecife Mesoamericano

Ejercicios de Conectividad (ECOME) en el SAM 2013-2019

Informe consolidado



Lourdes Vásquez-Yeomans¹, Eloy Sosa-Cordero¹, Laura Carrillo¹, Estrella Malca^{2,3} y Claudio González⁴

¹El Colegio de la Frontera Sur, ECOSUR Unidad Chetumal, México

²National Oceanic and Atmospheric Administration NOAA

³University of Miami, CIMAS/RSMAS, USA

⁴MARFund, Guatemala

Chetumal, Quintana Roo, México
Noviembre, 2020

Forma de citar este documento: Vásquez-Yeomans, L., E. Sosa-Cordero, L. Carrillo, E. Malca, y C. González 2020. Fomento de Capacidades en AMP y Conectividad en el Arrecife Mesoamericano. Ejercicios de Conectividad (ECOME) en el SAM 2013-2020. Informe final. ECOSUR. Chetumal, Quintana Roo., México. 57 pp.



Participantes/Ejercicios de Conectividad en el Sistema Arrecifal Mesoamericano 2013-2019

País	Participante	Área Protegida/Afiliación
México	Cristóbal Cáceres Francisco Cab Ku José Antele Marcial	Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam (APFFYB) / CONANP
	María del Carmen García Lidia Granados Bárcenas Aristeo Hernández Sánchez Wilberto Antele Sangabriel Henry Antonio Medrano Pérez	Parque Nacional Isla Contoy (PNIC) / CONANP
	María del Carmen García Enrique Gallegos Aguilar Octavio Granados González	Parque Nacional Arrecifes de Puerto Morelos (PNAPM) / CONANP
	Omar Ortíz Moreno Yadira Gómez Hernández	Reserva de la Biósfera Sian Ka'an: Bahía Ascensión (SKBA) y Bahía Espíritu Santo (SKES) / CONANP
	Denisse Ángeles Solís Efraim Candila Tuyub	Parque Nacional Arrecifes de Xcalak (PNAX) / CONANP
Belice	Joel Verde Leomir Santoya Adriel Castañeda Henry Brown Shakera R. Arnold	Sarteneja Alliance for Conservation and Development (SACD), Bacalar Chico Marine Reserve (BCMR) y Fisheries Department
	Leandra Ricketts Adriel Castañeda	Turneffe Atoll Marine Reserve (TAMR), Universidad de Belize (UB) y Fisheries Department
	Celia Mahung Caroline Oliver	Port Honduras Marie Reserve (PHMR) / Payne's Creer National Park
Guatemala	Silja Ramírez Justo Roman Rodríguez García Darwin Román Ponce Rodríguez	Área de Uso Múltiple Rio Sarstún (AUMRS) /FUNDAECO
	Hendryc Obed Acevedo Sergio Hernández Victor Gudiel Corona	Refugio de Vida Silvestre Punta Manabique (RVSPM) / CONAP
Honduras	Ely Augustinus Edoardo E. Antúnez Andrea Izaguirre	Zona de Protección Especial Marina Turtle Harbor Rock Harbour (THRH) / Bica Utila
	Irma Brady Gisselle Brady Belkis Ramírez Egla Vidotto	Sandy Bay West End Marine Reserve (SBWEMR) / BICA Roatán
Organización y grupo asesor biológico-ecológico	Elva Leyva Cruz José A. Cohuo Colli Lourdes Vásquez Yeomans	El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)
	Estrella Malca	U of Miami, NOAA Early Life History Lab
Oceanografía física	Laura Carrillo Mariana Callejas Jiménez	El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)
Pesquerías	Eloy Sosa Cordero	El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)
Organización regional	María José González Claudio González	MAR Fund

RESUMEN

El presente informe contiene los resultados de las actividades desarrolladas durante 9 ejercicios regionales de monitoreo ECOME comprendidos de septiembre de 2013 a septiembre de 2019 en una red de Áreas Marinas Protegidas (AMPs) del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM). Este documento compila la información presentada en previos informes (ECOME 1-5 2013-2016), resultados del ECOME 6 (2017) que no había sido integrados y de ECOME 7-9 (2018-2019), estos últimos producto de un proyecto financiado a través del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) en respuesta a la Convocatoria 2017 PPD MAR Fund y concluido exitosamente en enero de 2020. El énfasis de los ejercicios ECOME responden a la necesidad de generar información sobre conectividad (demográfica) en la región SAM, que opera a través de la acción de procesos biofísicos en el océano. Estos procesos tienen repercusiones en las poblaciones y comunidades biológicas que eventualmente ocuparán hábitats costeros-marinos en sus etapas tempranas de vida. La conectividad persiste como foco de investigación ecológica por su inherente valor académico e importante influencia en aspectos de manejo a escala local y regional. Por lo anterior, cuatro instituciones: National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA), la Universidad de Miami, Mesoamerican Reef Fund (MAR Fund) y El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), se unieron para iniciar una estrategia de monitoreo biológico y físico en la región del SAM. Esto llevó a conformar en 2013 el Grupo de Conectividad del SAM, que desde el inicio buscó una estrecha relación con autoridades y personal de AMPs del SAM. Esta red tiene su origen a partir de dos talleres realizados en El Colegio de la Frontera Sur en la Cd. de Chetumal, México. En 2010, “1^{er} Taller de Capacitación Regional sobre AMP y la Conectividad en el Arrecife Mesoamericano,” con apoyo del Programa de Conservación de Arrecifes de Coral de NOAA (CRCP por sus siglas en inglés) y en 2012, “2^{do} Taller Regional sobre Conectividad en el Arrecife Mesoamericano” apoyado por National Fisheries & Wildlife Foundation que dio continuidad al tema de conectividad. El Grupo de Conectividad planteó efectuar un primer ejercicio regional de monitoreo de postlarvas de peces arrecifales, que fuera simultáneo y estandarizado; así como obtener mediciones de temperatura del agua en ocho AMPs del SAM. A partir de entonces este ejercicio regional de monitoreo fue denominado ECOME (Ejercicio de Conectividad en el Mesoamericano), con base en una metodología que facilitara su ejecución al proponer la utilización de un arte de muestreo simple y de bajo costo: el colector de columna de agua (CCA). Las ocho AMPs comprometidas a participar en el monitoreo ECOME fueron capacitadas y dotadas inicialmente con el equipo básico (juego de 20 colectores CCAs) y a 3 de ellas se les proporcionó un sensor de temperatura de bajo costo (HOBO Water Temp Pro v2). Este informe sintetiza los resultados de nueve ejercicios regionales ECOME efectuados de 2013 a 2019, y un mini-ECOME 7, en los que participaron 13 AMPs de los cuatro países del SAM. Los ejercicios ECOME iniciaron con ocho AMPs en 2013 y actualmente participan once AMPs, aunque esto varía en cada ejercicio. El tiempo total invertido en su ejecución fue de 1371 días, con el trabajo de 613 personas entre personal de campo (manejadores, guardaparques, técnicos de AMPs, estudiantes y voluntarios) personal administrativo y científicos. A la fecha, un total de 4113 peces han sido registrados en los ejercicios ECOME; con ejemplares pertenecientes a 39 familias, 83 géneros y 117 especies, de las cuales, 94 son especies nominales, con determinación taxonómica completa. La mayoría de los peces corresponden al estadio de postlarva, pero también al estadio larval y juvenil. Las familias más representativas por su abundancia en la región SAM, en orden decreciente son: Tetraodontidae (“puffers” o botetes) 29.9%, Carangidae (“jacks” o jureles y palometas), 25.2%, Monacanthidae (“filefishes” o lijas) 7.7%. También fueron importantes las familias Scaridae (parrotfishes” o loros) y Lutjanidae (snappers o pargos). Un primer hallazgo sorpresivo, desde el ECOME 1 (2013) fue la captura del lábrido, *Halichoeres sociales* (“social wrasse”) en las AMPs de Guatemala: Área de Usos Múltiples Río Sarstún (AUMRS) y Refugio de Vida Silvestre Punta

Manabique (RVSPM). Su importancia radica en que está considerada como especie endémica de Belice por la IUCN, cuya Lista Roja la clasifica como especie amenazada (Rocha, 2015). A lo largo del tiempo, 2013 a 2019, en el monitoreo mediante ejercicios ECOME destacaron dos hechos: 1) La disminución en abundancia de postlarvas prácticamente en todas las AMPs participantes en el ECOME 4 (septiembre, 2015) situación que coincidió con arribazones masivas de sargazo a las costas del SAM; 2) La elevada abundancia de puffers/botetes (*Canthigaster rostrata*) durante el ejercicio ECOME 5 (agosto-septiembre, 2016) con una contribución mayor al 65% de la abundancia total de dicho ejercicio, pero que también se reportó como la especie más abundante en la serie entera de monitoreo ECOME (2013-2019). Adicionalmente, se tienen registros de mortandad masiva de *C. rostrata* en Puerto Morelos, Tulum, las bahías de Sian Ka'an y Mahahual. Estos resultados ilustran la importancia del monitoreo regional a través de ejercicios simultáneos y estandarizados para detectar cambios en los pulsos de reclutamiento de especies de interés ecológico y/o económico. Con la finalidad de fortalecer la información sobre los procesos físicos en los hábitats de muestreo biológico, los sensores de medición de parámetros físicos tales como temperatura y nivel del mar proporcionados a AMPs de Belice, Guatemala y Honduras, permitieron obtener series de tiempo de estos parámetros en Port Honduras Marine Reserve (PHMR), Belice, en Punta Manabique y Río Sarstún en Guatemala, en las islas Utila y Roatán en Honduras, y Xcalak en México. El análisis de estos datos muestra una clara variación diurna y estacional, así como la presencia de eventos relacionados con fenómenos meteorológicos. Esto es fundamental ya que, en etapas a futuro, habrá que insistir en la importancia de estos parámetros en las AMPs participantes, capacitar de forma continua al personal, y conseguir un número mayor de equipos para fortalecer la información sobre procesos físicos en hábitats costeros del SAM. Esta información junto con observaciones oceanográficas en otras escalas (Carrillo et al. 2015; 2016) y modelación numérica hidrodinámica permite mejorar el entendimiento de la circulación y por lo tanto de la conectividad regional en el SAM (Martínez et al., 2019; 2020).

Red de Conectividad, principales acciones

La Red de Conectividad, como grupo enfocado al monitoreo del reclutamiento de postlarvas de peces arrecifales en el SAM y la medición de parámetros físicos, ha desarrollado actividades con resultados alentadores a lo largo de sus ocho años de existencia. El monitoreo regional basado en metodología estándar cuenta, a la fecha, con 9 ejercicios regionales ECOME, en lo que puede considerarse una iniciativa participativa sin precedente. Ello gracias al decidido interés, colaboración, compromiso y organización interna de directivos y personal de cada una de las AMPs participantes, con la coordinación de científicos de ECOSUR y NOAA-Universidad de Miami y la visión del grupo MAR Fund. A pesar de la escasez de fondos, el monitoreo regional ECOME ha logrado persistir por 8 años; no obstante, continúa la búsqueda de fondos, que permitan la continuidad del trabajo de la mayoría de las AMPs en esta red. Un logro relevante de la red es la adhesión de cinco AMPs que se unieron al grupo inicial (ocho AMPs, de los cuatro países). Otro aspecto destacado, es que algunas AMPs de Guatemala y Honduras han obtenido fondos por propia iniciativa para desarrollar ejercicios ECOME de manera regular, como parte de sus actividades anuales de monitoreo o como proyecto de investigación. A continuación, se detallan algunos de los principales logros de la Red de Conectividad ECOME.

Protocolos de capacitación para el personal de AMPs.

Con la finalidad de facilitar la capacitación del personal de las AMPs de la región, el personal científico de ECOSUR-NOAA-U. Miami, elaboraron dos protocolos: **1)** Captura de postlarvas de peces arrecifales (junio 2012), editado en inglés y español, disponible en el sitio web MAR Fund (<http://www.marfund.org/documentosreddeconectividad/>). Este documento incluyó toda la

información necesaria para efectuar el ejercicio de monitoreo en campo, inclusive los materiales para fabricar los colectores CCA e instrucciones para su fabricación, detalle gráfico del diseño experimental, recomendaciones de la elección de los mejores sitios para ubicar las estaciones de muestreo. También contiene instrucciones para el manejo de la bitácora de campo en archivo Excel, cómo fotografiar los ejemplares, su etiquetado correcto y fijación en alcohol. **2)** El monitoreo físico utilizando sensores de temperatura. Se compartió un video de los procedimientos para la preparación de los sensores, y las guías básicas para su instalación (<http://www.marfund.org/documentosreddeconectividad/>).

Catálogo de peces.

Los proyectos de investigación que incluyen estudios ecológicos sobre reclutamiento de peces en ambientes costeros tropicales tienen un grado de dificultad mayúsculo, ya que demandan experiencia en la identificación taxonómica de estadios tempranos de peces: larvas, postlarvas y juveniles. Esta dificultad se ha logrado sortear a través del uso de un catálogo fotográfico que fue realizado por científicos de ECOSUR y NOAA a partir de las fotografías de los ejemplares que fueron registrados en diferentes AMPs. Este documento, de tipo artesanal, ha permitido que el personal de las AMPs aprenda a reconocer e identificar a sus ejemplares de forma rápida y relativamente certera. Todo ello ha demandado de capacitaciones continuas a través de protocolos dirigidos y también retroalimentando continuamente. No obstante, es tiempo de dar el siguiente paso, que consiste en actualizar el contenido y formato de las versiones preliminares del catálogo, a través de la edición profesional de un catálogo de calidad, con fotografías de alta resolución de los peces en sus diferentes estadios, asociando a cada uno su secuencia genética (Barcoding). Este objetivo, único en su género, se ha planteado a mediano plazo: en 2 años.

Capacitaciones de campo a personal de AMPs.

Se ha procurado mantener una constante capacitación al personal y estudiantes de las diversas AMPs. Actualmente, y después de varios ejercicios ECOME, en algunas AMPs el personal permanente ya domina las técnicas de campo y va más allá de la colecta, logrando la preclasificación de una parte de los ejemplares de peces, esto les ha permitido convertirse en capacitadores para los nuevos integrantes en sus áreas. En julio de 2016 se llevó a cabo en Isla Contoy, México, una capacitación para personal nuevo de las AMPs norteñas del SAM (Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam (APFFYB), Parque Nacional Isla Contoy (PNIC) y Parque Nacional Arrecifes de Puerto Morelos (PNAPM). En septiembre 2020, previo a la ejecución del ECOME 10, personal de Sarteneja Alliance for Conservation and Development (SACD) apoyó en la capacitación de personal de Bacalar Chico Marine Reserve. También, en octubre 2020 el Parque Nacional Marino Islas de la Bahía, Guanaja (PNIB-G) decidió unirse al grupo de Conectividad y realizar por primera vez un monitoreo ECOME en Isla de Guanaja, y recibió capacitación del personal de BICA Roatán. En este sentido, es importante destacar que la mayoría de las AMPs que participan en el monitoreo ECOME, están comprometidas con la conservación de la región del SAM y reconocen que para generar estrategias de conservación y manejo se requiere contar con información científica “in situ” y que una forma de lograrlo es a través de esfuerzos de colaboración entre científicos y manejadores.

Formación de grupos *WhatsApp*.

Las primeras comunicaciones entre el personal de las AMPs con académicos de ECOSUR, NOAA- Univ. de Miami utilizaron el correo electrónico y llamadas telefónicas. Posteriormente, de modo gradual comenzó la comunicación por separado a través de *WhatsApp*. Un salto cualitativo en la agilidad de comunicación en tiempo real, abierto a todos los participantes se logró con la formación de un grupo *WhatsApp* alrededor del ECOME 7 (2018). De este modo, la formación

de grupos WhatsApp con todos los integrantes que participan en cada ejercicio regional de monitoreo ECOME permite la comunicación oportuna y directa durante los días de trabajo. Esto permite resolver dudas de diferentes tipos, desde la colocación de colectores y equipos, hasta la identificación de ejemplares y conocer el estado del tiempo en cada AMP. Este medio de comunicación ha funcionado de manera excelente porque además de mantener conectados a todos los miembros del grupo, permite visualizar de manera preliminar los resultados en cada AMP, se resuelven ágilmente dudas que surgen individualmente a la vista del grupo, y finalmente estimulan tanto al sentido de pertenencia al grupo como y el espíritu de colaboración.

Reuniones de la Red de Conectividad.

Durante los ocho años de existencia de la Red de Conectividad se han realizado dos reuniones regionales con representantes de todas las AMPs que participan en monitoreo ECOME. Una se llevó a cabo en Cancún, México en julio de 2017 con asistencia de directores y/o responsables de campo de sus respectivas AMPs. En esta ocasión cada uno de los asistentes presentó resultados de sus áreas y las problemáticas que enfrentan. La segunda reunión, también fue realizada en Cancún, México en agosto de 2019, en esta ocasión los científicos responsables ofrecieron seminarios sobre las temáticas relacionadas con los objetivos de la Red de Conectividad ECOME: 1) Tendencias generales del monitoreo de postlarvas de peces en la región del SAM con base a los ECOME, Lourdes Vásquez Yeomans; 2) Relación de datos obtenidos a lo largo del monitoreo ECOME, con los procesos oceanográficos a diferentes escalas en el SAM, Laura Carrillo; 3) Monitoreo participativo del reclutamiento de peces de arrecife: indicador de conectividad en el Arrecife Mesoamericano, Eloy Sosa Cordero; 4) Rol de las áreas protegidas en el comportamiento de las larvas de peces Samuel Martínez; 5) Análisis preliminar de un caso de estudio para México, sobre la relación entre los datos de ECOME y la abundancia de peces en AMP de México, Eloy Sosa Cordero. En este último taller se discutieron aspectos adicionales de tipo estratégico para la actividad de la red en el futuro, y se propusieron tareas específicas. Entre las tareas que fueron asignadas a distintos participantes, se decidió para lograr la difusión de las actividades de la red hacia un público más amplio en la región, resultaba necesario elaborar tres infografías relacionadas con el monitoreo ECOME. Estas infografías fueron finalizadas en junio de 2020.

Proyecto: Monitoreo participativo del reclutamiento de peces de arrecife: Indicador de conectividad en el Arrecife Mesoamericano.

Como parte de los compromisos asumidos del grupo académico en el Tercer Taller de la Red de Conectividad, celebrado en Cancún (julio, 2016), se acordó buscar financiamiento para la continuar los ejercicios regionales ECOME en el futuro cercano. En consonancia, esto se logró un financiamiento a través del Fondo Mexicano Financiamiento del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN), proyecto aprobado de la Convocatoria 2017 PPD MAR-Fund "Monitoreo participativo del reclutamiento de peces de arrecife: Indicador de conectividad en el Arrecife Mesoamericano" a cargo del Dr. Eloy Sosa de ECOSUR. Este proyecto fue ejecutado por El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), mediante contrato con el FMCN. Además de cumplir el compromiso asumido frente al grupo reunido en el tercer Taller de la Red de Conectividad, este proyecto logró dar continuidad al monitoreo del reclutamiento de peces iniciado en 2013, y generó los siguientes resultados:

a) Monitoreo participativo del reclutamiento de peces de arrecife

El monitoreo del reclutamiento con el método ECOME, cubrió los costos de tres ejercicios regionales ECOME en octubre de 2018 (ECOME-7), marzo de 2019 (ECOME-8) y octubre de 2019

(ECOME-9) donde participaron ocho AMPs con apoyo del proyecto; además de dos a tres AMPs que se unieron voluntariamente y se obtuvo lo siguiente: **1)** Se actualizó la lista de especies de peces colectadas; con una captura total acumulada de 656 ejemplares, que representaron 33 familias, 62 géneros y al menos 73 especies, con 51 identificadas certeramente; **2)** Se extendió a 2019 la serie de tiempo 2013-2017 de índices de reclutamiento por familias y especies selectas, uno de los productos clave del monitoreo del reclutamiento a largo plazo en el SAM; **3)** El método ECOME se comparó con dos métodos adicionales para medir reclutamiento de peces, *i)* video-filmaciones “in situ” en parches de arrecife en la laguna arrecifal, y *ii)* red de arrastre. Con base en los resultados se concluyó que cada método tiene pros y contras; por tanto, su empleo depende de los objetivos de investigación. El método ECOME destaca por su bajo costo, captura selectiva y reducido tiempo de maniobra en comparación con los otros dos métodos. Sin embargo, lo ideal es emplear en ocasiones una combinación de métodos. En síntesis, se cumplieron los principales objetivos y actividades del proyecto, con aportes al conocimiento del reclutamiento de peces (recursos), capacitación y fortalecimiento de las AMPs en la región.

b) Talleres de capacitación sobre reclutamiento de peces (2).

Los compromisos del proyecto antes citado incluyeron dos talleres de capacitación sobre reclutamiento de peces, su importancia y medición con el método ECOME, dirigidos a pescadores del sector comercial, pesca recreativa, grupos comunitarios y personal de CONANP. Los talleres se realizaron en dos comunidades: Xcalak y Chiquilá. Estos talleres permitieron un acercamiento con pescadores y grupos comunitarios a quienes interesó el reclutamiento y su importancia en la pesca. En los talleres hubo actividades demostrativas para que los asistentes conocieran los estadios tempranos: larvas y postlarvas de peces considerados recursos valiosos, bien conocidos en cada localidad. Entre los asistentes hubo moderado interés en participar en futuros ejercicios ECOME, debido a que su prioridad máxima es ganar el sustento diario.

c) Taller de capacitación en monitoreo de parámetros físicos mediante sensores de temperatura y nivel de mar de bajo costo.

Un tercer compromiso del proyecto fue llevar a cabo un taller de capacitación dirigido al personal de AMPs de la región SAM sobre la instalación, programación, instalación/recuperación de sensores en sus respectivas áreas. Este taller se realizó en Punta Gorda, Belice en octubre 2019, con ello se fortaleció el equipamiento de varias AMPs, con la entrega de seis sensores de temperatura y presión (HOBO Water Level Data Logger) que fueron adquiridos con fondos del proyecto e impartido por el grupo de Oceanografía de ECOSUR a cargo de la Dra. Laura Carrillo.

Caso de éxito en ECOSUR. Un comité de El Colegio de la Frontera Sur seleccionó el proyecto **Monitoreo participativo del reclutamiento de peces de arrecife: Indicador de conectividad en el Arrecife Mesoamericano**, como uno de los cinco proyectos exitosos de ECOSUR en el ciclo 2019-2020 y fue nominado en la categoría de “Casos de éxito”. Este proyecto, bajo la responsabilidad del Dr. Eloy Sosa en colaboración con la M. en C. Lourdes Vásquez y Dra. Laura Carrillo, fue presentado ante la Junta Directiva de ECOSUR en mayo 2020. Se produjo una cápsula informativa del proyecto (<https://www.dropbox.com/sh/jlvqz6pejky47h/AADfd8fh-oDbvrnpGkxvMzpbpa?dl=0>). La importancia de este tipo de proyectos se explica por el interés de ECOSUR en participar activamente en la región de América Central. Fue considerado un proyecto de amplia cobertura regional, en una temática poco abordada por sus dificultades intrínsecas. La realización de talleres con pescadores y grupos comunitarios en localidades pesqueras fueron también atributos clave para su selección como un proyecto “Caso de éxito”.

Capacitación de personal de la Red Conectividad en identificación de postlarvas.

MAR Fund apoyó la asistencia de Víctor Gudiel Corona y Fabiola Corona, pasantes de Biología de Guatemala, a dos eventos: **1)** “2nd Fish Barcode of Life World Conference” en la ciudad de Chetumal, México, del 22 al 27 de septiembre de 2014; así como al entrenamiento para el curso “DNA Barcoding and BOLD Database” en el que aprendieron técnicas metodológicas para tomar muestras para análisis genéticos y comprensión de los fundamentos básicos del proyecto de BARCODE (<http://www.boldsystems.org/>). En este entrenamiento, Gudiel y Fabiola Corona prepararon material con ejemplares de Guatemala colectados en los ECOME. Por otro lado, se recibió en el laboratorio de Zooplancton de ECOSUR a la estudiantes y personal del área de BICA Roatán, Eglá Vidotto quien durante una semana se dedicó tiempo completo al aprendizaje de procedimiento para identificación morfológica de larvas y postlarvas de peces. Esta capacitación se dio en abril de 2015 y estuvo a cargo de la M. en C. Lourdes Vásquez Yeomans.

Formación de Recursos Humanos.

A través del trabajo continuo que se realiza en las diferentes AMPs, Víctor Gudiel Corona obtuvo en noviembre de 2016, el grado de licenciado en Biología por la Universidad de San Carlos en Guatemala. Su trabajo de tesis se titula: “Diversidad de postlarvas de peces en arrecifes coralinos y pastos marinos del Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique, Caribe de Guatemala”, y usó la metodología ECOME durante los monitoreos de la Red de Conectividad. Por otro lado, actualmente la estudiante Andrea Jimena Aguilar Andrade se encuentra concluyendo su tesis de Maestría en Ciencias en ECOSUR, su tema titulado “Aplicación de métodos alternativos de muestreo para la evaluación del reclutamiento de peces arrecifales”. Andrea participó activamente en los monitoreos ECOME 7, 8 y 9.

Invitación y cabildeo septiembre 2020.

Invitación especial y cabildeo con el M. en C. Adriel Castañeda (Fisheries Officer, Capture Fisheries Unit, Belize Fisheries Department) y con la Dra. Leandra Cho-Ricketts de la Universidad de Belize sobre las posibilidades de participar en próximos ECOMES, retornando al monitoreo en Turneffe Atoll y en otras áreas de Belice con apoyo de del Departamento de Pesquerías. Esto mismo involucrará la capacitación de nuevos integrantes a la Red de Conectividad, así como el abastecimiento de equipos de muestreo. Belice es el país con los mejores arrecifes del SAM, y por ello busca una participación más significativa dentro del monitoreo ECOME.

Taller Virtual de la Red de Conectividad SAM.

El 30 de septiembre pasado se realizó el primer Taller Virtual de la Red de Conectividad SAM con la participación de miembros de más de 10 AMPs, y en el cual estuvieron conectados más de 30 integrantes de la Red. Esta reunión virtual fue grabada y se encuentra en archivos de ECOSUR. Se ofrecieron ponencias acerca del trabajo realizado y a la importancia de dar continuidad a la Red de Conectividad con metodología ECOME, a cargo de los responsables: Eloy Sosa Cordero, Laura Carrillo y Lourdes Vásquez. Esto con el propósito de que personal nuevo tuviera elementos para comprender el objetivo de la red. Otra actividad consistió en analizar la posibilidad de efectuar un inminente ECOME 10. En ese momento se comprometieron siete de las 10 AMPs presentes. Este ejercicio fue realizado con éxito en octubre del 14-21, con la participación de nueve AMPs entre ellas la Isla de Guanaja. El ingreso de Guanaja demandó comunicación constante con el personal del Parque Nacional Marino Islas de la Bahía, Guanaja (PNIB) representado por Laura Zaldivar Cáceres. Se advierte el entusiasmo de participar en las actividades de la red por parte del nuevo grupo de trabajo con sede en Isla Guanaja.

Comentarios finales.

Vistas en conjunto, todas las actividades y resultados obtenidos a la fecha, configuran el mensaje central de que entre todos los participantes estamos construyendo una plataforma para generar información de utilidad en la toma de decisiones para la conservación y manejo de las AMPs. Lo anterior a distintas escalas de espacio, local a regional, y tiempo, corto, mediano y largo plazo. A modo de ejemplo, en 2019 se hizo un ejercicio para visualizar posibles tendencias entre resultados ECOME (etapas tempranas de vida) con datos obtenidos del monitoreo de peces adultos, basados en monitoreo SCUBA. Este tipo de análisis comparativo podrá mejorar a medida en que se obtengan datos adicionales y se mantengan las plataformas que permitan continuar la colecta de información básica. A la Red de Conectividad le corresponde el trabajo y análisis de los peces en estadios tempranos: larvas, postlarvas y juveniles; los más frágiles, que son los primeros en llegar y establecerse como reclutas en hábitats costeros y posteriormente, si logran sortear todos los obstáculos, se unirán al stock pesquero (adultos). Los datos ECOME han puesto de manifiesto algunas tendencias que ameritan atención, como la reducida presencia de reclutas de pargos en comparación con años pasados (2004-2006). La situación general en el SAM es complicada, ésta mega región ha sido severamente afectada por varios estresores como son la invasión del pez león, las arribazones masivas de sargazo, el incremento reciente en la frecuencia de tormentas y huracanes, la destrucción y fragmentación del hábitat esencial (guarderías) para los peces, el síndrome blanco sobre los corales, la sobrepesca, el calentamiento global y si a esto sumamos la contingencia sanitaria de COVID-19, realmente se convierte en un panorama verdaderamente preocupante. Por todo ello, el grupo Conectividad en el SAM busca dar continuidad a los esfuerzos previos y advierte que tiene más sentido que todos los participantes interesados avancen en la misma dirección, como grupo más amplio. Solo con el esfuerzo conjunto entre individuos asociados a las distintas agrupaciones e instituciones comprometidas con la conservación y manejo de los ecosistemas costero-marinos de la región SAM hay mayores posibilidades de continuar el avance hacia la sostenibilidad regional.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS, TABLAS Y ANEXOS	10
1. INTRODUCCIÓN	14
2. MÉTODOS	18
3. RESULTADOS	20
3.1. Participación de AMPs en monitoreos ECOME (2013-2019)	20
3.2. Tiempo en días invertido en monitoreos ECOME (2013-2019)	22
3.3 Personal involucrado en monitoreos ECOME (2013-2019)	22
3.4. Composición taxonómica de postlarvas de peces en el SAM (2013-2019)	23
3.5 Abundancia total de postlarvas de peces en el SAM	29
3.5.1 Abundancia por AMP	29
3.5.2 Abundancia de postlarvas de peces por ECOME	29
3.5.3 Abundancia de “puffers” o botetes <i>Canthigaster rostrata</i>	32
3.6. Riqueza de especies de postlarvas de peces en el SAM.....	33
3.6.1 Riqueza de especies por ejercicio ECOME	33
3.6.2 Riqueza de especies por AMP	34
3.7. Índice de Reclutamiento	35
3.7.1 Esfuerzo de muestreo por ejercicio de monitoreo ECOME	35
3.7.2 Índice de reclutamiento por ejercicio ECOME	36
3.8 Observaciones de parámetros físicos de temperatura y nivel del mar	37
4. CONCLUSIONES SOBRE LOS CINCO EJERCICIOS DE CONECTIVIDAD ECOME 1-5	40
5. RECOMENDACIONES DEL GRUPO DE CONECTIVIDAD-SAM	45
6. AGRADECIMIENTOS.....	47
7. LITERATURA CITADA.....	47
Anexo 1.....	51
Anexo 2.....	52
Anexo 3.....	54
Anexo 5.....	57

LISTA DE FIGURAS, TABLAS Y ANEXOS

Figura 1. Esquema del ciclo de vida de la mayoría de los peces arrecifales.

Figura 2. Primer Taller del grupo de Conectividad del SAM (Mayo, 2010).

Figura 3. Segundo Taller del grupo de Conectividad-SAM (Marzo, 2012).

Figura 4. Áreas marinas protegidas participantes en el primer Ejercicio de Conectividad en el Sistema Arrecifal Mesoamericano (ECOME 1, 2013). Parque Nacional Isla Contoy (PNIC); Reserva de la Biosfera Sian Ka'an: Bahía Ascensión (SKBA), Bahía Espíritu Santo (SKES); Parque Nacional Arrecifes de Xcalak (PNAX); Port Honduras Marine Reserve (PHMR); Área de Uso Múltiple Río Sarstún (AUMRS); Refugio Vida Silvestre Punta Manabique (PM); Zona de Protección Especial Marina Turtle Harbour - Rock Harbour Utila (ZPEM TH-RH); Sandy Bay West End Marine Reserve Roatán (SBWEMR).

Figura 5. Metodología de trabajo para el monitoreo ECOME usando colectores de columna de agua (CCA) para la colecta de larvas y postlarvas de peces arrecifales: 1) equipo básico, 2) diseño de muestreo, 3) trabajo de campo y 4) trabajo de laboratorio.

Figura 6. Áreas marinas protegidas (AMPs) participantes en los nueve Ejercicios de Conectividad ECOME en el SAM. Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam, APFFYB; Parque Nacional Isla Contoy, PNIC; Parque Nacional Arrecifes de Puerto Morelos, PNAPM; Reserva de la Biosfera Sian Ka'an: Bahía Ascensión RBSK-BA, Bahía Espíritu Santo RBSK-BE; Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, PNAX; Reserva Estatal Santuario del Manatí Bahía Chetumal, RESMBCH; Bacalar Chico Marine Reserve, BCMR; Turneffe Atoll Marine Reserve, TAMR; Port Honduras Marine Reserve, PHMR; Área de Uso Múltiple Río Sarstún, AUMRS; Refugio Vida Silvestre Punta Manabique, RVSPM; Zona de Protección Especial Marina Turtle Harbour - Rock Harbour Utila, ZPEM TH-RH y Sandy Bay West End Marine Reserve Roatán, SB-WEMR.

Figura 7. Días de trabajo de campo invertido por las AMPs en cada ejercicio ECOME.

Figura 8. Personal participante en actividades de campo de los monitoreos ECOME 1-9.

Figura 9. Avances en la identificación taxonómica de larvas, postlarvas y juveniles en la región SAM durante los monitoreos ECOME 1-9. PI= Pendiente de identificar.

Figura 10. Contribución porcentual de la abundancia por familia de peces (larvas, postlarvas y juveniles) en el SAM durante los ECOME 1-9.

Figura 11. Composición porcentual de los taxa más abundantes en el SAM durante ECOME 1-9.

Figura 12. Especies más abundantes en los ECOME 1-9: izquierda: *Chloroscombrus chrysurus*, n=6, derecha superior *Canthigaster rostrata*, n=3 y derecha inferior un *Monacanthus tuckeri*, n=1.

Figura 13. Abundancia total de peces (larvas, postlarvas y juveniles) por AMP diez ECOMES. México: Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam, APFFYB; Parque Nacional Isla Contoy, PNIC; Parque Nacional Arrecifes de Puerto Morelos, PNAPM; Reserva de la Biosfera Sian Ka'an; Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, PNAX y Reserva Estatal Santuario del Manatí Bahía Chetumal, RESMBCH. Belice: Bacalar Chico Marine Reserve, BCMR; Turneffe Atoll Marine Reserve, TAMR; Port Honduras Marine Reserve, PHMR. Guatemala: Área de Uso Múltiple Río Sarstún, AUMRS; Refugio Vida Silvestre Punta Manabique, RVSPM. Honduras: Zona de

Protección Especial Marina Turtle Harbour - Rock Harbour Utila, THRH y Sandy Bay West End Marine Reserve Roatán, SBWEMR.

Figura 14. Abundancias de peces arrecifales por AMP: a) ECOME 1, 2013; b) ECOME 2, marzo, 2014; c) ECOME 3, agosto 2014; d) ECOME 4, 2015. El tamaño del círculo (●) es proporcional a la abundancia (No. de postlarvas): verde (0-20), naranja (21-60), azul (61-100), amarillo (101-300) y violeta (≥ 300).

Figura 14. Abundancias de peces arrecifales por AMP: e) ECOME 5, 2016; f) ECOME 6, 2017; g) mini-ECOME 7, septiembre 2018; h) ECOME 7, octubre 2018. El tamaño del círculo (●) es proporcional a la abundancia (No. de postlarvas): verde (0-20), naranja (21-60), azul (61-100), amarillo (101-300) y violeta (≥ 300).

Figura 14. Abundancias de peces arrecifales por AMP: i) ECOME 8, marzo 2019; j) ECOME 9, septiembre 2019 y k) Abundancia promedio por AMP. El tamaño del círculo (●) es proporcional a la abundancia (No. de postlarvas): verde (0-20), naranja (21-60), azul (61-100), amarillo (101-300) y violeta (≥ 300).

Figura 15. Mortandad de “puffers” o botetes *Canthigaster rostrata* en Mahahual Q. Roo, México el 28 de agosto del 2016.

Figura 16. Grupo de trabajo de Roatán SBWEMR, Honduras.

Figura 17. Riqueza de especies por ejercicio de monitoreo ECOME en el SAM. La línea gris indica en número de AMPs que participaron.

Figura 18. Riqueza de especies por área marina protegida del SAM. Los valores entre paréntesis indican el número de participaciones ECOME por AMP.

Figura 19. Grupo de trabajo AUMRS, Guatemala.

Figura 20. Especies exclusivas de Guatemala (AUMRS y RVSPM).

Figura 21. Esfuerzo de muestreo (no. de CCAs desplegados) por ECOME (2013-2019). La barra gris indica el número de AMPs que participaron en cada monitoreo.

Figura 22. Índice de reclutamiento de peces en el SAM por ECOME (1-9).

Figura 23. Índices de reclutamiento de las familias más representativas del SAM, una comparación de resultado ECOME 1-9 con los datos históricos.

Figura 24. Registro de la temperatura del agua de mar en Port Honduras, PHMR en Belice durante en el período mayo de 2013 a enero de 2014. Las fechas del ECOME 1 (1-9 de septiembre 2013) se muestran en amarillo.

Figura 25. Serie de tiempo de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en el PN Arrecifes de Xcalak (PNAX), México. Línea azul datos registrados con un sensor HOBO. La línea roja corresponde a datos filtrados para destacar señales con periodos mayores a los de la marea. Sombreado en amarillo indica los periodos de los ECOMES 7 (octubre, 2018), 8 (marzo, 2019) y 9 (septiembre, 2019).

Figura 26. Serie de tiempo de la temperatura (°C) en el PN Arrecifes de Xcalak (PNAX), México. Línea azul datos registrados con un sensor HOBO. La línea roja corresponde a datos filtrados para destacar señales con periodos mayores a los de la marea. Sombreado en amarillo indica los periodos de los ECOMEs 7 (octubre, 2018), 8 (marzo, 2019) y 9 (septiembre, 2019).

Tabla 1. Dinámica de participación de las AMPs en monitoreos ECOME.

Tabla 2. Composición taxonómica y abundancia de peces (postlarvas y juveniles) registrados en ECOMEs (1-9) en se trece AMPs del Sistema Arrecifal Mesoamericano.

Tabla 3. Relación de sensores de temperatura y presión entregados a las AMPs del SAM, obtenidos a través del proyecto ECOSUR-MAR Fund – NOAA

Anexo 1. Catálogo de postlarvas y juveniles de peces del SAM. ECOME 1-3.

Anexo 2. Pantallas del proyecto BOLDCYSTEM que muestra resultados de ejemplares de Punta Manabique (RVSPM) Guatemala, analizados con la técnica genética de Código de Barras de la Vida. Se muestra la información taxonómica, así como la ubicación geográfica de su localidad de colecta.

Anexo 3. Grupos de trabajo de las áreas marinas del SAM durante los ECOME.

1. INTRODUCCIÓN

La conectividad a través de la acción de los procesos oceanográficos (Paris et al., 2013), tiene fuertes repercusiones de tipo biológico y ecológico en las poblaciones y comunidades (Muhling et al., 2013) asentadas en hábitats marinos y costeros. Es un proceso dinámico altamente complejo donde múltiples factores biofísicos intervienen en las diferentes etapas del ciclo de vida de los peces arrecifales (Fig. 1), no obstante, continúa siendo un foco de ambiciosos programas de investigación (Sale et al., 2010).

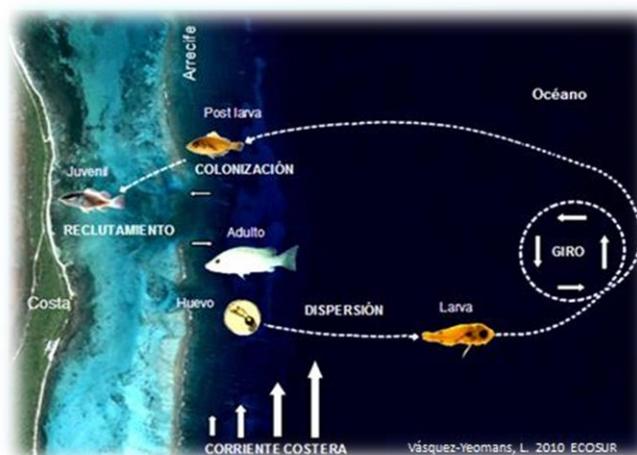


Figura 1. Esquema del ciclo de vida de la mayoría de los peces arrecifales.



El término de conectividad definido arriba es el que se apega al objetivo general del presente informe. Desde el punto de vista del manejo de recursos, el desconocer los procesos de conectividad incrementa la incertidumbre acerca de la funcionalidad y eficacia de las medidas de manejo a escala local y regional. De hecho, el conocimiento sobre los procesos de conectividad es un insumo fundamental para proponer fronteras razonables de un manejo regional sostenible de los ecosistemas de arrecife coralino (Sale et al., 2010).

En cuanto a los antecedentes en la región, es necesario señalar que desde la primera etapa del gran proyecto regional denominado Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM o MBRS, por sus siglas en inglés), a finales de la década de los 1990s, se identificó a la conectividad como un campo de investigación prioritario. Además de tener una clara relevancia en la propia región del SAM (Fig. 2) acerca de la conectividad en relación con larvas y postlarvas de peces, interesaba también conocer su papel en el transporte de contaminantes (Almada-Villela et al., 2003) entre

los sistemas corriente abajo (Caribe Central) y corriente arriba (Golfo de México, sur de Florida y SW de Cuba). Se ha destacado el vínculo que existe entre los procesos oceanográficos en esta región del Caribe con los recursos marinos (Carrillo *et al.*, 2017), sin embargo, para atender la conectividad en el SAM se han realizado estudios observacionales para entender la oceanografía física regional (Carrillo *et al.*, 2015; 2016), así como la aplicación de diversos modelos numéricos biofísicos (Paris *et al.* 2013; Martínez *et al.* 2019; 2020). De estos últimos estudios de conectividad a través del seguimiento numérico de larvas virtuales nos lleva a una red de conectividad en el SAM, donde las diferentes AMPs juegan diferentes papeles a lo largo del año, por ejemplo, pueden funcionar como fuentes, puentes o sumideros, y se destaca el papel que juegan los giros, remolinos y contracorrientes en la posible retención de larvas en el SAM.

En este contexto, dos instituciones de EUA, el Servicio Nacional de Pesquerías Marinas (NMFS por sus siglas en inglés) –dependencia de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration)–, la Universidad de Miami (CIMAS-RSMAS), una organización de carácter regional “Mesoamerican Reef Fund” (MAR Fund) y una institución de México, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), unieron esfuerzos para desarrollar actividades y acciones sobre el tema de la conectividad en el Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM) considerando los procesos físicos y biológicos. Esta iniciativa ha trabajado en estrecha relación, desde el comienzo, con las autoridades y el personal de las Áreas Marinas Protegidas (AMP) de la Región del Arrecife Mesoamericano, con la finalidad de que sean consideradas las propuestas y necesidades de las AMP de la región.

En 2010, del 17 al 19 de mayo tuvo lugar en Chetumal, México, el Primer Taller de Capacitación Regional sobre Áreas Marinas Protegidas y la Conectividad en el Arrecife Mesoamericano, con apoyo del Programa de Conservación de Arrecifes de Coral (Coral Reef Conservation Program) de la NOAA (Fig. 2). El taller estuvo dirigido a los administradores de recursos y al personal e interesados que trabaja en las AMPs del SAM prioritarias para MAR Fund. El objetivo de este taller fue sensibilizar y promover una mayor comprensión de la conectividad biofísica a lo largo del SAM y su papel potencial a escala de ecosistemas entre las AMPs, a través del intercambio de experiencias (<http://www.marfund.org/documentosredeconectividad/>).



Figura 2. Primer Taller del grupo de Conectividad del SAM (Mayo, 2010).

Un resultado concreto del primer taller fue la creación de una Coalición de Conectividad en el SAM (grupo de Conectividad-SAM) integrada por administradores de AMP y científicos. Esta coalición ha sido dirigida por el grupo promotor integrado por representantes de ECOSUR, MAR Fund y NMFS-NOAA, la Universidad de Miami, en lo sucesivo este grupo es referido como “grupo de Conectividad-SAM”.

En 2012, MAR Fund organizó el Segundo Taller Regional de Conectividad en el Arrecife Mesoamericano, en Chetumal, México durante los días 13 y 14 de marzo, con apoyo de la National Fisheries & Wildlife Foundation (Fig. 3). En este taller se planteó, como objetivo central, evaluar y mejorar las capacidades del personal de las AMP para realizar un monitoreo biofísico en la región del SAM. El taller incluyó el entrenamiento de los participantes en una práctica *in situ*, efectuada en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak (PNAX) sobre tres aspectos fundamentales: 1) Reclutamiento de larvas de peces, 2) Manejo de equipo oceanográfico y recuperación de datos, y 3) Recolecta de datos del pez león; temáticas que fueron sugeridas por los participantes del primer taller.



Figura 3. Segundo Taller del grupo de Conectividad-SAM (Marzo, 2012).

La conclusión del segundo taller y propuesta del grupo de Conectividad-SAM fue llevar a cabo en 2013 un ejercicio regional de monitoreo de postlarvas de peces arrecifales y la medición de temperaturas, de forma simultánea y estandarizada en varias AMP a lo largo del SAM. Inicialmente, el compromiso fue aceptado por ocho AMP participantes en el segundo taller: Parque Nacional Isla Contoy (PNIC), Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an en dos localidades, Punta Allen en Bahía Ascensión (SKBA) y Punta Herrero en Bahía Espíritu Santo (SKES) y en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak (PNAX) en México; Port Honduras Marine Reserve (PHMR) en Belice; Área de Uso Múltiple Rio Sarstún/FUNDAECO (AUMRS), Refugio Vida Silvestre Punta Manabique (RVSPM) en Guatemala; Zona de Protección Especial Marina Turtle Harbour-Rock Harbour Utila (THRH) y Sandy Bay West End Marine Reserve Roatán, (SBWEMR) en Honduras (Fig. 4). Se entregó un colector de postlarvas de peces a cada una de las AMP comprometidas y un sensor de temperatura programado para su instalación inmediata en tres áreas: PHMR, RVSPM y SBWEMR (<http://www.marfund.org/documentosredeconectividad/>).

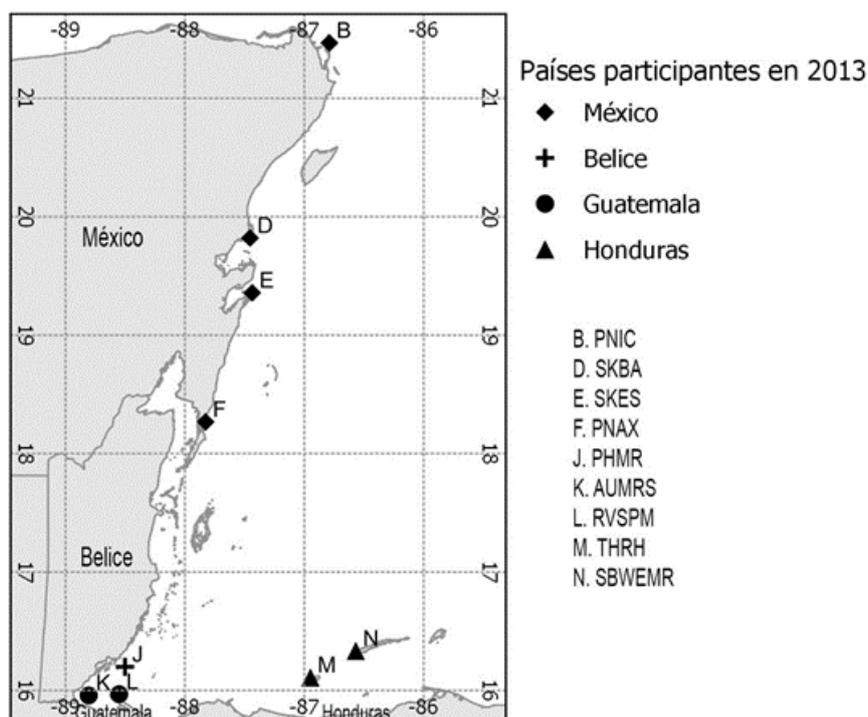


Figura 4. Áreas marinas protegidas participantes en el primer Ejercicio de Conectividad en el Sistema Arrecifal Mesoamericano (ECOME 1, 2013). Parque Nacional Isla Contoy (PNIC); Reserva de la Biosfera Sian Ka'an: Bahía Ascensión (SKBA), Bahía Espíritu Santo (SKES); Parque Nacional Arrecifes de Xcalak (PNAX); Port Honduras Marine Reserve (PHMR); Área de Uso Múltiple Río Sarstún (AUMRS); Refugio Vida Silvestre Punta Manabique (PM); Zona de Protección Especial Marina Turtle Harbour - Rock Harbour Utila (ZPEM TH-RH); Sandy Bay West End Marine Reserve Roatán (SBWEMR).

En 2013, después de una intensa actividad de organización, se realizó el primer ejercicio de monitoreo biofísico ECOME 1 (**E**jercicio de **CO**nectividad en el **M**esoamericano) con la participación de ocho AMP. En 2014 se realizaron dos ejercicios, en ECOME 2 se integró Turneffe Atoll, TAMR en Belice; en ECOME 3 se adhirió Yum Balam, APFFYB. En 2015 se efectuó el ECOME 4, con la incorporación de la Bacalar Chico, BCMR en Belice, con la colaboración directa del personal de Sarteneja Alliance for Conservation and Development (SACD). En 2016 se realizó el ECOME 5, integrándose El Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos (PNAPM) de México y reactivándose la participación de Utila, THRH de Honduras.

A partir de los resultados de los primeros tres ejercicios de conectividad ECOME 1-3 se presentaron avances sobre las larvas y postlarvas de peces arrecifales en el SAM Mesoamericano (Malca *et al.*, 2015). Este primer paso permitió conocer a los peces que se reclutan en las costas del Arrecife Mesoamericano con un arte de muestreo sencillo y de bajo costo. Así como, establecer una línea base para la región del SAM, que alberga más de 1100 especies de peces arrecifales y que representan un reto de investigación ya que son las etapas de vida menos conocidas de los peces (Victor *et al.* 2015).

2. MÉTODOS

La metodología convencional de muestreo de postlarvas de peces enfrenta dificultades por la fisiografía de los sistemas arrecifales, además de los altos costos de equipo y recursos humanos. Por ello, para el monitoreo de postlarvas de peces en el Arrecife Mesoamericano (ECOME) se propuso el uso de los Colectores de Columna de Agua (CCAs) descritos por Steele y colaboradores (2002). Estos colectores fueron probados con éxito en California para el muestreo de postlarvas que arriban a la costa. Los CCAs, son equipos de bajo costo, fácil maniobrabilidad y selectivos, estas características facilitaron su elección como artes de muestreo convenientes para realizar los ejercicios de conectividad (ECOME) de forma simultánea y estandarizada en todas las AMP del Mesoamericano. Los CCAs, fueron utilizados y evaluados con éxito en Cayos de la Florida (Lamkin, comunicación personal) y en dos áreas marinas del Caribe mexicano: en Sian Ka'an, SKBA e Xcalak, PNAX (Yam Poot, 2013). El trabajo de Yam Poot (2013) sienta las bases del uso de estos colectores para el monitoreo de postlarvas de peces de importancia ecológica y pesquera, mediante el cálculo de un índice de abundancia.

El personal científico del ECOSUR, NOAA y U. Miami elaboró un protocolo de trabajo de campo y laboratorio, en inglés y español, que fue compartido en una plataforma en la nube (Dropbox) y por mensajes personales (e-mail) con los colegas y organizadores de MAR Fund, quienes alojaron la información en su sitio Web (<http://www.marfund.org/documentosredeconectividad/>). Los protocolos incluyeron toda la información necesaria para efectuar el ejercicio de campo, desde los materiales para fabricar los colectores (CCAs), las instrucciones para su fabricación y la explicación, en detalle, del diseño experimental, consideraciones los sitios adecuados para emplazar los equipos (CCAs), así como las distancias entre estaciones (Fig. 9). Además, el protocolo contenía recomendaciones básicas para la captura de información en bitácoras, algunas particularidades para la identificación y la toma de fotografías de los peces recolectados. Se compartió un video que ilustró la metodología para la revisión de los colectores y se generó y compartió otro video, con los procedimientos para la preparación de los sensores de temperatura así como las guías para su instalación (<http://www.marfund.org/documentosredeconectividad/>) (Fig. 5).

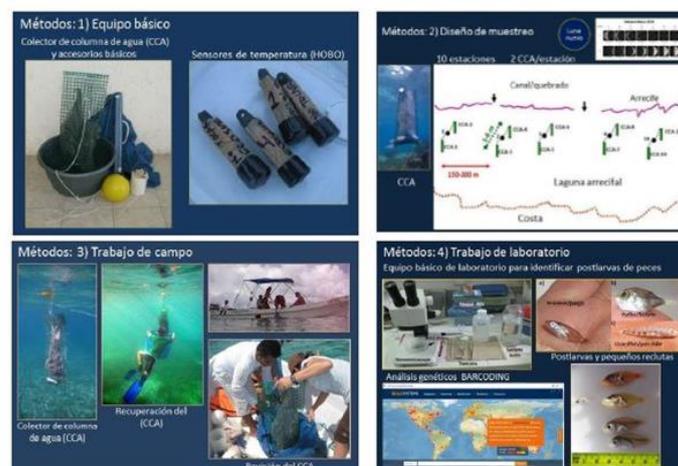


Figura 5. Metodología de trabajo para el monitoreo ECOME usando colectores de columna de agua (CCA) para la colecta de larvas y postlarvas de peces arrecifales: 1) equipo básico, 2) diseño de muestreo, 3) trabajo de campo y 4) trabajo de laboratorio.

Para facilitar el inicio de los ejercicios ECOME, el grupo de Conectividad-SAM organizó y compró los materiales y llevó a cabo la fabricación de los CCAs, bajo la responsabilidad de la M. en C. Lourdes Vásquez, así como la adquisición de los sensores de temperatura. Se distribuyeron 20 colectores y una bolsa de colecta para cada una de las áreas. Los sensores de temperatura fueron enviados a las AMP de Port Honduras, PHMR en Belice, Punta Manabique, RVSPM en Guatemala y en Roatán, SBWEMR en Honduras. Durante el reciente proyecto de Monitoreo participativo a cargo del Dr. Eloy Sosa, se adquirieron 6 sensores de presión más que fueron distribuidos.

La coordinación del grupo de Conectividad-SAM asesoró antes, durante y después de cada ejercicio ECOME en campo. Sin embargo, durante la ejecución de los ejercicios en campo hubo un acompañamiento permanente para cada una de las AMPs, para apoyar en la resolución de las dudas durante el monitoreo. En los últimos ECOMES del 7 al 9 se conformó un grupo de WhatsApp lo que facilitó la comunicación. Al término de cada uno de los ejercicios, los responsables técnicos en cada una de las AMPs compartieron las bitácoras de campo y las fotografías de los ejemplares, para proseguir con el análisis de resultados en ECOSUR. Las bitácoras incluyeron información sobre la ubicación de las estaciones de muestreo dentro de cada área, sobre las capturas diarias de cada una de las estaciones y CCAs, así como una matriz con el resumen final de las recolectas de larvas, postlarvas y juveniles de peces.

Los ejemplares capturados en las AMPs mexicanas y en el área de Bacalar Chico (BCMR), fueron enviados al Laboratorio de Zooplancton de ECOSUR, donde la M. en C. Lourdes Vásquez realizó la identificación de las larvas y postlarvas de peces con apoyo del personal técnico. En los casos de las AMP de Belice, Guatemala y Honduras, la identificación de los peces se hizo a partir de imágenes de los ejemplares recolectados, las cuales fueron capturadas según protocolo. Todo el material fotográfico fue enviado al ECOSUR para la corroboración taxonómica, captura en base de datos general, análisis y redacción de informes

Con base en todo el material recibido, peces y/o imágenes de los peces, además del material previamente obtenido (Yam-Poot, 2013), se generó un catálogo con los ejemplares representativos del SAM, que incluyó ejemplares únicos de algunos sitios de las diferentes AMPs. La organización y edición del catálogo, realizado en ECOSUR bajo la responsabilidad de la M. en C. Lourdes Vásquez, tuvo dos objetivos primordiales: 1) facilitar a los responsables de las AMPs el reconocimiento e identificación de los peces capturados en los CCAs, y 2) facilitar la liberación de los peces en posteriores ejercicios, después de su identificación, siempre y cuando estuvieran vivos. Con el apoyo de MAR Fund, en agosto de 2015, se editó un Catálogo de Postlarvas de peces conformado con ejemplares característicos del SAM, producto de los ECOME 1-3 (Anexo 1). Este fue distribuido a todos los responsables de las AMPs como herramienta de apoyo durante el proceso de revisión e identificación previos al envío a ECOSUR-México para su revisión y corroboración taxonómica.

Algunos ejemplares recolectados en el Mesoamericano fueron identificados mediante técnicas genéticas del Código de Barras de la Vida (<http://www.boldsystems.org/>). Esta técnica (BOLD), emplea el gen mitocondrial que codifica para la subunidad 1 de la enzima citocromo-oxidas, CO1, región alrededor de 648 pares de bases que es “especie-específico” y que permite identificar con certeza especies de todos los grupos zoológicos (Hebert *et al.*, 2003). En el caso de peces ha sido utilizado con gran éxito en todos sus estadios ontogenéticos desde huevo a adulto (Ward, 2009; Valdez-Moreno *et al.*, 2010; Leyva-Cruz *et al.*, 2016). También, algunos

peces de Punta Manabique, Guatemala fueron analizados mediante esta técnica y con apoyo de MAR Fund, se financió la estancia de capacitación del Biól. Victor Gudiel Corona en ECOSUR Chetumal, donde aprendió las bases metodológicas requeridas por BOLD (<http://www.boldsystems.org/>). Los resultados de los peces de Guatemala se encuentran en la biblioteca de BOLDSYSTEMS. El taller se llevó a cabo en El Colegio de la Frontera (ECOSUR) en la Unidad Chetumal, en el Laboratorio de Código de Barras de ECOSUR-Chetumal y la secuenciación se realizó en el Laboratorio de Genética de la Universidad de Guelph en Ontario Canadá (Anexo 2). Para los análisis genéticos se contó con el apoyo de la Red Mexicana de Código de Barras de la Vida (<http://mexbol.com.mx/>).

Otros fondos recibidos a través de MAR Fund cubrieron los gastos de Eglá Vidotto de SBWEMR, quien realizó una visita al Laboratorio de Zooplancton de ECOSUR en Chetumal, México donde recibió capacitación en la identificación de larvas y postlarvas de peces marinos, bajo la supervisión de la M. en C. Lourdes Vásquez. También se asignaron apoyos a Selene Morales, Giezi M. Yam, José A. Cohúo, Tyrell M. Reyes y Orlin D. Cruz, y la técnica Bertha Aguirre, estudiantes del Instituto Tecnológico de Chetumal (ITCH), quienes ayudaron en la identificación, en la captura de información y en la asistencia en campo. Algunos de ellos capacitaron al personal de varias AMP de Belice además de participar directamente en las labores de campo durante los monitoreos.

3. RESULTADOS

3.1. Participación de AMPs en monitoreos ECOME (2013-2019).

Durante el período 2013 - 2019, se realizaron nueve Ejercicios de Conectividad (ECOME 1-9) más un mini-ECOME 7, con la participación de hasta trece AMPs (Fig. 6). El mini-ECOME 7 (mE-7), previo al ECOME 7 de 2018, se realizó únicamente en cinco AMPs, esto debido a que no todas áreas tuvieron fondos para cubrir los gastos de operación del mini-ECOME. La planeación inicial fue prevista para septiembre de 2018 (ECOME 7) sin embargo las condiciones climatológicas impidieron su realización y se reprogramó para el siguiente mes, octubre de 2018.

El número de áreas participantes varió de cinco, en el mini-ECOME 7 (mE-7) y en ECOME 9, a doce, en ECOME 6. El primer ejercicio, ECOME 1, inició con la participación de ocho áreas: tres en México, una en Belice, dos en Guatemala y dos en Honduras. Una aclaración pertinente es que la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an (RBSK) participó en dos localidades: Punta Allen en bahía Ascensión (SK-BA) y en Punta Herrero en bahía Espíritu Santo (SK-BE), esta área cuenta como una sola. Posteriormente se fueron adhiriendo otras AMPs y está referido en la Tabla 1.

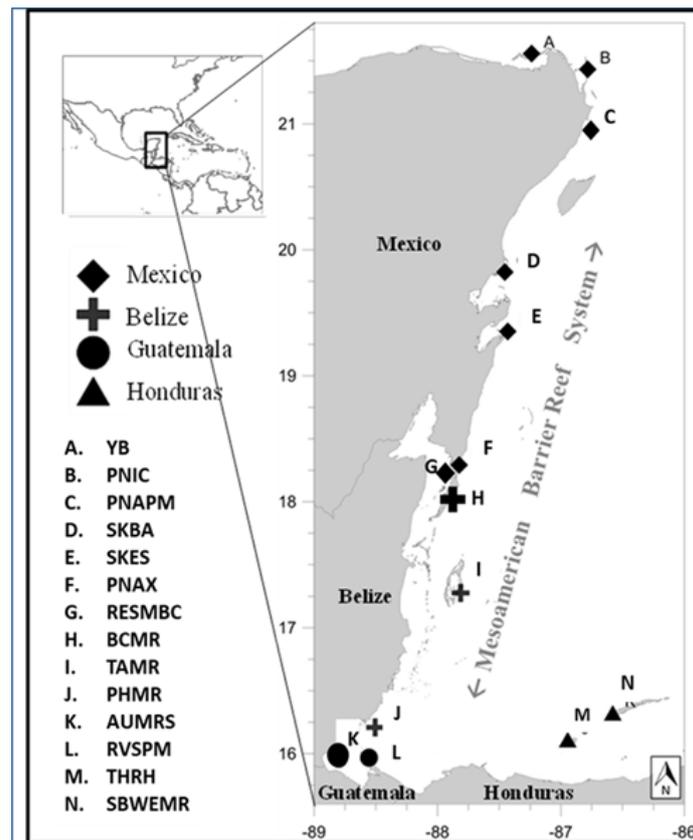


Figura 6. Áreas marinas protegidas (AMPs) participantes en los nueve Ejercicios de Conectividad ECOMÉ en el SAM. Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam, APFFYB; Parque Nacional Isla Contoy, PNIC; Parque Nacional Arrecifes de Puerto Morelos, PNAPM; Reserva de la Biosfera Sian Ka'an: Bahía Ascensión RBSK-BA, Bahía Espíritu Santo RBSK-BE; Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, PNAX; Reserva Estatal Santuario del Manatí Bahía Chetumal, RESMBC; Bacalar Chico Marine Reserve, BCMR; Turneffe Atoll Marine Reserve, TAMR; Port Honduras Marine Reserve, PHMR; Área de Uso Múltiple Río Sarstún, AUMRS; Refugio Vida Silvestre Punta Manabique, RVSPM; Zona de Protección Especial Marina Turtle Harbour - Rock Harbour Utila, ZPEM TH-RH y Sandy Bay West End Marine Reserve Roatán, SB-WEMR.

Tabla 1. Dinámica de participación de las AMPs en monitoreos ECOMÉ.

ECOMÉ/AÑO		1	2	3	4	5	6	mE-7	7	8	9	Total AMPs
		2013	2014	2014	2015	2016	2017	2018	2018	2019	2019	
México	AMP											
	APFFYB				*	*	*		*	*		5
	PNIC	*		*	*	*	*	*	*	*	*	9
	PNAPM				*	*	*		*		*	4
	RBSK-BA	*	*	*								3
	RBSK-BE	*	*		*	*	*					5
	PNAX	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	10
RESMBC							*	*	*	*	4	
Belice	BCMR				*	*	*		*	*		5
	TAMR		*	*								2
	PHMR	*	*		*	*	*		*			6
Guatemala	AUMRS	*	*	*	*	*	*		*	*	*	9
	RVSPM	*		*	*	*	*		*	*	*	7
Honduras	ZPEM TH-RH	*			*	*	*	*	*	*	*	6
	SB-WEMR	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	10
Total AMPs/ECOMÉ		8	6	7	9	11	12	5	11	9	5	
ECOMÉ-1 1-9 septiembre 2013						ECOMÉ-6 16-25 septiembre 2017						
ECOMÉ-2 27 febrero - 6 marzo 2014						P-ECOMÉ-7 6-11 septiembre 2018						
ECOMÉ-3 22-28 agosto 2014						ECOMÉ-7 6-14 de octubre 2018						
ECOMÉ-4 10-17 septiembre 2015						ECOMÉ-8 2-10 marzo 2019						
ECOMÉ-5 28 agosto - 6 septiembre 2016						ECOMÉ-9 28 agosto - 4 septiembre 2019						
mE-7= Mini ECOMÉ 7 realizado previo al ECOMÉ 7 formal.												

3.2. Tiempo en días invertido en monitoreos ECOME (2013-2019)

La ejecución de nueve ejercicios de conectividad (ECOME 1-9) más el mini-ECOME 7, demandó 727 días efectivos de trabajo de campo. El mayor número de días invertidos (105) fue en el 2017 (ECOME 6) cuando participaron 12 AMPs, mientras que el menor número de días (29) fue en 2018 en el mini-ECOME 7 (Fig. 7). La estimación del tiempo (días) efectivos de campo fue exclusivamente para: armado y marcaje de los CCAs, ubicación de estaciones, colocación de los equipos (CCAs), la revisión diaria de los CCAs, desmonte de equipos y limpieza. Adicionalmente, se invirtieron 344 días más para las actividades de preparación al ECOME que involucraron: organización y logística interna y traslado al lugar de trabajo seleccionado. En el trabajo final de gabinete, cada AMP realizó: *i)* toma de fotografías de los ejemplares capturados, *ii)* verificación de la bitácora diaria y contrastación con los ejemplares capturados, *iii)* utilización del catálogo de postlarvas de peces para identificar, *iv)* captura en base de datos digital interna de cada AMP, *v)* llenado del archivo denominado "Evaluación rápida ECOME X" y *vi)* envío del concentrado de resultados a ECOSUR. El trabajo de gabinete en ECOSUR implicó aproximadamente 300 días que sumados a los previos hacen un total de 1371 días.

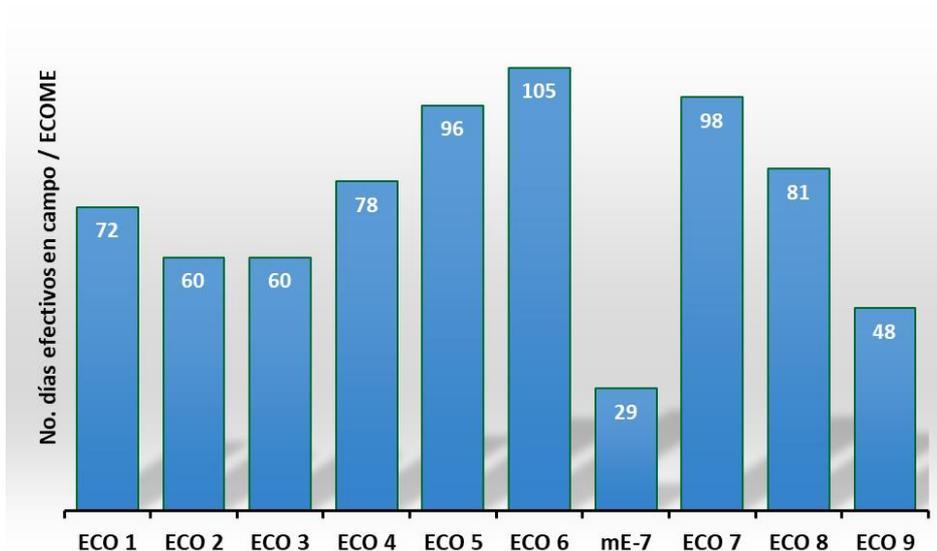


Figura 7. Días de trabajo de campo invertido por las AMPs en cada ejercicio ECOME.

3.3 Personal involucrado en monitoreos ECOME (2013-2019)

La ejecución de nueve ECOMES (2013-2019) más el mini-ECOME 7, tuvo la participación de 533 personas de las cuales 483 apoyaron en actividades de trabajo de campo (Fig. 8). La mayor participación de personal (86) fue en ECOME 6 (2017) y la menor (26) en ECOME 9 (2019).

	<i>Apogon townsendi</i>					*				
	<i>Astropogon puncticulatus</i>						*			*
	Astropogon sp.					*				
	<i>Astropogon stellatus</i>							*	*	*
	<i>Phaeoptyx pigmentaria</i>				*	*	*		*	
Aulostomidae	<i>Aulostomus maculatus</i>	*	*	*	*		*			*
Batrachoididae	Opsanus sp.									*
Belonidae	<i>Ablennes hians</i>			*						
	<i>Strongylura notata</i>									*
	Strongylura spp.			*	*					
Blenniidae	Chasmodes sp.								*	
	<i>Hycleurochilus pseudoaequipinnis</i>		*				*			*
	Hypsoblennius spp.					*				*
	<i>Parablennius marmoreus</i>				*					
	<i>Scartella cristata</i>				*					
Carangidae	<i>Caranx bartholomaei</i>					*		*	*	*
	<i>Caranx crysos</i>				*	*				
	<i>Caranx latus</i>	*								*
	<i>Caranx ruber</i>				*	*	*		*	*
	Caranx spp.	*	*	*	*	*	*		*	*
	<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	*		*	*	*	*		*	*
	<i>Decapterus macarellus</i>	*		*	*					
	<i>Decapterus punctatus</i>					*				*
	Decapterus spp.			*						*
	<i>Elagatis bipinnulata</i>						*			
	<i>Risor ruber</i>									*
	<i>Selar crumenophthalmus</i>			*		*				
	<i>Selene setapinnis</i>									*
	Seriola sp.									*
Chaenopsidae	<i>Chaenopsis sp.</i>									*
	<i>Emblemariopsis sp.</i>							*		
Clupeidae	<i>Harengula spp.</i>						*			*
Dinematichthyidae	Ogilbia sp.	*								
Diodontidae	<i>Chilomycterus schoepfii</i>								*	
Engraulidae	Anchoa spp.						*			*
Exocoetidae	Cheilopogon sp.	*								
Fistularidae	Fistularia sp.									*
Gerreidae	<i>Eucinostomus harengulus</i>				*					
	Eucinostomus spp.	*				*	*		*	
Gobiesocidae	<i>Acyrtops amplicirrus</i>					*				
	<i>Acyrtops beryllinus</i>						*			
	Acyrtops spp.		*					*		
	Gobiesox spp.			*					*	
Gobiidae	<i>Bathygobius soporator</i>			*	*					
	Bathygobius spp.					*			*	*

	<i>Coryphopterus dicrus</i>							*		
	<i>Coryphopterus</i> sp.		*							
	<i>Ctenogobius boleosoma</i>							*		
	<i>Gnatholepis thompsoni</i>				*					*
Haemulidae	<i>Anisotremus virginicus</i>	*							*	*
	<i>Haemulon flavolineatum</i>							*		
	<i>Haemulon parra</i>				*		*			
	<i>Haemulon plumieri</i>					*				
	<i>Haemulon sciurus</i>		*							
	<i>Haemulon</i> spp.	*	*			*	*	*		*
	<i>Haemulon steindachneri</i>								*	
Hemiramphidae	<i>Hemiramphus</i> spp.				*	*			*	
Holocentridae	<i>Holocentrus coruscum</i>							*		
Labridae	<i>Doratonotus megalepis</i>	*	*	*		*	*	*	*	*
	<i>Halichoeres bivittatus</i>		*			*	*	*		*
	<i>Halichoeres garnoti</i>							*		*
	<i>Halichoeres pictus</i>						*			
	<i>Halichoeres socialis</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	<i>Halichoeres</i> spp.							*		*
	<i>Thalassoma bifasciatum</i>	*				*		*	*	*
	<i>Xyrichtys splendens</i>		*							
Labrisomidae	<i>Labrisomus cricota</i>						*			
	<i>Labrisomus nuchipinnis</i>						*			
	<i>Labrisomus</i> spp.					*	*	*	*	*
	<i>Malacoctenus</i> spp.							*		*
	<i>Paraclinus fasciatus</i>					*			*	
	<i>Paraclinus marmoratus</i>		*	*						
	<i>Paraclinus</i> spp.				*	*		*		
	<i>Starksia occidentalis</i>	*								
	<i>Starksia</i> spp.							*	*	
Lutjanidae	<i>Lutjanus analis</i>							*		
	<i>Lutjanus apodus</i>	*		*	*	*	*	*	*	*
	<i>Lutjanus griseus</i>				*	*	*	*	*	*
	<i>Lutjanus mahogoni</i>					*				
	<i>Lutjanus synagris</i>			*	*	*	*	*		
	<i>Ocyurus chrysurus</i>		*	*	*	*	*	*	*	*
Microdesmidae	<i>Microdesmus</i> sp.									*
Monacanthidae	<i>Aluterus schoepfii</i>						*			
	<i>Aluterus scriptus</i>							*		
	<i>Cantherhines pullus</i>		*	*				*		
	<i>Monacanthus ciliatus</i>		*	*	*	*	*	*	*	*
	<i>Monacanthus tuckeri</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	<i>Stephanolepis setifer</i>									*
	<i>Stephanolepis</i> sp.						*			
Mullidae	<i>Pseudupenneus maculatus</i>		*							

Muraenidae	<i>Gymnothorax</i> sp.								*		
NI	NI						*				
Ogcocephalidae	<i>Ogcocephalus</i> sp.			*							
Pomacanthidae	<i>Pomacanthus paru</i>					*					
Pomacentridae	<i>Abudefduf saxatilis</i>	*		*	*	*	*	*	*	*	*
	<i>Abudefduf taurus</i>			*							
	<i>Chromis</i> sp.					*					
	<i>Stegastes adustus</i>							*			
Scaridae	<i>Nicholsina usta</i>								*		
	<i>Scarus iseri</i>					*	*	*	*		*
	<i>Scarus</i> spp.	*	*	*		*			*		*
	<i>Sparisoma chrysopterygum</i>								*		
	<i>Sparisoma rubripinne</i>									*	*
	<i>Sparisoma</i> spp.			*	*	*	*	*	*		*
	<i>Sparisoma viride</i>					*	*	*	*		
Sciaenidae	<i>Bairdiella ronchus</i>						*				
	<i>Cynoscion nebulosus</i>				*	*					
	<i>Cynoscion</i> spp.				*		*		*		
	<i>Larimus fasciatus</i>				*						
	<i>Odontoscion dentex</i>					*					*
	<i>Pareques</i> sp.				*						
Scorpaenidae	<i>Scorpaena bergii</i>								*		
Serranidae	<i>Pseudogramma gregori</i>					*					
	<i>Serranus flaviventris</i>		*	*	*	*	*		*	*	
	<i>Serranus</i> spp.			*					*		
Sphyraenidae	<i>Sphyraena barracuda</i>			*	*			*	*		*
	<i>Sphyraena</i> spp.					*	*				
Syngnathidae	<i>Bryx</i> spp.			*					*		
	<i>Cosmocampus</i> spp.						*	*			
	<i>Hippocampus erectus</i>									*	
	<i>Hippocampus zosterae</i>	*									
	<i>Syngnathus</i> spp.			*			*				*
Tetraodontidae	<i>Canthigaster rostrata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	<i>Sphoeroides spengleri</i>								*		
Tripterygiidae	<i>Enneanectes matador</i>								*		
	No. de especies	20	21	30	33	45	41	28	46	31	34
	No. de AMPs participantes	8	6	7	9	11	12	5	11	9	5

Los avances en la identificación taxonómica a nivel de familias, géneros y especies a lo largo de los diferentes momentos de corte de resultados (informes parciales) muestra un incremento de 11 familias, 27 géneros y 31 especies entre el primer informe (resultados ECOMe 1-5) y el actual informe (Fig. 9). Se aprecia que aún hay especies pendientes por identificar.

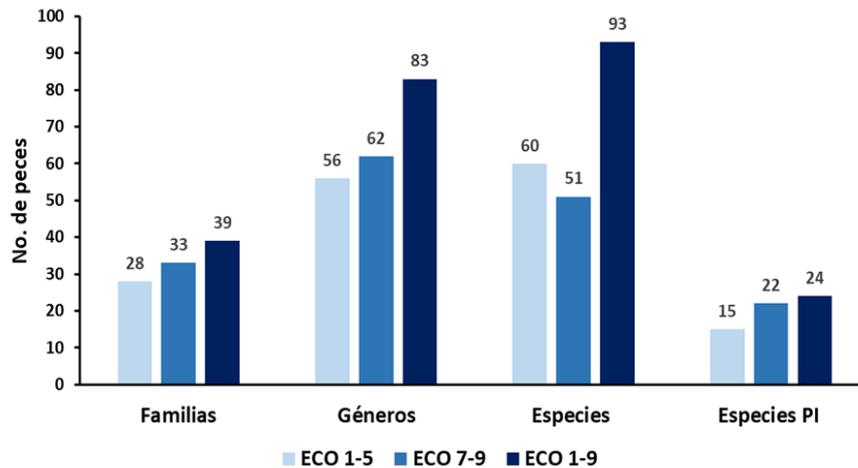


Figura 9. Avances en la identificación taxonómica de larvas, postlarvas y juveniles en la región SAM durante los monitoreos ECOMO 1-9. PI= Pendiente de identificar.

A lo largo de los diez ejercicios ECOMO, diez familias contribuyeron con el 91.5% de la abundancia total de postlarvas y juveniles (Fig. 10). La mayor contribución fue aportada por la familia Tetraodontidae (“puffers” o botetes), seguida por las familias Carangidae (“jacks” o jureles y palometas), Monacanthidae (“filefishes” o lijas) y Labridae (“wrasses” o doncellas). Las familias Scaridae (“parrotfishes” o loros) y Lutjanidae (“snappers” o pargos) estuvieron también entre las más abundantes, ambas con una mayor contribución con respecto a los resultados referidos en el primer informe (2013-2016).

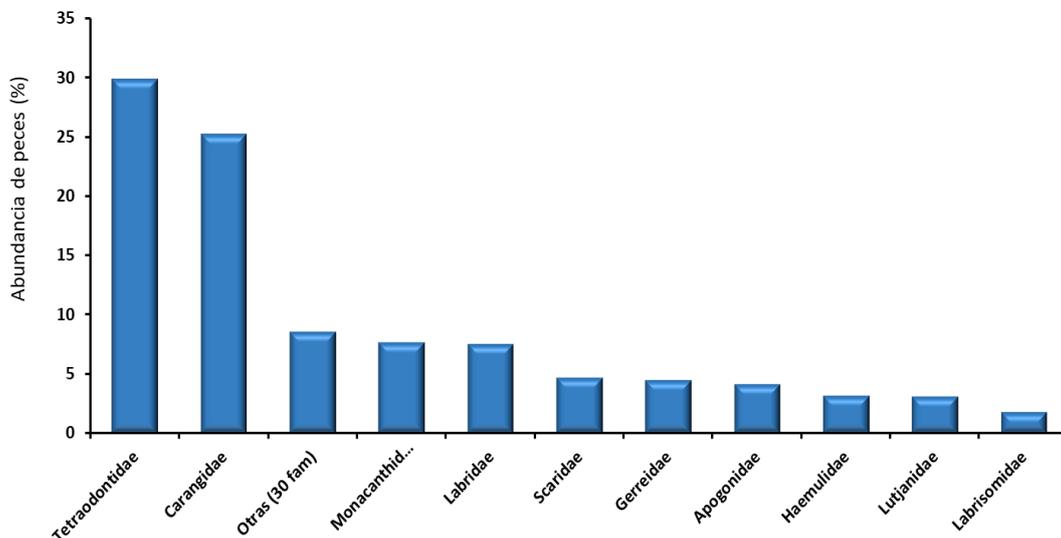


Figura 10. Contribución porcentual de la abundancia por familia de peces (larvas, postlarvas y juveniles) en el SAM durante los ECOMO 1-9.

A nivel de especie, las mayores abundancias fueron aportadas por seis especies y dos géneros (pendientes de revisión) que representaron el 63.5% del total capturado. El 36.5% restante correspondió a 108 taxa más (Fig. 11). Las especies *Canthigaster rostrata*, *Chloroscombrus chrysurus*, *Halichoeres socialis* y *Monacanthus tuckeri* resultaron las más abundantes. *C. rostrata* (puffers/botetes) registró sus mayores abundancias en Honduras (SBWEMR, Roatán), mientras

que *C. chrysurus* (Atlantic bumper) tuvo altas abundancias tanto en México (APFFYB, Yum Balam) como en Guatemala (RVSPM, Punta Manabique) en Guatemala.

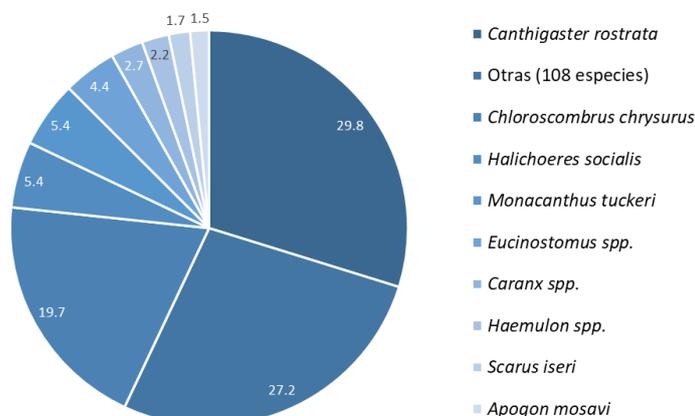


Figura 11. Composición porcentual de los taxa más abundantes en el SAM durante ECOME 1-9.

Aquí se muestran fotografías de algunas de las especies más abundantes en la región SAM a partir de los monitoreos ECOME (2013-2019) (Fig. 12).

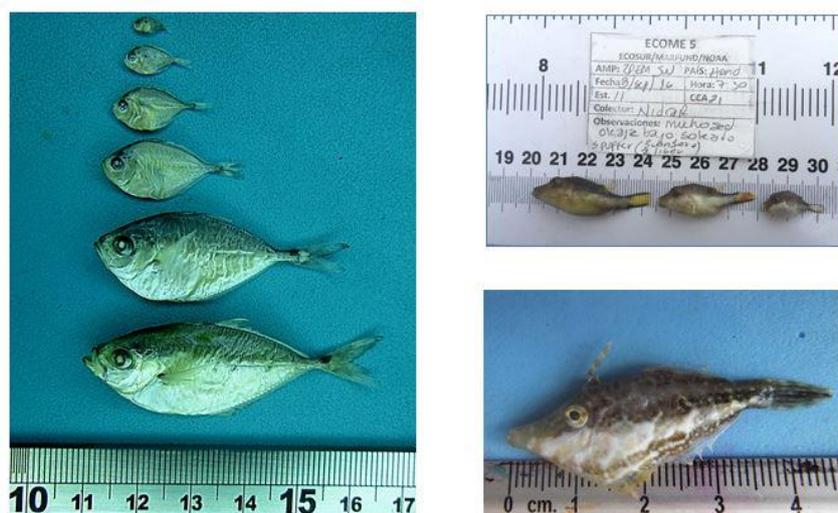


Figura 12. Especies más abundantes en los ECOME 1-9: izquierda: *Chloroscombrus chrysurus*, n=6, derecha superior *Canthigaster rostrata*, n=3 y derecha inferior un *Monacanthus tuckeri*, n=1.

Un hallazgo notable fue la captura y registro del lábrido “social wrasse” *Halichoeres socialis* en el primer ejercicio de conectividad (ECOME 1) en las dos AMPs de Guatemala. Con este resultado, la especie *H. socialis* considerada endémica de Belice (Smith *et al.*, 2003; Lobel y Lobel 2011; IUCN, 2015), extiende su rango de distribución a Guatemala. Además, en todos los monitoreos ECOME (1-9) realizados en las AMPs de Guatemala ha sido registrada (Tabla 2). Estos resultados y las observaciones bajo el agua confirman que *H. socialis* forma parte de las comunidades arrecifales de esas AMPs, en específico, Cabo Tres Puntas, Bajo del Canal de Estero Lagarto y Foundara (Sergio Hernández, com. Personal).

3.5 Abundancia total de postlarvas de peces en el SAM

3.5.1 Abundancia por AMP

La abundancia acumulada por AMP varió de 45 organismos en Turneffe Atoll Marine Reserve (TAMR, Belice) a 659 en Yum Balam (APFFYB, México) (Fig. 13). En México, llama la atención la alta abundancia de peces de la Reserva Estatal Santuario del Manatí (RESMBCH) que participó únicamente en cuatro monitoreos ECOME. Otros valores altos de abundancia se registraron en Punta Manabique (RVSPM) Guatemala y en Roatán (SBWEMR) Honduras. En Belice, Bacalar Chico (BCMR) registró la mayor abundancia (153 peces).

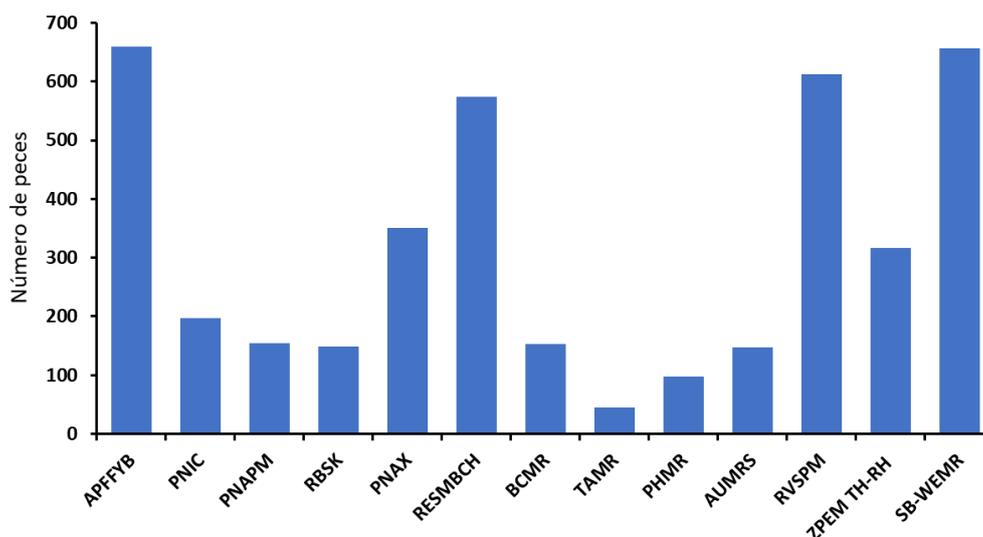


Figura 13. Abundancia total de peces (larvas, postlarvas y juveniles) por AMP diez ECOMES. México: Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam, APFFYB; Parque Nacional Isla Contoy, PNIC; Parque Nacional Arrecifes de Puerto Morelos, PNAPM; Reserva de la Biosfera Sian Ka'an; Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, PNAX y Reserva Estatal Santuario del Manatí Bahía Chetumal, RESMBCH. Belice: Bacalar Chico Marine Reserve, BCMR; Turneffe Atoll Marine Reserve, TAMR; Port Honduras Marine Reserve, PHMR. Guatemala: Área de Uso Múltiple Rio Sarstún, AUMRS; Refugio Vida Silvestre Punta Manabique, RVSPM. Honduras: Zona de Protección Especial Marina Turtle Harbour - Rock Harbour Utila, THRH y Sandy Bay West End Marine Reserve Roatán, SBWEMR.

3.5.2 Abundancia de postlarvas de peces por ECOME

Los siguientes mapas muestran la distribución temporal (años) y espacial (AMPs) de las abundancias de postlarvas de peces para cada ECOME. En ECOMES 1 y 3 (Figs. 14 a y c) las mayores abundancias ocurrieron en Guatemala (Punta Manabique, RVSPM). En ECOME 4 (Fig. 14 d) fue notable la baja abundancia de postlarvas en la mayoría de las AMPs con excepción del área más norteña, Yum Balam (APFFYB) en México.

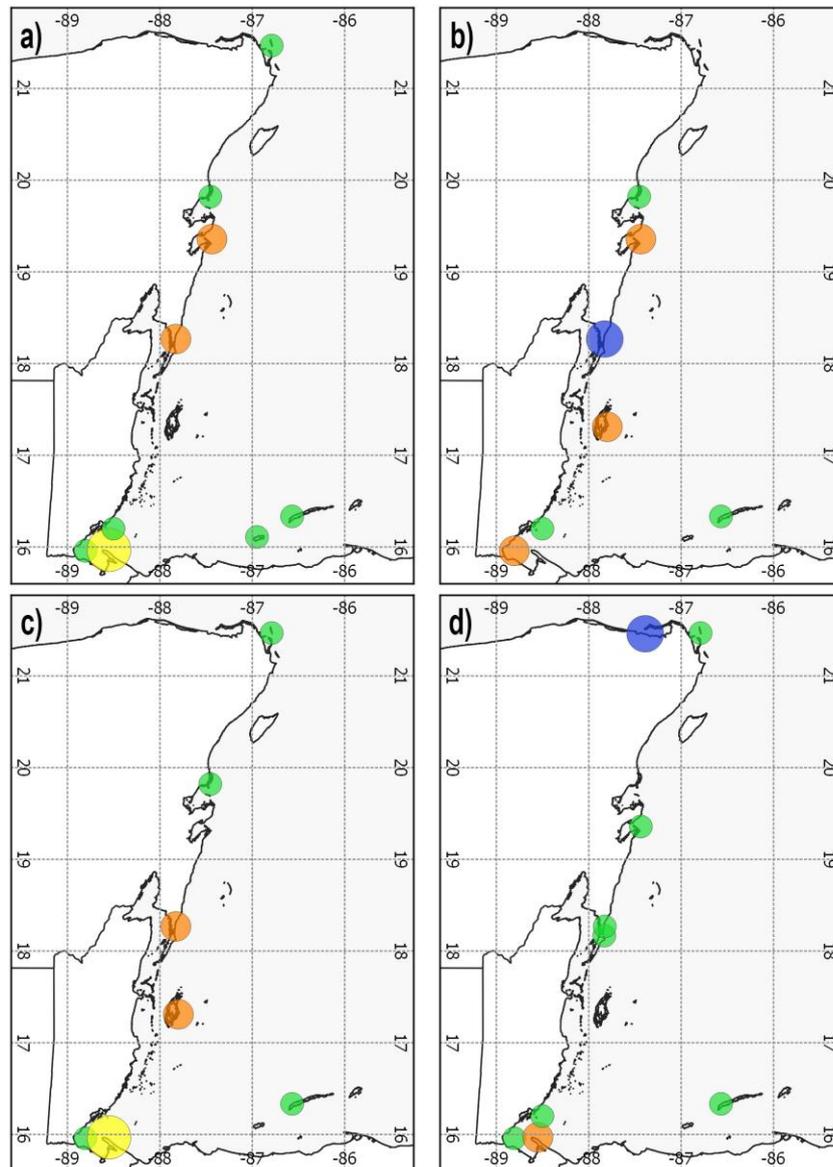


Figura 14. Abundancias de peces arrecifales por AMP: a) ECOME 1, 2013; b) ECOME 2, marzo, 2014; c) ECOME 3, agosto 2014; d) ECOME 4, 2015. El tamaño del círculo (●) es proporcional a la abundancia (No. de postlarvas): verde (0-20), naranja (21-60), azul (61-100), amarillo (101-300) y violeta (≥ 300).

Sian Ka'an participó en dos localidades: en la Bahía Ascensión y en Bahía Espíritu Santo, pero solo hasta 2017, ya no volvió a participar, se perdió un área importante de las costas del Caribe mexicano. La mayor abundancia de postlarvas a lo largo de todo el monitoreo ECOME 1-9 se registró en el ECOME 6 (2017) con más de 1200 peces (Fig. 14 f), las mayores contribuciones fueron de Yum Balam (APFFYB), y la Reserva Santuario del Manatí (RESMBCH) ambas en México.

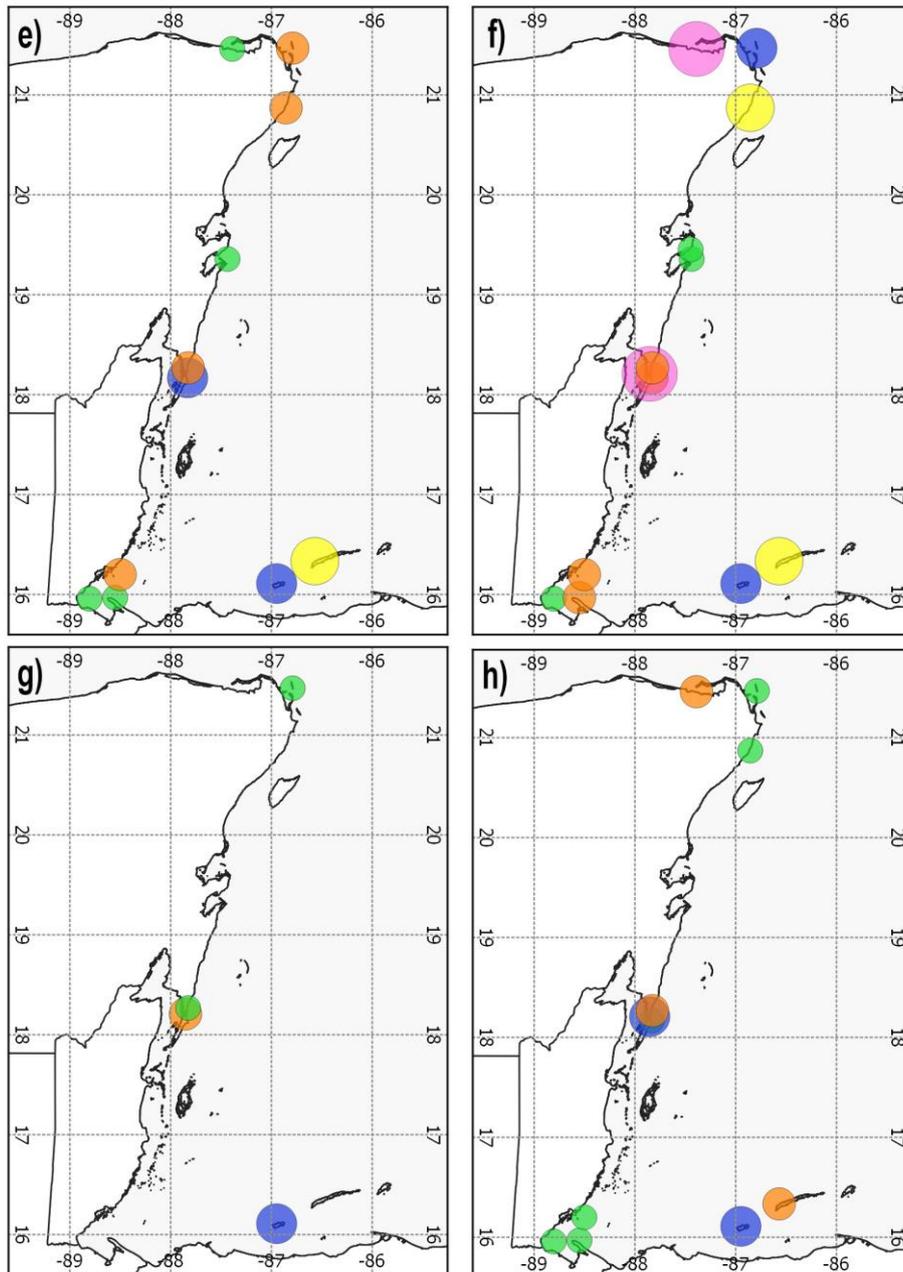


Figura 14. Abundancias de peces arrecifales por AMP: e) ECOM 5, 2016; f) ECOM 6, 2017; g) mini-ECOME 7, septiembre 2018; h) ECOM 7, octubre 2018. El tamaño del círculo (●) es proporcional a la abundancia (No. de postlarvas): verde (0-20), naranja (21-60), azul (61-100), amarillo (101-300) y violeta (≥ 300).

Los resultados de los ECOMes 7-9 corresponde al proyecto de “Monitoreo participativo del reclutamiento de peces de arrecife: Indicador de conectividad en el Arrecife Mesoamericano (Figs. 14 h, i y j). De entre ellos, el ECOM 7 (octubre de 2018) registró las mayores abundancias de peces (355 peces) y fue equiparable a las abundancias del ECOM 1 (2013, $n=366$) con y el ECOM 3 (2014, $n=347$). El ECOM 8 (marzo 2019) fue el de menor abundancia (137 peces) a pesar de la participación de un concurrido número (9) de AMPs (Figs. i y j). En referencia a la abundancia promedio, las áreas de mayor abundancia fueron Yum Balam (APFFYB) y Reserva Estatal Santuario (RESMBCH) en México, Punta Manabique (RVSPM) en Guatemala y Bica Roatán (SB-WEMR) en Honduras (Fig. 14 k).

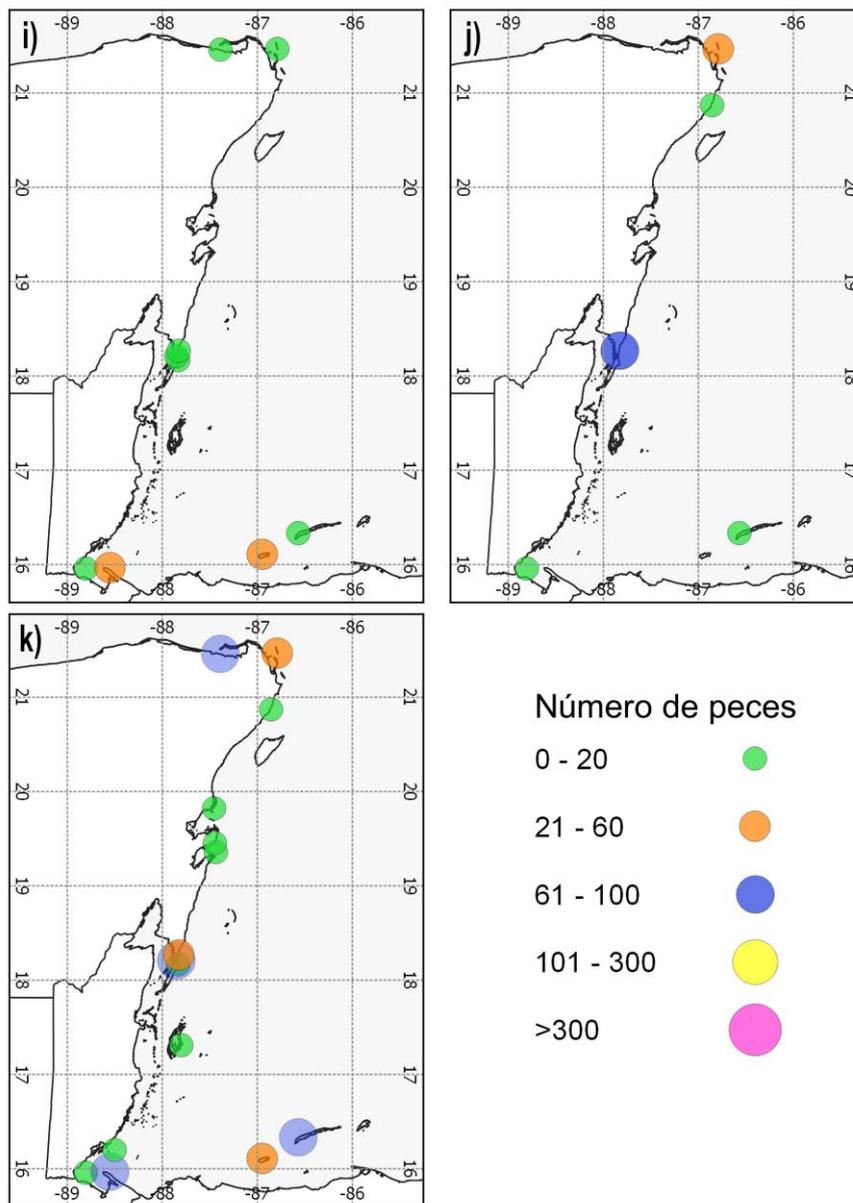


Figura 14. Abundancias de peces arrecifales por AMP: i) ECOME 8, marzo 2019; j) ECOME 9, septiembre 2019 y k) Abundancia promedio por AMP. El tamaño del círculo (●) es proporcional a la abundancia (No. de postlarvas): verde (0-20), naranja (21-60), azul (61-100), amarillo (101-300) y violeta (≥ 300).

3.5.3 Abundancia de “puffers” o botetes *Canthigaster rostrata*

Un evento de mortandad masiva de botetes o puffers (*C. rostrata*) fue registrada días previos (27 de agosto, 2016) al inicio del ejercicio ECOME 5 en varias localidades mexicanas del SAM: al sur de Puerto Morelos, en Tulum, en las partes exteriores de las bahías de la Ascensión y Espíritu Santo en Sian Ka’an así como en Mahahual (Fig. 15).



Figura 15. Mortandad de “puffers” o botetes *Canthigaster rostrata* en Mahahual Q. Roo, México el 28 de agosto del 2016.

Dado que esta mortandad coincidió con el inicio del ECOME 5, se informó a las AMPs y se les solicitó registrar todas las observaciones con referencia a estas mortandades. Ninguna de las AMPs registró peces muertos en sus áreas durante el monitoreo, pero si reportaron capturas considerablemente altas de esta especie (*C. rostrata*) en los colectores, todos ellos vivos y la gran mayoría se liberaron. Dentro de todo el período de monitoreo ECOME 1-9, las mayores abundancias de esta especie se presentaron en 2017 (ECOME 6) con más de 700 peces. La abundancia más alta ocurrió en Roatán (SBWEMR) Honduras (Fig.16). Algunas áreas reportaron como observación una gran cantidad de botetes o “puffers” vivos suspendidos en el agua (Egla Vidotto, Sandy Bay, West End Marine Reserve, com Personal).



Figura 16. Grupo de trabajo de Roatán SBWEMR, Honduras.

3.6. Riqueza de especies de postlarvas de peces en el SAM

3.6.1 Riqueza de especies por ejercicio ECOME

La riqueza específica prácticamente varió de 21 especies en el ECOME 1 a 52 especies en el ECOME 7 (Fig. 17). Este resultado está directamente relacionado con la participación de un mayor número de AMPs. Los ECOMES con mayor riqueza de especies fueron aquellos donde participaron más AMPs en los ejercicios de monitoreo.

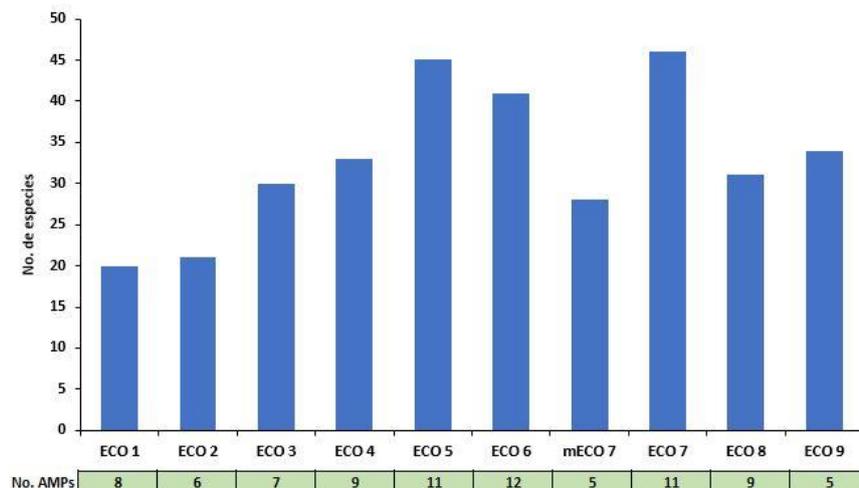


Figura 17. Riqueza de especies por ejercicio de monitoreo ECOME en el SAM. La línea gris indica en número de AMPs que participaron.

3.6.2 Riqueza de especies por AMP

La riqueza de especies por AMP varió de nueve especies en Turneffe Atoll (TAMR) a 41 especies en Isla Contoy (PNIC) (Fig. 18). Otros valores alta riqueza de especies se registraron en Xcalak (PNAX), en BICA Utila (THRH) y en Santuario del Manatí (RESMBCH) con 38, 36 y 33 especies respectivamente. En las dos áreas de Guatemala AUMRS y RVSPM se registraron especies únicas para esa región (Tabla 2).

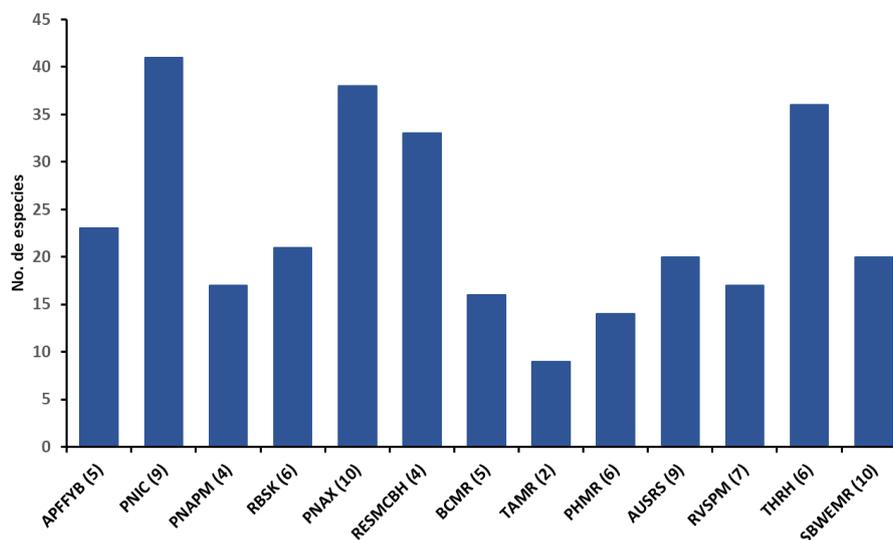


Figura 18. Riqueza de especies por área marina protegida del SAM. Los valores entre paréntesis indican el número de participaciones ECOME por AMP.

Las familias con mayor número de especies fueron: Apogonidae (“cardinalfishes” o cardenales) y Carangidae (“jacks” jureles-pámpanos) con 12 y 11 especies respectivamente Tabla 2. La mayor ocurrencia de especies de jureles-pámpanos fue en AMPs de México; mientras que los peces cardenales no se registraron en Guatemala. Varias familias, de importancia ecológica y económica estuvieron representadas por siete especies, la familia Labridae (“wrasses” o

doncellas), y por seis especies las familias Haemulidae (“grunts” o roncós) y Lutjanidae (“snappers” o pargos). Por su parte, en las AMPs de Guatemala (Fig. 19) se encontraron cuatro especies que solo fueron registradas en AUMRS y RVSPM: *H. socialis*, *Haemulon steindachneri*, *Serranus flaviventris* y *Odontoscion dentex* (Fig. 20).



Figura 19. Grupo de trabajo AUMRS, Guatemala.



Figura 20. Especies exclusivas de Guatemala (AUMRS y RVSPM).

3.7. Índice de Reclutamiento

3.7.1 Esfuerzo de muestreo por ejercicio de monitoreo ECOME

A lo largo de los diez ejercicios de monitoreo se utilizaron en total 14586 colectores de columna de agua (CCA) que corresponde al esfuerzo de muestreo en todo el SAM. El esfuerzo de muestreo (no. de CCA) fue estimado con base en el número de CCA que cada AMP utilizó por el número de días de trabajo de campo en cada ECOME. Este esfuerzo varió de 552 CCAs en el mini ECOME 7 (2018) a 2320 CCAs en ECOME 6 (2017) y tuvo una relación directa con el número de áreas participantes en cada evento ECOME (Fig. 21).

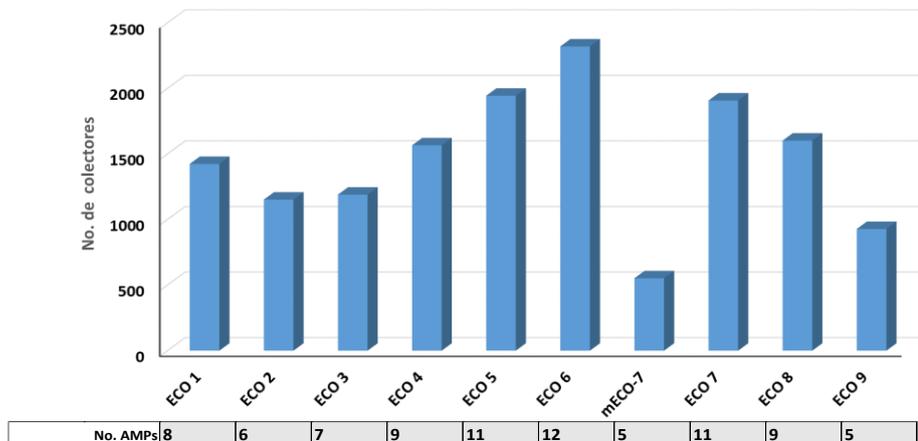


Figura 21. Esfuerzo de muestreo (no. de CCAs desplegadas) por ECOMO (2013-2019). La barra gris indica el número de AMPs que participaron en cada monitoreo.

3.7.2 Índice de reclutamiento por ejercicio ECOMO

Se estimó un índice de abundancia por ECOMO, considerando el esfuerzo invertido (número de CCAs desplegadas por todas las AMPs) y la abundancia de peces registrados por ECOMO. El índice de reclutamiento más alto (70.6%) se registró en ECOMO 6 (2017) y el menor (8.6%) en ECOMO 8 (marzo, 2019). Otro bajo índice correspondió al ECOMO 4 (2015) (Fig. 22).

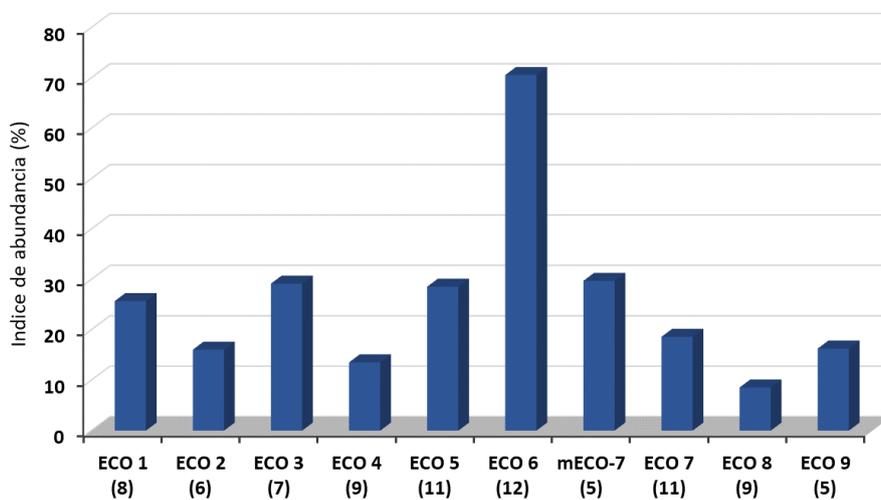


Figura 22. Índice de reclutamiento de peces en el SAM en por ECOMO (1-9).

Se estimaron los índices de reclutamiento para las familias más abundantes en los monitoreos ECOMO (1-9) y se contrastaron con datos históricos obtenidos para las mismas familias en 2004, 2005 y 2006 (Fig. 23). Se aprecia que las familias Carangidae (palometas y jureles) y los Tetraodontidae (botetes o puffers) incrementaron, respecto a sus índices históricos, de forma significativa durante la serie de monitoreos ECOMO. Por su parte las familias Lutjanidae (pargos, snappers) y Monacanthidae (lijas, filefishes) tuvieron un comportamiento similar, mostraron índices de reclutamiento bajos respecto a los resultados previos (2005 y 2006). Otra familia con

resultados poco alentadores fue la Scaridae (loros y parrofishes) quienes en 2004 registraron su índice de reclutamiento más alto y luego cayeron en 2005-2006, y durante la serie ECOMES empieza a observarse un ligero incremento (Fig. 23).

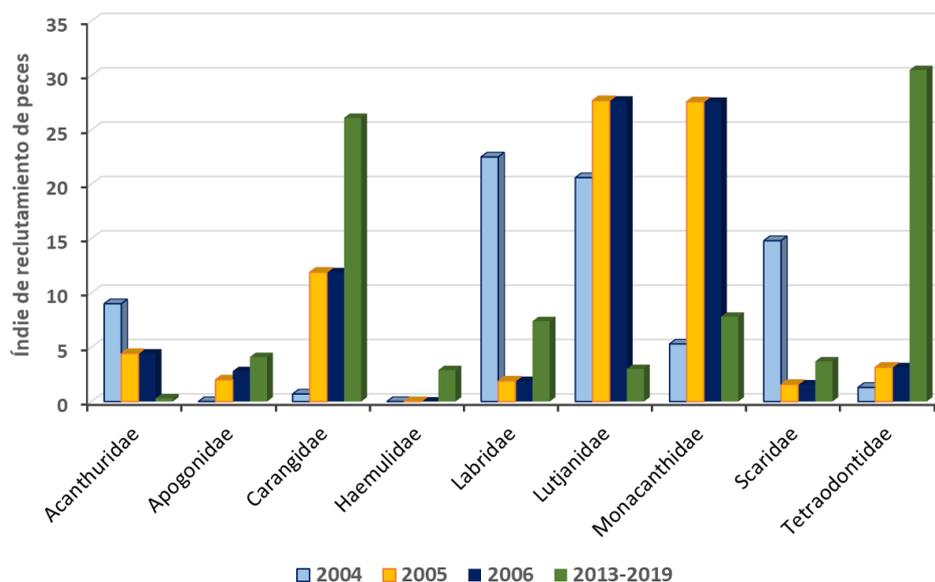


Figura 23. Índice de reclutamiento de las familias más representativas del SAM, una comparación de resultado ECOMES 1-9 con los datos históricos.

3.8 Observaciones de parámetros físicos de temperatura y nivel del mar

A lo largo de las diferentes etapas de los ECOMES se han desarrollado actividades de capacitación, facilitación (entrega) de sensores de bajo costo, así también se ha logrado la instalación y recuperación de estos en algunas de las AMPs. Durante el primer ejercicio se entregaron 3 sensores HOBO Water Temp Pro v2 para registrar la temperatura del agua de mar. Sin embargo, de los tres sensores entregados a las áreas de Port Honduras (PHMR), en Belice; en Punta Manabique (RVSPM) en Guatemala y Roatán (SBWEMR) en Honduras, solo se logró obtener la serie de tiempo de temperatura correspondiente a Belice (Figs. 24). Los sensores de las otras dos áreas lamentablemente se reportaron desaparecidos antes de poder recuperar la información.

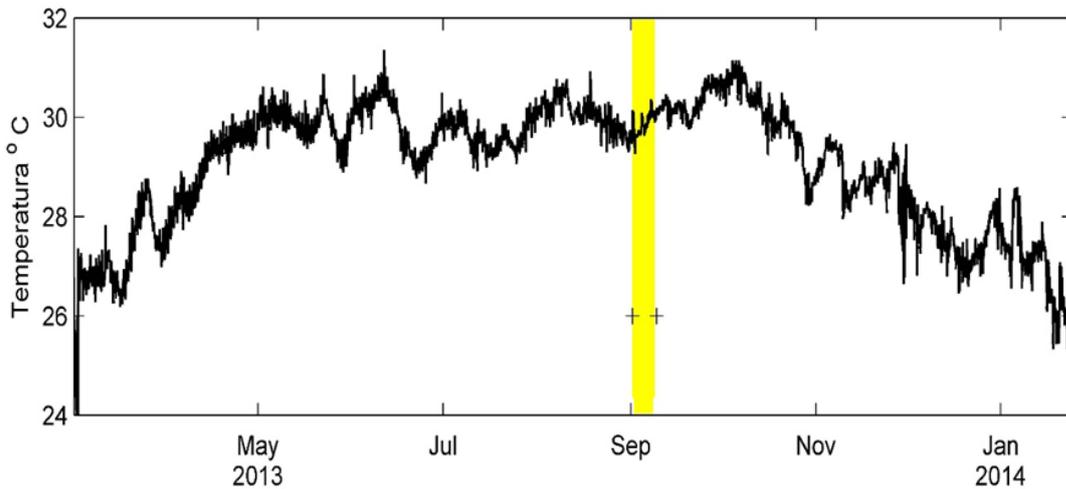


Figura 24. Registro de la temperatura del agua de mar en Port Honduras, PHMR en Belice durante en el período mayo de 2013 a enero de 2014. Las fechas del ECOM 1 (1-9 de septiembre 2013) se muestran en amarillo.

Durante el desarrollo del proyecto “Monitoreo participativo del reclutamiento de peces de arrecife: Indicador de conectividad en el Arrecife Mesoamericano”, se adquirieron sensores de presión y temperatura (HOBO Water Level Data Logger) y se realizó un taller de capacitación durante septiembre-octubre de 2019 en Punta Gorda Belice (Fig. 25 y 26) con apoyo del personal de TIDE, Stephene Supaul contacto logístico, Heidi Waters enlace académico, avalado por su directora Celia Mahung).



Figuras 25 y 26. Actividades desarrolladas en el Taller de capacitación en el uso de sensores de temperatura y de presión, realizado en Punta Gorda Belice en octubre 2019. Se muestra una sesión de trabajo y la imagen grupal.

Al final del taller, se entregaron sensores a las AMPs que participaron en la capacitación el estatus de esos sensores a la fecha se resume en la Tabla 3.

Tabla 3. Relación de sensores de temperatura y presión entregados a las AMPs del SAM, obtenidos a través del proyecto ECOSUR-MAR Fund – NOAA

AMP	Responsable	Estatus
Port Honduras Marie Reserve (PHMR) Honduras	TIDE	En espera
Zona de Protección Especial Marina Turtle Harbor Rock Harbour Honduras	BICA Utila	Instalado
Área de Uso Múltiple Río Sarstún Guatemala	Fundaeco	Instalado y recuperado
Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam, México	CONANP	En espera
Parque Nacional Arrecifes de Xcalak México	CONANP	Instalado
Refugio de Vida Silvestre Punta Manabique, Guatemala	CONAP	Instalado/Recuperado

Para ejemplificar lo que se espera de los sensores instalados en las diferentes AMPs del SAM junto con varios ECOMEs, se muestra el registro de la temperatura del agua del mar del Parque Nacional Arrecifes de Xcalak (PNAX) con sensores similares a los adquiridos en el marco del proyecto (Fig. 26).

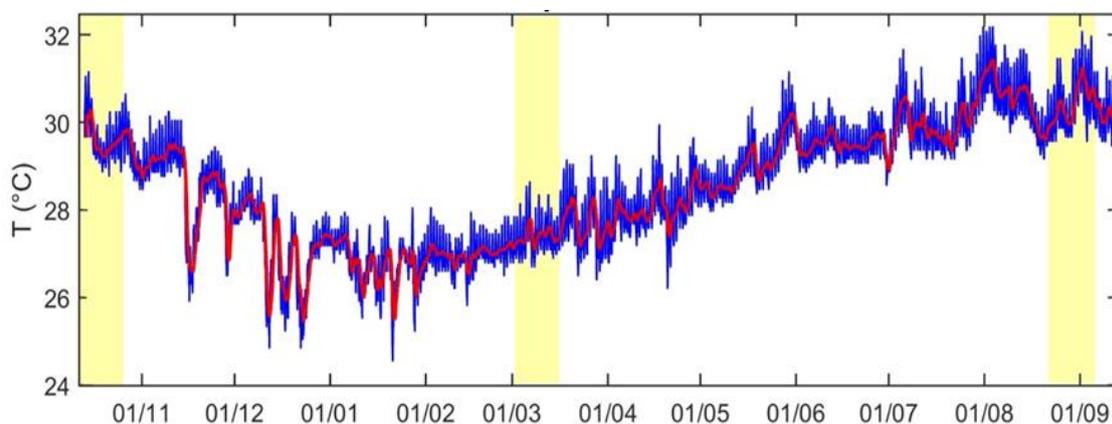


Figura 26. Serie de tiempo de la temperatura (°C) en el PN Arrecifes de Xcalak (PNAX), México. Línea azul datos registrados con un sensor HOBO. La línea roja corresponde a datos filtrados para destacar señales con periodos mayores a los de la marea. Sombreado en amarillo indica los periodos de los ECOMEs 7 (octubre, 2018), 8 (marzo, 2019) y 9 (septiembre, 2019).

La serie de temperatura en el sitio del Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, México nos muestra un ejemplo del tipo de datos que se obtienen con los sensores HOBO entregados a cada país del Mesoamericano. La serie corresponde a un año de datos y se observan claramente los cambios estacionales tales como un aumento de la temperatura durante los meses de verano y una disminución de esta en los meses de invierno. Durante los muestreos de larvas de peces la

temperatura osciló entre 29 y 30.76 °C, 25.5 y 26.68 °C, y 29.65 y 31.6 °C, para ECOME 7, 8 y 9, respectivamente.

Es previsible la utilidad de contar con los datos casi continuos de temperatura y presión para relacionar diversos procesos y eventos en la zona costera, además del reclutamiento de peces; tales como los eventos de mortalidad masiva de peces, entre otros fenómenos de interés para el personal y directivos de las AMPs a lo largo de nuestra región. En general, los registros de temperatura obtenidos con el sensor en Belice y en Xcalak (Figs. 25 y 26) nos permitieron observar una clara variación estacional, junto con oscilaciones de periodo más corto (diurnas) y eventos que correspondieron probablemente a tormentas. Pero también nos indica cuando la temperatura del agua rebasa puntos críticos, por ejemplo, aquella temperatura que pone en riesgo a los corales. Además, que la observación de largo plazo nos puede permitir analizar las tendencias, y empezar a identificar como se manifiestan cambios en términos de cambio climático y otras escalas de variabilidad (por ejemplo, decadales). Por esto mismo vale la pena insistir en el fortalecimiento en infraestructura y equipo para la medición de variables físicas en las zonas costeras del Arrecife Mesoamericano; así como en la capacitación del personal en el manejo de los sensores y el análisis de la información. Es muy importante impulsar una red de sensores funcionado de manera simultánea en cada AMPs para lograr tener una visión regional y que permita identificar los cambios ambientales que se experimentan ya sea de manera local o de mayor escala, y, por lo tanto, las acciones de conservación sean hechas a la medida.

4. CONCLUSIONES SOBRE LOS CINCO EJERCICIOS DE CONECTIVIDAD ECOME 1-5

A partir de los resultados mencionados en este informe consolidado de actividades del grupo de Conectividad del Mesoamericano del 2013 al 2020, destaca como el logro más sobresaliente la realización diez ejercicios de monitoreo (ECOME), eventos simultáneos y estandarizados sobre el reclutamiento de postlarvas y juveniles de peces, en trece AMPs distribuidas en la región del Arrecife Mesoamericano. Esto fue posible gracias a la participación de un gran número de personas (530) ligadas al manejo y administración de las AMPs; así como a organizaciones e instituciones de los cuatro países que conforman el Sistema Arrecifal Mesoamericano. Lo anterior denota que, la construcción y desarrollo de esta iniciativa ha descansado en una rica y diversa base de recursos humanos e institucionales comprometidas con la conservación de los recursos naturales de esta región. Esta red de Conectividad, única en su género, ha contado también con una relativamente modesta cantidad de recursos monetarios, a partir de un fondo inicial aportado por la NOAA, a través del "International Coral Reef Conservation Program". Este fondo semilla, facilitó la coordinación y arranque de este primer esfuerzo colaborativo de investigación en ocho AMP de los países integrantes del Arrecife Mesoamericano. Desde 2014, MAR Fund aportó fondos adicionales para fines de capacitación, compra de equipos menores y ejecución de los monitoreos ECOME. Para la ejecución exitosa de estos diez ejercicios ECOME, el factor humano y la metodología utilizada fueron fundamentales. Para el factor humano, el personal capacitado de las AMPs ha sido esencial para coleccionar la valiosa información que nutre este informe. Mientras que la estandarización del muestreo, utilizando colectores de columna de agua (CCAs) como arte selectivo para estadios tempranos de peces, fue acertado debido a su bajo costo, fácil instalación y maniobrabilidad. Los resultados obtenidos a la fecha aportan información complementaria al empleo de otras artes de muestreo probadas con éxito (trampas

de luz, redes de canal, redes de cresta) para monitoreo del reclutamiento de peces de importancia ecológica y pesquera. Los resultados obtenidos en esta red “ECOME”, demuestran la efectividad de los CCAs, como un arte de muestreo útiles en investigaciones sobre reclutamiento de peces arrecifales a gran escala.

Este esfuerzo de colaboración, a través de estos diez ejercicios simultáneos, muestran la primera lista de larvas, postlarvas y juveniles tempranos de peces para la región del SAM, que da cuenta de 39 familias, 83 géneros y 117 especies.

Un hallazgo importante en esta lista de especies fue la presencia del lábrido *H. socialis* en dos áreas de Guatemala, AUMRS y RVSPM. Hasta ahora esta especie era considerada endémica de Cayo Pelícanos, Belice (Lobel y Lobel, 2011) y está reportada por la IUCN como especie amenazada (Rocha *et al.*, 2015). No existe información sobre los estadios larvales de esta especie ya que sus larvas no se han encontrado en muestras del plancton en aguas fuera de la costa de ninguno de los países que conforman el SAM (Muhling *et al.*, 2013); ni en muestreos costeros, durante los monitoreos de postlarvas de peces en el sur del Caribe mexicano, investigaciones realizadas por personal de ECOSUR y NOAA-Universidad de Miami desde el 2003 (Vásquez-Yeomans *et al.*, 2011; Yam-Poot, 2013; Solis-Mena, 2016).

El esfuerzo de muestreo durante los diez ejercicios ECOME, no fue uniforme entre las distintas áreas. A pesar de las capacitaciones y los protocolos entregados a todas las áreas, durante el desarrollo de los ejercicios surgieron dudas que fueron resueltas sobre la marcha. En los últimos ejercicios ECOME (7-9) se contó con la formación de grupos de WhatsApp, esto ha sido un mecanismo de comunicación y unión muy importante para la red de Conectividad ECOME. A pesar de todas las dificultades enfrentadas durante los diferentes ejercicios ECOME, siempre se mantuvo estricto apego a las fechas calendarizadas para los ejercicios en todas las AMP participantes: alrededor de la luna nueva, garantizando el muestreo en los días críticos de reclutamiento de peces (Johannes, 1978; Robertson *et al.*, 1988). Las particularidades físicas de cada área, así como el estado del tiempo (viento, oleaje, turbidez) tuvieron impacto en los resultados de cada AMP. Por ejemplo, Contoy (PNIC), enfrentó dificultades operativas durante el primer ejercicio, ya que prácticamente al segundo día de comenzar el trabajo reportó la pérdida de (CCAs) que tuvo que reponer para continuar; lo que se explica por la fuerte dinámica física (corrientes) que ahí prevalece (Carrillo *et al.*, 2015, 2016).

El área de Yum Balam (APFFYB) participó en tres ejercicios (ECOME 3, 4 y 5). En el ECOME 3 no se obtuvo información debido a que los colectores fueron emplazados en sitios inadecuados. Sin embargo, en el ECOME 4 el cambio en la localización de las estaciones de muestreo produjo capturas relativamente altas de larvas y postlarvas de peces, de hecho, fueron las capturas más altas del ejercicio ECOME 4 (2015). La riqueza de especies también aumentó en esta área, al estar en la frontera norteña del SAM bajo fuerte influencia de la fauna del Golfo de México, en especial, de peces de la familia Sciaenidae. Otra característica distintiva de ésta APFFYB, fue la alta abundancia de larvas de tallas muy pequeñas (1.9 a 3.0 mm LE), estos fueron los ejemplares más pequeños capturados en todos los ejercicios ECOME. Estas pequeñas larvas son evidencia directa de la importancia de Yum Balam como área de desove de varias especies, entre ellas las valiosas corvinas, recursos de importancia pesquera. Actualmente, se ha obtenido información adicional, a la aquí presentada, sobre la importancia de Yum Balam como área de desove de peces. Esta información está contenida en biblioteca de BOLD (<http://www.boldsystems.org/>) y

es importante destacar que se ha logrado demostrar que Yum Balam es sitio de desove del “hogfish” o boquinete, *Lachnolaimus maximus* (Walbaum, 1792), uno de los recursos pesqueros más valiosos la región del Caribe y que actualmente está clasificado como vulnerable por la IUCN (Choat *et al.*, 2010).

El cuarto ejercicio de conectividad (ECOME 4, 2015) se realizó durante los meses críticos de un evento de arribazón de sargazo en la región. Este evento se presentó a todo lo largo del SAM, con particular efecto en las áreas del centro y sur del Caribe mexicano y Belice. En general, durante este ejercicio hubo bajas capturas de peces en todas las áreas marinas participantes, respecto a ejercicios previos, con excepción de Yum Balam (APFFYB), que coincidentemente no resultó afectada por el masivo arribo de sargazo. Adicionalmente, durante el ECOME 8 (marzo, 2019) los resultados de abundancia de postlarvas en el SAM mostraron bajas capturas. No tenemos suficientes elementos para establecer una relación causa-efecto entre las bajas capturas de postlarvas de peces y el abundante sargazo en las costas, sin embargo, es altamente probable que los efectos posteriores al masivo arribo de sargazo ligado a su degradación y producción de lixiviados impacten los hábitats críticos (pastos marinos y manglares) para el reclutamiento de varias especies de peces. Un estudio reciente sobre mortandades de peces e invertebrados en el Caribe mexicano presentó una lista de 78 especies (Rodríguez-Martínez *et al.* 2019) información básicamente fue sobre adultos. Así que, persiste el desconocimiento sobre la influencia de la descomposición del sargazo y sus afectaciones sobre las etapas tempranas de vida de los peces, por ello el valor que aporta esta red de Conectividad es y será significativo, lo que requiere de su continuidad.



Figura 27 Concentraciones masiva de sargazo en septiembre 2015 en AMPs del SAM

Un producto importante sobre los resultados preliminares de los primeros ejercicios ECOME (septiembre 2013, febrero-marzo 2014 y agosto 2014) en el SAM se presentaron en la 67th Gulf and Caribbean en Barbados (Malca *et al.*, 2015). Este trabajo difunde los avances del esfuerzo regional de las AMPs en el monitoreo de postlarvas de peces arrecifales, información que sentará una línea base, para la región, sobre el reclutamiento especies importantes, desde los puntos de vista ecológico y económico.

Durante el ejercicio (ECOME 5), se presentó una mortandad de “puffers” o botetes, *C. rostrata*, en algunas localidades norteñas del Mesoamericano. Esto influyó significativamente en las capturas de estadios tempranos de peces en las AMPs de la red. El dato más notable al respecto fue la elevada abundancia de “puffers”, 436 ejemplares, en Roatán (SBWEMR) Honduras. Aunque se capturaron numerosos individuos de botetes en los colectores de SBWEMR, la mayoría fueron liberados vivos, después de medirlos y fotografiarlos. Este evento de mortandad no es nuevo, ya había sido reportado para el Caribe mexicano (Jordán-Garza *et al.*, 2009). También en Colombia, se registraron mortandades abrumadoras de esta especie en 2013 (Pérez-Lopera *et al.*, 2013). El personal de Roatán reportó mortandades también para su área en mayo del 2014 (Gisselle Brady, Sandy Bay, West End Marine Reserve Com. Personal). Hasta el momento se desconocen las causas de estas mortandades, pero se están buscando. Actualmente está avanzado un estudio sobre el reconocimiento histológico de más de 80 peces de *C. rostrata* con la finalidad de establecer posibles grados de afectación en órganos (Vásquez-Yeomans *et al.* En preparación).

Por su importancia ecológica, hay tres aspectos que destacan en los resultados de los recientes ejercicios de conectividad. El primero consiste en la relativa ausencia de postlarvas o reclutas de peces herbívoros de la familia Scaridae (loros, parrotfish). Esto es preocupante, por la importante función que tienen estos peces, fundamentales para la salud del ecosistema coralino porque, son los limpiadores naturales de los corales ya que al consumir. La ausencia de peces loro en los ejercicios recientes de conectividad, contrasta con los resultados de Yam-Poot (2013) quien reportó abundancias relativamente altas de postlarvas y pequeños juveniles de peces loro en Sian Ka’an (SKBA) y en Xcalak (PNAX). Los muestreos de Yam-Poot (2013) fueron realizados en 2004, nueve años antes del primer ejercicio de conectividad (septiembre 2013), usando los mismos colectores y metodología. Otro estudio realizado en Bacalar Chico (en área mexicana y frontera con Belice), reportó también la presencia de loros, aunque no menciona su abundancia (Vásquez *et al.*, 2011). Finalmente, se reportaron altas abundancias de larvas de loros fuera de las costas de Mesoamericano, básicamente frente a las costas de Quintana Roo y Belice en 2006 y 2007 (Muhling *et al.*, 2013). Posiblemente la temporalidad de los muestreos tenga un efecto en los resultados presentados, pero es claro que se requiere más investigación a corto y mediano plazo sobre las valiosas especies de esta familia.

Otro punto sensible detectado a partir de los monitoreos ECOME es la familia Lutjanidae (pargos o snappers), un grupo de especies de alto valor económico para la región. Las postlarvas de pargos estuvieron prácticamente ausentes en las capturas durante los diez ejercicios de conectividad ECOME (2013 al 2019) en comparación con los datos reportados para Sian Ka’an en 2004 donde ocuparon el segundo lugar en abundancia (Yam-Poot, 2013). Por ahora no se tiene una explicación para esta ausencia. Es importante señalar que el esfuerzo aplicado en los monitoreos ECOME fue significativamente alto en comparación a lo aplicado en 2004. Este es un tema que requiere atención al corto plazo y que amerita esfuerzos adicionales de investigación por su importancia.

Durante los ejercicios ECOME no se encontró postlarvas de león, *Pterois volitans* Linnaeus, 1758, a pesar de su notable abundancia como adultos. La presencia del pez león en el SAM fue registrada por primera vez en Belice a finales del 2008 y consecutivamente en toda la región del Caribe (Schofield, 2010). Los desoves de pez león también han sido documentados en la región del SAM, debido a que sus larvas han sido capturadas durante una serie de cruceros

oceanográficos desde el 2010 hasta el 2016 (Vásquez-Yeomans *et al.*, 2011, Mostowy *et al.* En prensa). A pesar de que los ejercicios ECOME se realizaron en hábitats someros de pastos marinos y arrecifes, que se presume son ambientes potenciales para el asentamiento del pez león (Claydon *et al.*, 2012) ninguna postlarva ni juvenil fue capturado en los CCA.

Después del análisis de los resultados presentados, se aprecia que desde el punto de vista taxonómico y ecológico, las áreas de Yum Balam (APFFYB) en México, Río Sarstún (AUMRS) y Punta Manabique (RVSPM) en Guatemala, contienen una fauna distintiva del resto de las áreas del Mesoamericano. Esto seguramente puede explicarse por la localización geográfica de ellas, así como por la dinámica propia de las especies que ahí ocurren. El resto de las áreas comparten similitudes en cuanto a la composición taxonómica de sus especies. Sin embargo, un análisis multivariado deberá aplicarse para demostrar estas aseveraciones.

Un resultado que llama fuertemente la atención son los resultados registrados en el área de la Reserva Estatal Santuario del Manatí Bahía Chetumal (RESMBCH) que a pesar de sus solo cuatro participaciones en ECOMES alcanzó destacadas abundancias de postlarvas y de riqueza de especies. Las estaciones donde se llevan a cabo los muestreos ECOME en esta área ciertamente tienen influencia de las aguas de la laguna arrecifal adyacente, pero no tiene arrecifes desarrollados. Es un lugar de paso de fauna porque es básicamente el final del canal de Zaragoza, que desemboca en el área más externa de la bahía de Chetumal (Hernández-Arana y Amenyro-Angeles, 2011; Schmitter-Soto y Herrera-Pavón, 2019).

Como reflexión final, es un verdadero logro de colaboración el haber logrado la organización y el efectivo trabajo en campo durante diez ejercicios ECOME, que representan ocho años de trabajo continuo a pesar de las limitaciones financieras enfrentadas durante la preparación y ejecución de tales ejercicios. Esta ha sido una de las principales limitantes por las cuales no todas las AMPs han logrado una participación continua, de ahí que vemos ejercicios con participaciones de solo 5 AMPs (miniECOME 7 y ECOME 9). En este punto, es importante reconocer el entusiasmo e iniciativa de colaboración de los responsables de las diferentes áreas marinas participantes, sin cuya intervención esta investigación no hubiera sido posible. Sin embargo, se busca finalmente que las áreas tomen bajo su responsabilidad darle continuidad a este programa de monitoreo, que se integre a sus programad de monitoreo anual, este tipo de información es valiosa y generalmente no se investiga a un nivel regional como lo ha hecho esta red. De igual manera, es preciso reconocer la experiencia y estrecha relación que MAR Fund tiene en la región, con una gran cantidad de AMPs. Esto permitió incidir de forma positiva en todos los procesos, desde la organización y coordinación logística regional, el seguimiento a cada AMP y posteriormente, en la asignación de fondos semilla para continuar con esta iniciativa. El que su convocatoria haya favorecido al proyecto recientemente concluido de “Monitoreo participativo del reclutamiento de peces de arrecife: Indicador de conectividad en el Arrecife Mesoamericano” que lidereo ECOSUR bajo responsabilidad de Eloy Sosa. Esto permitió garantizar prácticamente dos ECOME en ocho AMPs, aunque algunas más se sumaron con apoyos pequeños adicionales generalmente asignados por ECOSUR. A pesar de las distancias geográficas, del aislamiento de algunas AMPs como Port Honduras (PHMR) en Belice y las áreas de Sarstún (AUSRS) y Punta Manabique (RVSPM) en Guatemala, los resultados contenidos en este informe demuestran que sí es posible trabajar en equipo, de modo colaborativo, para generar información sobre aspectos fundamentales de la Conectividad biológica y física en el Arrecife Mesoamericano.

Las interacciones entre el grupo núcleo de la Red de Conectividad con los miembros de las AMP participantes en los ECOME ha sido fundamental. Dos talleres presenciales se realizaron con éxito, con financiamiento de MAR Fund: en julio de 2016 en Cancún y en agosto de 2019 también en Cancún. En ellas se presentaron análisis de resultados obtenidos en los monitoreos ECOME hasta el momento. También, cada una de las AMP expuso sus principales limitaciones y fortalezas en relación con la ejecución de los ECOME, y manifestaron, en todos los casos, su interés en continuar con esta colaboración regional. Estas reuniones son detonadoras para continuar con entusiasmo los trabajos de monitoreo, de forma tal que hasta el momento se realizaron once ECOMES, el más reciente en octubre de 2020 del cual no se incluyen aquí los resultados por obvias razones. Fue evidente que todos pusieron su mejor esfuerzo en el campo y en la entrega de resultados; dejando claro que hubo una decisiva participación por parte de las autoridades, directivos y personal de campo de las AMP del Mesoamericano. Ello ilustró de manera contundente la apropiación de esta iniciativa regional por las distintas organizaciones e instituciones participantes de los cuatro países de la región. Este es un resultado a todas luces satisfactorio para la visión inicial del grupo promotor.

5. RECOMENDACIONES DEL GRUPO DE CONECTIVIDAD-SAM

Todos los participantes, incluyendo el mismo grupo de Conectividad, ganaron experiencia como resultado de los nueve ejercicios de conectividad (ECOME). Será necesario considerar en futuros ejercicios la obtención, de fondos suficientes para cada AMP participante (personal, combustible, materiales, alimentos, pasajes/transporte). Además de lo anterior, se ha previsto la necesidad de que el grupo promotor cuente con el apoyo directo de dos responsables de campo, uno para Honduras-Guatemala y otro para México-Belice. Esto permitirá a una mejor coordinación y comunicación más fluida antes, durante y después de los futuros ejercicios. En este sentido, fue difícil dar seguimiento continuo a las áreas de Port Honduras (PHMR) en Belice y en la Utila (THRH) en Honduras. Fue lamentable la ausencia de monitoreo en el área de Turneffe (TAMR) pero tiene interés de regresar a los monitoreos a partir del 2021. También se deberán programar, al menos, dos talleres de capacitación sobre la identificación de estadios tempranos de larvas, postlarvas y juveniles de peces arrecifales, bajo el liderazgo de ECOSUR y expertos adicionales. La medición de variables físicas, con entrenamiento en el manejo de sensores, su instalación y recuperación; así como la recuperación de los datos, es otro aspecto que requerirá de un reforzamiento para la continuidad y obtención de datos bajo la responsabilidad de la Dra. Laura Carrillo.

Cabe destacar que es muy importante, contar con series de tiempo de los parámetros físicos (temperatura, nivel del mar, corrientes, etc.) en los sitios donde se realizan los experimentos con los colectores de columna de agua. Con esta información, será posible definir la existencia de eventos relacionados con el reclutamiento de peces arrecifales. Por otro lado, contar con sensores que generen registros simultáneamente a lo largo del SAM, permitirá generar información para conocer la variabilidad asociada a los sistemas arrecifales, separar la variabilidad local y aquella por efecto de fenómenos de mayor escala. En el caso de fenómenos de mayor escala, tendremos conocimiento si se presenta en todas las áreas marinas protegidas con la misma magnitud y, si existe desfaseamiento entre ellas, es decir, si en alguna de ellas ocurre primero y calcular el tiempo de retardo de una señal determinada hacia las otras áreas,

estableciendo así la conectividad. A la fecha, se están haciendo un esfuerzo por contar con sitios de monitoreo de nivel del mar y temperatura, en Honduras y en Guatemala y, se espera seguir incentivando la colocación de sensores en los sitios de los experimentos ECOME. Es prioritario establecer una red de sensores a lo largo del SAM, para el registro continuo de variables como la temperatura, salinidad, nivel del mar, que operen de manera simultánea. Sin embargo los pasos se están dando como se muestra en la tabla 3 del estado de sensores comprados por el proyecto de Monitoreo participativo (Eloy Sosa). Sin embargo, el entrenamiento es fundamental, así como la revisión continua de los equipos.

El acceso a series de tiempo de parámetros físicos permitirá el análisis en conjunto de los procesos físicos con los procesos biológicos y ecológicos; en este caso, el reclutamiento de los peces de arrecife. A futuro se fortalecerá el monitoreo de las fluctuaciones en indicadores del reclutamiento de peces de valor ecológico o comercial, a escala local y regional. Ambos, los cambios físicos y el reclutamiento de peces son aspectos muy cercanos a las principales actividades humanas en las costas de la región del Arrecife Mesoamericano, como son la pesca y el turismo. De modo que las eventuales aplicaciones de estas actividades de monitoreo se encuentran a una distancia relativamente cercana de los procesos que considera esta iniciativa regional.

El apoyo continuo de MAR Fund da continuidad a la semilla plantada sobre el tema de conectividad desde los puntos de vista de i) la investigación académica y ii) la potencial aplicación en el manejo regional de las AMP. Esta visión mixta de la conectividad, en el contexto del SAM, se identifica como la piedra angular de los esfuerzos de colaboración regional que ha mantenido unidos a los distintos actores, desde el inicio de esta iniciativa. Al igual que el apoyo de los organizadores, el apoyo del personal de manejo de las Áreas Marinas Protegidas fue indispensable para realizar los cinco ejercicios ECOME. La recomendación final de este grupo de Conectividad-SAM es, continuar con los esfuerzos de investigación para establecer un monitoreo físico-biológico continuo, simultáneo y estandarizado en la región y para lograrlo, el financiamiento es fundamental. Es una prioridad para ECOMEs futuros establecer el monitoreo, cuando menos por tres años consecutivos y en dos épocas contrastantes: verano (mayo a agosto), época reproductiva de varias especies de pargos e invierno (diciembre a marzo), época reproductiva de meros, resaltando la importancia de contar simultáneamente y de manera continua con datos de temperatura, salinidad y calidad de agua

Los ejercicios de conectividad (ECOMEs), constituyen una pieza clave en el monitoreo de postlarvas de peces arrecifales en la región del SAM y representan. El monitoreo de estos estadios tempranos de peces arrecifales representa un reto metodológico, por las dificultades de trabajar en áreas arrecifales, pero además lo complicado que resulta la identificación de los mismos. Es por ello, que, en futuras propuestas de búsqueda de fondos, se debe considerar una partida especial para la identificación de ejemplares con métodos moleculares, que hayan resultado difíciles de identificar por los métodos morfológicos tradicionales. En referencia a la identificación de ejemplares, será necesario re-actualizar del Catálogo de Postlarvas de Peces del SAM, ya que la versión actual, no contiene los nuevos aportes de especies recolectadas en los ECOME 5 al 10, ésta, es una tarea pendiente.

Los resultados generados por esta iniciativa se han nutrido del considerable esfuerzo y del entusiasmo, asociados a la participación de más de 500 personas, bajo una coordinación y

capacidad de trabajo sin precedentes para la región del SAM; justifica ampliamente la necesidad de una búsqueda activa de fondos para continuar con las investigaciones acerca del reclutamiento de estadios tempranos de peces arrecifales en la región. Los estudios de estas fases tempranas son fundamentales para la conservación y el manejo de los valiosos recursos de importancia ecológica y pesquera en la región.

6. AGRADECIMIENTOS

A las autoridades, directivos y personal técnico de las trece AMPs de México, Belice, Guatemala y Honduras, por creer en esta iniciativa conjunta para el SAM. A los estudiantes y voluntarios que participaron en los diferentes ejercicios ECOME. A la CONANP-SEMARNAT en México, por su apoyo con instalaciones y embarcaciones. Al personal de ECOSUR, Selene Morales, José A. Cohuo y Giezi Yam Poot, que contribuyeron en la identificación, medición de ejemplares y captura de datos. Al Dr. John Lamkin y Dra. Trika Gerard de NOAA Southeast Fisheries Science Center por su apoyo con el fondo semilla a través del proyecto “Coral Reef Conservation Program #20528, NOAA SEFSC”. A los directivos de MAR Fund, por apoyar y confiar en esta iniciativa con fondos para la permanencia de los ejercicios de conectividad en el SAM. A la red mexicana de Códigos de Barra de la Vida MEXBOL, que financiaron los análisis genéticos de varios ejemplares. A El Colegio de la Frontera Sur, ECOSUR, por apoyar este tipo de estudios con fondos fiscales.

7. LITERATURA CITADA

- Almada-Villela, P.C., P.F. Sale, G. Gold-Bouchot, B. Kjerfve. 2003. Manual of Methods for the MBRS Synoptic Monitoring Program. Selected Methods for Monitoring Physical and Biological Parameters for Use in the Mesoamerican Region. Mesoamerican Barrier Reef Ecosystems Project (MBRS). Belize, Belize. 149 pp.
- Carrillo, L., E.M. Johns, R.H. Smith, J.T. Lamkin, J.L. Largier. 2015. Pathways and hydrography in the Mesoamerican Barrier Reef System. Part 1: circulation. *Continental Shelf Research*. 109: 164–176.
- Carrillo, L., E.M. Johns, R.H. Smith, J.T. Lamkin, J.L. Largier. 2016. Pathways and hydrography in the Mesoamerican Barrier Reef System. Part 2: water masses and thermohaline structure. *Continental Shelf Research*. 120: 41–58.
- Carrillo, L., J.T. Lamkin, E.M. Johns, L. Vásquez-Yeomans, F. Sosa-Cordero, E. Malca, R.H. Smith, T. Gerard. 2017. Linking oceanographic processes and marine resources in the western Caribbean Sea Large Marine Ecosystem Subarea. *Environmental Development* 22: 84–96.
- Choat, J.H., D. Pollard, Y.J. Sadovy. 2010. *Lachnolaimus maximus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010: e.T11130A3252395. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-4.RLTS.T11130A3252395.en>. Descargado el 30 de Julio, 2017.
- Claydon, J., M.C. Calosso, S.B. Traiger. 2012. Progression of invasive lionfish in seagrass, mangrove and reef habitats. *Marine Ecology Progress Series* 448:119–129.

- Ezer, T., D.V. Thattai, B. Kjerfve, W.D. Heyman. 2005. On the variability of the flow along the Meso-American Barrier Reef System: A numerical model study of the influence of the Caribbean current and eddies. *Ocean Dynamics* 55:458-475.
- Gudiel Corona, V. 2016. Diversidad de postlarvas de peces en arrecifes coralinos y pastos marinos del Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique, Caribe de Guatemala. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Guatemala, 69 pp.
- Hebert, P.D.N., S. Ratnasingham, J.R. de Waard. 2003. Barcoding animal life: cytochrome c oxidase subunit 1 divergences among closely related species. *Philosophical Transaction Royal Society B. Biological Science*. 270: S96–S99. doi:10.1098/rsbl.2003.0025.
- Hebert P.D.N., A. Cywinska, S.L. Ball, J.R. de Waard. 2003. Biological identification through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society of London B* 270: 313–321. doi: 10.1098/rspb.2002.2218
- Hernández-Arana, H. A., & Ameneiro-Angeles, B. (2011). Benthic biodiversity changes due to the opening of an artificial channel in a tropical coastal lagoon (Mexican Caribbean). Marine Biological Association of the United Kingdom. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 91(5), 969.
- Johannes, R.E. 1978. Reproductive strategies of coastal marine fishes in the tropics. *Environmental Biology of Fishes*. 3(1): 65-84.
- Jordán-Garza, A.G., E.M. Diaz-Almeyda, R. Iglesias-Prieto, M.A. Maldonado, J. Ortega. 2009. Mass mortality of *Canthigaster rostrata* at the northeast coast of the Yucatan Peninsula. *Coral Reefs* 28:661.
- Leyva-Cruz, E., L. Vásquez-Yeomans, L. Carrillo, M. Valdez-Moreno. 2016. Identifying pelagic fish eggs in the southeast Yucatan Peninsula using DNA barcodes. *Genome*. 59(12): 1117-1129.
- Lobel, P.S., L.K. Lobel. 2011. Endemic marine fishes of Belize: evidence of isolation in a unique ecological region. In: Palomares, M.L.D., Pauly, D. (eds.), *Too Precious to Drill: the Marine Biodiversity of Belize*, pp. 48-51. Fisheries Centre Research Reports 19(6). Fisheries Centre, University of British Columbia [ISSN 1198-6727].
- Malca, E., L. Vásquez-Yeomans, C. González, V. Gudiel-Corona, F.E. Sosa-Cordero, L. Carrillo, M.J. González. 2015. Capacity building in marine protected areas and connectivity in the Mesoamerican Barrier Reef System: Larval fish recruitment. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*. 67:277-283.
- Martínez, S., L Carrillo, E Sosa-Cordero, L Vásquez-Yeomans, R. Gasca & G. Marinone (2020). Retention and dispersion of virtual fish larvae in the Mesoamerican Reef. *Regional Studies in Marine Science* 37, 101350
- Martínez, S., L. Carrillo, S.G. Marinone. 2019. Potential connectivity between marine protected areas in the Mesoamerican Reef for two species of virtual fish larvae: *Lutjanus analis* and *Epinephelus striatus*. *Ecological Indicators*, 102: 10-20. doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.02.027.
- Mostowj, J., E. Malca, L. Rasmuson, L. Vásquez-Yeomans, T. Gerard, E. Sosa-Cordero, y J. Lamkin. Early life ecology of the invasive lionfish (*Pterois* spp.) in the western Atlantic. PlosOne (aceptado).

- Muhling, B.A., R.H. Smith, L. Vásquez-Yeomans, J.T. Lamkin, E.M. Johns, L. Carrillo, E. Sosa-Cordero, E. Malca. 2013. Larval reef fish assemblages and mesoscale oceanographic structure along the Mesoamerican barrier Reef System. *Fisheries and Oceanography*. 22 (5): 409–428. <http://dx.doi.org/10.1111/fog.12031>.
- Paris, C.B., J. Helgers, E. van Sebille, A. Srinivasan. 2013. Connectivity modeling system: A probabilistic modeling tool for the multi-scale tracking of abiotic and abiotic variability in the ocean. *Environmental Modelling & Software*. 42:47-54.
- Pérez Lopera, A.J., O. Quimann, A. Colmenares. 2013. Informe de las actividades de monitoreo de peces muertos, realizadas el 04 de Septiembre de 2013, alrededor de la Isla de San Andrés, Colombia. Coralina. Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.
- Robertson, D.R., D.G. Green, B.C. Victor. 1988. Temporal Coupling of Production and Recruitment of Larvae of a Caribbean Reef Fish. *Ecology*. 69 (2):370-381.
- Rocha, L.A. 2015. *Halichoeres socialis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T187435A46944387. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T187435A46944387.en>. Descargado el 15 Agosto 2017.
- Rodríguez-Martínez, R.E., Medina-Valmaseda, A.E., Blanchon, P., Monroy-Velázquez, L.V., Almazán-Becerril, A., Delgado-Pech, B., Vásquez-Yeomans, L., Francisco, V., García-Rivas, M.C. 2019. Faunal mortality associated with massive beaching and decomposition of pelagic Sargassum. *Marine Pollution Bulletin*, 146, 201-205.
- Sale, P.F., H. Van Lavieren, M.C. Ablan Lagman, J. Atema, M. Butler, C. Fauvelot, J.D. Hogan, G.P. Jones, K.C. Lindeman, C.B. Paris, R. Steneck, H.L. Stewart. 2010. Conservando la Conectividad de los Arrecifes: Guía Para los Administradores de las Áreas Marinas Protegidas. Grupo de Trabajo de Conectividad, Programa de Investigación Dirigido a los Arrecifes de Coral y a la Creación de Capacidades para la Gestión, UNU-INWEH. 92 pp.
- Schmitter-Soto, J.J.; Herrera-Pavón, R.L. Changes in the Fish Community of a Western Caribbean Estuary after the Expansion of an Artificial Channel to the Sea. *Water* 2019, 11, 2582.
- Solis-Mena, J. 2016. Abundancia y diversidad de larvas de peces en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak (PNAX) usando un arte de muestreo alternativo. Tesis de Licenciatura de Biología. Instituto Tecnológico de Chetumal. Chetumal, Quintana Roo, 131 pp.
- Sosa-Cordero, E., Vásquez-Yeomans, L., Carrillo, L. 2019. Monitoreo participativo del reclutamiento de peces de arrecife: Indicador de conectividad en el Arrecife Mesoamericano. Informe final de proyecto. Financiamiento del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN), proyecto aprobado de la Convocatoria 2017 PPD MAR-Fund. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Chetumal, Q. Roo., 98 pp.
- Schofield, P.J. 2010. Update on geographic spread of invasive lionfishes (*Pterois volitans* [Linnaeus, 1758] and *P. miles* [Bennett, 1828]) in the Western North Atlantic Ocean, Caribbean Sea and Gulf of Mexico. *Aquatic Invasions*. 5:S117–S122.
- Sheng, J., L. Tang. 2004. A Two-Way Nested-Grid Ocean-Circulation Model for the Meso-American Barrier Reef System. *Ocean Dynamics*. 54 (2): 232–242.
- Smith, C.L, J.C. Tyler, W.P. Davis, R.S. Jones, D.G. Smith, C.C. Baldwin. 2003. Fishes of the Pelican Cays, Belize. *Atoll Research Bulletin* No. 497: <https://doi.org/10.5479/si.00775630.497.1>

- Steele, M.A., J.C. Malone, A.M. Findlay, M.H. Carr, G.E. Forrester. 2002. A simple method for estimating larval supply in reef fishes and a preliminary test of population limitation by larval delivery in the kelp bass, *Paralabrax clathratus*. *Marine Ecology Progress Series* 235:195-203.
- Valdez-Moreno, M.E., L. Vásquez-Yeomans, M. Elías-Gutiérrez, N.V. Ivanova, P.D.N. Hebert. 2010. Using DNA barcodes to connect adults and early life stages of marine fishes from the Yucatan Peninsula, Mexico: potential in fisheries management. *Marine Freshwater Research*. 61:665–671. doi:10.1071/MF09222.
- Vásquez-Yeomans, L., L. Carrillo, S. Morales, E. Malca, J. Morris, T. Schultz, J. Lamkin. 2011. First larval record of *Pterois volitans* (Pisces: Scorpaenidae) collected from the ichthyoplankton in the Atlantic. *Biological Invasions*. DOI 10.1007/s10530-011-9968-z
- Vásquez-Yeomans, L., M.E. Vega-Cendejas, J.L. Montero, E. Sosa-Cordero. 2011. High species richness of early stages of fish in a locality of the Mesoamerican Barrier Reef System: a small-scale survey using different sampling gears. *Biodiversity and Conservation*. 20:2379–2392.
- Victor, B., M. Valdez-Moreno y L. Vásquez-Yeomans. 2015. Status of DNA Barcoding Coverage for the Tropical Western Atlantic Shorefishes and Reef Fishes. *DNA Barcodes* 2015; Volume 3: 85–93.
- Ward, R.D., T.S. Zemlak, B.H. Innes, P.R. Last, P.D.N. Hebert. 2005. DNA barcoding Australia's fish species. *Philosophical Transaction Royal Society B. Biological Science*. 360: 1847–1857. doi:10.1098/rstb.2005.1716.
- Yam Poot, G.M. 2013. Evaluación de trampas de asentamiento de postlarvas para desarrollar índices de reclutamiento de peces marinos de importancia comercial. Tesis de Licenciatura de Biología. Instituto Tecnológico de Chetumal. Chetumal, Quintana Roo, 96 pp.

Anexo 1.

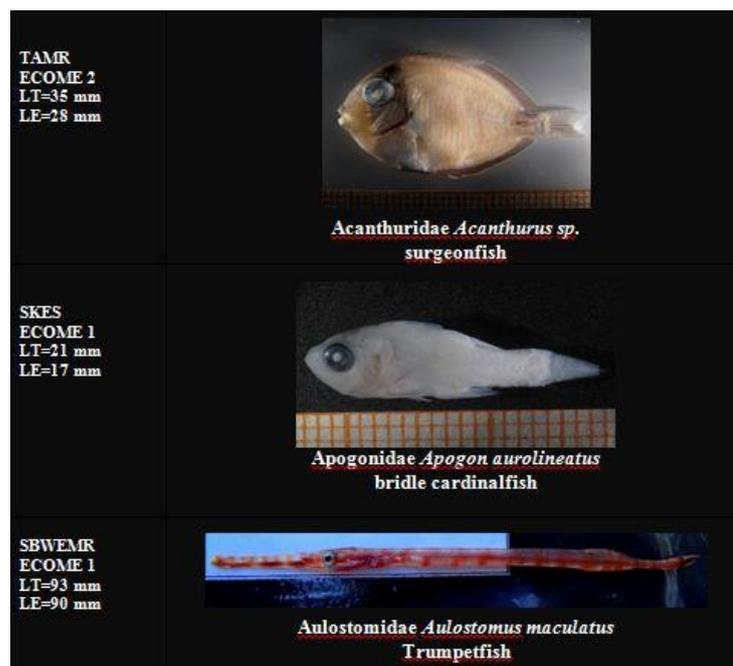
Catálogo de larvas, postlarvas y juveniles de peces del SAM registradas durante los ejercicios de conectividad ECOME.



Catálogo de postlarvas y juveniles de peces del SAM ECOME 1-3

Lourdes Vásquez-Yeomans, Estrella Malca, S. Morales, J.A. Cohúo y Giezi Yam

Claves: Parque Nacional Isla Contoy, PNIC; Reserva de la Biosfera Sian Ka'an: Bahía Ascensión, SKBA, Bahía Espíritu Santo, SKES; Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, PNAX; Turneffe Atoll Marine Reserve, TAMR; Port Honduras Marine Reserve, PHMR; Área de Uso Múltiple Rio Sarstún, AUMRS; Refugio Vida Silvestre Punta Manabique, RVSPM; Zona de Protección Especial Marina Turtle Harbour - Rock Harbour, Utila, THRH y Sandy Bay West End Marine Reserve Roatán, SBWEMR. Longitud total (LT), longitud estándar (LE).



© 2015 Grupo de Conectividad del Arrecife Mesoamericano. Todos los derechos reservados.

Forma de citar este documento: Vásquez-Yeomans, L., E. Malca, S. Morales, J.A. Cohúo y G. Yam. 2015. Catálogo de postlarvas y juveniles de peces del SAM: Ejercicios de Conectividad en el Mesoamericano (ECOME 1-3). Chetumal, Quintana Roo. 13 pp.

Anexo 2.

Pantallas del proyecto BOLDSYSTEM que muestran resultados obtenidos para ejemplares recolectados en Punta de Manabique RVSPM, usando la técnica genética de Código de Barras de la Vida. Muestran información taxonómica de los ejemplares y ubicación geográfica de su localidad de colecta

Labridae *Halichoeres socialis* (Número de BOLD SYSTEMS ID: FWB-D3-039)

BOLDSYSTEMS

Specimen - FISH-BOLD WORKSHOP [FBW] Print

Edit Specimen

IDENTIFIERS

Sample ID: FWB-D3-039
Process ID: FBW039-14
Institution Storing: El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal
Field ID: 6092013Hc02
Museum ID: PECESH02
Collection Code: HCGUA02

TAXONOMY

Identification: Halichoeres socialis (Randall & Lobel, 2003, 2003)
Rank: Species
Identifier: [Victor manuel VG Gudiel corona](#)
Identifier Method: Morphological
Identifier Institution: Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela de Biología vgdzielcorona@gmail.com
Identifier Email:
Taxonomy Note: Not sure identification specie
Rank: [Current Record \(FWB-D3-039\)](#)
Phylum: [Chordata](#)
Class: [Actinopterygii](#)
Order: [Perciformes](#)
Family: [Labridae](#)
Subfamily:
Genus: [Halichoeres](#)
Species: [Halichoeres socialis](#)

Others in BIN
[\[BOLD:AA11853\]](#)
 Chordata [4]
 Actinopterygii [4]
 Perciformes [4]
 Labridae [4]

Halichoeres [4]
 Halichoeres socialis [4]

PHOTOGRAPHS



License: CreativeCommons (2014)
 License Holder: Victor Manuel Gudiel Corona, USAC

Add Tags & Comments Comments: 0 Associated Tags: No Tags

Lateral



GEOGRAPHY

Country: Guatemala
Province/State: Izabal
Region/County: Puerto Barrios
Sector: Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique

SPECIMEN DETAILS

Voucher Status: vouchered: in process to collection
Tissue Descriptor: Muscule
Sex:
Reproduction: Sexual
Life Stage: Immature
Extra Info: FAO-31
Note: WGS85
Associated Taxa:
Associated Specimens:
Reference Link:

ANNOTATION

Add Tags & Comments Comments: 0 Associated Tags: No Tags

Exact Site: Cabo Tres Puntas
Lat/Lon: 15.958, -88.544



COLLECTION DETAILS

Collectors: Victor Gudiel
Collection Event ID:
Date Collected: 06-Sep-2013
Date Accuracy:
Time Collected:
Site Code:

Anexo 2 (Continuación)

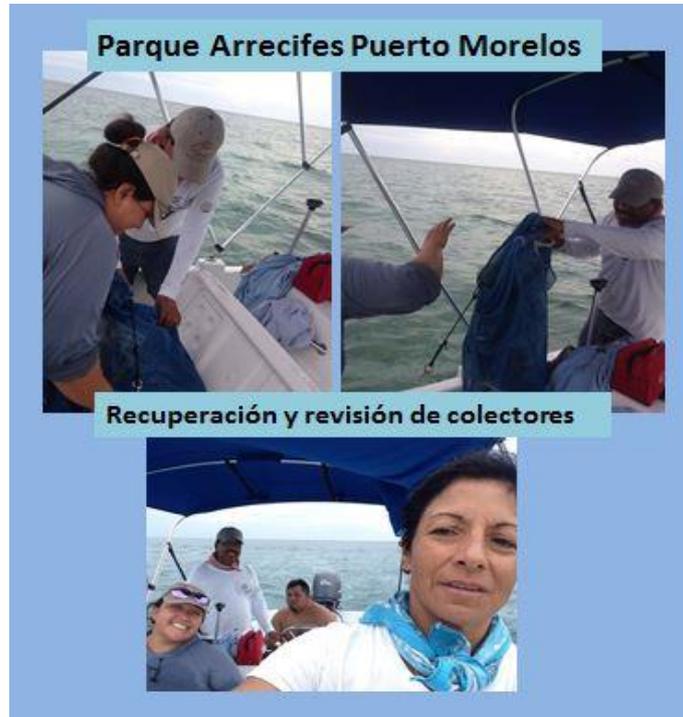
Haemulidae *Haemulon steindachneri* (Número de BOLD SYSTEMS ID: FWB-D9-045)

Edit Specimen		PHOTOGRAPHS											
IDENTIFIERS		PHOTOGRAPHS											
Sample ID:	FWB-D9-045	 <p>License: Creative commonsAtributionsNonComercial (2014) License Holder: José Angel Cohuo Coll, El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal</p> <p>Add Tags & Comments Comments: 0 Associated Tags: No Tags</p> <p>Lateral</p> 											
Process ID:	FBW045-14												
Institution Storing:	El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal												
Field ID:	06092013HM03												
Museum ID:	PECESHM03												
Collection Code:	HM03GUA06092013												
TAXONOMY		GEOGRAPHY											
Identifier:	Haemulon	Country:	Guatemala										
Rank:	Genus	Province/State:	Izabal										
Identifier:	Victor manuel VG Gudiel corona	Region/County:	Puerto Barrios										
Identifier Method:	Morphological	Sector:	Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique										
Identifier Institution:	Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela de Biología	Exact Site:	Cabo tres puntas										
Identifier Email:	vgudielcorona@gmail.com	Lat/Lon:	15.958, -88.544										
Taxonomy Note:	Not sure identification specie												
Rank:	Current Record (FWB-D9-045)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Others in BIN (BOLD-AAC5791)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Chordata [10]</td></tr> <tr><td>Actinopterygii [10]</td></tr> <tr><td>Perciformes [10]</td></tr> <tr><td>Haemulidae [10]</td></tr> <tr><td>Haemulinae [10]</td></tr> <tr><td>Haemulon [10]</td></tr> <tr><td>Haemulon steindachneri [4]</td></tr> <tr><td>Haemulon steindachneri Atlantic [2]</td></tr> <tr><td>Haemulon sp. [1]</td></tr> </tbody> </table>		Others in BIN (BOLD-AAC5791)	Chordata [10]	Actinopterygii [10]	Perciformes [10]	Haemulidae [10]	Haemulinae [10]	Haemulon [10]	Haemulon steindachneri [4]	Haemulon steindachneri Atlantic [2]	Haemulon sp. [1]
Others in BIN (BOLD-AAC5791)													
Chordata [10]													
Actinopterygii [10]													
Perciformes [10]													
Haemulidae [10]													
Haemulinae [10]													
Haemulon [10]													
Haemulon steindachneri [4]													
Haemulon steindachneri Atlantic [2]													
Haemulon sp. [1]													
Phylum:	Chordata												
Class:	Actinopterygii												
Order:	Perciformes												
Family:	Haemulidae												
Subfamily:	Haemulinae												
Genus:	Haemulon												
Species:													
SPECIMEN DETAILS		 <p>Mapa</p>											
Voucher Status:	vouchered: in process to collection												
Tissue Descriptor:	Eye												
Sex:													
Reproduction:	Sexual												
Life Stage:	Immature												
Extra Info:	FAO-31												
Note:	Setting trap m3, WGS 84, 10 mm												
Associated Taxa:													
Associated Specimens:													
Reference Link:													
ANNOTATION		COLLECTION DETAILS											
Add Tags & Comments Comments: 0 Associated Tags: No Tags		Collectors:	Victor Gudiel										
		Collection Event ID:											
		Date Collected:	06-Sep-2013										
		Date Accuracy:											
		Time Collected:											
		Site Code:											
		Habitat:											
		Sampling Protocol:											
		Coord. Source:	GPS										

Anexo 3.

Grupos de trabajo de las áreas marinas del SAM durante los ECOME: a) PNAPM, b) Sian Ka'an, SKBA y c) Xcalak PNAX, de México; d) RVSPM de Guatemala y e) THRH de Utila.

a) México: PNAPM



b) México: Sian Ka'an, SKBA



Anexo 3. Continuación

c) México: Xcalak, PNAX

Equipo de trabajo

Jorge Gómez responsable en campo

AMP: PNAX XCA	PAÍS: MEXICO
Fecha: 7/ Sep/2013	Hora: 08:00
Est. 3	CCA 6
Colector: Felipe Forastero	
Observaciones: La Apogonidae, Nublado, Neuston en la noche	

Apogonidae capturado

Tipos de fondos

e) Guatemala: RVSPM

Refugio de Vida Silvestre Punta Manabique RVSPM

Grupo de trabajo de Punta Manabique

Recuperación de CCA en campo

Técnica de etiquetado de postlarvas y juveniles colectados por los CCA

ECOME 04	
<u>CONAP/GUA-MANABIQUE</u>	
FECHA: 18-09-2013	
HORA: 8:00 Am	
ESTACIÓN: 09	
CCA: 17 y 18	

Anexo 3. Continuación

f) Honduras: Utila, THRH



Anexo 4.

Ejercicios ECOMÉ y reunión de trabajo en Cancún (julio 2016) con personal de once AMP del SAM.

Ejercicios de Conectividad en el Sistema Arrecifal Mesoamericano (ECOME)

Lourdes Vázquez-Yeomans¹, Estrella Malca², Eloy Sosa Cordero¹ y Laura Carrillo¹
¹ El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Chetumal, Q. Roo, México, ² Cooperative Institute for Marine and Atmospheric Studies, Univ. of Miami, Miami Florida, USA
 lvazquez@ecosur.mx

Conectividad de hábitats en el SAM

Introducción

Los ejercicios de conectividad están enfocados a generar líneas de base sobre el proceso de reclutamiento de peces arrecifales en el Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM). Cinco ejercicios simultáneos y estandarizados fueron realizados en doce áreas naturales protegidas (ANP) del SAM: septiembre, 2013; febrero-marzo y agosto, 2014; septiembre 2015 y 2016. Participaron más de 172 personas entre manejadores de las ANPs, guardaparques, lancheros, estudiantes, voluntarios y académicos.

Metodología

Se utilizó el Colector de Columna de Agua (CCA), arte de muestreo de bajo costo. En cada ANP se establecieron 10 estaciones, con dos CCA. Los CCA fueron desplegados de noche, alrededor de la luna nueva, y revisados por la mañana durante ocho días consecutivos. El material colectado fue fijado en alcohol al 96%, fotografiado e identificado con base en un catálogo de larvas y postlarvas de peces del SAM.

Resultados

Durante los cinco ejercicios ECOMÉ se colectaron 1823 larvas, postlarvas y juveniles tempranos de peces en el SAM, representando a 64 especies, 52 géneros y 31 familias. Las especies más abundantes y características de la región son los bolates, *Centropomus rostratus*; jurel *Chloroscómus chrysurus*; doncella *Haliichoeres sociata* y lija, *Momocanthus toberi*. Importantes diferencias fueron observadas en la biodiversidad de las áreas de Yum Balam, México y las de Sarstón y Punta Manabique de Guatemala.

Conclusiones

Estos ejercicios son una iniciativa regional auspiciada inicialmente por NOAA y la Universidad de Miami, en colaboración con MARFUND, ECOSUR, y doce ANPs de México, Belice, Guatemala y Honduras. El objetivo a corto plazo es darle continuidad a estos esfuerzos simultáneos y estandarizados sobre el monitoreo de los reclutas de peces arrecifales a lo largo del SAM como parte de la iniciativa de estudios de Conectividad en Sistema Arrecifal Mesoamericano.

Áreas Naturales Protegidas SAM

1. Área de Protección FF Yum Balam
2. Parque Nacional Isla Contoy
3. Parque Nacional Puerto Morelos
4. Sian Ka'an Punta Allen
5. Sian Ka'an Punta Hicmoo
6. Parque Nacional Arrecifes Xcalak
7. Reserva Marina Escalón Chico
8. Reserva Marina Alacón Tunnicliffe
9. Reserva Marina Port Honduras
10. Reservas Ucos Múltiples Río Sarstón
11. Refugio Vida Silvestre Punta Manabique
12. Parque Marino Turtle-Rock Liza
13. Reserva Marina Sandy Bay W.E. Ricston

El muestreo en el campo se corresponde con el número del área.

Todas las fotos son originales y pertenecen al grupo de la Red de Conectividad del SAM. Se agradece a Selene Morales por su apoyo.

Proyecto Apoyado por el Concept: Support by: "NOAA Coral Reef Conservation Program, grant R12AP"