

# **Bosques azules: Humedales en riesgo. Una visión latinoamericana**

Eds: Ph.D (c) Mónica Mabel Dazzini Langdon y  
Ph.D Hugo Navarrete Zambrano



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Dr. Fernando Ponce S.J.  
Rector

Dr. Fernando Barredo S.J.  
Vicerrector

Mtr. Paulina Barahona  
Directora General Académica

Mtr. Santiago Vizcaíno  
Director del Centro de Publicaciones

ISBN: 978-9978-77-471-7

Editores:  
Ph.D (c) Mónica Mabel Dazzini Langdon  
Ph.D Hugo Navarrete Zambrano

Revisores del libro:  
Ph.D Kevin Churga  
Ph.D Mónica Mabel Dazzini Langdon  
Mg. Experto Gabriel Durán Cobo  
Ph.D Fernando Gallego  
Ph.D Elias Gopherus  
Ph.D Ofelia Gutierrez  
Ph.D Natalia Molina  
Mg. Experto Juan Carlos Murillo  
Ph.D Daniel Panario  
Ph.D Theófilos Toulkeridis  
Ph.D Cristian Tovilla  
Ph.D Alicia Villamizar  
Mtr. Jos Demon

Un agradecimiento especial a la Dra. Rocío Bermeo Sevilla, Dirección de Vinculación con la Comunidad, Mtr. Juan Carlos González, Dirección de investigación PUCE, Mtr. Arq. Christine van Sluys, Facultad de Arquitectura, Diseño y Artes, FADA, Grupo de investigación acción participativa CIUDAD ABIERTA y a Revista TRAMA Diseño + Arte, Rómulo Moya, Rolando Moya y Evelia Peralta, Arqs.

Centro de Publicaciones de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
Av. 12 de Octubre y Robles  
Edificio del Centro Cultural  
Oficina: descanso entre planta baja y mezzanine  
Apartado n.º 17-01-2184  
Telf.: (593) (02) 299 1711 / 299 1700 ext. 1122 /1013/1711  
publicaciones@puce.edu.ec  
Instagram: @publicacionespuce  
www.facebook.com/publicacionespuce  
www.edipuce.edu.ec



# Contenido

5	Glosario	
	Introducción/Prólogo:	
7	1. Arq. Evelia Peralta, Fundadora Revista TRAMA Arquitectura + Diseño. Quito, Ecuador.	40
10	2. Mtr. Aitor Urbina García de Vicuña. Pro-rector de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador PUCE, Sede, Esmeraldas, Ecuador.	
13	3. Acta de Fundación RED socioecológica de humedales de América	52
15	4. Agenda de conferencistas y actividades del Primer Seminario Bosques Azules, 2019. (PONER PUNTO NO COMA) PUCE-Quito, Ecuador. CAMBIAR IMAGEN POR OTRA MEJOR RESOLUCIÓN. ADJ.	68
16	3. Poesía de Valeria Pariso	
	Artículos	
17	1. Dazzini Langdon, Mónica M. (2020). <i>Biopolítica del hábitat: las ecologías en el Bajo delta del Paraná, Argentina</i> . FADA Facultad de Arquitectura, Diseño y Artes, PUCE y de Escuela de Arquitectura PUCE, sede Manabí. Directora Grupo de Investigación Ciudad Abierta. Quito, Ecuador.	84
	2. Durán Cobo, Gabriel M. (2020). <i>La acuicultura ecológica: una alternativa a la explotación de los recursos bioacuáticos del manglar en la Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje</i> . Escuela de Biología Marina, PUCE, Sede Manabí, Ecuador.	
	3. Gutiérrez, Ofelia y Panario, Daniel. (2020). <i>Zona costera, buscando respuestas a un futuro incierto</i> . Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales (IECA). Facultad de Ciencias Universidad de la República. Montevideo, Uruguay.	
	4. Hermenegildo, Rubén y Molina Moreira, Natalia. (2020). <i>Diseño de islas flotantes con materiales biodegradables para mejorar la calidad de agua en ramales del Estero Salado</i> . Universidad del Espíritu Santo. Guayaquil, Ecuador.	
	5. Pazmiño, Jorge, Arias de López, Miriam y Molina Moreira, Natalia. (2020). <i>Relación de la infestación de Coccotrypes rhizophorae con el desarrollo de propágulos en Rhizophora racemosa</i> . Universidad Espíritu Santo, Samborondón-Ecuador. Universidad Espíritu Santo, Samborondón-Ecuador.	

96	6. Quintana, Rubén D. (2020) <i>¿Por qué la conservación y el uso sustentable de los humedales deberían ser parte de la política ambiental de nuestros países?</i> Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental (IIIA), Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) – Universidad Nacional de San Martín (UNSAM). Campus Miguelete, San Martín, Provincia de Buenos Aires, Argentina.	
111	7. Rebolledo, Eduardo, Dazzini Langdon, Mónica Mabel y Durán Cobo, Gabriel. (2020). <i>Investigación participativa: Pesquerías artesanales de REMACAM</i> . EGA-PUCESE Escuela de Gestión Ambiental, Sede Esmeraldas/FADA-PUCE, Facultad de Arquitectura, Diseño y Artes, Quito/PUCE Escuela de Biología Marina, sede Manabí. Ecuador.	159
125	8. Toulkeridis, Theofilos y Chunga, Kervin. (2020). <i>Habitabilidad segura entre sismos, volcanes y tsunamis</i> . Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Ecuador.	171
141	9. Tovilla Hernández, Cristian. (2020). <i>Restauración de áreas impactadas por dragados con Conocarpus erectus en la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Chiapas, México</i> . Laboratorio de Ecología de Sistemas y Manejo Integral de la Zona Costera, El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Tapachula, Chiapas, México.	178
	10. Villamizar, Alicia. (2020). Departamento de Estudios Ambientales. Universidad Simón Bolívar. Venezuela.	
	11. Zurita-Arthos, Leo. (2020). <i>Geoinformación en los bosques azules</i> . GEOcentro, Universidad San Francisco de Quito-ECOLAP, Instituto de Ecología Aplicada de la Universidad San Francisco de Quito. Cumbayá, Ecuador.	
	Conclusiones del I Seminario Internacional Bosques Azules. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. PUCE.	

# Glosario

**A&M** Adaptación y Mitigación

**ALC** América Latina y El Caribe

**AUSCEM** Acuerdo de Uso Sostenible y Custodia del Manglar

**CBD** Convención de Diversidad Biológica

**CID PUCESE** Centro de Investigación y Desarrollo de la Pontificia Universidad Católica de Ecuador, Sede Esmeraldas

**CMNUCC** Convención Marco de las Naciones Unidas en Cambio Climático

**COI** Comisión Oceanográfica Intergubernamental

**CPUE** Captura por Unidad de Esfuerzo

**CSIRO** Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization

**CTB** Cooperación técnica Belga

**CyT** Ciencia y Tecnología

**DART** Evaluación e informe de tsunamis en el océano profundo

**DAP** Diámetro a la altura del pecho

**ENSO** El Niño-Southern Oscillation

**FAO** Food and Agriculture Organization

**GAD** Gobiernos Autónomos Descentralizados

**GPE** Gobierno Provincial de Esmeraldas

**HIVOS** Agencia de Cooperación Holandesa

**ICG-PTWS** Sistema de Alerta y Mitigación de Tsunamis del Pacífico

**INEGI** Instituto Nacional de Estadística de México

**INOCAR** Instituto Oceanográfico de la Armada de Ecuador

**INVEMAR** Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras de Colombia

**IPCC** Intergovernmental Panel on Climate Change of United Nations

**ITIC** Centro Internacional de Información sobre Tsunamis

**IUCN** International Union for Conservation of Nature

**LECZ** Low elevation coastal zones

**LIDAR** Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging

**MONO** Monofilamento plástico electrosoldado

**NAO** North Atlantic Oscillation

**NDC** Contribuciones Nacionales Acordadas en Cambio Climático

**NMM** Nivel medio del mar

**ODS** Objetivos de Desarrollo Sostenible

**OSACTT** Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico, Técnico y Tecnológico de la Convención sobre Diversidad Biológica (CDB)

**PMEL** Laboratorio Ambiental Marino del Pacífico

**PNUD** Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

**PRODEL USAID** Proyecto de Desarrollo Económico Local de la Agencia de Cooperación de Estados Unidos

**PTWC** Centro de Alerta de Tsunamis del Pacífico

**PUCE** Pontificia Universidad Católica de Ecuador

**RAMSAR** Convención Internacional sobre los Humedales y Aves Acuáticas

**RCP** Representative Concentrations Pathways

**REMACAN** Reserva de Manglares Cayapas Mataje

**SENAGUA** Secretaría de Aguas. Ecuador

**SHOIR** Servicio Hidrográfico y Oceanográfico Insular

**SHONOR** Servicio Hidrográfico y Oceanográfico del Norte

**SSP** Share Socioeconomic Pathways

**UNESCO** Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

# Palabras inaugurales: Seminario Bosques Azules, 2019, PUCE-Quito, Ecuador

Evelia Peralta, arq.

## Un Aporte Creativo y Constructivo Al Hábitat

Con especial satisfacción en el comienzo de este Seminario Internacional, es un privilegio valorar la iniciativa personal e institucional que lo hizo posible. En el ámbito nacional en lo personal desearía poner de relieve la decisión y coordinación que Ph.D Mónica Dazzini Langdon ha puesto para pensarlo y reunir voluntades para este encuentro junto al colectivo Ciudad Abierta. En lo institucional la PUCE es el gran marco que desde sus instancias de Extensión e Investigación y los aportes multi y transdisciplinarios hace posible la confluencia de fecundos trabajos. En lo internacional que caracteriza este encuentro, es altamente grata la participación de destacados investigadores e instituciones, en especial de universidades latinoamericanas y nacionales que hablan de múltiples objetivos y experiencias que aportan a aspectos comunes y complementarios acerca del Hábitat.

La relevancia de este encuentro y de los trabajos y trayectorias que lo preceden, es el ser parte de la construcción de pensamiento, conocimiento y, por ende, consciencia, acerca esencialmente de la vida y su Hábitat, de forma crítica y creativa, buscando superar una visión antropocéntrica. Es una necesidad en todos los ámbitos de la vida, pero en especial en los espacios de investigación-acción, construir caminos alternativos a los convencionales que desde diversos enfoques resultan complementarios, desarrollar procesos y trabajos en el sentido más profundo de proceso y trabajo, en miras al deseo, imaginación y construcción de un futuro que nos incorpore junto a los verdaderos protagonistas de esos hábitats, advierta y actúe sobre las amenazas de diversos procesos económicos y de urbanización, y contribuya a cambiar los rumbos actuales que llevan inexorablemente a la destrucción del planeta, del hábitat y de la vida.

Por eso al preguntarse ¿Qué es el Hábitat? ¿Qué es el Paisaje? ¿Qué es habitar? Podemos acercarnos a sus

respuestas desde afuera, mediante un análisis teórico, como observadores críticos de signos y significados, es decir interpretaciones, entendiendo su historicidad, su carácter social, cultural, económico; pero, a la vez, podemos hacerlo desde dentro, habitando como uno más entre sus habitantes, ser parte del paisaje y la comunidad, con toda la incertidumbre vivencial implícita en esa praxis que sin duda nos cambiará, contribuyendo a otras miradas, aportando a su conocimiento como un proceso complejo, a la comprensión de su carácter vivo, de su permanente e inacabada construcción, de su posibilidad de persistencia.

Habitantes, comunidades, desde siempre, interactúan con los paisajes y es posible reconocer entre paisajes, regiones y comunidades las múltiples diferencias o quizás identidades que el medio geográfico imprime en ellos y que les plantean permanentes desafíos. Cambian las superficies, el clima, la atmósfera, la luz, el color, el horizonte, los seres que los habitan, las relaciones, los espacios, las fronteras. Éstas a veces más abiertas, flexibles, difusas, móviles, donde los opuestos se mezclan rítmicamente

con las mareas, dulce-salado, agua-tierra; unas veces, mesetas rodeadas por altas fronteras de límites más precisos y permanentes, espacios terrestres, introvertidos, texturados por ritmos en otros tiempos que surgen de la profundidad de la tierra; o bien, otras veces, el paisaje denso y húmedo de la selva, donde espacio y frontera intrincados parecen fundirse en intensa diversidad de vegetación, seres, olores, sabores, colores. Entre ellos, toda la variedad posible de paisajes que en su proceso de existencia y transformación van generando vivencias, experiencias, sensaciones, emociones, memoria, sentido...

Los Bosques Azules marítimos o fluviales, los humedales, esteros, manglares, aquellos espacios donde lo esencial es el agua que los adyacentes, constituyen una nueva esperanza y estrategia frente al cambio climático y otra posibilidad auspiciosa de regeneración, recuperación y permanencia de una relación social e individual más armoniosa, más respetuosa, poética y éticamente comprometida con el ambiente vital que nos cobija y su enorme riqueza y belleza.



La reflexión que suscita esta perspectiva nos lleva a plantearnos numerosas preguntas, re-definiciones, re-significaciones, superando las visiones desde una disciplina cerrada o estática para buscar contribuciones multi y transdisciplinarias que traspasen fronteras y logren miradas más abarcadoras y comprensivas de la complejidad de la realidad, transitando ejes de tiempo y espacio, lo menos lineales posibles, en el pasado, presente y futuro, desde lo imaginado a lo real, de lo real a su valor simbólico, que significa profundizar participación, apropiación, persistencia, pertenencia, responsabilidad social y ambiental y sobre todo, la alegría de disfrutar de la vida, elaborando métodos y resultados perfectibles en una construcción siempre abierta.

Que en estos días, este encuentro en el Seminario Internacional Bosque Azules 2019 sea un espacio de emocionante y fructífero intercambio de reflexiones y experiencias que contribuyan a una mirada que desde sus inicios es inquietante e interesantemente com-prometedora.

Para terminar que sus aportes sean diversos, porque como dijo Richard Feynman *“un sistema no tiene una*

*sola historia, sino todas las historias posibles”*. El gran diseño. Stephen Hawking y Leonard Mlodinow.

#### **Evelia Peralta**

Evelia Peralta, docente, investigadora y crítica en arquitectura y urbanismo, difusora de la cultura urbana y arquitectónica ecuatoriana, es arquitecta, por Universidad Nacional de Tucumán, 1967, y la Universidad Central del Ecuador, 1977, fue docente en la UNT por 15 años, profesora de la FAU-UCE por 11 años y de la PUCE en la Facultad de Arquitectura por 20 años desde su fundación. Es co-fundadora y subdirectora de Trama, revista de arquitectura y editorial, y co-autora de libros sobre arquitectura y arquitectos ecuatorianos, autora de artículos y conferencias, participó en la creación de la Bienal de Arquitectura de Quito, en proyectos especiales del Municipio de Quito en el Centro Histórico, en la red CYTED XIV.C de Transferencia Tecnológica para el Hábitat Popular. Recibió distinciones de la BAQ, del Colegio de Arquitectos del Ecuador y de Pichincha, de la Federación Panamericana de Asociaciones de Arquitectos en 2008, de la PUCE en 2009, y la Condecoración Federico González Suárez otorgada por el Municipio Metropolitano de Quito en 2006.

## Palabras de apertura del 2do. día de conferencias:

Aitor Urbina García de Vicuña. Mtr. Pro-Rector de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador PUCE, sede Esmeraldas.

### Bosques Azules. Resiliencia y habitabilidad

Felicito a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador por el Encuentro sobre Bosques Azules desarrollado en Quito en febrero 2019, y la presente publicación fruto de aquel esfuerzo.

Como Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas, estamos en tierra de manglares. Tierra bendecida por la diversidad de estos ecosistemas y, a su vez, maldecida por la degradación como consecuencia de acciones e intereses particulares.

Durante el año 2018 la PUCESE, en colaboración con otras universidades y la cooperación alemana, trabajó en el ecosistema manglar de Muisne. Fruto de este trabajo compartido se obtuvieron algunas conclusiones para seguir avanzando: Falta de investigaciones que estudien

la complejidad y funcionalidad del ecosistema manglar; profundizar en el análisis técnico-científico de las tortugas marinas, especie que se encuentra en estado vulnerable de conservación; estudiar modos que permitan mejorar el manejo de recursos pesqueros; evidenciar la disminución de manglares, tanto por la actividad camaronera, como por otros procesos que incluyen la urbanización costera y procesos de erosión y sedimentación; ampliar el enfoque del estudio a las cuencas hidrográficas y a la zona pelágica marina. Por último, hay que afirmar que no se puede comprender el medio ambiente sin todas sus dimensiones, incluido el ser humano con sus aspectos sociales, económicos y culturales.

En esta presentación quiero hacer referencia a dos producciones vinculadas a la universidad y al medio ambiente, un documental y un libro.

El documental se llama Lloro el manglar, realizado en 2012 con el apoyo de una ONG de Valladolid-España en Olmedo (Eloy Alfaro) que se puede visualizar en YouTube. Allí se dice que en Ecuador están los manglares más altos del mundo. Manglares que se han visto fuertemente afectados por una de las camaroneras más grandes de Esmeraldas, que además de destrucción ambiental ha generado graves conflictos y violencia en el seno de la comunidad. Hasta el punto de que es, hasta hoy, difícil lograr la necesaria cohesión social para generar desarrollo en esa zona del país. A este clima de tensión se suma el rédito de las actividades ilegales. Lloro el manglar, sobre todo, por las comunidades, las familias, los jóvenes y los niños con perspectivas inciertas.

La otra referencia es el libro Extractivismo, (neo) colonialismo y crimen organizado en el norte de Esmeraldas (Quito, 2018), escrito por dos docentes que trabajaron y colaboran en nuestra sede universitaria, Aguasantas Macías y Michel Lapierre. En su investigación manifiestan cómo el 57% de la superficie original de los bosques nativos, inclui-

dos manglares, ha sufrido deforestación en la provincia de Esmeraldas. La mayoría en territorio perteneciente a las nacionalidades indígenas Awá, Épera y Chachi, y del pueblo afrodescendiente. No se trata sólo de destrucción del medio ambiente, sino que se convierte en un etnocidio.

El manglar y otros ecosistemas, son otras víctimas del desarrollismo neoliberal. Apelando a que atraerán desarrollo, las grandes empresas se adentran en territorios prometiendo nuevas oportunidades. Como tienen poder generan leyes a su conveniencia. Pensando sólo en ganancias, y en connivencia con el Estado, invierten 10 para ganar 1000, anunciando desarrollo y trabajo. Rompen con los medios de vida tradicionales, provocan violencia, generan trabajo precario que hace a personas y comunidades dependientes, y rompen la cohesión social. Se llevan sus enormes ganancias, 1000, a otros territorios y dejan un daño medioambiental de 5000.

El balance económico en conjunto es tremendamente deficitario. Ganan unos pocos y pierden muchos. Pier-

de el medio natural y las comunidades que lo habitan, en un proceso de degradación que se vuelve irreversible, lo que conlleva, entre otras cosas, migraciones forzosas. Es un ejemplo local de lo que ocurre a nivel global. La muestra más evidente, el cambio climático, que genera movilización masiva de personas y de comunidades que se hacen progresivamente más vulnerables, perdiendo las posibilidades de rehacerse. Y millones de desplazados.

En este panorama, adquieren especial relevancia los bosques verdes, y los bosques azules. Estos últimos todavía poco considerados y grandes desconocidos.

Un acierto el encuentro del que nace esta publicación, encuentro que reunió a connotados especialistas latinoamericanos que pusieron en evidencia el trabajo que se viene haciendo en diversos países, y la importancia que tiene el ecosistema manglar.

El principal capital que tienen muchos países es la recuperación de ecosistemas y la producción de oxígeno.

Una riqueza esencial que protege la vida incluyendo a la especie humana y su diversidad. Un patrimonio que se debe defender con radicalidad y trabajo colaborativo.

#### **Aitor Urbina García de Vicuña**

Aitor Urbina García de Vicuña, licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad del País Vasco, Máster en Psicodidáctica por la Universidad del País Vasco y Máster en Energías Renovables por la Universidad Camilo José Cela de Madrid. Docente de enseñanza media y universitaria de Física y Matemáticas. Educador social con privados de libertad y personas drogodependientes en la Asociación Adsis de Valencia (1995-2000), Prorector de la PUCE sede Esmeraldas desde 2007.

El Profesor Mtr. Aitor Urbina García de Vicuña es actualmente por segunda vez, el Pro-Rector PUCE, Sede Esmeraldas, para el periodo 2017-2022.



## Acta de Fundación RED socioecológica de humedales de América

A los 23 días del mes de febrero de 2019, en la ciudad de San Francisco de Quito, en reunión de amigos colegas procedo a declarar la fundación de la RED socioecológica de humedales, que tiene como objetivo investigar y transitar los caminos creativos que lleven a reinventar las formas de habitar los territorios y los paisajes, y así recuperar:

1. El sentido del lugar,
2. La pertenencia,
3. La continuidad espacial territorial,
4. La seguridad en el sentido amplio que incluye lo social, la sostenibilidad alimentaria y de los recursos naturales.

Y de esta manera generar espacios seguros y dignos para mejorar la calidad de vida de las comunidades y restablecer finalmente su conexión con la tierra de manera solidaria con su entorno habitado.

Los objetivos primeros de la RED:

1. Realizar investigaciones científicas aplicadas al territorio habitado, al paisaje, ciudad y región.

2. Propender a la permanente actualización y enriquecimiento de sus miembros.
3. Dedicar su labor a la educación realizando tareas de cátedra en carreras de grado y postgrado.
4. Asistir a congresos y seminarios internacionales y nacionales con un mínimo de dos actividades por año.
5. Realizar investigación y aplicación de nuevas tecnologías en materiales y técnicas constructivas tendientes a la sustentabilidad de los asentamientos humanos y de los humedales.
6. Participación en equipo en un mínimo de dos equipos por año.
7. Realizar cuatro ponencias por año, una por congreso y dos para revistas especializadas en inglés.
8. Realización y oferta para todos los miembros en becas en estudios relativos en el país y en el exterior.

A los veintitrés días del mes de febrero de 2019 en la ciudad de San Francisco de Quito, los abajo firmantes nos comprometemos a tejer una RED internacional de saberes y experiencias para fortalecer la resiliencia socioecológica de nuestros pueblos:

Firmada por: Mónica Mabel Dazzini Langdon (Argentina-Ecuador), Ofelia Gutiérrez de Maraón (Uruguay), Daniel Panario Ponce de León (Uruguay), Rubén Quintana González (Argentina), Jorge Ruiz Ordóñez (Panamá-Guatemala), Daniel Suman (Estados Unidos), Cristian Tovilla Hernández (México), Alicia Villamizar (Venezuela).

# Agenda de conferencistas y actividades del Primer Seminario Bosques Azules, 2019. PUCE-Quito, Ecuador.

Link acceso a las  
conferencias: Mónica Mabel Dazzini Langdon  
[https://www.youtube.com/channel/UC\\_ERVG0-kvaAmGISAV3r0Fg](https://www.youtube.com/channel/UC_ERVG0-kvaAmGISAV3r0Fg)

<https://www.facebook.com/bosquesazulesec/>

BOSQUES.AZULES TALKS			 Pontificia Universidad Católica del Ecuador
MIÉRCOLES 20 EL IMAGINARIO	JUEVES 21 LO REAL	VIERNES 22 LO SIMBÓLICO	
<b>BIENVENIDA</b> Auditorio 1 Torre 2 - PUCE	<b>BIENVENIDA</b> Centro Cultural, 4to.piso - PUCE	<b>BIENVENIDA</b> Centro Cultural, 4to.piso - PUCE	
9.00 -9.30 — Incripciones	10.00-10.15 — Bienvenida a cargo de Lic. Aitor Urbina García de Vicuña	10.00-10.15 — Bienvenida a cargo de Dr. Biólogo Andrés Merino	
9.30 -10.00 — Espacio de Bienvenida a cargo de Sr. Rector y Sr. Director de Investigación	<b>MAGISTRALES</b> Centro Cultural, 4to.piso - PUCE	<b>MAGISTRALES</b> Centro Cultural, 4to.piso - PUCE	
<b>MAGISTRALES</b> Auditorio 1 Torre 2 - PUCE	10.15-10.50 — Ecología y dinámica del paisaje: comprendiendo las playas por Dr. Agrónomo Daniel Panario	10.15-11.00 — Humedales de la Bahía Panamá: Un Ecosistema Bajo Amenaza por Dr. Oceanógrafo y Derecho Ambiental, Daniel Suman	
10.00-10.45 — Introducción: Entre Paisajes vivos y Paisajes líquidos a cargo de Arq. Evelia Peralta Mg. Mónica Dazzini Mgt. Ekaterina Armijos	10.50-11.35 — Restauración de áreas de dragados con Conocarpus erectus y Rhizophora mangle, en la Reserva La Encrucijada, Chiapas, México. por Dr. Biólogo Cristian Tovilla	11.00-11.25 — Cambio Climático por Dra. Bióloga Alicia Villamizar ONLINE	
10.45-11.30 — Planeamiento y geografía, buscando respuestas en torno a la cuestión costera a cargo de Dra. Ofelia Gutiérrez	11.35-12.15 — Habitabilidad segura entre Sismos, Volcanes y Tsunamis por Dr. Geólogo, Geoquímico de los Isótopos, Paleontólogo Theófilos Toulkeridis	11.25-11.40 — Gestión y Conservación por Dra. Yolanda Kakabadse ONLINE	
11.30-12.15 — Malditos pantanos: ¿Por qué estamos hablando de conservar humedales? por el Dr. Biólogo Rubén Quintana	12.15-12.30 — Coffee break	11.40-12.15 — La integración de los humedales en la práctica de la resiliencia comunitaria por Dr. Biólogo Jorge Ruiz	
12.15-12.30 — Coffee brake	<b>DIALOGO ABIERTO</b> Centro Cultural, 4to.piso - PUCE	12.15-12.30 — Coffee break	
<b>DIALOGO ABIERTO</b> Hall Auditorio Menor CC - PUCE	12.30- 13.30 — Diálogo Abierto con estudiantes Dra. Elizabeth García + Participantes de la mañana	<b>DIALOGO ABIERTO</b> Centro Cultural, 4to.piso - PUCE	
12.30- 13.45 — Diálogo Abierto con estudiantes Dra. Elizabeth García y Dra. Susana Balarezo + Participantes de la mañana	<b>SEMINARIO</b> Centro Cultural, 4to.piso - PUCE	12.30- 13.45 — Diálogo Abierto con estudiantes Participantes de la mañana	
<b>SEMINARIO</b> Auditorio Menor CC, 4to.piso - PUCE	15.00-15.25 — Generación de geoinformación en Ecuador por Mg. Rocio Narváez	<b>SEMINARIO</b> Centro Cultural, 4to.piso - PUCE	
15.00-15.30 — Hivos: Proyectos de cooperación internacional REMACAM por Mg. Bióloga Doris Ortiz	15.25-15.45 — Acuicultura e Innovación por Mg.Biol. Gabriel Durán	15.00-16.30 — MAE en la REMACAM: ¿Qué hacemos? por Biólogo Argelio Ortiz UNIGIS Ecuador, USFQ por Mg. Leo Zurita Dirección de Turismo GADMEA, REMACAM por Lic. Tur. Aicira Reasco	
15.300-15.45 — Bosques y pájaros desde una perspectiva ambiental, estética y política por Biólogo Artista Juan Manuel Carrion	15.45-16.05 — Desarrollo: límites y perspectivas por Mg. Socióloga Alejandra Delgado	REMACAM: Ecoturismo en áreas protegidas: ¿Sueño o realidad? por Mg. Gestión Empresas Tur. Pablo Jara	
15.45-16.05 — Paisajes líquidos: justicia socio-espacial en comunidades vulnerables por Mg. Arquitecta, Paisajista y Geógrafa Mónica Dazzini Langdon	16.05-16.30 — Algunos aspectos de pesquerías artesanales en manglares de Esmeraldas y El Oro, Ecuador por Mg. Biólogo Eduardo Rebolledo	Comunidad negra del Ecuador, REMACAM por Dra. Abog. Olivia Cortés	
16.05-16.30 — Comunidad y arquitectura participativa por Mg. Kike Villacis	<b>DIALOGO ABIERTO</b> Centro Cultural, 4to.piso - PUCE	Colegio de Arquitectos de Pichincha por Pablo Moreira	
<b>DIALOGO ABIERTO</b> Hall Auditorio Menor CC - PUCE	16.30-17.30 — Conversatorio Tradiciones Orales del Manglar Diálogo Abierto con estudiantes Participantes de la tarde y brindis	Caminos de esperanza: Educación y comunidades por Lic. Luis Cárdenas, Mg. Juan Carlos Armijos	
16.30-17.00 — Diálogo Abierto con estudiantes Arq. David Jácome + Participantes de la tarde		Heidegger y el habitar por Dra. Psicóloga Yolanda Vega	
17.00-17.15 — Coffee brake		<b>CIERRE</b> Centro Cultural, 4to.piso - PUCE	
<b>VARNISSAGE</b> Sala B de Exposiciones Temporales CC - PUCE		17.00-18.00 — Celebración Agradecimiento: Grupo de Marimba Esmeraldeña	
17.15-18.15 — Inauguración de la muestra por Biólogo Artista Juan Manuel Carrion			

## Poema La trilogía (2018)

Valeria Pariso

*Valeria Pariso es madre, abogada y escritora. Nació en la Provincia de Buenos Aires, en 1970. Publicó los libros de poesía: "Cero sobre el nivel del mar" Ediciones AqL (2012), "Paula levanta la persiana", Ediciones AqL (2013); "Donde termina esta casa", Ediciones de la Eterna (2015) y "Del otro lado de la noche" (2015) Editorial El Mono Armado. Varios de sus poemas integran distintas antologías y han sido publicados en numerosos blogs y páginas de internet. Varios de sus poemas han sido traducidos al portugués. Desde el año 2014 coordina el Ciclo de Poesía en Bella Vista, un ciclo de poesía destinado a la lectura de poesía contemporánea entre vecinos. Coordina talleres de poesía.*

*Ediciones Patagónicas*

Pienso en las señales,  
en los lugares donde estuve y ya no estoy.  
He vuelto de un viaje que me llevó muchísimos años.  
He muerto a mitad del viaje.  
Aprendí que nada que el amor no sostenga  
podrá ser sostenido.  
Sé que cada palabra puede mover un jardín  
y que ningún silencio es quieto.  
Estamos hechos para la celebración del lenguaje.  
Lo sé porque escucho y veo la danza de los pájaros verdes. Yo  
también pude bailar en las alturas  
y ser leve al atardecer.  
Es por eso que he comenzado a bajar mi corazón.



# Biopolítica del hábitat: ¿Qué tipo de posthumanos decidimos ser les arquitectes?: caso Tigre, Bajo delta del Paraná, Argentina.

Mónica Mabel Dazzini Langdon

Madre, Profesora, Investigadora, Geógrafa, Paisajista y Arquitecta. Directora Grupo de investigación Ciudad Abierta. Ph.D (c) Ingeniería de materiales, construcciones y Terreno: Arquitectura y Urbanismo Sostenibles, Universidad de Alicante, España; Profesora Agregada Fac. Arquitectura, Diseño y Artes, PUCE (Pontificia Universidad Católica de Quito, Ecuador) y PUCEM Sede Manabí. Profesora invitada Universidad Andina Simón Bolívar, Sucre, Bolivia. Magister en Ciencias Geografía, Colegio de Recursos Naturales, Virginia Polytechnic Institute and State University (Virginia Tech, VA, USA), Magister en Planificación y Diseño del Paisaje, Colegio de Arquitectura y Estudios Urbanos, Virginia Tech, USA, Arquitecta FADU UBA Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires, Argentina. Intereses: Biopolítica del hábitat. Equidad de género. Conservación de los recursos naturales. Arquitectura y Urbanismo sostenibles. Ha viajado extensamente en América y Europa.

*El objeto de esta investigación ha sido explorar las ficciones que construyen subjetividades femeninas en los espacios de habitar de dos comunidades fluviales latinoamericanas, la Reserva Ecológica Manglares Mataje-Cayapas y el Delta Tigre del Paraná en Argentina, entre 2010 y 2020. He enfocado mi estudio en las representaciones involucradas en la producción del espacio comunitario como estrategia visible que reclaman creatividad, innovación, reconocimiento, y una propia producción de discurso. Profundizo en la biopolítica del habitar, guiada por la cultura de paz y la justicia socio-espacial.*

*La complejidad de la tarea aborda con urgencia, el vincular los saberes a la práctica y me ha llevado a introducir visiones y metodologías de diversas disciplinas, tales como biología, educación, antropología, geología, medicina, sociología, y otras construidas desde mi propia formación académica de Arquitecta, Paisajista y Geógrafa. El in-habitar, o el vivir desde adentro las prácticas, en una antropología de lo cercano, me ha llevado a compartir la vida cotidiana de las comunidades.*

*Esto prioriza la empatía como una mirada nueva en la comprensión de las dinámicas sociales y los modos de construcción social del espacio para la arquitectura, el paisaje y la planificación, resignificando principalmente las estrategias concebidas por las mujeres, hacedoras invisibles, describiendo imaginarios y acciones a diversas escalas geográficas.*

*Estas estrategias bajan al territorio en forma de “la norma” con políticas públicas híbridas, con restricciones al dominio y a la misma vida, sosteniendo intereses económico-políticos que distorsionan los propios intereses de las comunidades que habitan esos territorios. En un intento de acercamiento a las complejas redes de poder invisibles, fortalecidas desde el diseño de los espacios habitados, he registrado particulares modos de negociación de la “minoría” mujer, pobre y latinoamericana, al interior de una sociedad patriarcal altamente normativa.*

*The purpose of this research has been to explore the fictions that construct female subjectivities in the living spaces of two Latin American river communities, the Mangrove Reserve in northern Ecuador and the Lower Paraná Delta in Argentina, from 2010 to 2020.*

*I have focused my study on the representations involved in the production of community space as visible strategies that demand creativity, innovation and their own production of discourse. I transit the biopolitics of inhabiting, through peace culture and social justice.*

*The complexity of the task also tries to address an urgency, that of linking knowledge to practice and has led me to introduce visions and methodologies from various disciplines: biology, anthropology, geology, medicine, sociology, and others constructed from my own academic background on Architecture, Landscape and Geography.*

*This supposes a new look, from empathy, at the understanding of the social dynamics and the modes of social construction of the space for architecture, landscape and planning, resignifying the strategies conceived by women, in an attempt to approach the complex invisible power networks established in the design of inhabited spaces. However, these strategies go down by the law, through hybrid rules that inhibit people's freedom. In this way, I have registered particular modes of negotiation that challenge a fiction of subjectivity of the minority woman, poor and Latin American, within a highly normative patriarchal society.*

## INTRODUCCIÓN

### La cuantificación de los recursos de la vida

La noción de biodiversidad hace referencia a la cantidad y variedad de seres vivos –especies– que existen en el planeta, pero también se entiende como un sistema donde las especies son interdependientes y se relacionan entre sí (Mateucci, 2008). La supervivencia humana depende de la existencia y preservación de un entorno que satisfaga las necesidades básicas para desarrollar vida que incluye la cantidad y calidad de recursos como el agua, el suelo, el aire y los alimentos que se producen en un territorio (Hirsh, 2010). Es así que son necesarias nuevas formas de habitar considerando la biodiversidad que incluye un paisaje particular, generando conciencia y conocimientos suficientes en sus habitantes para habitarlo de manera respetuosa con la conservación de dicha biodiversidad.

Los escenarios sociales, referidos a los habitantes del lugar, y físicos referidos a la matriz ecológica donde se inscriben las acciones adaptativas para la habitabilidad humana, marcan el rango de transformación que se puede infligir a un paisaje ante diversas perturbaciones o frente al estrés al que es sometido (Irastorza Vaca, 2006; Ibañez, 2008; Mateucci, 2008; Romero y Morláns, 2007).

Dichas acciones adoptan variadas formas, “tanto autónomas o planificadas, públicas como privadas, individuales o institucionales, tácticas o estratégicas, en corto o

largo plazo, anticipatorias o reactivas, afectando otras escalas del problema; sus alcances determinan la resiliencia del sistema habitabilidad humana-paisaje” (Turner II et al., 2003, p. 8077).

### Las ecologías socio-ambientales

La investigación acerca de los métodos de restauración de los paisajes, se centra en el estudio del sistema ecológico, ambiental, social y cultural, abarcando diversas escalas desde lo macro hasta el lugar a escala local, microescala (López et al., 2013). Las acciones adaptativas para la habitabilidad son confrontadas con las consecuencias efectivas en la escala estudiada y en la sinergia de dichas acciones en diversas escalas estableciendo relaciones con las tecnologías y la virtualidad, y los masivos movimientos migratorios, que se consolidan como comunidades nómades e incrementan cada día (Massey, 1993).

Actualmente el paisaje tiene una connotación fuertemente ecológica-ambiental. El paisaje es una de las escalas de análisis de la jerarquía ecológica, y en este contexto, puede ser descrito como una parte del espacio de la superficie terrestre consistente en un complejo de sistemas, formado por la actividad del medio biótico y abiótico, donde su fisonomía forma una entidad reconocible. En la obra clásica de Forman y Gordon, *Landscape Ecology*, (1986), se lo define como “un área heterogénea compuesta de un conjunto de ecosistemas o elementos interactuantes que se repiten en forma similar a través de ella”.

La prolífica información que está disponible desde la ecología no es suficiente, si se desconocen ciertas estrategias de construcción y re-construcción del paisaje a escala local, donde cada actor toma decisiones en su territorio privado, más allá de la legislación escrita y estas decisiones, impactan acumulativamente a escala urbana y regional. Las generalizaciones de tipo “algo que usualmente sucede” (Lawton, 1999, p. 178) es una de las dificultades para poder abstraer reglas generales que se puedan trasladar y aplicar a escalas menores en la resolución de problemas de la práctica del manejo de los paisajes (Lawton, 1999).

Dada la complejidad de los sistemas ecológicos, se requiere mayor claridad y conocimiento del paisaje a escala local, incorporando y estudiando las estrategias de supervivencia de las comunidades habitando con ellos los territorios. Desde lo académico-técnico, también se requiere entender la función que cada componente de un ambiente particular tiene dentro de una ecología socio-cultural-ambiental, para que las intervenciones proyectuales que se realicen, sean las adecuadas. Muchas veces, las alteraciones en un ambiente dado por la acción de los asentamientos humanos producen la desaparición o reemplazo de un determinado componente del sistema ecológico, por ejemplo, las quemas de pastizales, práctica consuetudinaria en las islas del Paraná que impactan sobre la biodiversidad de la flora y fauna de las islas y en la vida de los habitantes isleños (Caamaño, 2020). En este sentido, los modelos y estudios de los escenarios futuros contribuyen a la restauración y diseño de los paisajes a habitar y a la preservación de los bienes y servicios ecosistémicos que estos brindan (Quintana et al., 2011).

La determinación de cuáles son los componentes y atributos indispensables de un sistema ecológico, qué otras funciones mecánicas, estéticas o instrumentales tiene una especie (e.g., fijación de suelos, aumento de porosidad, control de erosión, entre otras), cómo deberían ser entendidas las funciones de un paisaje a diferentes escalas para hacer posible que la planificación y el diseño contribuyan a su restauración y mantenimiento, no están estudiadas en forma suficiente, en la escala local socio-cultural donde actúa el habitante del lugar.

Otro de los temas que requieren detenida observación respecto a la habitabilidad humana compatible con el paisaje es la introducción de especies exóticas, no originarias del lugar, y manejadas por los habitantes de forma diferente planteando muchas veces escenarios invasivos. Parte de la acción del habitar es la introducción de nuevas prácticas y nuevos componentes en el sistema.

¿Hasta qué punto dichas especies deben o pueden ser utilizadas o no en la restauración, introduciendo especies nativas u ornamentales a gusto del usuario, dada la preferencia determinada por los habitantes, de una especie con características estéticas o productivas notables? A veces lo aprendido sobre la biología-ecología de una especie y su relación con un sistema general no es transferible en tiempo y espacio a otro sitio, presumiendo que la situación puede cambiar por deterioro de los procesos claves o por su incorporación a un ambiente distinto.

Las ciencias naturales dan pautas del funcionamiento, la estructura, composición y abundancia de las especies de una comunidad dentro del sistema (medio biótico) a diversas escalas (Power et al., 1996). Sin embargo, para poder llevar a cabo la integración interdisciplinar, se deben organizar y clasificar los conceptos, y la información que aportan sobre un tema las diversas disciplinas. Además, se deberán actualizar y reelaborar las visiones, metas y objetivos que permitan conjuntamente al paisajista articular acciones basadas en la propuesta de diseño y el proyecto. En consecuencia, surgirá una visión crítica transdisciplinar innovadora en el diseño del proyecto de paisaje. La propuesta del Grupo de Investigación Ciudad Abierta que dirijo, es elaborar una práctica de integración permanente que no sólo implique recabar información disciplinar independiente para el diagnóstico y los estudios de prefiguración proyectual, sino que fortalezca una concepción propositiva frente a la comunidad, tendiente a retroalimentarse con la evaluación del proyecto.

Ciertamente las acciones de restauración de los paisajes requieren datos empíricos temporales y, en este sentido, la experiencia del diseño y manejo del paisaje ha sido parte del trabajo realizado en las últimas décadas, por lo que aún no se han podido evaluar a largo plazo ciertas acciones sobre el territorio (Barbault, 2011).

Asimismo, las intervenciones de proyectos paisajísticos en paisajes con alto grado de naturalidad que aportan importantes bienes y servicios ecosistémicos, implican la exigencia de considerar la condición o grado de calidad del

soporte natural, y cómo puede ser restaurado en caso de deterioro evidente del sistema. Sin embargo, la elaboración de lineamientos para determinar el estado óptimo al que deben tender los proyectos paisajísticos sustentables distintos de la parametrización de los grados de deterioro de los componentes del paisaje, como el grado de contaminación de agua, suelo o especies nativas, que puedan ser incorporados como herramientas de diseño y planificación a escala local, aún deben ser elaborados.

## Las ecologías de un espacio fluvial

El término fluvial procede del latín, *fluvius*, relativo al río o al caudal que fluye. Se podría decir que los espacios fluviales son los espacios geográficos que contienen las áreas de influencia de un río o caudal de agua. La habitabilidad en los espacios fluviales está determinada por las dinámicas particulares que dependen del agua y de las dos mareas diarias con dos puntos máximos del nivel del agua que condicionan las actividades de las comunidades. Es así, que, al referirme en este apartado a las ecologías, incluyo, a todos los seres que habitan estos espacios y a todas las relaciones que estos construyen entre sí, y entre territorios. Además, estos espacios fluviales por sus servicios ecosistémicos, con características de abundancia de recursos, agua, alimentos y materiales, facilidad de comunicación a través de los ríos y afluentes, por sus paisajes sensibles, cambiantes que el ser humano valora, se convierten en espacios propicios y apetecidos para el asentamiento y la construcción de comunidades ligadas íntimamente al espacio del agua y sus dinámicas.





Figura 1. Visiones del mundo. Elaboración propia, 2020

La dinámica del funcionamiento de los humedales se basa en la permanencia del agua durante períodos de tiempo que permiten el desarrollo de algún tipo de vegetación; cada humedal posee un hidroperiodo que le es propio, que hace que el suelo esté cubierto permanente o semipermanentemente por el agua o con alto grado de saturación de agua. En consecuencia, presenta una flora y fauna adaptados, que viven en suelos saturados, pues requieren un hábitat con ambas características -terrestres y acuáticas- en forma temporal para cumplir su ciclo de vida (Barbier et al., 1997; Quintana, 2010).

Sin embargo, los espacios de humedales, también son atractivos a nivel regional y mundial, por la abundancia de recursos y porque “crecen” permanentemente, ganando suelo, formando islas, ampliándose, moldeándose fácilmente por la celeridad del trabajo del río, de sedimentar los bordes a escala local. En breves periodos de meses, puede verse con un manejo de suelo, agua y vegetación sostenidos, grandes transformaciones. Es así, que se han buscado estrategias para la protección de deltas y humedales, especialmente los costeros, donde los conflictos comienzan. Las visiones de la construcción del mundo, los imaginarios, la cosmovisión de unos y otros a diversas escalas, los intereses económicos y ejercer el poder sobre los territorios, generan las luchas invisibles, las tensiones, donde muchas veces, como dice el refrán, *la sangre llega al río* (Figura 1).

Los humedales a nivel global representan entre el 4 al 6% de la superficie del planeta. Se han direccionado fondos para la protección del recurso agua, y por ende bosques, ya que se inscriben entre los ecosistemas más importantes en el ciclo de carbono (C), donde los espacios fluvio-mareales se han diferenciado y se los llama productores de carbono azul, por el gran aporte que estos hacen en secuestro de carbono a nivel global, tanto desde el territorio, como desde el agua, mar y ríos.

Por otro lado, los científicos del IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control) que regula en la Unión Europea las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) desde 1988, tiene el objetivo de evitar o minimizar las emi-

siones industriales y agrícolas en el mundo. El IPPC ha reconocido la importancia de los ecosistemas de humedales en el ciclo del carbono. Los humedales son llamados sumideros de carbono por su alta captación de este vital elemento, a través de plantas que fijan el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de la atmósfera en la biomasa y en el suelo saturado transformándolo en carbono orgánico a través del proceso de fotosíntesis. La saturación de agua en el suelo de los humedales propicia la acumulación de carbono pues disminuye la velocidad de descomposición de la materia orgánica (Hernández, 2010).

La medición de carbono en humedales contribuye a evaluar con mayor certeza, la contribución de un ecosistema para la mitigación al cambio climático en cada región. Los manglares hacen su aporte a través del carbono atrapado en mares y océanos, el Carbono Azul. Se estima almacenan entre 2 a 5 veces más que los bosques terrestres. Según estudios recientes, los manglares representan el 1% de los bosques tropicales del mundo, que, con su alta capacidad de almacenamiento de Carbono (más de 1000MgC/ha), compensan su menor superficie. Sin embargo, la tala dramática de los manglares del mundo, por cambio de uso de suelos por la industria camaronera y turística, incrementa en un 10% las emisiones GEIs del planeta (Donato et al., 2011).

La importancia de los ecosistemas que almacenan carbono, como los humedales, se estableció en el Protocolo de Kyoto (PK), el cual entró en vigor en 2005. Los bonos de carbono (BdC) es un mecanismo propuesto por el PK, como una vía para reducir las emisiones (GEI) al ambien-

te. El BdC funciona con la medición de toneladas de CO<sub>2</sub> ya que se ha estimado que una tonelada de CO<sub>2</sub> equivale a un Certificado de Emisiones Reducidas (CER) y puede ser vendido en el mercado de carbono de los países industrializados que han firmado el protocolo. El valor actual de un CER en el mercado de compra-venta es entre 5 y 7 dólares. A su vez, se ha establecido el tipo de proyecto que puede aplicar a un CER, entre los cuales están los de energías renovables, eficiencia energética, forestación, limpieza de lagos y ríos y otros (Espinoza, 2005). Esto significa que hay países que poseen bosques y humedales por nombrar sólo el tema que este estudio aborda, que pueden ser sumideros de carbono protegiendo sus bosques y zonas acuíferas, y pueden certificar sus CER y entrar en el mercado de compra-venta de carbono mundial para que los países que necesitan emitir o emiten en sus industrias GEI, los puedan comprar y compensar sus emisiones, lo que no resuelve el problema, pero es un inicio.

Existen críticas válidas a este sistema, no se trata de sólo compensar lo que otros países emiten sino de dejar de emitir, y ya es muy difícil hacer el seguimiento de las emisiones GEIs en los países industrializados y también, de los sumideros de carbono de los países que dicen proteger sus humedales y bosques y esto ha creado un gran negocio para las certificadoras internacionales de CO<sub>2</sub> y para el mercado de Wall Street. Sin embargo, este enfoque podría hacer que los países que poseen grandes áreas de sumideros de carbono como Ecuador o Argentina, pudieran encontrar recursos económicos para proteger sus áreas naturales y a las comunidades que las habitan, entrando en el mercado de BdC, protegiendo sus humedales.



Figura 2. Planta Colony Park, en Mahiques, M.B. (2010)

Figura3. Imagen Colony Park, en Mahiques, M.B. (2010)

## Estudio de Caso: Bajo Delta del Paraná, Tigre, Buenos Aires

“The visible is the footprint of the invisible.”  
(León Bloy, 1884)

Tigre, 28 de diciembre de 2010, (Figuras. 2 y 3): “La jueza de San Isidro, Sandra Arroyo Salgado, dispuso preventivamente la clausura de las urbanizaciones privadas Colony Park y Parque de la Isla, situadas en la primera sección de islas del delta del Paraná, pertenecientes al municipio de Tigre. Asimismo, ordenó al Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible el estricto control de la medida dictada. Lo que sucede allí es otra lamentable historia que deja al descubierto cómo una suma de irregularidades e irresponsabilidades por parte de la autoridad y algunos privados transforma en un verdadero desastre ambiental cuestiones que deberían manejarse mediante una planificación, una gestión y un control adecuados, ya que se trata de nuestros más valiosos recursos naturales.” (Diario La Nación, 2010).

ORDENANZA 3343/13 Decreto 176/13 EL HONORABLE CONCEJO DELIBERANTE DEL PARTIDO DE TIGRE SANCIONA CON FUERZA DE: ORDENANZA ARTICULO 1º.- Apruébase el PLAN DE MANEJO INTEGRAL DEL DELTA DE TIGRE, que se incorpora como Anexo I de la presente, como la expresión sistémica de la política socio-territorial y ambiental del gobierno municipal para con el Delta bajo su jurisdicción. Su función es la de fijar los criterios y estrategias centrales de ordenamiento ambiental del





Figura 4. Mapa Municipio del partido de Tigre continental e insular. Argentina, En mapa-maps.com.ar, 2020.

territorio, constituyéndose en el instrumento indispensable para gestionar el desarrollo sustentable del área insular a través de sus programas y proyectos. ARTICULO 2º.- Comuníquese al D.E., a sus efectos. – Sala de sesiones, 7 de marzo de 2013.

### El acontecimiento: La norma, un conflicto territorial en puerta.

“Se trata en cierto modo de una microfísica del poder que los aparatos y las instituciones ponen en juego,

pero cuyo campo de validez se sitúa en cierto modo entre esos grandes funcionamientos y los propios cuerpos con su materialidad y sus fuerzas.”  
(Foucault, 2002, p.27)

Al iniciar esta investigación en el año 2010, me sorprendió que una zona tan rica en recursos y vecina a la ciudad de Buenos Aires con densidad poblacional muy baja, no tuviera reglamentación en construcción ni planificación ninguna. Cada vecino o vecina, actuaba según su propio criterio, y las corporaciones inmobiliarias que deseaban instalarse en la zona introducían tranquilamente maquinaria pesada para cambiar en horas o días la morfología de las islas.

La promulgación de la Ordenanza No 3345/13 de fecha 07 de marzo del 2013, sobre Normas para la construcción en la localidad Delta de Tigre –que se desprende del Plan de Manejo Integral del Delta de Tigre del mismo año aplicables a la 1ª Sección del Delta del Tigre, dictada por el Municipio de Tigre- evidencia la dificultad para concretar a través de la normativa planteada, una solución viable a la morfología, a la productividad y a la habitabilidad del sector.

Este estudio de caso intenta mostrar cómo las distintas cosmovisiones sobre un territorio, llevan a diferencias de posicionamiento y justificaciones desde las diversas miradas de los actores que tienen o intentan detentar acciones que implican el avance sobre territorios habitados.



Actualmente el área insular del Delta Tigre (Fig. 4) bajo jurisdicción de la Ordenanza de 2013, tiene una superficie de 22.000 ha. y una población de 58.000 habitantes. La misma podría asimilarse a la extensión de la ciudad de Buenos Aires que posee una superficie aproximada de 20.300 ha. con una población de 2.890.151 habitantes y se encuentra rodeada de un área metropolitana con una población de 12.806.866 habitantes (datos Censo Nacional de 2010). A esta población estable se le deberá agregar el turismo de fin de semana que concurre a visitar las islas del Delta Tigre.

Según el Atlas Ambiental de Buenos Aires (AMBA) los fines de semana soleados, la estación fluvial de Tigre recibe entre 70.000 a 80.000 visitantes. En un cálculo estimado de 30 fines de semana soleados anuales se podría considerar que 2.400.000 personas visitan el Delta anualmente. Asimismo, la región metropolitana que rodea al Delta del Tigre con alta concentración poblacional, ejerce una fuerte presión para la obtención de tierras para habitar, para uso recreacional de fin de semana y para turismo nacional e internacional.

La norma surge de la necesidad de detener los nuevos emprendimientos inmobiliarios en el sector de islas, iniciados a finales de los 90s, que cambian radicalmente la función de los humedales, con endicamientos y rellenos derivando grandes masas de agua a sectores más bajos, provocando inundaciones sin precedentes. Es dado aclarar, que los endicamientos, legales o clandestinos, son una práctica común a escala local, de fomar artesanal, para “secar”

ciertas partes de los terrenos y generar la posibilidad de ser utilizados para la agricultura a baja y mediana escala. Actualmente esta práctica es altamente cuestionada, ya por el mayor conocimiento científico de lo que implica para el humedal, como por las consecuencias del impacto de las acciones, con la potencia de las maquinarias y tecnologías de avanzada, que se realizan en los territorios de humedales. Los endicamientos frenan el funcionamiento del mismo humedal, impidiendo el fluir de las mareas, y los beneficios que ellas traen provocando graves impactos, como el incremento de las inundaciones en la periferia de la ciudad de Buenos Aires.

En respuesta a estas acciones que influyen directamente en el ámbito social, ecológico, económico, político y ambiental, y para sostener al humedal vivo, se diseña la normativa para la 1ra. Sección de islas del Delta Tigre donde se plantea una visión de futuro de las islas basado en el Plan de Manejo Integral del Delta Tigre (2013).



Figura 5. Cartografías II, Delta Tigre, 1ra. Sección delimitación de la norma. Argentina, elaboración propia, 2013.

El objetivo principal del Plan de Manejo es determinar criterios y estrategias de ordenamiento ambiental en el territorio de las islas, normando la construcción y la movilidad dentro del sector isleño.

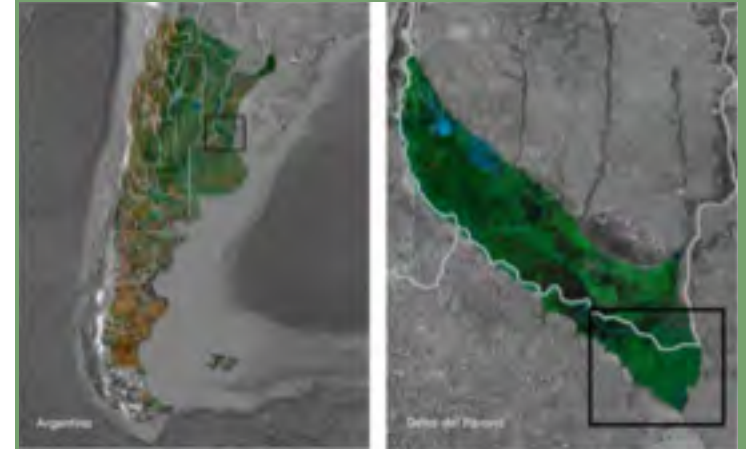
La Unidad Ejecutora del Municipio de Tigre, trabaja sobre objetivos específicos:

- a. Preservar el humedal y el recurso hídrico
- b. Proteger el patrimonio ecológico y cultural
- c. Regularizar la situación dominial de los inmuebles
- d. Incluir e integrar a la población isleña y fortalecer la identidad del Delta
- e. Mejorar las condiciones del hábitat y la salud
- f. Determinar las pautas de localización y modalidades de construcción adecuadas
- g. Mejorar las condiciones de movilidad y accesibilidad
- h. Promover actividades económicas sustentables

Es así que en este caso se analizarán las Normas para la construcción en la localidad Delta de Tigre respecto a tres ejes:

- a. la morfología actual y morfologías futuras;
- b. la actividad económico-productiva: entre las prácticas tradicionales (fruta, mimbre, madera, turismo en sus diferentes formas, agricultura, forestación) y los nuevos condicionamientos de la reglamentación;
- c. Esta investigación se centra en tres categorías de actores: las de los isleños (*carapachos*), la vida al aire libre de las viviendas vacacionales y de los turistas ocasionales locales y extranjeros.

Figura 6. Bajo delta de Paraná, elaboración propia, 2013



Sin embargo, estos territorios con vegetación intrincada, poco accesibles e inundables, desde siempre, han servido de refugio temporal, para personas que escapaban de la ley, traficantes, malhechores, o porque querían simplemente alejarse de la vida urbana, por ej. escritores y artistas encontrando aquí un espacio de inspiración. Asimismo, desde el inicio del siglo XXI, migrantes latinoamericanos de Bolivia, Perú, Ecuador y actualmente, de Venezuela, han instalado en la zona, precarias viviendas consolidando pequeños caseríos que se extienden entre la vegetación en zonas inaccesibles.

Desde el punto de vista de la materialización de la habitabilidad se deberán diferenciar y conciliar los diferentes usuarios, usos permitidos y potenciales del territorio ya que ellos observan diferentes visiones y expectativas sobre el manejo del área. Por su mayor densidad habitacional y por presentar la mayor zona habitada, el área de estudio es la zona Insular del Delta del Tigre (Fig.5).



En primera instancia se abordan los siguientes temas de análisis:

1. Los espacios públicos.
2. La restricción al dominio público-privado: Camino de ribera o de sirga.
3. La materialización de la conectividad insular y la superposición de usos.
4. La construcción de cercos perimetrales en el frente fluvial.
5. Demarcación de límites parcelarios, cotas de nivel y estéticas normativas.

El delta del Paraná es uno de los humedales más significativos de Argentina, compuesto por un mosaico de humedales de agua dulce con 17.500 km<sup>2</sup> de zonas inundables (Fracasi et al, 2017). Las aguas del delta bajan desde el río Paraná, que es el segundo río en longitud en Sudamérica luego del Amazonas, y tiene un caudal de 16.000 m<sup>3</sup>/s. Transporta

sedimentos que aportan los ríos Paraguay y Bermejo, que a lo largo de su recorrido y en especial, en su desembocadura en el Río de la Plata, transforma su constitución generando islas que se conocen como el Bajo delta del Paraná (Kandus et al., 2006). Su frente con la ciudad de Buenos Aires, crece constantemente, y se estima que, en el próximo siglo, el delta y sus islas llegarán a la ciudad de Buenos Aires (Fig. 6). La cercanía a esta gran metrópolis, ejerce una presión especial en el territorio del delta, comparativamente despoblado con el 4 por mil de población respecto a la capital, y de relativamente igual superficie.

El delta tiene una gran diversidad ecológica, el 9.3% de las especies que habitan la región se encuentran en protección nacional o internacional, especialmente el ciervo de los pantanos (*Blastocerus cichotomus*), la pava de monte (*Penelope obscura*) y el lobito de río (*Lontra longicaudis*) (Quintana, 2010).

La 1ra. Sección de islas, también llamada Bajo delta, es la zona más habitada de la región por su cercanía a la ciudad y ha sido una zona agroproductiva y de recreación privilegiada en el último siglo. De esta manera, el delta se ha convertido en un paisaje diverso, con una serie de parches entre naturales y de transformaciones productivas antrópicas. Morfológicamente las islas del delta son transversales al río, (Fig. 7), por acumulación de diversas granulometrías de sedimentos, manteniendo un color terroso en sus aguas y están rodeadas de un albardón que por su nivel son preferencialmente utilizados para los asentamientos de lugares de vivienda.

Figura 7. Formación de islas del delta, diagramas del Plan de manejo. Municipalidad de Tigre. 2013

En el año 2000, fueron declaradas protegidas aproximadamente 90.000 ha. del delta, bajo la denominación de Reserva de Biosfera Delta del Paraná siendo miembro de la Red Mundial MaB-UNESCO que está dividida en tres zonas, la zona principal, de alto interés ecológico, que es de protección del paisaje, fauna y flora; una zona de amortiguación o buffer, para preservación de especies, siendo zona de restauración, y una zona de amortiguamiento donde se permiten ciertas actividades agropastoriles, y de apoyo a la zona núcleo.

### Los espacios públicos

Desde el punto de vista de la habitabilidad se observa entre los usos permitidos la inexistencia de las áreas de uso público en toda la Sección. Se establecen áreas de preservación o protegidas y se omite la categoría espacio público. De esta manera, la normativa se convierte directamente en una herramienta de exclusión normativa de los usuarios en general dejando la categoría de esparcimiento o uso recreativo al ámbito privado, desconociendo el valor que el espacio público tiene en la identidad, y en los derechos de ciudadanía de los habitantes del delta (Braidotti, 2004, Castells, 1997, Harvey, 2012). Asimismo, establece de forma indirecta que el usuario turista, accede al uso recreativo sólo en el espacio privado, a través del pago de una cuota. Un paseo turístico por el área insular, se trata actualmente de realizar un recorrido en lancha, sin acceso público para el desembarco.

### La restricción al dominio público-privado: Camino de ribera o de sirga

La nueva normativa establece un retiro de 15m sobre el frente fluvial:

“... y se entenderá que aunque dicha franja permanece bajo el dominio del propietario, sin pérdida de la titularidad; sufre las restricciones de la legislación vigente y como tal, su reglamentación viene dada por los Art. 2639, 2640 del C.C., en virtud de las razones de interés común por su comportamiento como veredas urbanas que pasan por los frentes de las parcelas vinculando las casas con los embarcaderos, utilizados también como parada por el transporte público”.

El criterio que llevó a la restricción del dominio privado de la costa fluvial, se basa en el Artículo 2639 del Código Civil (ley 12599) que establece el llamado camino de sirga: *“Los propietarios limítrofes con los ríos o con canales que sirven a la comunicación por agua, están obligados a dejar una franja de treinta y cinco metros hasta la orilla del río o del canal, como camino público, sin ninguna indemnización”*.

La decisión de generar una zona de uso compartido público-privado, responde a un uso histórico de borde de ríos de llanura, con diferencias de temporada en el nivel de agua en la provincia de Buenos Aires. Para dar solución a la movilidad del transporte fluvial, en épocas de bajo ni-

vel del río, se estableció un instrumento que determinó un ancho de “camino de sirga” de 35m., específicamente en el Riachuelo de la ciudad de Buenos Aires, en el cual las barcas en épocas de sequía, pudieran ser arrastradas por carros y caballos cuando los niveles de las aguas no fueran suficientes para la navegación.

El retomar el concepto de camino de sirga, instituido en el Código Civil, obliga a los propietarios de las fincas a compartir esta zona que consuetudinariamente ha sido de uso privado, generando tensión en los propietarios de los predios. En el delta, todos los terrenos son lindantes al borde fluvial, en arroyos y esteros, ya que, por la morfología del delta bonaerense, la zona de mayor nivel la constituye el albardón del humedal, por la acumulación de sedimentos, y por lo tanto, es la zona donde se construyen las viviendas.

La materialización de la conectividad insular y la superposición de usos

Desde el aspecto morfológico y de la materialidad, uno de los temas planteados es la materialización de la conectividad insular. Como ejemplo se citan algunos párrafos tanto del Plan de Ordenamiento como del Plan de Manejo del Delta Tigre, zona habitada del bajo delta del río Paraná.

En este sentido, la ordenanza del Plan de Ordenamiento determina la localización de un camino de ribera de dominio privado con restricción en su uso y dice:

“Camino de Ribera o Camino de Sirga a la calle o camino de 15 m. en área urbana, que los propietarios de las parcelas limítrofes con los ríos o con canales que sirven a la comunicación por agua, están obligados a dejar hasta la orilla del río, o del canal, sin ningún derecho indemnizatorio”

Esta situación implica por normativa, la materialización obligatoria de un sendero peatonal de 2.00 m de ancho a lo largo de las islas, donde más allá de que dicha operación nazca de un criterio válido de conectividad peatonal vecinal queda a definir el uso público “limitado” a los propietarios de frentes que den al borde fluvial.

Es manifiesto en la actualidad que el uso de este permiso de paso trae aparejados conflictos entre los isleños y los frentistas, pues el control del adecuado uso y tránsito frente a la propiedad privada queda en manos de los particulares, pudiéndose presentar además casos como fuego, accidentes o permanencia no deseada en áreas que no pueden ser supervisadas efectivamente por organismos de seguridad públicos ni muchas veces por los mismos propietarios con casas de fin de semana.

Por otro lado, este potencial conflicto de usos se agrava con lo expuesto en el Plan de Manejo Integral del Delta Tigre, aprobado el 07-03-2013 donde se agrega que, “los circuitos favorecerán la accesibilidad de los isleños y turistas a los puntos de concentración de equipamientos y servicios comunes” inexistentes por normativa. Además, se recomienda,

*“Introducir un sistema de senderos, pasarelas y estructuras elevadas en determinados sectores de uso público como alternativa para crear conciencia ecológica sobre la importancia del humedal, fomentar la educación medioambiental, facilitar la observación de aves y otras especies, y contribuir con fuerza al ecoturismo, además de crear nuevas oportunidades de encuentro de la población isleña”.*

En principio, cualquier persona que descienda de una embarcación de transporte público o privado puede acceder a toda parcela sobre frente de agua. Asimismo, otro de los aspectos que pudiera afectar a la continuidad propuesta es la materialización de este sendero, ya que existen casos de cambios de nivel por rellenos de construcción sobre el albardón, de trabajos de contención y estabilización, y de arborización existente que deberán ser contemplados.

## La construcción de cercos perimetrales en el frente fluvial

La tendencia de los propietarios de las parcelas localizadas sobre el borde fluvial impulsadas por la Ordenanza, y por dar seguridad frente a extraños en su propiedad, han tendido a la construcción de cercos sobre el frente del río. Históricamente, los frentistas extendieron el uso de sus propiedades hasta el borde del río, sin valla alguna. Sin embargo, la Ordenanza específica la estética de la materialización de los cercos:

“Características de los cercos al frente y de fondo: Emplazados sobre las Líneas de Frente y de Fondo, en caso de ser ejecutados, serán cercos vivos realizados con especies arbustivas autóctonas, pudiendo incorporar tejidos de alambre, enrejados o similares, de altura no mayor de 1,60 m. El D.E. reglamentará las características de los cercos en orden a que no impidan el libre tránsito de la fauna menor autóctona.”

En un escenario futuro, se podría deducir que en ánimo de protección de la propiedad privada los propietarios rea-

Figura 8. Morfologías I, planta parcelamiento del borde fluvial, Plan de Manejo, Municipalidad de Tigre. 2013

Figura 9. Morfologías II, niveles de referencia del borde fluvial, esquema en Plan de Manejo, Municipalidad de Tigre. 2013

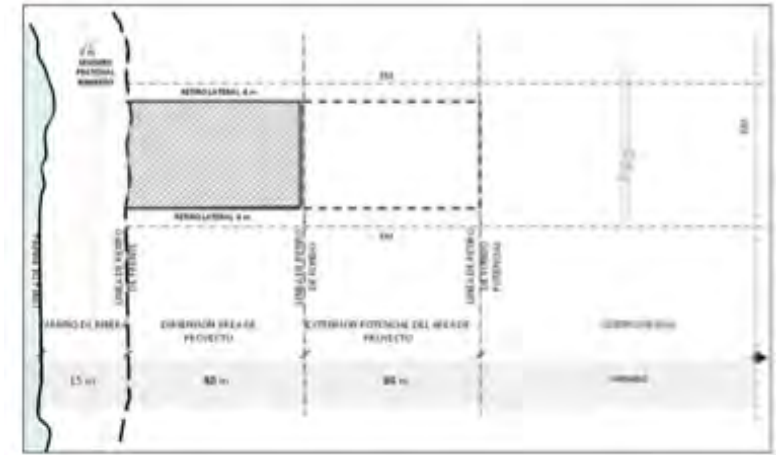






Figura 10. Vivienda flotante, la norma, dibujos en Plan de Manejo, Municipalidad de Tigre, 2013

Vivienda flotante, la norma, dibujos en Plan de Manejo, Municipalidad de Tigre, 2013

1. Abya Yala: en lengua Kuna, significa "tierra madura", "tierra viva" o "tierra de florecimiento" para nombrar a América. Fue utilizado en sentido político por primera vez en la II Cumbre Continental de los Pueblos y Nacionalidades indígenas de Abya Yala en Quito, 2004, construyendo un sentido de unidad y pertenencia.

lizaran cercos, en material vegetal, rejas, mallas metálicas, cercos de ladrillos huecos o similar, de altura máxima de 1.60 m en la línea de frente para limitar acceso o visuales, lo que introduciría un elemento formal que podría tener consecuencias sobre el deterioro de la imagen del paisaje conservada y sobre la fauna y flora del paisaje del Delta.

### Demarcación de límites parcelarios, cotas de nivel y estéticas normativas

En la Normativa de Construcciones para el Delta de Tigre, Anexo I del Código de Edificación de Tigre, se determina que el área de proyecto o área edificable de una parcela típica es "una franja de terreno que ocupa el ancho total del lote y resulta de sustraer el espacio de retiro de frente obligatorio de 15 metros y el espacio de Centro de Islas. Resulta del producto del ancho del lote por una profundidad de 30 metros que se mide a partir del retiro de frente. Están contenidos en esta área los retiros obligatorios laterales y de fondo

en caso de existir. Sobre estas áreas se calcularán el FOT.AP y FOS.AP" (Nota: AP = Área de Proyecto).

Este punto desconoce las particularidades territoriales de los predios del delta. Como frente deltaico y sedimentario, las zonas con la mayor pérdida de terreno por erosión, se verifican en la franja en que se permite la construcción. Como ejemplo se podría citar un caso en estudio de una residencia relevada sobre el arroyo Carapachay, que ha perdido aproximadamente 10 m de frente en los últimos 50 años, de los cuales el 30% se ha producido en los últimos 12 años (Fig. 8). Se estima que el proceso puede haber sido acelerado, entre otros factores, por la intensificación de la navegación a motor sobre el arroyo en la última década. La pérdida de terreno pone en riesgo la seguridad de las viviendas, obligando a los propietarios a realizar intervenciones de prevención para mejorar la resistencia estructural de sus viviendas, en una zona de riesgo.

La limitación del espacio con capacidad de ser construido en un área que conforma un corredor (con los retiros laterales pertinentes) que se miden a 15m de la línea de ribera en el ancho de la parcela por una profundidad de 30m. intensificará el uso de un frágil y riesgoso borde fluvial (Figura. 9). Asimismo, se establece en el documento las materialidades y por ende, la estética de las viviendas a construir (Figura. 10), justificadas por el uso de materiales nobles. Las mismas, se identifican con dos modelos incluidos en la normativa, la vivienda en palafito y la vivienda flotante.

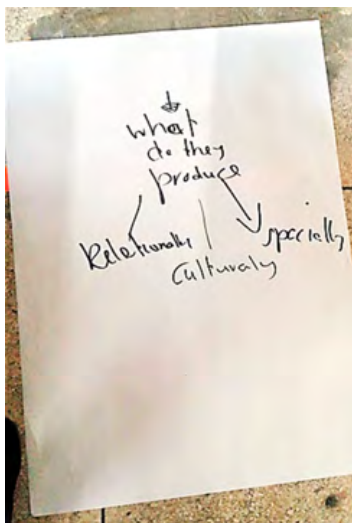


Figura 11. Planteo metodológico Dr. David Harvey, 2015, Quito, Ecuador.

1. Abya Yala: en lengua Kuna, significa "tierra madura", "tierra viva" o "tierra de florecimiento" para nombrar a América. Fue utilizado en sentido político por primera vez en la II Cumbre Continental de los Pueblos y Nacionalidades indígenas de Abya Yala en Quito, 2004, construyendo un sentido de unidad y pertenencia.

## Transversalidades. La teoría crítica latinoamericana: la visión poscolonial

"Nosotros somos un pequeño género humano: poseemos un mundo aparte, cercado por dilatados mares, nuevo en casi todas las artes y ciencias"  
(Simón Bolívar, Carta de Jamaica, 1815)

Dicho en clave cultural, Latinoamérica y el Caribe son la América indígena, europea y africana, que forma la América *mestiza* como escribió José Martí, bajo una misma lengua, sin jerarquizar el hecho biológico, sino el importante entrecruzamiento cultural que implica (Fernández Retamar, 2012).

La teoría crítica latinoamericana desde inicios del siglo XXI, trata de explicar e interpretar procesos locales y regionales configurados desde las acciones globales. Describe la trayectoria del capitalismo contemporáneo en la región y su función estratégica en la cultura material tangible y no material, ideas, pensamientos, símbolos, tradición moderna, sin querer hacer un recorrido exhaustivo sino que sirva a la comprensión del estudio de caso planteado, donde se visibiliza la coexistencia de múltiples mundos, sometiendo a las estrategias no explicadas en la cosmovisión europea-blanca-patriarcal, a la invisibilidad, *sociología de las ausencias*, y a la desvalorización de las alternativas diseñadas en los territorios por la defensa de la justicia social en sus espacios de vida, *sociología de la emergencia* (Escobar Baños, 2019).

Maristella Svampa (2016) abre la lectura de América Latina en las últimas décadas desde cuatro ejes: los movimientos sociales, el cuestionamiento de la visión hegemónica signada por el extractivismo, la figura de la dependencia de la región latinoamericana, y el retorno de los populismos. Cuando se habla de los movimientos sociales y de las acciones de los de abajo, sean estas comunidades o grupos de interés local, es importante advertir la desvalorización a la que son sometidas las estrategias sociales que proponen, las que seguirán registrándose de esta manera, hasta que las estrategias y logros se aprecien a través de nuevas lecturas y valores, y se diseñen nuevas formas de medir el éxito, reconociéndose las voluntades de los pueblos que constituyen Abya Yala<sup>1</sup> en sus propias categorías de éxito y bienestar (Walsh, 2009).

Las alternativas al desarrollo (Gabbert y Lang, 2019), deberán reinscribirse en lo que se debería profundamente cambiar, fuera de las exigencias establecidas dentro del propio sistema dominante (empleo remunerado, ingreso monetario, crecimiento económico medible) y revalorizar las estrategias territoriales comunitarias como el trueque, la seguridad alimentaria, las estrategias de cuidado y relacionamiento comunitario, la familia extendida, y el conocimiento ancestral en estrategias de salud y educación de la propia cultura (Dazzini Langdon y Viola, 2020).

En el año 2015, en un Taller integrado por comerciantes del Mercado San Roque académicos, y técnicos en la ciudad de Quito, junto a Dr. David Harvey (2012, 2008,

2007) se planteaba una metodología de abordaje para la comprensión de las redes socio-económicas-culturales que se vivencian en los territorios delimitando espacialmente los espacios de poder, bajo tres líneas de estudio: ¿Qué se produce? relacionalmente, culturalmente y económicamente (Fig. 11).

Sin embargo, este tipo de diagnósticos deben ser insertados en contextos socio-político-económicos a diversas escalas, pues los planteos de direccionar las acciones y responsabilizar a las comunidades de los éxitos o fracasos de sus intervenciones, a través de la construcción de estrategias comunitarias locales, plenamente válidas, no contempla que los logros de las mismas dependen directamente de los sucesos territoriales regionales y globales que enmarcan los límites del *progreso*, y de la desequilibrada balanza de la desigualdad de género bajo el sistema patriarcal postcolonial existente. Los procesos, se limitan desde la esfera de sus derechos fundamentales ante la inequidad estructural en la que está inserta, tales como el acceso a la información, una vivienda digna, servicios de agua potable, saneamiento, salud y educación, como al reconocimiento efectivo de las estrategias para la legalización de sus propios territorios, los que generalmente persisten dependientes del sistema de asistencia financiera de los gobiernos de turno (Dazzini Langdon, 2020, 2019, Segato, 2003).

Estos procesos se han descrito desde categorías críticas como la del buen vivir (*Sumak Kawsay*), estado pluri-nacional, bienes comunes, derechos de la naturaleza, tareas

de cuidado, (neo)extractivismo, y otras, que piensan la relación entre economía, sociedad, naturaleza y política (Svampa, 2016).

Dice Humberto Maturana en entrevista (Pais, 2019), “Lo central es mirar el modo de vivir entre las distintas clases de seres vivos y eso contesta la pregunta de qué es estar vivo: no es la vida como una entelequia, sino que es la vida o el vivir como un proceso” agregando: “Los seres vivos somos sistemas autopoieticos moleculares, o sea, sistemas moleculares que nos producimos a nosotros mismos, y la realización de esa producción de sí mismo como sistemas moleculares constituye el vivir”. Ciertamente, esta definición de la vida que plantea el biólogo y profesor chileno, descarta las categorías estáticas y las asocia al territorio habitado permitiendo configurar un acercamiento real a los modos de vida de las comunidades (Maturana y Dávila, 2019).

El tiempo transcurrido desde mi primera aproximación a los estudios de las formas de habitar en comunidades fluviales pone a reflexión las lecciones aprendidas y amplía mi mirada, deconstruyendo la propia aproximación a las comunidades en estudio, cambiando la distancia de mi acercamiento tanto física, política-filosófica y emocional, como mujer académica.

A cuatro años de in-habitar la comunidad de isla Santa Rosa (Ecuador), he retornado a revisar los estudios de campo en las islas del Tigre, Bajo delta del Río Paraná, en 2018-19, caminando sus pasos, navegando sus

vidas, c nuevas formas de acercamiento y así intentar arribar a la comprensión de los por qué y cómo una comunidad diseña y construye sus espacios de vida.

Santa Rosa, como muchas comunidades del manglar de la Reserva Ecológica Manglares Cayapas-Mataje en Ecuador, es una comunidad de supervivencia. En estas tres palabras intento significar la emergencia por resolver el día a día, por la obtención y provisión de sustento físico y emocional de muchas familias y la necesidad de compartir cooperativamente las actividades diarias con la familia extendida y el grupo. En el delta de Tigre, las presiones geopolíticas y urbanas, ponen en riesgo de igual manera la supervivencia de los más vulnerables por su cercanía a la ciudad de Buenos Aires, y la presión que el mercado inmobiliario ejerce sobre estas tierras “vírgenes” en constante crecimiento y con insuficiente normativa y control para evitar acciones de irrespeto con los isleños y sus actividades productivas, como con el territorio vivo.

En ambos estudios de caso, los espacios femeninos están invisibilizados, sin embargo, son efectivamente las mujeres, quienes, a través de las tareas de cuidado cotidianas, de los hijos, de los mayores, de la familia en general, y de la gestión ante las autoridades, sostienen la vida isleña. Las acciones de los gobiernos locales sirven a restaurar, fortalecer y a reproducir los espacios del poder dominante, ya que son los que tienen el acceso a la representación y al poder local, regional e internacional. Esto se muestra no sólo, en las permanentes acciones materiales que los consolidan, sino en

el fortalecimiento de los sistemas que inhiben o neutralizan las voces de los y las vulnerables a través de la limitación o el manejo negligente de los servicios básicos, agua, saneamiento, electricidad, comunicación o de educación y salud. “... el reconocimiento cínico de una situación mundial injusta no apunta a un déficit de saber sino a una corrupción del querer. Aquellos que mejor podrían saberlo no quieren comprender” (Habermas, 2002).

Las comunidades isleñas de Tigre, el bajo delta del Paraná, plenas de limitaciones de servicios, comunicación fluvial y de infraestructuras para sostener una vida sana y digna, renueva la mirada en un territorio en conflicto presionada por grandes emprendimientos inmobiliarios que comprometen su presencia, y apoyados por la norma, buscan convertir estas tierras inundables en tierras edificables y de alta plusvalía. La estrategia habitual es que los grandes capitales de inversión inmobiliaria, inician directamente las acciones sobre el terreno que desean, con maquinarias pesadas, con gran capital y celeridad en las acciones. Los pobladores, son impulsados a abandonar de buena voluntad los terrenos, sino comienzan los incendios *casuales* (relatos recogidos en la página de la red social Facebook Foro vecinal Delta). Los grupos de poder inmobiliario, esperan que sus obras sean detenidas, para lo cual pasarán unos meses o años donde continuarán los trabajos, y llegará la inhibición de continuar las construcciones, pero hasta tanto los endicamientos ya están consolidados, y se utilizará el tiempo del proceso, que podrá durar mínimo dos a tres años, para que el mismo río construya las nuevas islas en base a

los muros de contención realizados. Es cuestión de tiempo, dinero y paciencia.

Las representaciones cambian, sin embargo, los habitantes desposeídos son los mismos, mujeres, niños y niñas pobres y vulnerables que habitan territorios poco conocidos. Las preguntas: ¿cómo los discursos y poderes regionales impactan en su cotidianeidad?, ¿se podría ensayar la comprensión de las profundas redes que tejen sus vidas a través de discursos socio-político-ambientales? La omisión de la deconstrucción de los discursos postcoloniales y patriarcales continúa profundizando las dicotomías, y las prácticas arquitectónicas dominantes se perpetúan consolidando la desigualdad. Los diseñadores son contratados para realizar un proyecto habitacional privado, y desconocen los procesos socioeconómicos-ambientales del lugar, dado que se considera a la arquitectura y al diseño arquitectónico bajo exclusivas ópticas de arte y/o ambiental no “contaminada” con temas políticos. Sin embargo, cada línea trazada en un plano, deja dentro a algunos y fuera a otros. Hacemos diariamente política del habitar privado y comunitario, asépticamente.

La academia tiene un rol significativo que jugar. En los últimos diez años, se revela una aceleración epistémica, donde las ciencias sociales se piensan con lo ambiental. Se plantea un materialismo diferente, un nuevo momento, lo posthumano (Braidotti, 2013, Harari, 2015, 2011). Rem Koolhaas premio Pritzker año 2000, en su discurso de aceptación del premio dijo: “A no ser que rompamos con la arquitectura real y reconocida como una forma de pensar sobre cualquier

cuestión, desde lo más político hasta lo más práctico, y logremos desprendernos de la eternidad para ocuparnos de asuntos concretos y actuales, como ser de la pobreza, la desaparición de la naturaleza, la arquitectura no va a sobrevivir hasta el año dos mil cincuenta.” abriendo la puerta desde su propia participación política en Europa y dirigiéndose a todos los arquitectos y arquitectas del mundo en un llamado a la toma de conciencia y a la participación política en sus ámbitos de trabajo (Letra Urbana, 2000).

Una relectura donde el hombre, entendido como sistema patriarcal, blanco, joven, masculino, deja de ser el punto necesario de referencia y se ensaya la inclusión de los que hasta el momento estuvieron fuera, mujeres, niños, niñas, sexo-diversidades, discapacidades y todos los seres vivos, planteando, además, la cuestión animal. Bajo este último pensamiento, se replantean cada una de las relaciones que lo humano ha establecido con distintos agentes, cuestionando la jerarquía de las especies orgánicas, plantas, animales, bacterias o inorgánicas, tecnológicas (cyborgs) revisando el derecho humano reivindicado hasta la actualidad de tomar la vida de otros seres, tema vinculado íntimamente con un contexto de innovación tecnológica de última generación (Haraway y Goodeve, 2000, Braidotti, 2013).

A las puertas de la cuarta revolución industrial y de la quinta extinción del planeta, (Fig. 12) se comienza a pensar y a vivenciar la convergencia, la inclusión. La academia deberá incorporar la palabra “política” en sus pensum de estudios. Por ej. Políticas públicas y privadas del hábitat,





Figura 12. ¿Qué tipo de posthumanos decidimos ser los arquitectes?

la biopolítica del hábitat, y algunos otros. El reto consiste en tomar las oportunidades para generar vinculaciones nuevas, fortaleciendo la estructura comunitaria y la equidad para sentar bases de una cultura de paz (Braidotti, 2013, Segato 2003, Svampa, 2016), lo que es una tarea transdisciplinar e intrageneracional que debemos abordar como Academia, desde nosotros aprender a trabajar juntos, generando nuestras propias innovadoras metodologías de abordaje a los territorios. Ya no, desde CADA disciplina, sino juntos. Deseo que esta investigación, sea un aporte a la comprensión de un círculo abierto. El valor máspreciado en Latinoamérica es la comunidad que habita paisajes y construye la unidad cultural naturalezas-cultura, tal vez fraccionada, tal vez golpeada, pero no rota. Con gran esperanza y aspiraciones ilimitadas, este texto quiere ser un llamado a concertar y a compartir las búsquedas basadas en la responsabilidad que nos toca, como técnicos, como académicos, como seres humanos, revisando el impacto que nuestro vivir en el planeta aporta en las diversas escalas donde los procesos se desarrollan y realizar las acciones conscientes y reflexionadas que contribuyan a posicionarnos, a repensar y sentir nuestros territorios y la relación que establecemos entre nosotros y nuestro paisaje, trayendo a la mesa la pregunta, **¿qué tipo de posthumanos decidimos ser los arquitectes?**



## Bibliografía

**Barbault, R.** (2011). 2010: A new beginning for biodiversity? *Comptes Rendus Biologies*, 334(5-6), 483-488.

**Barbier, E., Acreman, M., y Knowler, D.** (1997). Valoración económica de los humedales: Guía para decisores y planificadores. Gland, Suiza: Oficina de la Convención de Ramsar.

**Braidotti, R.** (2004). *Feminismo, diferencia sexual y subjetividad nómada*. Barcelona: España, Ed. Gedisa.

**Braidotti, R.** (2013). *Lo posthumano*. Cambridge: Inglaterra, Polity Press.

**Bó, R., Quintana, R., Courtalón, P., Astrada, E., Bolkovic, M.L., Lo Coco, G. y Magnano, A.** (2010). Efectos de los cambios en el régimen hidrológico por las actividades humanas sobre la vegetación y la fauna silvestre del Delta del Río Paraná. En: *endicamientos y terraplenes en el Delta del Paraná*. Blanco y Méndez, edit. Buenos Aires: Argentina.

**Caamaño, S.** (2020). Incendios en el Delta: Isleños y humedales en peligro. Instituto de Investigación e Ingeniería ambiental. En *Noticias UNSAM*. Buenos Aires: Argentina. <https://noticias.unsam.edu.ar/2020/08/13/incendios-en-el-delta-islenxs-y-humedales-en-peligro/>

**Castells, M.** (1997). *The power of Identity*. Malden, MA, USA: Blackwell.

**Dazzini Langdon, M.** (2020). Paisajes in-habitados: justicia socio-espacial en comunidades vulnerables. En *Libro CIVITIC III*. Loja: Ecuador

**Dazzini Langdon, M.** (2019). Méthodologie de planification de scénarios pour la résilience et l'équité de genre. REMACAM, Équateur. En *Revista FCLL PUCE*. Facultad de Comunicación Lingüística y Literatura PUCE. Francés-español.

**Dazzini Langdon, M.** (2017). *Felicidad, bienestar, y áreas verdes en Centros de Salud*. Buenos Aires: Argentina. Edit. Anuario AADHAI. ISSN 2344-9993

**Dazzini Langdon, M., Córdoba, S., Kogushi, K., Paz, R. y Pérez, N.** (2020). Re-visitando lugares en la ciudad deseada: Lineamientos de diseño joven de espacio público en el sector universitario, Quito. *Revista CIVITIC-FLAC-SO*. Quito: Ecuador.

**Dazzini Langdon, M. y Viola, C.** (2020). Género, Manglar y Resiliencia: Investigación Acción Participativa PUCE. *Revista de vinculación con la comunidad PUCE*. Publicaciones PUCE.

**Donato, D., Kauffman, B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M., y Kanninen, M.** (3 de abril de 2011). Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience*, 4, 293-297.

**Diario La Nación**, (2010, diciembre, 28). El Delta está en juego. <https://www.lanacion.com.ar/editoriales/el-delta-esta-en-juego-nid1336877/>

**Escobar Baños, J.** (2019). Reinventando la emancipación. Desde Boaventura de Sousa Santos a Paulo Freire. *AKADEMOS*, 53-60. <https://doi.org/10.5377/akademos.v2i31.8186>

**Espinoza, G.A.** (2005). Evaluación de proyectos de desarrollo institucional: un análisis comparativo / Guillermo Espinoza p.cm. (BID. Banco Interamericano de Desarrollo, Sustainable Development Department Technical papers series; E NV-142). Washington, DC: USA.

<https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Evaluaci%C3%B3n-de-proyectos-de-desarrollo-institucional-Un-an%C3%A1lisis-comparativo.pdf> Fernández, R. (2012). *Arquitectura y ciudad: del proyecto al eco-proyecto*. Buenos Aires, Argentina: Nobuko.

**Forman, R. T. T. y Gordon, M.** (1986). *Landscape Ecology*, Edit. Wiley, Chichester.

**Foucault, M.** (2002). *Vigilar y castigar: nacimiento de la prisión*. Buenos Aires, Argentina: Siglo XXI.

**Fracasi, N., Pereira, J. Mujica, G., Hauri, B. Quintana, R.** (2017). Estrategias de conservación de la biodiversidad en paisajes forestales del bajo delta del Paraná: Uniendo a los actores clave de la región. *Mastozoología Neotropical*, 24(1):59-68, Recuperado de: <http://www.sarem.org.ar>

**Gabbert, K. y Lang, M.** (2019). ¿Cómo se sostiene la vida en América Latina? Quito, Ecuador. ISBN: 978-9942-09-649-4

**Habermas, J.** (2002). El futuro de la naturaleza humana. ¿Hacia una eugenesia liberal? Barcelona: España, Edit. Paidós.

**Harari, Y.** (2015). *Homo Deus: Breve historia del mañana*. Edit. Debate.

**Harari, Y.** (2011). *Sapiens. De animales a dioses: Breve historia de la humanidad*. Edit. Debate.

**Haraway, D. y Goodeve, T.** (2000). *How like a leaf*. Edit. Routledge. New York: USA,

**Harvey, D.** (2012). *Ciudades rebeldes: Del derecho a la ciudad a la revolución urbana*. Madrid, España: Akal.

**Harvey, D.** (2008). El derecho a la ciudad. *New Left Review*, (53), 23-39.

**Harvey, D.** (2007). De la gestión al empresarismo: la transformación de la gobernanza urbana en el capitalismo tardío. En *Espacios de capital. Hacia una geografía crítica*. Madrid, España: Akal.

**Hernández, M. E.** (2010). Suelos de humedales como sumideros de carbono y fuentes de metano. *Terra Latinoamericana*, 28(2), 139-147.

**Hirsh, T.** (2010). *Global biodiversity outlook 3*. Montreal, Quebec, Canada: Secretariat of the Convention on Biological Diversity.

**Howard, J., Hoyt, S., Isensee, K., Telszewski, M., Pidgeon, E.** (eds.) (2014). *Coastal Blue Carbon: Methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrasses*. Conservation International, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, International Union for Conservation of Nature. Arlington, Virginia, USA.

**Irastorza Vaca, P.** (2006). Integración de la ecología del paisaje en la planificación territorial Aplicación a la comunidad de Madrid. Madrid, España.

**Lawton, J.** (1999). Are There General Laws in Ecology? *Oikos*, 84(2), 172-192

**López, I., Giusso, C., Juárez, M. L., Rotger, D., y Velazco, E.** (2013). El Paisaje en el Gran La Plata: Ordenamiento, diseño y gestión (estrategias y escalas de intervención). *Revista de La Asociación Argentina de Ecología de Paisajes*, 4(2), 149-156. Aplicación a la comunidad de Madrid. Madrid, España.

**Kandus, P., Quintana, R., y Bó, R.** (2006). *Patrones de paisaje y biodiversidad del Bajo Delta del Río Paraná. Mapa de ambientes*. Buenos Aires, Argentina: Pablo Casamajor.

**Matteucci, S.** (2008). *Ecología Regional y del Paisaje*. Buenos Aires: UBA.

**Maturana, H. y Dávila, X.** (2019). *Historia de nuestro vivir cotidiano. Evolución del cosmos que aparece cuando explicamos nuestro vivir con nuestro vivir*. Edit. Paidós.

**Municipalidad de Tigre.** (2011). Plan de Manejo del Delta de Tigre. Ord.3178, Dec. 696. Buenos Aires, Argentina.

**Municipalidad de Tigre.** (2013). Normas para la construcción de la localidad Delta del Tigre. Ord. 3345, Dec. 178. Buenos Aires, Argentina.

**Municipalidad de Tigre.** (2013). Ordenamiento Territorial Particularizado para la localidad Delta de Tigre. Anexo I. Código de Zonificación del Partido de Tigre. Ord. 3344, Dec. 177. Buenos Aires, Argentina.

**Municipalidad de Tigre.** (2013). Plan de Manejo del Delta de Tigre. Ord. 3343, Dec. 176. Buenos Aires.

**Pais, A.** (2019, enero,23). La autopoiesis de Humberto Maturana, la definición de vida del biólogo chileno que hizo reflexionar hasta al dalái lama. [BBC Noticias]

<https://www.bbc.com/mundo/noticias-46959865>

**Power, M., Tilman, D., y Estes, J.** (1996). Challenges in the Quest of Keystones. *Bioscience*, 46(8), 609-620.

**Quintana, R, Villar, M.V, Astrada, E., Saccone, P. y Malzof, S.** Edis. (2011). El patrimonio natural y cultural del Bajo Delta Insular del Río Paraná: bases para su conservación y uso Sostenible. Edit. Aprendelta. Buenos Aires: Argentina.

**Quintana, R.** (2010). Criterios técnicos para la conservación de humedales. *Wetlands International Latinoamérica y el Caribe*. <https://lac.wetlands.org/publicacion/criterios-tecnicos-la-conservacion-humedales-dr-ruben-quintana/>

**Romero, C., y Morláns, M. C.** (2007). Aportes más significativos de la Ecología de paisajes a la ciencia del paisaje. Catamarca, Argentina: Científica Universitaria, Universidad Nacional de Catamarca.

**Segato, R.** (2003). Desigualdad de género. Edit. Universidad Nacional de Quilmes. Buenos Aires: Argentina.

**Svampa, M.** (2016). Debates Latinoamericanos, Indianismo, Desarrollo, Dependencia, Populismo. EDHASA: Buenos Aires, ISBN: 978-612-47609-3-8.

**Turner II, B., Kasperson, R., Matson, P., McCarthy, J., Corell, R., Christensen, L., et al.** (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(14), 8074-8079.

**Walsh, C.** (2009). Interculturalidad, Estado, Sociedad. Luchas (de)coloniales de nuestra época. Quito: UASB/Abya Yala,

# La acuicultura ecológica: una alternativa a la explotación de los recursos bioacuáticos del manglar en la Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje REMACAM

Gabriel Modesto Durán Cobo

Biólogo. MSc. en Ciencias del Mar. Profesor Agregado I. Cátedra de Acuicultura de la Carrera de Biología Marina. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. PUCE – Sede Manabí, Ecuador.

## Palabras clave:

Acuicultura, comunidades del manglar, especies nativas, preservación de la biodiversidad, Santa Rosa

## Keywords:

Aquaculture, Mangrove communities, Native species, Preservation of communities, Santa Rosa.

*La acuicultura ecológica consiste en un sistema de producción realizado en armonía con el ambiente, contribuyendo con la preservación de la biodiversidad y recursos naturales, mediante aplicación de normativas exigentes acerca de bienestar animal y de conformidad con las preferencias de los consumidores de los productos, gestionados a partir de sustancias y procesos naturales. De otro lado, la explotación legalmente permitida o no de los recursos bioacuáticos de estuarios y bosques de manglar como la reserva ecológica manglares Cayapas Mataje (REMACAM) donde se ubica la comunidad de Santa Rosa, cuyos integrantes, limitan su sustento en la explotación de especies bioacuáticas de la reserva, indicando la necesidad de incentivar actividades económicas alternativas que contribuyan al bienestar común sin afectar a la biodiversidad del entorno. Por lo cual, se elaboró el presente documento en el cual se 1) define la acuicultura ecológica, 2) brindar una breve revisión literaria acerca de los bosques de manglar del Ecuador, características y amenazas, la creación de la REMACAM, 3) describe la comunidad de Santa Rosa refiriéndose a su economía, 4) plantea la propuesta de incentivar la acuicultura ecológica como alternativa a la explotación de especies bioacuáticas de la reserva con especies nativas como la concha prieta (*Anadara similis* y *A. tuberculosa*), el camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*), los cangrejos del manglar (de géneros *Cardisoma* y *Ucides*) y peces preferiblemente omnívoros, considerando 5) presentan tecnologías acuícolas a implementar y 6) factores determinantes del éxito e impacto de la propuesta..*

*Organic aquaculture is defined as an aquaculture kind of production system whose practices are carried out in harmony with the environment, contributing to the preservation of biodiversity and natural resources, through the application of stringent animal welfare regulations and in accordance with consumer preferences of products managed from natural substances and processes. On the other hand, the legally permitted exploitation of the bio-aquatic resources of the estuaries and mangrove forests such as the Cayapas Mataje Mangrove Ecological Reserve (REMACAM) where the community of Santa Rosa is located, whose members, mangrove dwellers, limit their livelihoods in the exploitation of bio-aquatic species at the reserve, indicating the need to incentivize alternative economic activities that contribute to the common well-being without affecting the biodiversity of the environment. Therefore, this document was prepared in which in addition to 1) defining organic aquaculture, 2.) is presented a brief literary review of mangrove forests in Ecuador, their characteristics and threats, the creation of the REMACAM, 3.) is described the community of Santa Rosa, referring to its economy, 4.) the proposal is proposed to encourage organic aquaculture as an alternative to the exploitation of bio-aquatic species of the reserve with native species such as shells (*Anadara similis* and *A. tuberculosa*), white shrimp (*Litopenaeus vannamei*), mangrove crabs (of *Cardisoma* and *Ucides* genera) and omnivorous fishes, considering 5.) the aquaculture technologies to be implemented, and 6.) the determinants of the success and impact of the proposal.*

## El concepto de la acuicultura ecológica

De acuerdo con la FAO (2014), la acuicultura se define como la intervención del hombre en una o más etapas del ciclo de vida de peces, moluscos, crustáceos y vegetales acuáticos para mejorar su producción, a través de un sistema de cultivo. También se extiende a anfibios y reptiles acuáticos como los cocodrilos (Bazalar, 2011; FAO, 2018; Pérez y Escobedo-Galván, 2007).

De este concepto se deriva el de acuicultura artesanal, que hace referencia a la práctica en granjas con dimensiones de espejo de agua y poblaciones de cultivo relativamente pequeñas, con un bajo nivel de intervención humana debido principalmente a limitaciones financieras para invertir en tecnificar la producción, y el de acuicultura de subsistencia, en el cual el producto es consumido o comercializado según las necesidades de la familia del acuicultor (COFI-FAO, 2011).

De este concepto se deriva el de acuicultura artesanal, que hace referencia a la práctica en granjas con dimensiones de espejo de agua y poblaciones de cultivo relativamente pequeñas, con un bajo nivel de intervención humana debido principalmente a limitaciones financieras para invertir en tecnificar la producción, y el de acuicultura de subsistencia, en el cual el producto es consumido o comercializado según las necesidades de la familia del acuicultor (COFI-FAO, 2011).

Por otro lado, la ecología ha sido definida (Smith y Smith, 2007), como la ciencia que estudia las relaciones entre los seres vivos y el medio que habitan, siendo muchas veces el término *ecológico* empleado para referirse a algo que es amigable con el ambiente. De este modo, se ha definido el concepto de Acuicultura ecológica (CEE 2007) refiriéndose a aquel sistema de producción acuícola cuyas prácticas se realizan en armonía con el ambiente donde se ubica el proyecto acuícola, contribuyendo con la preservación de la biodiversidad y los recursos naturales, mediante la aplicación de normativas exigentes acerca de bienestar animal y de conformidad con las preferencias de los consumidores de los productos gestionados a partir de sustancias y procesos naturales. La misma que tiene de acuerdo a los reglamentos CEE 834/2007 y CEE 710/2009, y el instructivo de la producción ecológica de la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD, 2013) como principio fundamental la explotación sostenible de las especies y se basa en:

- La ausencia de deterioro del medio en el que se ubican las explotaciones.
- La utilización de agua sin contaminantes.
- La preferencia por el policultivo.
- La ausencia de organismos genéticamente modificados, ni en insumos ni en los propios organismos cultivados.
- La baja densidad de cultivo.
- El mantenimiento del comportamiento típico de las especies.
- La Sanidad animal basada en medidas de prevención más que en medicación.

- El uso del oxígeno para mejora del bienestar animal.
- La alimentación basada en pienso de fuentes sostenibles, sin productos químicos de síntesis
- El bienestar animal.
- Producir un alimento de calidad, con todas las garantías sanitarias.
- Producir a través de un sistema de gestión sostenible que respete los os sistemas y ciclos de la naturaleza, mantenga y mejore la salud del suelo, el agua, las plantas y los animales y el equilibrio entre ellos.
- Contribuir a un alto nivel de diversidad biológica.
- Hacer un uso racional de los recursos agua y suelo.
- El no uso de factores de crecimiento o aminoácidos sintéticos.
- El empleo de fitoterapéuticos y homeopáticos, sales minerales y estimuladores del sistema inmune antes que los alopatéticos en el tratamiento de enfermedades.

## Los manglares en el Ecuador

El manglar ha sido definido como un bosque anfibio de árboles y arbustos establecidos en humedales salobres afectados por las mareas, que crecen en sustratos arenosos o fangosos, cenagosos, a veces a orillas de los ríos, de naturaleza leñosa, que exhiben tolerancia a las variaciones de la salinidad, propios de las costas de países ubicados en latitudes tropicales o subtropicales (Bodero 2005; Dawes 1991; MAE – FAO 2014).

En el Ecuador estos bosques se extienden a lo largo de la costa, interrumpidos por elevaciones montañosas

que originan bosques secos, desde el norte de la provincia de Esmeraldas hasta el sur de la provincia del oro, siendo predominantes en los estuarios de los ríos que tributan sus aguas al océano, como los ríos Mataje y Cayapas en Esmeraldas, Chone y Carrizal en Manabí, Manglaralto, Valdivia y Palmar en Santa Elena, el delta del río Guayas y las márgenes litorales del golfo de Guayaquil, sus esteros e islas en las provincias de Guayas y El Oro.

Los manglares representan una zona de alto valor ecológico al proveer protección a las costas, contribuir a la biodiversidad al constituirse como área de desove de muchas especies de peces y crustáceos del mar y de los ríos, además de hábitat permanente de otras más especies de peces, moluscos y crustáceos, hábitat temporal de aves migratorias y permanente de muchas otras especies.

Cornejo (2014) afirma que, desde la colonización española, los manglares han sido objeto de explotación, primero por la extracción de la madera de los troncos, empleada para la construcción de puentes y muelles, de embarcaciones, de casas, columnas y paredes; la madera de las ramas, para la fabricación de carbón y la corteza para la extracción de los taninos.

En adición a lo anterior, el manglar ha sido afectado también por la expansión urbana al talar y rellenar para construir urbanizaciones ilegales, por la expansión de la agricultura y cría al deforestar y cultivar pastizales para ganadería, cocoteros o construir estanques camaroneros. Se estima una pérdida de al menos 80.000 hectáreas de terrenos de





manglar a causa de la expansión agrícola y acuícola, siendo desde 1986 declarados bosques protegidos (FAO 2005).

Esta declaración dio pie a que, en 1994 el estado ecuatoriano creara la Reserva Ecológica Manglares Cayapas – Mataje, (MAE 2008), donde se ubican comunidades como la de Santa Rosa, a unos 30 minutos de Limones, en el extremo oeste del estero Santa Rosa.

### La Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje REMACAM

La REMACAM fue creada en 1994, a través del decreto ejecutivo DE-052, con una extensión inicial de 51.300 hectáreas (actualmente 47.321 ha). Está localizada al noroccidente de Ecuador, en la provincia de Esmeraldas –entre La Tola, Borbón y el río Mataje– y limita con la frontera colombiana, en la costa del Pacífico (figura 1) y son sus

Figura 1.- Ubicación de la Reserva Ecológica Manglares – Cayapas en el territorio ecuatoriano (elaborada a partir [www.arcgis.com](http://www.arcgis.com)).

coordenadas: 1°12'29" Latitud Norte y 79°03'36" Longitud Oeste al sur de la población de "Olmedo", frente a la costa pacífica; 1°05'02" Latitud Norte y 78°59'22" Longitud Oeste al norte de la población "La Perlita"; 1°27'57" Latitud Norte y 78°52'52" Longitud Oeste al noroccidente de la población de "El Brujo", frente a la costa pacífica; y 1°23'24" Latitud Norte y 78°76'48" Longitud Oeste, al sur de la población de "Campanita".

Según información publicada en la página web del Ministerio del Ambiente del Ecuador ([www.ambiente.gob.ec/reserva-ecologica-manglares-cayapas-mataje/](http://www.ambiente.gob.ec/reserva-ecologica-manglares-cayapas-mataje/)) la reserva constituye una zona estuarina integrada por un sistema de esteros y canales sumados a los ríos Mataje y Cayapas, que vierten sus aguas al mar en esta zona. La zona se caracteriza por una vegetación de bosques siempre verdes con predominio de árboles de mangle y hierbas asociadas a suelos inundables, propios de sitios lacustres, lo cual da lugar a un ecosistema de humedales marinos.

### La comunidad de isla Santa Rosa

Desde octubre de 2017 a través del proyecto de vinculación con la colectividad de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador he visitado la comunidad de Santa Rosa al interior de la REMACAM. Esta comunidad está conformada por hombres y mujeres que derivan su sustento de los recursos del manglar principalmente a través de la pesca artesanal y la captura de moluscos bivalvos que son comercializados en poblaciones cercanas. Algo evidente al llegar a Santa Rosa



son las multitudes de infantes, entusiasmados por la llegada de forasteros dispuestos a contribuir de algún modo con el bienestar de su comunidad, además, las condiciones de precariedad por tener acceso limitado a las horas de pleamar cuando en el tramo sur del estero, que atraviesa un sector boscoso se vuelve navegable.

Esta comunidad de Santa Rosa está ubicada en la Isla del mismo nombre, margen noroccidental del estero del mismo nombre (figura 2), siendo parte del cantón Eloy Alfaro y sus coordenadas son 1°19'34" Latitud Norte y 78°53'32 Longitud Oeste.

Santa Rosa es una especie de población anfibia, construidas sobre una playa de inundación, la mayoría de sus casas, sobre plataformas de vigas y tablas, elevadas unos 50 o más centímetros del suelo que permanece seco durante las horas de bajamar.

Figura 2.- Imagen satelital de la comuna Santa Rosa, con el muelle de acceso sobre las aguas del estero del mismo nombre (elaborada a partir [www.arcgis.com](http://www.arcgis.com)).

## Un diagnóstico rápido de esta comunidad deja ver claramente:

1. Que los pobladores de Santa Rosa limitan sus ingresos a la oferta natural de recursos bioacuáticos como las conchas, moluscos del género *Anadara* de importancia comercial debido a su alta aceptación en la gastronomía ecuatoriana que son capturadas por las mujeres, organizadas como asociación de recolectoras; como los camarones penéidos y peces de diferentes especies y familias zoológicas, que son obtenidos durante faenas de pesca artesanal por parte de los hombres.

2. Que la oferta natural de estos recursos es variable debido a factores diversos de orden hidrológico como los cambios de la temperatura del mar, las variaciones de las corrientes marinas y la fisiología misma de los organismos, también por la presión que se ejerce a los recursos, pues la falta de pesca lleva a los hombres a practicar también la recolección de conchas.

3. Que es necesario incentivar la práctica de actividades económicas y de producción de alimentos, alternativas a la recolección de conchas y pesca de especies silvestres, evitando la afectación a la biodiversidad y patrimonio genético que constituye la REMACAM.

## La propuesta a plantear

Dicho lo anterior, se plantean las prácticas de acuicultura ecológica como una alternativa para esta comu-

nidad de manera que se aprovechen escenarios al interior de la reserva como planicies salitrosas y cursos de agua o esteros no aprovechados para la navegación, como lugares que permitan a los pobladores organizados en distintas asociaciones intervenir en el ciclo de vida de las especies que tradicionalmente son explotadas.

Esto por supuesto, respetando el entorno y a la biodiversidad en general mediante prácticas amigables con el ambiente, con sistemas de cultivo de peces y crustáceos extensivos o semi intensivos en jaulas o encierros o estanques donde la regulación del nivel del agua esté en función de los niveles máximos y mínimos de las pleamares y bajamares.

Dicha la propuesta, el camino de hacerla realidad requiere la gestión de los recursos necesarios que permitan dar capacitación a las personas que se involucrarán, adecuar estructuras de confinamiento, obtención de semillas, alimentos e insumos que la actividad requiera, apegados a la legislación nacional, y a estándares regulatorios de la producción ecológica de alimentos acuáticos.

### ¿Qué especies bioacuáticas pueden ser cultivadas?

Para implementar esta propuesta, se sugieren los bivalvos del género *Anadara* (concha prieta); camarones peneídos, cangrejos de manglar de los géneros *Cardisoma* (azul), *Ucides* (rojo) y *Callinectes* (jaiba); y peces omnívoros o detritívoros.

Se sugiere estas especies ya que además de ser nativas y tradicionalmente contribuir con la economía de los habitantes de Santa Rosa a través de las capturas en el manglar y la pesca artesanal tienen potencial de explotación acuícola como se observa en las próximas líneas.

Se sugiere estas especies ya que además de ser nativas y tradicionalmente contribuir con la economía de los habitantes de Santa Rosa a través de las capturas en el manglar y la pesca artesanal tienen potencial de explotación acuícola como se observa en las próximas líneas.

Los moluscos del género *Anadara*, *A. similis* y *A. tuberculosa*, conocidos como concha prieta hembra y concha prieta macho (figura 3) habitan en los sustratos fangosos de los bosques de manglar (INVEMAR, 2019) y constituyen el principal recurso pesquero obtenido por los habitantes del manglar a lo largo de la costa ecuatoriana, siendo San Lorenzo en la provincia de Esmeraldas el lugar donde se producen mayores desembarques de este recurso (Moreno, 2017, Mora et al, 2012).

Sobre el cultivo de esta especie se encuentran experiencias reportadas por Masache y Samaniego (2013) que evaluaron el crecimiento de *A. tuberculosa* en canastas y linternas al interior de estanques acuícolas de una granja camaronera ubicada (provincia de El Oro) observando mayor crecimiento a una densidad de 25 individuos por metro cuadrado. A lo cual se suma lo reportado por Calispa (2018) quien estudió el crecimiento de este molusco en los estuarios



Figura 3. Especímenes de *A. similis* y *A. tuberculosa* (Fuente: Grupo de investigación Ciudad Abierta)

de los ríos Portoviejo y Chone (Manabí), observando que el crecimiento saludable y reproducción en cautiverio son posibles y están en función de la riqueza de nutrientes en el medio y condiciones hidrológicas del lugar.

El camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (figura 4) es una especie que se distribuye desde las costas del estado de Sonora (México) hasta el norte de Perú, siendo el ambiente estuarino el hábitat propicio para el desarrollo de

las fases juveniles que alcanzan la madurez sexual y migran a aguas marinas para su reproducción (FAO 2009).

La explotación de los criaderos de este crustáceo desde 1969, constituye la segunda fuente de divisas no petroleras del Ecuador generando multitud de empleos a través de los criaderos, empresas de viveros, de cadena de custodia, transporte y maquinarias extendiéndose sus cultivos desde la frontera con el Perú en el sur, hasta la frontera norte con Colombia (Trujillo et al. 2017).

Los cangrejos de manglar azul (*Cardisoma crassum*) y rojo (*Ucides occidentalis*) y las jaibas (*Callinectes spp.*) son habitantes de los manglares de la costa oriental pacífica desde la península de California hasta el norte de Perú (Durán et al. 2015). Sobre la acuicultura de estas especies existen experiencias ya dadas entre algunas comunidades asentadas en la REMACAM (observaciones personales) debido a la importante comercialización que genera su consumo.

La explotación de peces que se sugiere de peces omnívoros o detritívoros se haría en función a experiencias de especímenes frecuentes en las capturas reportadas en la zona y ensayos de crecimiento en cautiverio evitando, en defensa del acervo genético de la REMACAM especies introducidas de naturaleza invasora como la tilapia.





Figura 4.- Espécimen de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. Tomado de Revista industrial del campo AGRO 2000.

Figura 5.- Cangrejos de la REMACAM con potencial acuícola, a) cangrejo azul (*C. crassum*), b) guariche (*U. occidentalis*), c y d) jaibas (*Callinectes* sp.). Modificado a partir de Durán et al (2015) y archivos del grupo de investigación Ciudad Abierta.

## ¿Qué tecnologías de cultivo podrían ser implementadas?

La tecnología de cultivos podría basarse en:

1. La explotación de marismas, teniendo en cuenta la importancia y productividad de estas (Kiepe 2010) de modo que el flujo natural de agua debido a las mareas pueda aprovecharse para la renovación del agua.

2. El aprovechamiento de los cauces de canales o esteros para hacer cercos de malla que permitan confinar a la población de cultivo (Guerrero, et al.), o instalar jaulas flotantes construidas a partir de materiales de fácil obtención en la zona.

3. La implementación de jaulas flotantes, para el cultivo de peces o crustáceos (Banguera et al. 2019) aprovechando materiales de uso común por los pobladores (redes de pesca y flotadores).

4. La construcción de encierros (Monzón, y Ramírez, 2018) sobre el suelo con cerco superior de malla que permita confinar cangrejos y protegerlos de la acción de aves depredadoras.

## ¿Cómo implementar la propuesta?

La implementación requiere que se conformen los grupos de trabajo para su ejecución, determinar la es-

pecie a cultivar, el espacio y forma del cultivo. Un ejemplo hipotético estaría en la producción de camarones para lo cual se puede construir un estanque de muros levantados o de escarbado y relleno en un área ubicada al extremo sur occidente del muelle (figura 2), que frecuentemente sufre inundaciones por causa de las mareas.

El estanque con un espejo de agua de 10.000 m<sup>2</sup> y profundidad de 1,75, podría albergar una población de 30.000 – 50.000 postlarvas de camarón *P. vannamei*, obtenidas de una sala de larvicultura a un costo de \$3,00 el millar (\$150,00 para la siembra) y ser gestionado el engorde a través del estímulo de la productividad primaria mediante la fertilización del suelo y de la columna del agua con abonos orgánicos elaborados a partir de la fermentación de estiércol de animales terrestres, desperdicios de cocina (basuras orgánicas), melaza y bacterias biorremediadoras, y alimentación con un pienso de elaboración casera a partir de rechazos de la producción agrícola y despojos del faenamiento de peces y aves de corral, como dieta complementaria.

La duración de la gestión del engorde estaría en función de la talla alcanzada por el animal después de los primeros 90 días, evaluando cada semana el crecimiento y la supervivencia que podría ser del 70 a 80% de no existir pérdidas por robo, depredación de aves, peces carnívoros, reptiles, ni mamíferos pescadores, ni eventos patológicos. Con lo que se podrían cosechar a un peso promedio de 16,0 gramos unas 1400 libras, que a un costo de \$1,50/libra daría lugar a una facturación de \$2100, dinero que contri-

buiría al presupuesto familiar de las personas involucradas además de la adquisición de semillas e insumos para un siguiente ciclo productivo.

En el caso del ejemplo citado, debe considerarse que las cifras dadas son aproximadas y que las decisiones del grupo conformado, la gestión y comercialización del producto de acuerdo con las condiciones del mercado pueden dar variación a éstas.

Otro ejemplo de implementación es el de engorde de conchas, que bien puede ser llevado a cabo en linteras colocadas en áreas del estero Santa Rosa, delimitadas para prevenir el impacto de las hélices de embarcaciones que lo surcan, o en “camas de cultivo” establecidas sobre sustratos inundables por causa de mareas, como se describe en FAO (2006).

### ¿Qué factores determinarían el éxito de la propuesta?

En adición a los requerimientos técnicos y logísticos, las voluntades de los pobladores de Santa Rosa para realizar un proyecto de acuicultura en la Isla, ¿el por qué si, o por qué no lo desean?, ¿quiénes trabajarían en el proyecto, asociaciones masculinas o femeninas? Son factores determinantes del éxito de la propuesta.

En la experiencia de mis visitas a Santa Rosa he encontrado una comunidad poco organizada, probablesmen-



te por falta de liderazgo de confianza en quienes pretenden ejercer liderazgo, lo cual puede ser un factor de riesgo para el éxito de la propuesta. De modo que se requiere en los pobladores de Santa Rosa el interés por contar con una fuente de ingresos diferente a los oficios tradicionales siendo conscientes de que el trabajo organizado integrando pensamientos y acciones de los hombres y mujeres de la comunidad es clave para obtener resultados predecibles, obteniendo como impacto de la implementación de esta propuesta la obtención de ingresos económicos fijos, originados en una producción planificada de especies bioacuáticas.

## CONCLUSIÓN

La explotación de recursos bioacuáticos a través de la pesca artesanal y recolección de especies bioacuáticas, como peces, crustáceos y moluscos bivalvos para la obtención de ingresos económicos por pobladores de la Isla Santa Rosa en la REMACAM está limitada a la oferta natural de los mismos y los períodos de veda establecidos por las autoridades competentes, por lo cual es oportuno a ellos, considerando que se encuentran en un área de reserva la implementación de proyectos de acuicultura de especies nativas a través de técnicas ecológicas de producción que además de evitar el deterioro del medio ambiente permitan la perpetuidad de especies nativas que disminuirían su población de no llegarse a implementar la propuesta.

## Bibliografía

AGROCALIDAD, 2013. Instructivo de la Normativa General para Promover y Regular la Producción Orgánica – Ecológica – Biológica en el Ecuador. Registro oficial No 34: 3-5.

Bazalar, J. 2011. *Acondicionamiento y reproducción de rana toro (Rana castebeiana) en las instalaciones de la empresa pesquera “Los Carlos S. R. L.” – Pasaje Las Carmelitas S/N (Manchurria)*. (Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión). Recuperado de: <http://200.48.129.167/handle/UNJFSC/686>

Banguera, Edgardo; Angulo, J. 2010. Crecimiento en jaulas del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869), con dos tipos de dieta, en Bahía Málaga, municipio de Buenaventura, Colombia. *Entramado*, 12, 12-23.

Bodero, A. 2005. El bosque de manglar de Ecuador. Disponible en: <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/783967/890048/Concepto+Del+-Manglar%2C%20%C3%81reas+A+Nivel+Global+Y+En+Ecuador%2C%20Modificaciones+Ocurridas+Durante+Las+%C3%9Altimas+Tres+D%C3%A9cadas.pdf/895e7778-a39b-49ec-b992-d8e50ecb2cfa;jsessionid=1mpUkGK2ukOV2CaP7Exyq4QL>

Calipsa, A. 2018. Cría en cautiverio de concha prieta (*Anadara tuberculosa* – *Anadara similis*) en el estuario del río Portoviejo y el estuario del río Chone para fortalecer los medios de vida tradicionales comunitarios, en los cantones Portoviejo, Sucre y San Vicente. Informe Técnico de Proyecto MAE. Disponible en: <http://gef-satoyama.net/wp/wp-content/uploads/2019/04/54.-INFORME-RESULTADOS-MAE-PROYECTO-CONCHA-PRIETA.docx.pdf>

CEE. 2007. Reglamento de producción y etiquetado de productos ecológicos R0834/2007. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2007/834/oj>

CEE. 2009. Reglamento CE 710/2009 de la Comisión de 5 de agosto de 2009. Diario Oficial de la Unión Europea 6.8.2009 L 2004/15-34. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:204:0015:0034:ES:PDF>

COFI-FAO.2011. Directrices técnicas para la certificación en acuicultura. Roma. 31 pp.

Cornejo, X. 2014. Plants of the South American Pacific Mangrove Swamps (Colombia, Ecuador, Perú). Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales, Ecuador. 310p.

Dawes, J.1991. Botánica marina. México D. F. México: Limusa. México D. F.

Durán, G., F. Bailón, L. Cáceres, y R. Lucas. 2015. Evaluación de la cría del Guariche (*Ucides occidentalis*) y del Cangrejo azul (*Cardisoma crassum*) como alternativa a la captura de recursos pesqueros Informe técnico de vinculación con la comunidad. PUCE – Sede Manabí. Portoviejo.

FAO. 2018. Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura

FAO. 2014. The State of World Fisheries and Aquaculture 2014. Rome. 223 pp.

FAO.2009. *Penaeus vannamei*. In Cultured aquatic species fact sheets. Text by Briggs, M. Edited and compiled by Valerio Crespi and Michael New. CD-ROM (multilingual). Disponible en: [http://www.fao.org/tempref/FI/DOCUMENT/aquaculture/CulturedSpecies/file/es/es\\_whitelegshrimp.htm](http://www.fao.org/tempref/FI/DOCUMENT/aquaculture/CulturedSpecies/file/es/es_whitelegshrimp.htm)

FAO. 2006. Cultivo de bivalvos en criadero. Un manual práctico. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 471. Roma, 184 pp.

Guerrero, P. M. B., Palacios, J., & Mina, L. 2014. Producción, comercialización y perspectivas de desarrollo de la acuicultura peruana. Revista Científica Peruana, 11(2), 118-133. <https://doi.org/https://doi.org/10.21142/cient.v11i2.191>

INVEMAR. 2019. Potencial productivo de las poblaciones naturales de la piangua *Anadara tuberculosa* y *Anadara similis* dentro de una perspectiva

espacio-temporal en la costa pacífica colombiana. Informe técnico del proyecto. Disponible en: [http://www.invemmar.org.co/redcostera1/invemmar/docs/6771BOLETIN\\_1\\_Piangua.pdf](http://www.invemmar.org.co/redcostera1/invemmar/docs/6771BOLETIN_1_Piangua.pdf).

Masache, D. y E. Samaniego. 2013. Cultivo de concha prieta *Anadara tuberculosa* a diferentes densidades en piscinas camaronerías utilizando artes de cultivo. Tesis de Ingeniería Acuicola. Universidad Técnica de Machala.

Mora, E., L. Flores, J. Moreno y G. Gilbert. 2012. La pesquería del recurso concha (*Anadara tuberculosa* concha (*Anadara tuberculosa* y *A. similis*) en los principales puertos de desembarque del Ecuador en el 2011. Boletín Científico y Técnico INP 22:3

Morán, J. 2017. Situación pesquera del recurso concha prieta en los principales puertos de la provincia esmeraldas durante el 2013. Informe Técnico INP.

Kiepe, P. 2010. Sistemas de irrigación y acuicultura y sus nombres locales. In A. A. van Halwart, M.; Dam (Ed.), *Integración de sistemas de irrigación y acuicultura en África occidental: conceptos, prácticas y potencial* (1st ed., pp. 1-60). Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a0444s.pdf>

MAE - FAO. 2014. Árboles y arbustos de los manglares del Ecuador. Quito 48 pp.

MAE. 2008. Plan de manejo ambiental de la Reserva Ecológica de Manglares Cayapas Mataje. 93 pp.

Monzón, A. M. y A. Ramírez. 2018. *Uso de ingredientes de descarte en la alimentación del cangrejo azul Cardisoma crassum (Smith, 1870) en un cultivo piloto. Equipo*. Retrieved from <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/puidi/INF-2017-28.pdf>

Pérez, O. & Escobedo-Galván, H. 2007. Crecimiento en cautiverio del *Crocodylus acutus* (Cuvier 1807) en Tumbes, Perú. Rev. Perú Biol. 12(2): 221 - 223.

Ramírez, S. 2019. *Crecimiento del langostino blanco (Litopenaeus vannamei- Boone 1931) cultivado en jaulas flotantes a diferentes densidades en la fase de engorde en el estuario de Virrila, Sechura, Piura - Perú 2018 (Universidad nacional de Piura)*. Recuperado de <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/2046>

Revista industrial del campo AGRO 2000. Disponible en: <http://www.2000agro.com.mx/biotecnologia/unam-investiga-bacterias-del-camaron-evitar-una-epidemia/>

Smith, T. y R. Smith. 2007. Ecología. 6a. Ed. Pearson Education S. A. Madrid.

Trujillo, L. E., Rivera, L., Hardy, E., Llumiquinga, E., Garrido, F., Chávez, J., ... País-Chanfrau, J. 2017. Estrategias Naturales para Mejorar el Crecimiento y la Salud en los Cultivos Masivos de Camarón en Ecuador. Revista Bionatura, (May), 18. Disponible en: <https://doi.org/10.21931/RB/2017.02.02.9>

# Zona costera, buscando respuestas a un futuro incierto

Gutiérrez, Ofelia<sup>1</sup> y Panario, Daniel<sup>2</sup>

<sup>1</sup> PhD en Tecnología Ambiental y Gestión del Agua, UNIA, España. DEA en Conservación y Gestión del Medio Natural, UNIA, España, MSc. en Ciencias Ambientales, Universidad de la República, Uruguay. email: oguti@fcien.edu.uy

<sup>2</sup> PhD en Tecnología Ambiental y Gestión del Agua, UNIA, España. DEA en Conservación y Gestión del Medio Natural, UNIA, España. Profesor Titular de Geomorfología. email: panari@fcien.edu.uy

UNCIEP, Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay. Investigadores de PEDECIBA Geociencias (Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas). Miembros del SNI (Sistema Nacional de Investigadores)

**Palabras clave:**  
planificación; cambio de uso del suelo; cambio global; adaptación; mitigación.

**Keywords:**  
planning; land use change; global change; adaptation; mitigation.

*La importancia socioeconómica, cultural y ambiental de las playas como soporte de un alto porcentaje de población, requiere escenarios de evolución en mediano y largo plazo. La habitabilidad de la zona litoral implica impactos que han modificado su dinámica, afectando playas y sistemas dunares asociados a distintas escalas temporales y espaciales. Esta problemática debe analizarse en el marco del Cambio Global, proceso emergente y complejo, identificando cuáles impulsores de cambio comandan los procesos, y discriminando procesos naturales de antrópicos. La respuesta del sistema costero a las múltiples afectaciones, se manifiesta en erosión y retroceso de la línea de costa, acarreado como consecuencia, insustentabilidad ambiental y socio-económica. Las respuestas serán diferentes según las políticas que cada país elige para ordenar su zona costera y el conocimiento que disponga de las tendencias y forzantes. Por tanto, conocer de dónde venimos, es necesario para poder prever a dónde vamos. Conocer implica relevar y sistematizar información, para planificar escenarios de futuro, incrementando la resiliencia del sistema costero, y adoptar medidas que conduzcan a la restauración de servicios ecosistémicos, por estructuras naturales degradadas y revertir la degradación pérdida del espacio costero. Los sistemas naturales son sistemas disipativos a los que debemos permitir sus fluctuaciones, e incentivar su resiliencia. Debemos actuar con humildad, tener claro que sólo se puede ver lo que se entiende, y para entenderlo previamente se debe investigar; ello requiere curiosidad, voluntad, y creatividad. Debemos conocer las forzantes de los sistemas socioecológicos, a la naturaleza no se la debe enfrentar debemos imitarla.*

*The socioeconomic, cultural and environmental importance of the beaches as a support for a high percentage of the population, requires medium and long term evolution scenarios. The habitability of the littoral zone implies impacts that have modified its dynamics, affecting beaches and dune systems associated with different temporal and spatial scales. The emerging and complex process called Global Change is the framework with this problem must be analyzed, identifying which drivers of change command the processes, and discriminating natural from anthropic processes. The response of the coastal system to the multiple affectations manifests itself in erosion and retreat of the coastline, resulting in environmental and socio-economic unsustainability. The response will be different depending on the policies that each country chooses to organize its coastal zone and the knowledge it has of the trends and forces. Therefore, knowing where we come from is necessary to be able to foresee where we are going. Knowing implies collecting and systematizing information, to plan future scenarios, increasing the resilience of the coastal system, and adopt measures that lead to the restoration of ecosystem services, due to degraded natural structures and reverse the degradation of the coastal space. Natural systems are dissipative systems; to which we must allow their fluctuations, and encourage their resilience. We must act with humility, be clear that only what is understood can be seen, and in order to understand it, it must first be investigated; it requires curiosity, will, and creativity. We must know the forces of socio-ecological systems, nature should not be confronted, we must imitate it.*

## INTRODUCCIÓN

Este capítulo ha sido preparado sobre la base de sendas conferencias dictadas por sus autores en el marco del *I Seminario Internacional Bosques Azules*: “Planeamiento y geografía, buscando respuestas en torno a la cuestión costera” (Ofelia Gutiérrez) y “Ecología y dinámica del paisaje: comprendiendo las playas” (Daniel Panario), y los resultados de algunas de sus investigaciones, complementado con una reflexión sobre la temática.

En las últimas décadas, se ha dado la mayor alteración de las áreas costeras alrededor del mundo y como resultado de ello, gran parte de estos ecosistemas ya están bajo una intensa y creciente presión, independientemente de los cambios relacionados con el clima. Cuando se suma a lo anterior, el cambio inducido por el clima, se generan interrelaciones y retroalimentaciones muy complejas, entre el hombre, el ambiente, los efectos de los impactos producidos y el cambio climático (Turner et al., 1996).

La zona costera no es sólo sinónimo de vacaciones y playas, en ella se concentra la mayor parte de la población del planeta (Small y Cohen, 2004), desarrollándose actividades de residencia, agropecuarias, pesquería, industriales, turismo, minería, puertos, etc., en el marco de “políticas de desarrollo”, que conciben al ambiente como una fuente ilimitada de recursos (Nicholls et al., 2008). Esta ocupación preferencial ha ido modificando los ecosistemas costeros, llegando en muchos casos a superar su capacidad de car-

ga, conllevando problemas y modificaciones de este sistema especialmente frágil, con un punto tal de transformaciones, que torna difícil evitar la pérdida definitiva de servicios ambientales (Luisetti et al., 2014).

La humanidad está amenazando el medio ambiente costero a través de la sobreexplotación de sus recursos naturales (Luisetti et al., 2014). La intensidad de uso que conlleva habitar en la zona costera, acarrea un deterioro de la misma, cuyas consecuencias son insustentabilidad ambiental y socio-económica. Pero si es difícil trazar los límites precisos en el territorio de lo que damos en llamar zona costera y sus áreas de influencia, más difícil es aún querer acordar la cantidad de población que habita esta zona, lo que siempre está mediado por el objetivo del análisis. Según el criterio adoptado, puede abarcar entre el 6 a un 20% de la población mundial, si para ello se contabiliza a quienes habitan en zonas costera bajas (LECZ - low elevated coastal zones) situadas a <10m sobre el nivel medio del mar (NMM), y expuestas a la elevación de su nivel, la variabilidad de *El Niño-Southern Oscillation* (ENSO) y las tempestades (Villamizar et al., 2017). Usando otros criterios, se puede llegar a considerar que hasta el 66% de la población habita en la zona costera, por ejemplo usando franjas de 100, 150 o 200 km (Hinrichsen, 1998), las que pueden extenderse tierra adentro incluyendo cuencas hidrográficas enteras, o suburbios asociados con áreas urbanas muy grandes, con enormes impactos en las zonas costeras (Valiela, 2006). Estas franjas, por ejemplo, si bien simplifican el cálculo, no definen correctamente la zona costera; pero sea cual sea el criterio, y por tanto el área utilizada para

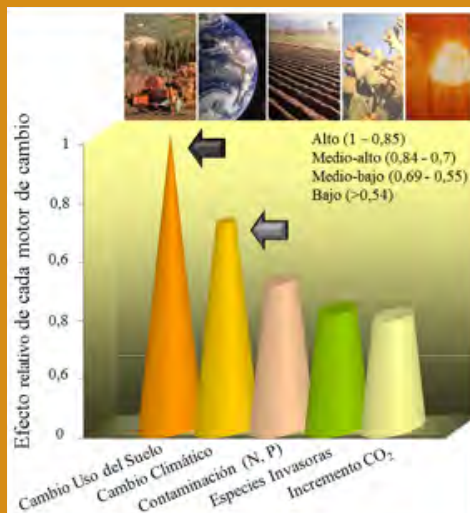


Figura 1. Impulsores directos (los efectos) del Cambio Global. (Elaborada a partir de Duarte et al., 2009).

definir a que nos referimos como zonas costeras, es muy alta la población habitando en lugares cercanos a la costa, de lo cual se deduce la importancia socioeconómica, cultural y ambiental de las playas como soporte de un alto porcentaje de población, y hace necesario plantear escenarios de su evolución en el mediano y largo plazo (Dias et al., 2013).

## Zona costera y el Cambio Global

El análisis de la zona costera, debe hacerse en el marco del Cambio Global, proceso emergente y complejo relacionado con los cambios ambientales generados por la actividad humana, que están modificando los procesos bio-geofísicos esenciales que determinan el funcionamiento global de nuestro planeta (Duarte et al., 2006). El Cambio Global, tiene varios motores de cambio, y en la zona costera los principales son el Cambio de Uso del Suelo y el Cambio Climático, pero también actúan otros, como la reducción de biodiver-

sidad, contaminación, etc. (Figura. 1), todo eso forzado por el sistema socio-económico globalizador y hegemónico, que va homogeneizando a las sociedades, haciéndoles perder sus valores culturales propios y, con ello, su relación armónica con el entorno. Aunque el Cambio Climático está en el centro de las preocupaciones, las elevadas tasas de Cambio de Uso del Suelo, lo constituye en el principal motor de cambio de este proceso emergente y complejo en la zona costera. La correcta gestión de las funciones de los ecosistemas permite mantener los Servicios Ecosistémicos de los que depende el bienestar humano. Es este el marco de análisis para entender la problemática costera. Como se dice, el mundo que hasta este momentos hemos creado como resultado de nuestra forma de actuar, tiene problemas que no pueden ser resueltos pensando del modo en que pensábamos cuando los creamos, por tanto, sólo a partir de un cambio cultural, social, político, económico y fundamentalmente ético, puede llegar a evitarse o amortiguarse el colapso al cual, como humanidad nos estamos dirigiendo. Por supuesto que al “planeta tierra” no le va a pasar nada, han ocurrido diferentes eras geológicas, y se han extinguido la mayoría de las especies que existían para esas eras; las evidencias geológicas muestran cómo se superponen las formaciones una tras otras, dejando registro de las transformaciones que han sucedido a lo largo de millones de años en la tierra (Duarte et al., 2009). Los que nos estamos condenando somos los seres humanos, como una especie que ha tomado un camino difícil de revertir, y que todo hace pensar que vamos en dirección hacia una posible extinción, pero en ese devenir, arrastramos a muchas otras especies a ese destino. Por eso sería necesario un cambio de concepción



de este sistema de producción capitalista, en el cual estamos inmersos y que nos está llevando a una situación planetaria crítica, la que en muchos casos ya es irreversible, aún si se pusiera voluntad política para evitarla, o frenarla.

Las soluciones que se proponen, son siempre paliativos a la situación de deterioro efectivo actual: se proponen cambios tecnológicos, sanción de normativas más estrictas (las que por otro lado, se flexibilizan, o se suben los parámetros), o impuestos a quien contamine (el que contamina paga), subsidios a productos “verdes” o amigables con el medio ambiente, entre otras; pero con normativas y/o tecnología apenas se pueden tomar medidas de mitigación del daño ya causado. Pero este camino, es impulsado desde la misma ideología que al mismo tiempo pretende un crecimiento infinito en un mundo finito, maximizando ganancias. Las propuestas (soluciones) están equivocadas, si lo que pretenden es recuperar servicios ambientales perdidos en la transformación productiva sin modificar este estilo de desarrollo.

### Información geográfica en la era digital

La respuesta del sistema geográfico está signada por su historia previa y por los impulsores de cambio vinculados al Cambio Global, y en el caso de la zona costera, se pueden señalar como forzantes de cambio, al ascenso del nivel del mar, el régimen de vientos, las precipitaciones, y los eventos extremos (Gutiérrez, 2016). Por esto, resulta imprescindible analizar las respuestas del territorio para poder planificar y generar políticas y acciones que lleven a los cambios necesarios. Esta historia previa del sistema geográfico debe

ser develada, para saber de dónde venimos y hacia donde podemos ir. Sin principios y sin criterios, cualquier camino nos puede parecer correcto, y eso pasa en general con el sistema político, a quien todo le parece que va bien. Caracterizar correctamente el presente y lo que está “impulsando” este presente, nos puede dar claves de hacia dónde nos dirigimos. Para saberlo es necesario: conocer y relevar, para luego poder anticipar.

Aquí entonces nos enfrentamos al problema de cómo disponibilizar la información costera (series temporales de sensores remotos, altura de marea, altura significativa y dirección de olas, rosa de los vientos, etc.) y en general ambiental (especies psamófilas indicadoras, altura de napa freática, contaminación, etc.). Más allá de las buenas intenciones de las propuestas de la “sociedad de la información”, la información ambiental no siempre está disponible con la calidad y precisión requerida, o no toda está disponible. Son muchos los factores que la tornan insuficiente: es información recolectada hace tiempo y las bases de datos están desactualizadas; carece de la precisión necesaria en las coordenadas geográficas para su correcta espacialización y análisis; los instrumentos tienen desperfectos, así como otras discontinuidades que ocurren con los monitoreos de largo plazo, forzadas por diferentes factores. Por ejemplo en Uruguay, en la presidencia de Julio M. Sanguinetti (1985-2000) se tomó la decisión que la investigación realizada por parte del Estado era prescindible, y se ofreció a los investigadores de la órbita estatal un importante subsidio para que se retiraran, el efecto fue tan impresionante que como

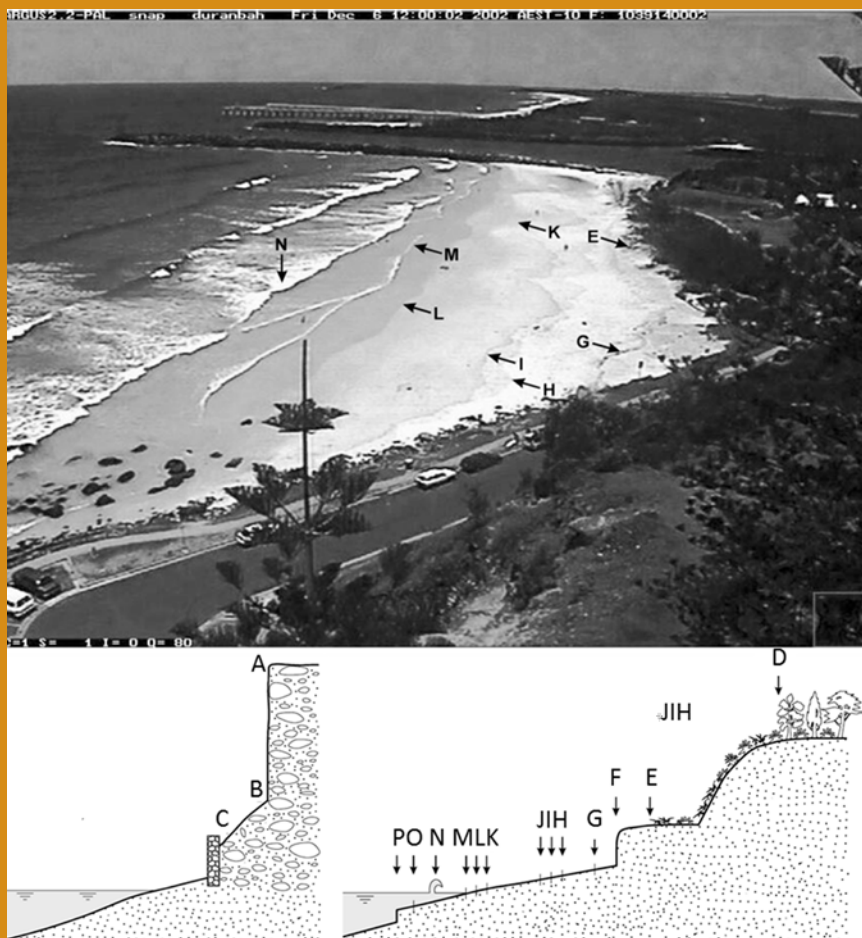
anécdota, en el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, los primeros que se acogieron fueron los informáticos de la oficina de personal, y eso implicó que se dificultara la gestión del resto de los renunciantes. Así, se discontinuaron casi todos los monitoreos, y se abandonaron las investigaciones estatales de largo plazo.

Otro tema no menos importante, es la información a la que se puede acceder. Diferentes criterios para levantar la información o para agruparla; problemas con el mantenimiento de los archivos en los servicios encargados de adquirirla y conservarla, como suele ser en los países en desarrollo el caso de los relevamientos aerofotográficos y de documentos cartográficos.

No obstante las dificultades, es imprescindible comprender en la medida de lo posible la evolución del sistema costero retrocediendo tan atrás en el tiempo como sea posible con la precisión que la documentación lo permita (análisis de documentos antiguos como cartografía, fotos aéreas, documentos, entre otros), e incorporando cuando disponible el conocimiento local e incluso la memoria transmitida oralmente por las comunidades, cuyo aserto suele sorprendernos. La precisión obviamente aumenta cuando nos acercamos al presente en función de la tecnología disponible, no obstante dependiendo de los cartógrafos, hay razonablemente buena precisión a partir del siglo XVIII y muy buena a partir del XIX. En efecto, cuán atrás es deseable retroceder en el análisis de archivos fotográficos o información cartográfica, pues tanto como se pueda, y a su vez, valorizar información que se tras-

mite oralmente. Muchas veces, se desecha el folklore local que dice que una boca estaba cerrada, o que había una laguna en un sitio donde hoy no la hay, o que la desembocadura “vieja” estaba a mucha distancia de la actual. Pues en nuestra experiencia, hemos encontrado la comprobación de esa información, en cartas antiguas del siglo XVIII levantadas por la marina inglesa, francesa o española para las costas uruguayas. Y es que a lo largo de estos siglos han ocurrido cambios climáticos tan importantes, que permitieron esas transformaciones. En el siglo XVIII además estábamos en plena *Pequeña Edad del Hielo* (Gutiérrez et al., 2016; Politis, 1984) en el Río de la Plata, lo que para esta zona era de condiciones frías y secas (Iriondo y Kröhling, 2008), que mantenían muchas desembocaduras cerradas.

En general sin embargo, si de lo que se trata es de conocer la tendencia actual, se recurrirá a analizar fotos aéreas, imágenes satelitales de alta resolución, sensores aerotransportados como el sistema LIDAR. El análisis de información para tales fines, usando para ello sensores remotos como forma de conocer su evolución espacial, requiere determinar cuál es el “indicador de la posición de la línea de costa” que se usará para hacer comparable la situación pasada con la presente (Figura. 2). Diferentes indicadores han sido utilizados: la línea de marea alta previa, la línea seca/húmeda o zona actual de alcance de la ola, o el antiguo límite de marea alta, etc. (Boak y Turner, 2005), los que nos proporcionan diferentes evidencias para inferir sobre el pasado reciente. Para determinar dónde el mar estaba actuando en un momento dado, se debe identificar en las imágenes, cuál de todos los posibles



- A. Tope de muro / Tope de acantilado
- B. Base de muro / Base de acantilado
- C. Límite (hacia tierra) de estructuras de protección costera.
- D. Límite (hacia el mar) de vegetación de dunas estabilizadas
- E. Límite (hacia el mar) de dunas vegetadas
- F. Escarpa de erosión
- G. Tormenta/línea de resaca
- H. Antiguo límite de marea alta
- I. Línea de marea alta previa
- J. Promedio de marea alta (dato referenciado)
- K. Línea seca/húmeda o zona actual de alcance de la ola
- L. Punto de salida de agua subterránea
- M. Línea de alcance de la ola instantánea
- N. Línea de rompiente de máxima intensidad
- O. Media de bajamar inferior (dato referenciado)
- P. Base de escalón de playa / Cresta de escalón de playa

Figura 2. Arriba: Sobre una foto de Duranbah Beach, Nueva Gales del Sur, Australia, se señala la ubicación espacial de varios indicadores de línea de costa. Abajo: Esquema de la relación espacial entre indicadores de posición de la línea de costa de uso común en trabajos científicos (Modificado de Boak y Turner, 2005).

indicadores puede identificar la posición de la línea de costa. Si adecuadamente no es posible discriminar el mismo indicador para toda una serie de imágenes históricas, con nuestro análisis podremos llegar a conclusiones equivocadas de cómo era esa playa respecto al presente (si había acreción de playa o estaba en condiciones de retroceso, o tenía mayor superficie de arena seca, o tenía un mayor o menor volumen de arena, etc.). La selección de los indicadores utilizados en el análisis de una zona costera, estará condicionado a que los mismos puedan ser discriminados en toda la serie de imágenes disponibles. Poder detectarlos, no sólo depende del tipo de playa, sino también de la calidad y resolución de las imágenes.

Otro tema que presenta dificultades de análisis son las desembocaduras de vías de drenaje en zonas costeras, en especial aquellas que tienen mayor antropización, y que han sido afectadas con obras (desección de bañados, urbanización, fijación de dunas, modificación en su cobertura vegetal (como manglares), etc.). Las vías de drenaje pueden tener una gran movilidad en la posición de su boca, afectadas por cambios en su régimen de drenaje, en los volúmenes de sedimentos que ellas aportan, sumado a modificaciones en los transportados por deriva litoral (Gutiérrez et al., 2018). Para correlacionar e interpretar esta movilidad de sus bocas, se debe tener una serie de imágenes aerofotográficas tan amplia como posible, recopilar información de actividades en la cuenca y en la propia costa y en la dirección de proveniencia de la deriva, para poder relacionar transformaciones de la desembocaduras con las modificaciones del territorio, a efectos de conocer a que responden los cambios y poder planificar y/o mitigar.

Otro tema que presenta dificultades de análisis son las desembocaduras de vías de drenaje en zonas costeras, en especial aquellas que tienen mayor antropización, y que han sido afectadas con obras (desección de bañados, urbanización, fijación de dunas, modificación en su cobertura vegetal (como manglares), etc.). Las vías de drenaje pueden tener una gran movilidad en la posición de su boca, afectadas por cambios en su régimen de drenaje, en los volúmenes de sedimentos que ellas aportan, sumado a modificaciones en los transportados por deriva litoral (Gutiérrez et al., 2018). Para correlacionar e interpretar esta movilidad de sus bocas, se debe tener una serie de imágenes aerofotográficas tan amplia como posible, recopilar información de actividades en la cuenca y en la propia costa y en la dirección de proveniencia de la deriva, para poder relacionar transformaciones de la desembocaduras con las modificaciones del territorio, a efectos de conocer a que responden los cambios y poder planificar y/o mitigar.

### Conocer para comprender

La costa sufre numerosas intervenciones, mientras se desarrollan los procesos de apropiación por parte de la sociedad. Durante el siglo XX para Uruguay se realizaron numerosas acciones sobre el sistema costero, inmovilizando una cantidad significativa y aun insuficientemente estimada, de la arena en circulación entre la playa y el continente por actividades como:

- Forestación con especies exóticas de los sistemas dunares para fijar la arena y comenzar una etapa de fraccionamiento y venta de terrenos.

- Urbanización, que se va dando como resultado de lo anterior, acompañada de obras como: calles, canalización de vías de drenaje, desecación de humedales, conducción de pluviales e incremento de sus volúmenes por impermeabilización del suelo, etc.

- Obras de infraestructura que detienen la circulación de los sedimentos transportados por deriva litoral, como espigones, escolleras y puertos.

- Minería, subacuática, en la propia playa, o en los campos de dunas, que comenzó en el siglo XVIII para la construcción de Montevideo y el resto de las ciudades cercanas a la zona costera, y exportando arena incluso, para construir Buenos Aires (Argentina). Esta extracción se mantuvo en el tiempo hasta que recientemente se ha comprendido que es un recurso no renovable, y se ha limitado (sin bien no se ha detenido totalmente) la extracción en zonas costeras donde la arena aún está en circulación.

En paralelo, las playas han comenzado a evidenciar procesos claros de erosión, retroceso de la posición de la línea de costa, y pérdida de volumen de la playa aérea (prisma de playa), entre otros motivos, como respuesta a estas acciones. Esto desencadena otros procesos, si la playa está húmeda, cuando llega la ola, la misma no puede en parte infiltrar, y entonces al retirarse tiene mayor poder de erosión.

La dinámica natural de una playa implica que una línea de costa y la pendiente de la arena de la playa, están en equilibrio con la provisión de sedimentos y la energía de las olas de un sitio en particular, y los cambios en el nivel del mar (mareas, y olas de tormenta). Cada factor es depen-

Figura 3. Dinámica natural de playas, cada factor es dependiente de otro. Todo cambio en un factor resulta en el ajuste de los otros. La salud de las playas depende de mantener la provisión de sedimentos en circulación en la zona costera.

diente del otro, y el sistema costero, ajusta los desbalances, modificando la forma y posición de la playa (Figura. 3). Si faltan sedimentos, la línea de costa retrocede y la playa modifica su pendiente presentando una menor inclinación por falta de arena, y en ese círculo de retroalimentación negativa, las próximas olas de tormenta, podrán ingresar más y también erosionar más. A su vez, estamos frente a mayor ocurrencia de eventos extremos en el marco del Cambio Climático (Nagy et al., 2019). En este contexto un manejo costero integrado, necesita conocer el ciclo hidrológico y el ciclo de los sedimentos. A ambos se les presta poca atención y en nuestros países, no se los suele estudiar con la profundidad necesaria.



Por otro lado, la zona costera ha cambiado de posición como respuesta a procesos naturales. Si bien considerado en tiempos geológicos, 7.000 años puede ser un lapso pequeño, pero durante ese lapso, la costa uruguaya, estuvo en una posición topográfica 4 metros por encima que en el presente (6.500-5.000 años AP, Panario et al., 2019), pero con anterioridad, también estuvo ubicada por debajo de la posición actual, quedando expuestas extensas planicies costeras hoy sumergidas, que ocupaban casi toda la plataforma continental (en el entorno de los 18.000 a 14.000 años AP, Corrêa, 1996) y en ese espacio se formaron y movilizaron sistemas dunares hoy sumergidos, que son parte del stock del que actualmente se alimentan las playas. A su vez, ha habido durante todo el lapso numerosas fluctuaciones. Estos procesos si bien tienen diferencias según la zona del planeta, han ocurrido para todas las zonas costeras, y conocerlos es muy importante para entender el presente.

Un análisis holístico del litoral costero requiere no sólo conocer lo que pasó en una costa en un sentido temporal diacrónico (reconstruir los procesos y las fluctuaciones que ha tenido esa zona costera en los últimos siglos o milenios) para entender la evolución, las tendencias y los procesos heredados, partiendo de una escala de tiempo adecuada. Al mismo tiempo es necesario hacer un estudio que permita entender al sistema caracterizando y analizando la unidad funcional (unidad independiente en el tema de deriva litoral de sedimentos), de la que forma parte la playa en estudio, para poder entender los procesos a los que está sometida y las sinergias de los mismos. Por otro lado, es necesario discriminar y analizar las forzantes, tanto naturales como antrópicas, que están liderando los procesos de cambio y ajuste.



Figura 4. Delimitación de los sectores costeros de Uruguay (flechas negras); a) Bajo Uruguay, b) estuario interior, c) estuario exterior, d) costa oceánica (hasta el límite del arroyo Chuí con Brasil) (Extraído de Gutiérrez y Panario, 2019). La línea punteada negra indica el límite legal del estuario del Río de la Plata.

## La costa y el ciclo sedimentario

Desde un punto de vista geomorfológico, el estudio de un sistema de playas, puede ser caracterizado a partir de procesos como: la dirección de la deriva, la morfología, la amplitud de las mareas, la dinámica, la salinidad, los controles estructurales subacuáticos y las fuentes de sedimentos.

A vía de ejemplo, la costa del Uruguay que posee 700 km de un continuo de playas de ambientes dominados por las olas, puede subdividirse a partir de los procesos que la caracterizan, en cuatro grandes sectores: a) bajo Uruguay, b) estuario interior, c) estuario exterior, y d) costa oceánica



(Figura. 4). Los diferentes sectores fueron caracterizados por i) exposición a las olas de mar de fondo, ii) las tormentas del cuadrante Sur, iii) la presencia de diferentes controles estructurales (cabos y plataforma de abrasión subacuática), y iv) las diferentes fuentes y disponibilidad de sedimentos (Gutiérrez y Panario, 2019). Estos sectores a su vez se subdividen en tramos menores (unidades funcionales) determinados a partir de la delimitación de celdas de circulación de sedimentos. La primera acción para poder analizar una zona costera, es caracterizar a cuál unidad funcional pertenece. Si no identificamos de dónde provienen los sedimentos arenosos y el stock disponible, no podemos analizar los problemas de una zona costera de playas arenosas.

Entender el ciclo de la arena y sus diferentes componentes, también es vital en un abordaje costero. Un ciclo teórico de sedimentos costeros puede tener muchos compartimentos e interrelaciones (Figura. 5). Cada playa va a tener un ciclo abreviado y es necesario determinar cuáles son esas fuentes que van a ser características de cada sitio, dependiendo de la historia geológica, la ubicación de la costa respecto a las fuentes, y las intervenciones humanas.

Un caso de estudio, han sido las fuentes de arena para las playas cercanas a la desembocadura del Arroyo Pando (Departamento de Canelones, Uruguay). Hasta las primeras décadas del siglo pasado, ese sistema dunar (según cual fuera la dirección de vientos dominantes, si S, SW o W), aportaba arena al Arroyo Pando, que cuando aumentaba su caudal por precipitaciones las retransportaba hacia el mar (Gutiérrez y Panario, 2005), donde las olas y la deriva de sedimentos las devolvían a esa misma playa y a las ubicadas en la dirección de la deriva litoral (Figura. 6), manteniendo



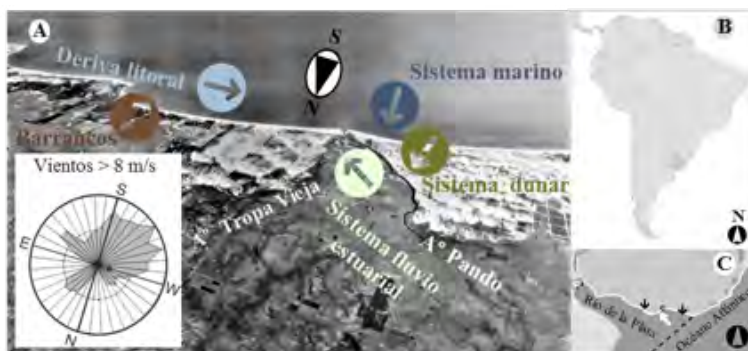
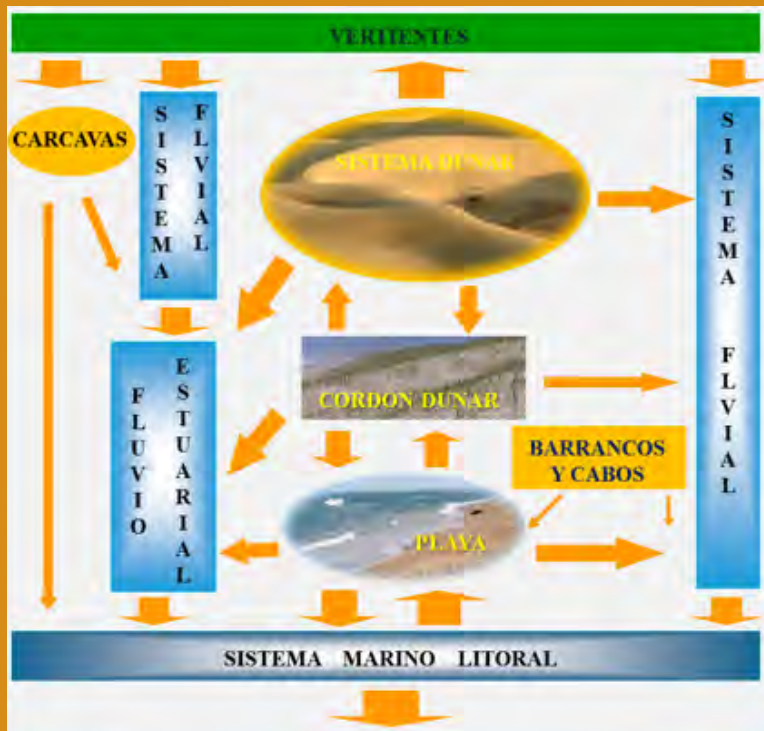


Figura 5. Ciclo teórico completo de circulación de sedimentos costeros (Inspirado sobre diseño de Daniel de Álava, 1998, sin publicar).

Figura 6. A. Diagrama de circulación de la arena. La Rosa de los Vientos indica aquellos con capacidad de movilizar proporciones significativas de arena. Foto: vuelo Trimetrogón, Servicio Geográfico Militar, 14/03/1943. B. América del Sur. C. Estuario exterior (flechas negras, ver Fig. 4). Desembocadura del A. Pando (flecha blanca).

en equilibrio ese ciclo sedimentario, como fuera demostrado en el balance realizado para esa zona por Gutiérrez et al. (2018). Para este caso en particular, la forestación con pinos exóticos y la concomitante apertura de calles y urbanización consolidada, interrumpió dicha recirculación, y ese desequilibrio en la alimentación de la deriva litoral por esta fuente puntual, generó fuerte erosión costera en la dirección del transporte (EW). Las intervenciones antrópicas y la respuesta que el sistema da a las mismas, se tradujeron en numerosas migraciones de esa desembocadura y en la erosión correspondiente de sus márgenes, y un fuerte retroceso de la línea de costa para las playas adyacentes, así como en la afectación de numerosas infraestructuras.

## Cambio Ambiental Global

En el marco del Cambio Ambiental Global, como fuera mencionado anteriormente (ver Figura. 1), existen dos fuertes impulsores de cambio, como lo son el Cambio Climático, y el Cambio de Uso del Suelo y las sinergias que se dan entre ambos.

El Cambio Climático actual en la zona costera, se manifiesta en el aumento del nivel medio del mar y fundamentalmente en el mediano plazo, en la variabilidad en la frecuencia y/o la intensidad de eventos meteorológicos extremos (y sus desastres asociados). Resulta incontrolable en el mediano plazo (próximas décadas), más allá se tomen las medidas necesarias intentando mitigarlo o revertirlo, dado que las respuestas del sistema climático son a largo plazo. Las medidas además deben ser globales, y se depende de acuerdos realizados en organismos internacionales y luego de la voluntad de los gobiernos para implementarlos.

El Cambio de Uso del Suelo en la zona costera, se expresa entre otros procesos como:

- reducción, cambios o pérdida de vegetación nativa y humedales,
- extracción de arena y erosión de playas y dunas,
- infraestructura inadecuada (puertos, diques, etc.),
- urbanización sobre los sistemas de playa y dunas, y
- reducción de área costera debido a construcción de rutas y malecones.

A diferencia del Cambio Climático, el Cambio de Uso del Suelo es potencialmente modificable en las próximas décadas, y puede ser llevado adelante por medio de políticas, tanto locales como regionales (Nagy y Gutiérrez, 2018). Las consecuencias de las interacciones de ambos se manifiestan en la zona costera con el retroceso de la línea de costa, erosión de playas, disminución de área de playa seca, disminución del stock y alteración del ciclo sedimentario, y la consecuente afectación de obras de infraestructura (no necesariamente relacionadas a las modificaciones que se produjeron, dado que los efectos de algunas intervenciones pueden proyectarse a grandes distancias). Para generar resiliencia socio-ambiental de la zona costera, deben implementarse medidas que permitan incrementar el conocimiento de las áreas costeras vulnerables, mediante el desarrollo/fortalecimiento de:

- i) Medidas de adaptación sostenibles/sustentables,
- ii) Sistemas integrados de pronóstico, modelación y alerta temprana,
- iii) Nuevas estructuras organizacionales de gestión costera.

La consecuencia de superar los umbrales de resiliencia ecosistémica es la construcción de un futuro incierto. No obstante lo dicho, cuando se quiere determinar si lo observado se debe a procesos naturales o a variaciones periódicas o aperiódicas, vinculadas o no con el cambio climático, las respuestas no son obvias. La subida del nivel del mar puede explicar transformaciones importantes en tierras bajas, pero hoy en día explican una muy pequeña parte de los retrocesos observados de la línea de costa.

En muchas circunstancias las variaciones de la línea de costa se vinculan a teleconexiones como los eventos ENSO (*El Niño-Southern Oscillation*) de recurrencia aún impredecible, la NAO (North Atlantic Oscillation) con un ciclo en torno a los ochenta años, la Pluridecadal del Pacífico, con una tasa de retorno en el entorno de dos décadas, y posiblemente muchas otras que pueden afectar nuestras costas, de las más de veinte que se supone existen en el mundo.

En el caso de Uruguay, a diferencia de lo que ocurre en el Pacífico, los eventos de alta energía se vinculan a la fase fría del ENSO, y lo inverso en la fase cálida en la cual se produce la recuperación de las estructuras de las playas.

A su vez, la NAO alcanzó su máximo en la década de 1920 (Gutiérrez et al., 2016), con los mayores temporales de los que se tiene registro, y sería de esperar que actualmente estuviera disminuyendo de no mediar otros factores, como el cambio climático inducido por las actividades humanas, cuya repercusión en energía de oleaje aún no ha sido establecida con claridad para el Río de la Plata.

## Visiones frente al problema costero

En el mundo la problemática de retroceso de la línea de costa es abordada desde diferentes visiones, si bien cada país la adapta a su realidad y situación, en grandes líneas las mismas pueden esquematizarse en 3 tipos de respuestas (modificado de Santos et al., 2014), a partir de las cuales se legisla y actúa (Figura. 7).

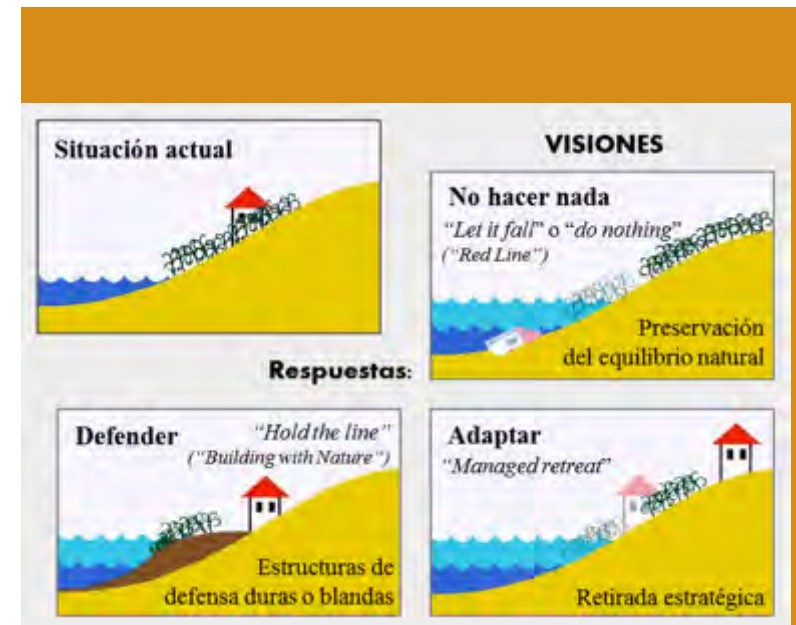
1) **Déjalo caer - No hacer nada** (*"Let it fall"* o *"do nothing"*). Dejar que la línea de costa llegue a donde tenga que llegar y encuentre su punto de equilibrio por sí sola (*"Let it fall"*), preservando los valores ecosistémicos (al permitir la regeneración de la playa en una posición más atrás), pero perdiendo superficie continental. No se implementan acciones de defensa, dejándose caer la infraestructura que encuentre a su paso, si falta sedimentos, el mar va a erosionar hasta llegar a una posición en que encuentre su equilibrio (por ej.: Escocia). En algunos casos, esta política se complementa con establecer para algunas zonas (por razones estratégicas o por su valor), una línea roja (*"Red Line"*) a partir de la cual se defiende el territorio (por ej.: Inglaterra). Se permite que avance la erosión, pero se planifica anticipadamente a partir de dónde se va a implementar las medidas de defensa, teniendo claro que lo que se defiende no es la playa, sino la posición de la línea de costa mediante construcción de defensas rígidas, como cabos artificiales.

2) **Mantenga la línea** (*"Hold the line"*). Con esta visión se pretende mantener en su posición a la línea de costa a cualquier costo, y para ello se utilizarán las defensas y obras ingenieriles necesarias que impidan perder superficie territorial, aunque en esa acción se pierda la playa como

estructura-geoforma (por ej.: Singapur). Esta visión puede incluir también técnicas de protección más suave (*"Building with Nature"*), como la recarga de sedimentos, emulando en cierta manera a la naturaleza con las estructuras y acciones (por ej.: Holanda), incluso, esta visión, incluye ganar terreno al mar.

3) **Medidas adaptativas** (*"Managed retreat"*). Adaptarse para preservar el equilibrio ambiental y social, con

Figura 7. El retroceso de la línea de costa es abordado desde diferentes visiones, con respuestas que cada país o región adapta a su realidad y situación, a partir de las cuales se adoptan políticas (explícitas o implícitas) (Modificado de Santos et al., 2014).



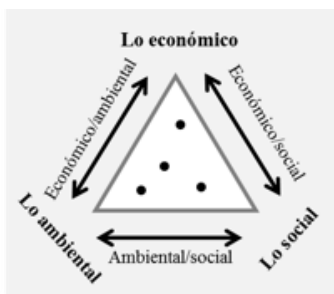


Figura 8. Sostenibilidad. El área interna del triángulo (blanca) son las decisiones sostenibles considerando los tres factores. Cada punto representa el balance alcanzado entre lo económico, lo social y lo ambiental.

acciones que incluyen relocalizar, establecimiento de zonas buffer, abandonar áreas vulnerables, restricciones de uso, entre otras medidas (por ej.: Suecia). Consiste en organizar la retirada estratégica de las zonas que van a ser alcanzadas por un seguro ascenso del nivel del mar, retirando infraestructura existente si es necesario previamente, para permitir que la costa alcance un nuevo equilibrio, pretendiendo preservar el equilibrio medioambiental y social.

Aunque muchos otros países, no necesariamente adopten en forma estricta una visión explícita, el caso de Uruguay es claramente un caso de superposición de las tres visiones, lo que denominamos: **Ni lo uno ni lo otro...** (Gutiérrez et al., 2017).

Uruguay no ha trazado una estrategia clara de la política a implementar en su zona costera, y si bien en general la inacción del Estado permite que funcione el “Déjalo caer”, los afectados directamente realizan defensas en un intento de “Mantenga la Línea”; y en cierta manera, se tiene una política, no explícita, de “Línea roja”: dado que a partir del momento en que la erosión costera alcanza una ruta consolidada, el Estado, a través del Ministerio de Obras Públicas, asume la obligación de defender la obra, y por tanto, la posición de la línea de costa (en teoría), a cualquier costo. Por otra parte, las acciones que han causado impacto en la costa no han sido objeto de análisis, ni de políticas de prevención, ni las de mitigación necesaria. En casos de actuaciones de restauración costera, el objetivo está vinculado más al paradigma de desarrollo económico que al de protección ambiental, ya que en Uruguay, el turismo de sol y playa cumple un rol importante en la economía.

## Hacia dónde vamos...

La zona costera es sometida a diferentes procesos conflictivos entre sí, y se requiere establecer las políticas y tener lineamientos claros, en pos de solucionar un gran número de amenazas que se ciernen sobre esta zona en cuestión, y que muchas veces aparecen de forma recurrente en el debate público, como por ejemplo: la instalación de puertos, desarrollo de actividad pesquera industrial, inundaciones, actividades mineras, producción agrícola, áreas protegidas, desarrollo inmobiliario, contaminación del agua y turismo, entre otras. La sostenibilidad requiere de un equilibrio entre tres ámbitos; lo económico, lo ambiental y lo social (obligatoriamente) (Figura. 8). En el sistema costero, se necesitan lineamientos claros de acción, donde lo ambiental, lo económico y lo social, estén balanceados. Según el momento o el lugar se priorizará uno de los factores más que otro, pero siempre dentro de un margen que permita sostenibilidad, teniendo presente que los tres factores deben estar contemplados. Para poder valorar los tres ámbitos (económico, ambiental y social) se necesita información y participación.

Los fines y objetivos de la planificación se van a plasmar básicamente en la definición de escenarios. Para ello, como ya se ha mencionado, se requiere contar con información de calidad que sea considerada en las decisiones de los gobiernos y que en consecuencia, permita implementar las propuestas más efectivas. En esta etapa de la planificación se trata de describir el futuro que se busca, pero para eso se debe conocer el presente. A su vez, la cuestión ambiental emerge de problemas locales, que se difunden a regiones y que originándose en unas, se propaga a otras, llegando a veces a adquirir dimensiones planetarias. Ello trasciende la

cuestión de las escalas pues son procesos que se difunden mediante retroalimentaciones, no lineales. El impacto ambiental no puede representarse en modelos cartesianos, pues no son modificaciones lineales del espacio en el tiempo. Los impactos se producen en múltiples ámbitos que no son planos, son ámbitos intangibles y a veces inconmensurables.

Nos enfrentamos a problemas nuevos y a veces únicos, los límites de los fenómenos, antes definibles y precisos hoy son borrosos.

El análisis de unidades territoriales costeras sistémicas basadas en una cierta comunidad, recursos naturales y contruidos que definen ciertas “funciones” y dinámicas, muchas veces no explica adecuadamente los fenómenos observados. Más que saber cuál análisis hacer, la pregunta en los últimos años es qué hacer con la zona costera? Para abordar este tema, según el caso se debe definir si trabajamos con ecosistemas, geosistemas, o socio-ecosistemas, cuáles serían sus límites estará en función del foco de interés cognoscitivo y explicativo. En un mundo en cambio, la consecuencia de superar los umbrales de resiliencia ecosistémica, claramente es algo que podemos denominar como la “construcción de un futuro incierto”.

“Todos sabemos que el espacio es finito, que puede ser escaso, puede ser caro, puede estar contaminado. La referencia al espacio se hace familiar, a medida que pierde sentido, gana peso. ¿Qué traduce esta paradoja sino la conciencia de que el espacio no es lo que se creía, un soporte neutro, un marco pasivo, un escenario inocente, sino la memoria, el propio campo y la baza de las prácticas sociales?” (Brabant, J.M.;

Giblin, B. y Ronai, M. Epílogo a “La Geografía, un arma para la Guerra” de Yves Lacoste)

Parafraseando a *Laudato Si'*, en el marco de este “...sistema de relaciones comerciales y de propiedad estructuralmente perverso” (Papa Francisco [Jorge Mario Bergoglio], 2015, p. 42) en que nos hallamos inmersos, para que algo sea valorado debe ser escaso; en ese sentido, puede ser que la zona costera a medida que se va deteriorando y se vuelve un bien escaso, casi exclusivo, puede llevar a que ese espacio de interés social comience a ser jerarquizado, sólo que puede ser demasiado tarde.



## Bibliografía

**Boak, E.H., and Turner, I.L.** (2005). Shoreline Definition and Detection: A Review. *J. Coast. Res.*, 21: 688-703.

**Corrêa, I.C.S.** (1996). Les variations du niveau de la mer durant les derniers 17.500 ans BP: l'exemple de la plate-forme continentale du Rio Grande do Sul-Brésil. *Mar. Geol.*, 130: 163-178.

**Dias, J.M.A., Cearreta, A., Isla, F.I., and de Mahiques, M.M.** (2013). Anthropogenic impacts on Iberoamerican coastal areas: Historical processes, present challenges, and consequences for coastal zone management. *Ocean Coast. Manag.*, 77: 80-88.

**Duarte, C.M.** (Coord.), Abanades, J. C., Agustí, S., Alonso, S., Benito, G., et al. (2009). *Cambio global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra* (2da. ed.). Madrid: CSIC.

**Duarte, C. M.** (Coord.), Alonso, S., Benito, G., Dachs, J., Montes, C., et al. (2006). *Cambio global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. Madrid: CSIC.

**Hinrichsen, D.** (1998). *Coastal Waters of the World Trends, Threats, and Strategies*. Washington DC: Island Press.

**Gutiérrez, O.** (2016). *Dinámica sedimentaria en la costa uruguaya. Un abordaje desde la geografía histórica y los S.I.G. para comprender las tendencias evolutivas vinculadas al Cambio Global*. Tesis doctoral. La Rábida, España: UNIA.

**Gutiérrez, O., Ligrone, P., Sánchez Rossel, A., y Panario, D.** (2017). *Orden o desorden... legislación y ordenamiento territorial en la zona costera uruguaya. Pensando para proteger la naturaleza o para conceder facilidades al inversor*. En: A. Rivoir (Ed.), Acta Académica XXXI Congreso ALAS 2017. Montevideo, pp. 1-20.

**Gutiérrez, O., y Panario, D.** (2005). Dinámica geomorfológica de la desembocadura del Arroyo Pando, Uruguay. *Geografía histórica y SIG*,

análisis de tendencias naturales y efectos antrópicos sobre sistemas dinámicos. *Xeográfica*, 5: 107-126.

**Gutiérrez, O., y Panario, D.** (2019). Caracterización y dinámica de la costa uruguaya, una revisión. En: P. Muniz, D. Conde, N. Venturini, and E. Brugnoli (Eds.), *Ciencias Marino-Costeras en el Umbral del Siglo XXI*. Editorial AGT S.A. México, pp. 61-91.

**Gutiérrez, O., Panario, D., and Nagy, G. J.** (2018). Relationships between the sand cycle and the behaviour of small river mouths: a neglected process. *J. Sediment. Environ.*, 3: 307-325.

**Gutiérrez, O., Panario, D., Nagy, G.J., Bidegain, M., and Montes, C.** (2016). Climate teleconnections and indicators of coastal systems response. *Ocean Coast. Manag.*, 122: 64-76.

**Iriondo, M.H., y Kröhling, D.** (2008). *Cambios ambientales en la cuenca del río Uruguay: desde dos millones de años hasta el presente*. Santa Fé: Universidad Nacional del Litoral.

**Luisetti, T., Turner, R.K., Jickells, T., Andrews, J.E., Elliott, M., et al.** (2014). Coastal Zone Ecosystem Services: from science to values and decision making: a case study. *Sci. Total Environ.*, 493: 682-693.

**Nagy, G.J., and Gutiérrez, O.** (2018). Scenario planning toward climate adaptation: The Uruguayan coast. En: W. Leal Filho and L. Esteves de Freitas (Eds.), *Climate Change Adaptation in Latin America. Managing Vulnerability, Fostering Resilience*. Cham: Springer, pp. 457-476.

**Nagy, G.J.,** Gutiérrez, O., Brugnoli, E., Verocai, J.E., Gómez-Erache, M., et al. (2019). Climate vulnerability, impacts and adaptation in Central and South America coastal areas. *Reg. Stud. Mar. Sci.*, 29: 100683.

**Nicholls, R. J.,** Wong, P. P., Burkett, V., Woodroffe, C. D., and Hay, J. (2008). Climate change and coastal vulnerability assessment: scenarios for integrated assessment. *Sustain. Sci.*, 3: 89-102.

**Panario, D.,** Bracco, R., Gutiérrez, O., and Tassano, M. (2019). OSL dating of lagoon geoforms as proxies of marine levels for the Late Holocene. En: H. Inda and F. García (Eds.), *Advances in Coastal Geoarchaeology in Latin America*. Cham: Springer, pp. 35-48.

**Papa Francisco** (2015). *Carta Encíclica Laudato SI', sobre el cuidado de la casa común* (24 de mayo de 2015). Vaticano: Tipografía Vaticana.

**Politis, G.** (1984). Climatic variations during historical times in Eastern Buenos Aires Pampas, Argentina. *Quat. South Am. Antarct. Penin.*, 2: 133-161.

**Santos, F.D.,** Mota Lopes, A., Moniz, G., Ramos, L., and Taborda, R. (Eds.), 2014. *Gestão da Zona Costeira. O Desafio da Mudança. Relatório do Grupo de Trabalho do Litoral*. Lisboa, Portugal.

Small, C., and Cohen, J.E. (2004). Continental physiography, climate, and the global distribution of human population. *Curr. Anthropol.*, 45: 269-277.

**Turner, R.K.,** Subak, S., and Adger, W.N. (1996). Pressures, trends, and impacts in coastal zones: Interactions between socioeconomic and natural systems. *Environ. Manage.*, 20: 159-173.

**Valiela, I.** (2006). *Global Coastal Change*. Victoria: Blackwell Publishing.

**Villamizar, A.,** Gutiérrez, M.E., Nagy, G.J., Caffera, R.M., and Leal Filho, W. (2017). Climate adaptation in South America with emphasis in coastal areas: the state-of-the-art and case studies from Venezuela and Uruguay. *Clim. Dev.*, 9: 364-382.

# Diseño de islas flotantes con materiales biodegradables para mejorar la calidad de agua en ramales del Estero Salado

Rubén Hermenegildo<sup>1</sup> y Natalia Molina Moreira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>. Ingeniero en Gestión Ambiental de la Universidad de Especialidades Espíritu Santo, Samborondón, Ecuador.

<sup>2</sup>. Ph.D en Ciencias Biológicas. Docente en la Universidad de Especialidades Espíritu Santo (UEES), Samborondón, Ecuador, Bióloga, MSc. en Ciencias en Agricultura tropical Sostenible.

## Palabras clave:

macrofitas, materia orgánica, metales pesados, alcantarillado sanitario, aguas residuales

## Keywords:

macrophytes, organic matter, heavy metals, sanitary sewer, wastewater

*El artículo plantea la implementación de islas flotantes con materiales biodegradables para mejorar la calidad de agua en los ramales del Estero Salado, ubicado en la Reserva de Producción Faunística Manglares el Salado. Esta área enfrenta un alto grado de contaminación en todos sus efluentes, debido a las descargas que conectaban el alcantarillado sanitario con los ramales del estero aportando contenido de materia orgánica, metales pesados entre otras sustancias con niveles fuera de los límites permisibles que afectaban al medio ambiente. Como plan piloto el Ministerio del ambiente implementó 40 islas flotantes para su remediación elaborados de material plástico donde a largo plazo se genera micro plástico por las condiciones ambientales a los que se exponen en el agua. A partir de este proyecto se realizó pruebas con diferentes tipos de materiales de composición orgánica, con macrofitas para determinar su crecimiento de estadía en el tiempo de la plataforma con el fin de determinar durabilidad y flotabilidad a los parámetros que estarán expuestos en el ramal "Estero Palanqueado" por un periodo de tres meses. Finalmente, se recomienda la lectura de este artículo a profesionales en ciencias ambientales y expertos en planificación, así como también a entidades públicas y la ciudadanía en general.*

*The article proposes the implementation of floating islands with biodegradable materials to improve the water quality in the branches of Estero Salado, located in the Reserve of Mangrove Wildlife Production El Salado. This area faces a high degree of contamination in all its effluents, due to the discharges that connected the sanitary sewer to the branches of the estuary, contributing content of organic matter, heavy metals among other substances with levels outside the permissible limits that affected the environment. As a pilot plan, the Ministry of the Environment implemented 40 floating islands for their remediation made of plastic material where in the long-term micro plastic is generated by the environmental conditions to which they are exposed in the water. From this project, tests were made with different types of materials of organic composition, with macrophytes to determine their growth over time in the platform in order to determine durability and buoyancy to the parameters that will be exposed in the strand "Estero Palanqueado" for a period of three months. Finally, it is recommended to read this article to professionals in environmental sciences and baking experts, as well as to public entities and the general public.*

## INTRODUCCIÓN

La contaminación de cuerpos hídricos es un problema actual que se puede presenciar en cualquier parte del mundo, siendo las actividades antropogénicas unas de las causantes principales de este efecto negativo, seguido de la carencia de regulaciones ambientales y el desinterés por parte de la sociedad. Estos cuerpos de agua se han ido deteriorando a través de los años, debido a la revolución industrial y la demanda por parte del crecimiento poblacional, los niveles de contaminación han aumentado drásticamente por la sobrecarga de materia orgánica y otros componentes que no son propios de dicho ecosistema (Ramírez & Gómez, 2018).

Según datos dados por la UNESCO (2015), los países en vía de desarrollo cuentan con el 90% de sus aguas residuales que son descargadas directamente a masas de agua sin pasar previamente por un proceso de tratamiento. Se estima que, en el día, 2 millones de toneladas de aguas residuales terminan siendo depositadas en el agua. El sector industrial en el año se encarga de verter entre 300 y 400 megatoneladas de desechos a estos cuerpos de agua.

Por medio de este problema se comenzaron a realizar estudios para la depuración de las aguas contaminadas, en la década de los 70 en Estados Unidos, se realizaron las primeras pruebas pilotos con diferentes plantas acuáticas ubicadas en pequeñas islas elaboradas de material plástico para verificar la efectividad de absorción de materia orgánica y metales pesado, donde los resultados demostraron que el

uso islas flotantes con macrofitas , ayudan de manera significativa a la depuración de las aguas residuales (Lara & Peña, 2012).

En Ecuador, también es muy notorio esta problemática de contaminación de los cuerpos de agua. Según estudios realizados por SENAGUA (2013) menciona que el 65% de los ríos del Ecuador, presentan una alta concentración de metales pesados por exceso de fumigación a los campos de plantaciones, haciendo que estas aguas no sean aptas para el consumo, sumándole la falta de procesos de tratamiento de aguas residuales. Por otro lado, la falta de cultura ambiental que presentan las personas ha permitido que los cuerpos hídricos se lleguen a contaminar por los desechos, tensoactivos y parabenos que producen procesos de eutrofización debido a un alto contenido de fósforo y nitrógeno.

Según la Fundación Futuro Latinoamericano (2010), en el Ecuador se han planteado normativas que ayudan al mejoramiento de la calidad del agua mediante la ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, que ha ayudado al control de las afectaciones del ser humano.

En Guayaquil, considerada una de las ciudades con mayor trascendencia en Ecuador, también presenta cuadros de contaminación en sus cuerpos hídricos. Una de las situaciones que más afecta, son las descargas de las aguas

residuales por alcantarillado sanitario que se conectan a los ramales del estero; si bien fue controlado por normativas establecidas por el gobierno del país, no deja de pasar desapercibido por sus olores poco agradables, que se sitúan cerca de estos puntos ocasionando un desequilibrio en la biota (Hernández, 2017).

INOCAR indica que en los últimos años las poblaciones aledañas han presentado problemas gastrointestinales y dérmicos por la alta cantidad de materia orgánica que se presenta en este recurso (Torres, 2011).

En Guayaquil se han planteado diferentes tipos de depuraciones para el tratamiento de las aguas estuarinas que tiene Guayaquil, una de ellas fue la implementación de sistemas de aireación o bombas de aire, de bajo consumo energético para el mejoramiento de la calidad de agua, este método tiene como objetivo el aumento del oxígeno, por otro lado, se han buscado otras alternativas para el mejoramiento de la calidad de agua donde se usan métodos de fitorremediación, a bajo costo y con una facilidad al momento de implementarlas, usando plantas acuáticas con una alta efectividad de depuración (Paéz, Soriano, Torres, & Vasconez, 2014).

Las islas flotantes o también conocidas como humedales artificiales son un método factible para la fitorremediación, este proceso consiste en la elaboración de maquetas manualmente con el fin de eliminar o reducir los niveles de contaminación de una zona afectada (Díaz, Zamora, Caselles-Osorio, & León, 2013).

Este método se subdivide en humedales artificiales de flujo superficial que se subclasifica en flujo superficial aerobio y anaerobio, son procesos en donde se utilizan plantas macrofitas en el cuerpo hídrico ya sea dentro o fuera del agua, la otra subdivisión es el flujo subsuperficial, un proceso post a las plantas de tratamientos de aguas residuales estos dos tipos de métodos son muy efectivos y dependiendo el tipo de problema que se tenga, actuarán de manera eficiente (Días, 2014).

Existen varios tipos de plantas acuáticas, cada una de ellas resisten diferentes tipos de condiciones climáticas y parámetros físicos como: temperatura, pH, turbiedad entre otros, haciendo que estas plantas puedan proliferarse o escasearse según el tipo de resistencia que tenga en el entorno (Guevara & Ramírez, 2018).

Entre las plantas acuáticas existe un grupo de halófitas que tienen una alta capacidad de absorción, son de la familia *Rhizophoraceae*, un árbol que tiene una alta efectividad de filtración de metales pesados, donde se distribuye por las raíces y el tallo del árbol neutralizando el metal pesado (Foroughbakhch, Céspedes, Alvarado, Núñez González, & Badii, 2004).

Considerando ciertas plantas mencionadas anteriormente para su uso en las islas flotantes, tendría un efecto relevante en el Estero Salado, ya que actualmente este sitio presenta una alta concentración de materia orgánica, debido a las descargas de aguas residuales que conectan los ramales





Figura 1. Ubicación de los humedales artificiales pilotos (Google Earth 2019)

del estero con el alcantarillado sanitario de la población en el sur de Guayaquil trayendo problemas a la salud. El Ministerio del ambiente comenzó a efectuar técnica de fitorremediación con el propósito de mejorar la calidad de agua (Rivas, 2015).

Este trabajo tiene como finalidad diseñar islas flotantes con materiales biodegradables, para lo cual se seleccionarán los materiales de plantas con fibras como materia prima para las islas flotantes, con los materiales seleccionados según su efectividad se elaborarán las islas flotantes y se implementarán las islas flotantes diseñadas en el Estero Palanqueado para monitorear su eficiencia durante tres meses bajo las condiciones del agua.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El área donde se instalarán las islas flotantes o humedales artificiales será en el Estero Palanqueado que tie-

ne una longitud de 500 metros, forma parte de la Reserva de Producción de Fauna Manglares El Salado ubicada al suroeste de Guayaquil en la costa del Ecuador (Figura. 1). Las condiciones climáticas que presenta el Estero Palanqueado varían por la combinación de diferentes factores, entre esos se puede considerar su ubicación en la zona ecuatorial, teniendo una altitud media de 4 m s. n. m., también influye su temperatura que varía en los 37.3 °C en el día y 15.8 °C en las noches, entre enero a mayo ocurren 1273.2 mm de precipitación anual y la época seca desde junio hasta diciembre, otro factor importante es la humedad que presenta una sensación térmica que supera los 40° C. Tiene influencia de las corrientes marinas fría de Humboldt y cálida de El Niño y la oscilación sur (GAD Municipal de Guayaquil, 2018).

### Característica del cuerpo hídrico

Los análisis que se han realizado en el estero Palanqueado sobre el nivel de contaminación por metales pesados sobrepasaban el límite máximo permisible vigente en el acuerdo ministerial 097A anexo 1 sobre la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua. La calidad de agua que presenta el estero Palanqueado tiene una variación con respecto a los contaminantes que se encuentran en este cuerpo hídrico, principalmente de aguas residuales proveniente de los hogares. Los monitoreos que han sido registrados sobre la calidad de agua durante el periodo de enero hasta julio del 2017 muestran que el parámetro referente a coliformes fecales va de 1,1 a 160000 NMP/100 ml (Chalacán, Camchong & Coronado, 2018).



Por medio de los datos analizados por el GAD Municipal de la ciudad de Guayaquil, indica que el estero Palanqueado es valorado como una transición de zona urbana no industrial. Esto significa que las aguas residuales de característica doméstica procedente de las 62 viviendas conformada por 250 personas que están en el asentamiento no tienen un sistema de alcantarillado que les permita un correcto procedimiento de recolección de aguas servidas, lo que genera las inadecuadas descargas al estero causando niveles de contaminación altos (Chalacán, Camchong & Coronado, 2018).

### Especie de estudio

La especie que se usó en las islas flotantes fue *Rhizophora mangle* L debido a su abundancia en el Golfo de Guayaquil y en todos sus ramales ubicados en el borde del agua, esta especie reconocida por sus raíces fulcreas sirven de hábitat y alimento a una alta biodiversidad de especies marino-costeras (Arancibia, Twilley, & Day, 2014). Esta especie posee una característica esencial, tiene la capacidad de absorber el carbono que se encuentra en la atmósfera, reduciendo el dióxido de carbono del aire, tiene la facilidad de depurar la materia orgánica y metales pesados, distribuyéndolo por todo el árbol (Villamil, 2010).

### METODOLOGÍA

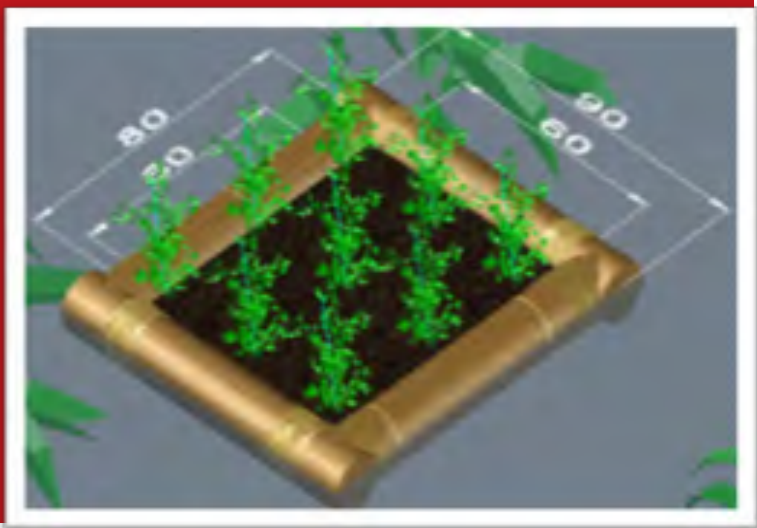
Seleccionar los materiales adecuados a implementar en el diseño de las islas flotantes

Para realizar el diseño de las islas flotantes, se consideraron materiales aptos para las condiciones del agua a la cual deben estar expuestos de manera física y química. Se analizaron características como durabilidad y resistencia. Mediante revisión bibliográfica se encontraron las características esenciales de las especies como soporte del prototipo a diseñar.

Los materiales seleccionados para la elaboración de la isla flotantes son los siguientes:

- La caña guadua o *Guadua angustifolia* (Figura 2), fue escogido debido a su porosidad que permite flotar en el agua, resistiendo las condiciones físicas y químicas del entorno, por estas características se elaboró como plataforma para una de las islas flotantes (Nodal, Rico, Pérez, & Mas, 2014). La arcilla se usará para tapar los huecos de la caña como material natural por su resistencia al agua una vez seca, esta adquiere una forma plástica cuando es mezclada con el agua y se endurece a altas temperatura mediante el contacto con el fuego (García, & Suárez, 2001). Para poder unir los extremos de las cañas se utilizó cabuya, este material es biodegradable a la exposición con el sol y el agua (Paredes, 2012).

- La madera de balsa *Ochroma pyramidale* (Figura.3), es un árbol de la zona tropical y subtropical, su calidad depende las condiciones climáticas y ubicación geográfica, posee una densidad de 0.10 a 0.15 g/ml es una de las maderas más ligeras, este árbol crece de manera rápida, no es una especie en peligro de extinción. Se fabricó una



plataforma con este material para una de las islas flotantes (Osorio, Molina, Navarrete, Fonseca, & Ochoa, 2010).

- Se utilizaron los raquis de la hoja de la palma real *Roystonea regia*, en una de las plataformas como base de la isla y en la otra se usó la bractea (espata) de la inflorescencia de la palma, estos materiales son muy resistente y han sido de aprovechamiento para diferentes tipos de artesanías de interior (Cocomá, 2010).

### Elaborar las islas flotantes con los materiales seleccionados

Con los materiales seleccionados se elaboraron tres prototipos de islas flotantes, con balsa, caña guadua,

y pseudo tallo de banano con dimensiones de 60 cm<sup>2</sup> por 20 cm de espesor. Después de probar estos tres prototipos, con el material del prototipo que fue mejor, se elaboraron 7 prototipos con dimensiones de 20cm<sup>2</sup> de interior y 15cm de espesor para colocar una sola planta y crear un sistema de módulos individuales separables para que se puedan anclar al sustrato y facilitar la recuperación de la cobertura vegetal.

### Construcción del prototipo de isla flotante de caña guadua

- Se consiguieron las cañas y se realizaron cuatro cortes dos de 90 cm y dos de 80 cm para tener las medidas establecidas.
- Se realizaron tapas de las cañas elaboradas de arcilla, estas fueron calentadas en un horno a 240 °C durante 20 min y se las dejó en el exterior 10 min para su enfriamiento
- Se usaron 6 metros de cabo de cabuya para mantenerlas unidas cada extremo de las cañas
- En la base se utilizó brácteas de la palma, sobre la cual se colocó el lodo de manglar y las plántulas de mangle.

Figura 2. Construcción del prototipo de isla flotante de caña guadua (elaboración propia)



Figura 3. Construcción del humedal de madera de balsa (elaboración propia)

Figura 4. Construcción del humedal de tronco de banano (elaboración propia.)

## Construcción del humedal de madera de balsa

- Se consiguió el tronco de balsa y se lo cortó con las medidas adecuadas.
- Se unieron los extremos usando tarugos de madera.
- Se le colocó una base de tiras de caña para colocar el lodo de manglar y sembrar las plántulas.

## Construcción del humedal de tronco de banano (Figura. 4)

- Se consiguieron pseudotallos de banano y se los cortó con las medidas adecuadas.
- Se unieron los extremos usando 6 metros de cabo de cabuya
- Se colocó una base de tiras de madera de balsa para aumentar la flotabilidad, sobre esta base se sembraron las plántulas con sustrato de lodo de manglar.



Figura 5. Construcción del humedal de madera de balsa (elaboración propia).

Figura 6. Prototipo sujetas con cabo de cabuya (elaboración propia).

Figura 7. Prototipo con los propágulos (elaboración propia).

## Construcción de los 7 humedales de madera de balsa (Figura.5)

- Se consiguió el tronco de balsa y se lo cortó con las medidas adecuadas.
- Se unieron los extremos usando tarugos de madera.
- Se le forro con saco de yute para evitar la filtración del lodo del mangle

## Implementar las islas flotantes diseñadas en el Estero Palanqueado para monitorear su resistencia

Los prototipos elaborados con caña guadua, balsa y pseudo tallo de banano se colocaron junto a las islas flotantes existentes en el estero Palanqueado para sujetarlas con cuerdas a estas estructuras (Figura. 6).

Una vez sujetadas con las estructuras existentes, se procedió al relleno y sembró de los propágulos en cada prototipo (Figura.7).

Se registrará en fichas preestablecidas de observación con fecha, tipo de plataforma, descripción, observación y foto para determinar su resistencia en el agua mediante parámetros físicos como: moho, organismos vivos o alguna anomalía que presente. Los muestreos se realizarán semanalmente, para verificar la calidad de cada una de las islas (Tab.1).

Una vez realizado el monitoreo se hará un gráfico de dispersión con los datos obtenidos seguido de una tabla de correlación de Pearson para poder obtener su coeficiente, mediante las variables prototipo midiendo el tiempo de flotabilidad y los materiales con la resistencia de cada uno.

## RESULTADOS

### Seleccionar los materiales adecuados a implementar en el diseño de las islas flotantes

Para la construcción de la base de las islas flotantes, se probaron seis materiales considerados de mayor durabilidad (Tabla 2). Después de las pruebas se eligieron tres que presentaron mejores características, estos son: tiras de caña de “*Guadua angustifolia*”, los sacos de yute de “*Corchorus capsularis*” y tiras de balsa “*Ochroma pyramidale*” que se llevaron a una etapa de prueba en el Estero Palanqueado para verificar durabilidad, flotabilidad, establecimiento de los manglares y comportamiento de los organismos del medio (Tabla 2).

De igual manera se procedió para probar los materiales para la construcción del marco de las islas flotantes, se pusieron a prueba tres tipos de materiales considerados de mayor durabilidad que fueron: Pseudotallo de banano “*Musa × paradisiaca*” y estructuras de balsa “*Ochroma pyramidale*” (Tabla 3)

Tabla 1. Modelo de ficha de observación

Ficha de observación				
Fecha	Tipo de plataforma	Descripción	Observación	Foto

Tabla 2. Tiempo de deterioro y de flotabilidad de los materiales ensayados para la base de las islas flotantes

Materiales	Tiempo de deterioro al contacto del agua (días)	Tiempo de flotabilidad (días)
Hoja de palma real “ <i>Roystonea regia</i> ”	7	9
Bulbo “ <i>Eichhornia crassipes</i> ”	4	6
Bractea (espata) “ <i>Roystonea regia</i> ”	14	7
Tiras de caña “ <i>Guadua angustifolia</i> ”	Etapa de prueba	Etapa de prueba
Tiras de balsa “ <i>Ochroma pyramidale</i> ”	Etapa de prueba	Etapa de prueba
Sacos de yute “ <i>Corchorus capsularis</i> ”	Etapa de prueba	Etapa de prueba



Tabla 3. Tiempo de deterioro y de flotabilidad de los materiales

Materiales	Tiempo de deterioro al contacto del agua (días)	Tiempo de flotabilidad (días)
Balsa "Ochroma pyramidale"	Etapa de prueba	Etapa de prueba
Caña "Guadua angustifolia"	7	14
Pseudotallo de banano "Musa x paradisiaca"	Etapa de prueba	Etapa de prueba



Figura 8. Diseño de los prototipos: 1 madera de balsa, 2. bambú o caña guadua, 3. pseudotallo de banano

### Elaborar las islas flotantes con los materiales seleccionados

Para la construcción de los diferentes prototipos que se elaboraron según la estructura, el prototipo I poseía caña, tapas de arcillas, cabuya, lodo de manglar y bráctea, el prototipo II conformado de pseudotallo de banano, lodo de manglar, tiras de balas y saco de yute, el prototipo III diseñada de balsa, tiras de caña, lodo de manglar y saco de yute, y el prototipo IV estructurado de Balsa, saco de yute y recortes de balsa, caña, raquis y hoja de palma (Tabla 4; Figura.8).

### Implementar las islas flotantes diseñadas en el Estero Palanqueado para monitorear su resistencia

De los prototipos instalado en el Estero Palanqueado el prototipo I de bambú, tuvo un tiempo de duración de siete días, se deterioró la bráctea de la palma (nombre científico) que se utilizó en la base. En cuanto a la flotabilidad el tiempo fue de 14 días. El prototipo II pseudotallo de banano presenta deterioro en la parte inferior de la estructura debido al contacto permanente con el agua, mientras que la parte superior se ha tornado de color amarilla debido a la exposición al sol, sin embargo, las fibras se observan en buen estado y la base de tiras de balsa se ha conservado en buenas condiciones. El prototipo III de balsa se ha conservado intacto en la etapa de prueba. El prototipo IV conformado por siete estructuras de balsa de 20 X 20 cm, que se han mantenido en buen estado durante la etapa de prueba (Tabla 5).

PLATAFORMAS	PROTOTIPO I		PROTOTIPO II		PROTOTIPO III		PROTOTIPO IV	
Materiales	Base	Marco	Base	Marco	Base	Marco	Base	Marco
Bráctea (espata) " <i>Roystonea regia</i> "	Se usó una lámina de 90 X 80 cm.	-	-	-	-	-	Se usó pedazos para evitar el contacto directo del agua y el lodo del manglar	-
Sacos de yute " <i>Corchorus capsularis</i> "	Se usó para evitar la disminucion del lodo de manglar	-	Se usó para evitar la disminución del lodo de manglar	-	Se usó para evitar la disminucion del lodo de manglar	-	Se usó para evitar la disminución del lodo de manglar	-
Tapas de arcilla	-	Se usó para cubrir los orificios de la caña	-	-	-	-	-	-
Cabuya " <i>Agave sisalana</i> "	-	Se usó 6 metros de cabo para unir los extremos y de anclaje	-	Se utilizó para mantener una unión de anclaje con las islas ya sembradas	-	Se utilizó para mantener una union de anclaje con las islas ya sembradas	-	Se utilizó como anclaje con las islas
Raquis de la hoja de palma " <i>Roystonea regia</i> "	-	-	-	-	-	-	Se usó pedazos para evitar el contacto directo del agua y el lodo del manglar	-
Hoja de palma " <i>Roystonea regia</i> "	-	-	-	-	-	-	Se usó pedazos para evitar el contacto directo del agua y el lodo del manglar	-
Caña " <i>Guadua angustifolia</i> "	-	Se usó para la flotabilidad del prototipo 90 X 80 cm.	-	-	-	Se usó tiras de 60 cm de diámetro	Se usó pedazos para evitar el contacto directo del agua y el lodo del manglar	-
Pseudotallo de banano " <i>Musa × paradisiaca</i> "	-	-	-	Se usó para la flotabilidad del prototipo 90 X 80 cm.	-	-	-	-
Balsa " <i>Ochroma pyramidale</i> "	-	-	Se usó para aumentar la flotabilidad	-	-	Se usó para la flotabilidad del prototipo 90 X 80 cm.	-	-

Tabla 4. Elaboración de las plataformas de acuerdo con su estructura

#	Plataformas	Tiempo de duración al contacto del agua	Tiempo de flotabilidad
1	Protitipo I	7	14
2	Protitipo II	Etapa de prueba	Etapa de prueba
3	Protitipo III	Etapa de prueba	Etapa de prueba
4		Etapa de prueba	Etapa de prueba
5		Etapa de prueba	Etapa de prueba
6		Etapa de prueba	Etapa de prueba
7	Prototipo IV	Etapa de prueba	Etapa de prueba
8		Etapa de prueba	Etapa de prueba
9		Etapa de prueba	Etapa de prueba
10		Etapa de prueba	Etapa de prueba

## Implementar las islas flotantes diseñadas en el Estero Palanqueado para monitorear su resistencia

De los prototipos instalado en el Estero Palanqueado el prototipo I de bambú, tuvo un tiempo de duración de siete días, se deterioró la bráctea de la palma (nombre científico) que se utilizó en la base. En cuanto a la flotabilidad el tiempo fue de 14 días. El prototipo II pseudotallo de banano presenta deterioro en la parte inferior de la estructura debido al contacto permanente con el agua, mientras que la parte superior se ha tornado de color amarilla debido a la exposición al sol, sin embargo, las fibras se observan en buen estado y la base de tiras de balsa se ha conservado en buenas condiciones. El prototipo III de balsa se ha conservado intacto en la etapa de prueba. El prototipo IV conformado por siete estructuras de balsa de 20 X 20 cm, que se han mantenido en buen estado durante la etapa de prueba (Tabla 5).

## DISCUSIÓN

Los cuatro prototipos de islas flotantes con materiales biodegradables que se probaron en el Estero Palanqueado presentaron diferentes resultados, a pesar de que los materiales seleccionados cumplían con los requerimientos de flotabilidad y durabilidad, sin embargo, los prototipos elaborados con balsa (*Ochroma pyramidale*) resultaron ser los mejores. En cuanto al prototipo de bambú (*Guadua angustifolia*) las propiedades de dureza del material podrían ser mejores en durabilidad, sin embargo, debido a la porosidad tuvo mayor permeabilidad lo que ocasionó su hundimiento.

Respecto al pseudotallo de banano (*Musa x paradisiaca*) por su composición rica en fibras y alto contenido de agua, la descomposición fue más rápida lo que hizo que perdiera la flotabilidad.

Las características biodegradables de los materiales seleccionados son una alternativa para evitar el uso de plásticos y metales en los prototipos, debido a que en la actualidad el uso de estos materiales ante condiciones de carácter químico y físico, liberan micro plásticos y elementos químicos derivados de las mallas metálicas y varillas de hierro que podrían afectar el pH del agua.

El plástico ante las radiaciones solares y contacto directo del agua salobre se convierte en micro plásticos, estas pequeñas partículas son provenientes de objetos plásticos de mayor tamaño, transformándose en fragmentaciones aportando una problemática global donde afecta a toda la cadena trófica incluyendo al ser humano, por otro lado los metales liberan toxinas solo estando al contacto del agua y dependiendo del tipo de material este reaccionara de diferentes manera, por esta razón se utilizó materiales fibrosos en los prototipos para evitar los impactos al ambiente (Hidalgo, Macaya, Eatman & Thiel, 2012).

La especie utilizada fue *Rhizophora mangle*, debido a sus características de planta halófila y de crecimiento relativamente rápido de un metro por año (Mendoza & Molina-Moreira, 2015), considerando en el diseño de humedales artificiales plantas acorde a las condiciones climáticas y a

las características físicas, químicas y biológicas para medir la durabilidad de las plantas en el agua, con macrófitas para mejorar la efectividad de las plataformas con la finalidad de depurar el agua (Arias, 2010; Peña & Lara 2012).

Entre las medidas de los prototipos de las islas flotantes probadas las de 60 cm<sup>2</sup> se hicieron considerando que esta medida se utilizó un humedal de aguas industriales donde realizaban proyectos piloto que ayuden a medir el comportamiento del sitio (Díaz, Zamora, Caselles, & León, 2013), sin embargo los prototipos probados con medidas de 20 cm<sup>2</sup> de interior tuvieron mejores facilidades de instalación y manipulación.

Este tamaño de prototipo presentó mejores características y debido a que en las actuales islas flotantes instaladas por el Ministerio del ambiente, el tamaño de las islas y la densidad con la que sembraron los manglares ha dificultado su mantenimiento y poda, el peso de las raíces ha hundido una de las islas, por lo que inferimos que al sembrar los manglares de manera individual en cada prototipo de balsa con medidas de 20cm<sup>2</sup> se logrará mantener mejores condiciones para los mangles y se podrán establecer en las áreas seleccionadas para su crecimiento definitivo y así recuperar la cobertura vegetal con este sistema de restauración del ecosistema. Por lo expuesto el uso de materiales biodegradables es una mejor opción debido a que no se requiere que sean de larga duración.

## CONCLUSIÓN

El mejor prototipo fue el elaborado con balsa debido a sus propiedades de flotabilidad y durabilidad. La medida de 20 x 20 cm, presentó mejores condiciones de manipulación y se considera que al realizar la siembra individual cada planta tiene mejores opciones de desarrollo y posteriormente de establecimiento en el área definitiva para recuperar la cobertura vegetal en los diferentes sitios del Estero Salado.

La sobrevivencia de los propágulos fue mayor en los prototipos de 20 x 20, debido a que se mejoró la circulación del agua, para evitar que se estanque y dañe la calidad el sustrato, debido a que en los prototipos de 60cm<sup>2</sup> el desarrollo de los propágulos se vio afectado por la compactación del sustrato y baja circulación del agua dentro del prototipo, lo que causó que se descomponga el agua lo cual afectó los plantas que alcanzaron una sobrevivencia del 25%.



## Bibliografía

Chalacán, N., Camchong, M., & Coronado, F. (2018) Mejoramiento de la calidad de agua en ecosistemas de manglar, Ministerio del Ambiente/ Subsecretaría de Gestión Marina y Costera/Proyecto de Recuperación del Estero Salado e Isla Santay/Guayaquil, Ecuador.

Cocomá, C. (2010). Uso y manejo de la palma real (*Attalea butyracea*) para la elaboración de artesanías en el Departamento del Tolima. Departamento de Biología, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.

Díaz, S., Zamora, E., Caselles-Osorio, A., & León, J. A. (2013). Diseño de un humedal construido para el tratamiento del agua de producción de un campo de petróleo colombiano. *Revista Fuentes*, 11(2), 53-63.

Días, C., (2014). Tratamiento de agua residual a través de humedales. In V Congreso Internacional de Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomás Seccional Tunja. Recuperado de: <http://ustatunja.edu.co/cong-civil/images/Articulos/>

Fundación Futuro Latinoamericano (2010). Una alternativa para la participación ciudadana para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en el Ecuador. Recuperado de: <https://www.ffla.net/publicaciones/doc.../116-propuesta-de-participación-girh.html>

Foroughbakhch, R., Céspedes, A., Alvarado, M., Núñez González, M., & Badii, M. (2004). Aspectos ecológicos de los manglares y su potencial como fitorremediadores en el Golfo de México. *Ciencia UANL*, 7(2), 203-208, ISSN 1405-9177.

GAD Municipal de Guayaquil, (2018). Geografía de Guayaquil, 7. Recuperado de: <http://www.guayaquil.gob.ec/geograf%C3%ADA-de-guayaquil>

Guevara, M., y Ramirez, L., (2015). *Eichhornia crassipes*, su invasividad y potencial fitorremediador. *La Granja*, 22(2), 5-11, doi: 10.17163/lgr.n22.2015.01.

García, E., & Suárez, M. (2001). Las arcillas: propiedades y usos. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/30551185/ARCILLAS-PROPIEDADES-Y-USOS>).

Hernández, A. (2017). Evaluación de la contaminación físico-química y microbiológica de aguas del estero salado, puente de Gómez Rendón, Guayaquil-Ecuador. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Químicas.

Hidalgo, V., Macaya, V., Eastman, L., & Thiel, M. (2012). Muestreo nacional de microplásticos en las playas de Chile. Universidad Católica del Norte, Biología Marina, Larrondo 1281, Coquimbo, Chile.

Medina, B., Román, S., Santana, B., & Salgado, J. (2010). Restauración vegetal de manglar de borde en el litoral central del Ecuador. Universidad International Menéndez Pelayo – Universidad Central del Ecuador.

Nodal, C., Rico, I., Pérez, G., & Mas, J. (2014). Caracterización y evaluación del bagazo de caña de azúcar como biosorbente de hidrocarburos. *Afinidad*, 71(565).

Ortiz, P., Fonseca, F., Rodríguez, G., Montenegro L. (2006.). Biomateriales sorbentes para la limpieza de derrames de hidrocarburos en suelos y cuerpos de agua. *Ingeniería e Investigación*, 26(2), 20-27. ISSN 0129-5608.

Osorio, B., Molina, X., Navarrete, E., Fonseca, C., & Ochoa, L.. (2010). Caracterización del cultivo de balsa (*Ochroma Pyramídale*) en la Provincia de los Ríos-Ecuador. *Revista Ciencia y Tecnología*, 3(2), 7-11.

Paredes, J. (2012). Estudio de Polímeros Híbridos Estratificados de Matriz Poliéster Reforzada con Fibra de Vidrio y Cabuya como Material Alternativo y su incidencia en las propiedades mecánicas en Guardachoques para Buses. Centro de estudio Posgrado, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

Peña, C., & Lara, J. (2012). Tratamiento de aguas de escorrentía mediante humedales artificiales: Estado del arte. *Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 22(2), 10.

Paéz, M., Soriano, R., Torres, L., & Vasconez, N. (2014). Factores que Contaminan el Estero Salado de la Ciudad Guayaquil. Obtenido de Universidad Agraria Del Ecuador: es. slideshare. net.

Rivas, B. (2015). Estudio, integración social, y rehabilitación del Estero Salado mediante el urbanismo en el agua para los habitantes del suburbio oeste de Guayaquil. Universidad de Guayaquil: Facultad de Arquitectura y Urbanismo.

Ramírez, N. B., & Gómez, E. G. (2018). Agua, paisaje e impacto ambiental. Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos. *Revista Dialnet*, (16), 13-22.

SENAGUA (2013). Secretaria agua Ecuador. Boletín hídrico del Ecuador, 10. Recuperado de: <https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2018/06/boletin-hidrico-abril-bajo.pdf>

Torres, G. (2011). Recuperación de Estero Salado perspectiva biológica. Recuperado [https://www.researchgate.net/profile/Gladys\\_Torres3/publication/266229109\\_RECUPERACION\\_DEL\\_ESTERO\\_SALADO\\_PERSPECTIVA\\_BIOLOGICA\\_MARZO\\_2011/links/568c61fe08aeb488ea2fd64c/RECUPERACION-DEL-ESTERO-SALADO-PERSPECTIVA-BIOLOGICA-MARZO-2011.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Gladys_Torres3/publication/266229109_RECUPERACION_DEL_ESTERO_SALADO_PERSPECTIVA_BIOLOGICA_MARZO_2011/links/568c61fe08aeb488ea2fd64c/RECUPERACION-DEL-ESTERO-SALADO-PERSPECTIVA-BIOLOGICA-MARZO-2011.pdf).

UNESCO (2018). Calidad de agua. Iniciativa Internacional sobre la Calidad del Agua Publicado por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 7. Recuperado de: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002436/243651s.pdf>.

Villamil, C. (2010). Evaluación de ecosistemas de manglar con diferente cobertura en cuanto a los procesos de retención, absorción y acumulación de metales pesados (Cr, Cd, Pb, Zn y Cu). Universidad Nacional de Colombia, 60-63.

Yáñez-Arancibia, A., Day, J., Twilley, R., & Day, R. (2014). Manglares: ecosistema centinela frente al cambio climático, Golfo de México. *Madera y bosques*, 20, 39-75.

# Relación de la infestación de *Coccotrypes rhizophorae* con el desarrollo de propágulos en *Rhizophora racemosa*

Jorge Pazmiño<sup>1</sup>, Myriam Arias de López<sup>1</sup> y Natalia Molina Moreira<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Espíritu Santo, Samborondón-Ecuador.

La fenología es la ciencia que estudia los estadios y el desarrollo reproductor y vegetativo de la flora y la fauna en relación a parámetros ambientales. Por crecer en las costas de zonas tropicales, los manglares son altamente vulnerables a los efectos tempranos del cambio climático. El género *Rhizophora* es propenso al daño ocasionado por el insecto *Coccotrypes rhizophorae*, considerado un parásito obligado. Conocer en qué momento ocurre la infestación del propágulo contribuirá a su manejo. Se plantearon los siguientes objetivos para poder lograrlo: 1) Determinar las etapas del desarrollo del propágulo de *Rhizophora racemosa*, 2) Demostrar la edad del propágulo más susceptible al ataque de *Coccotrypes rhizophorae*. Se marcaron con cintas 20 inflorescencias cimosas de *Rhizophora racemosa*. Se registraron datos desde el inicio hasta el final de las etapas florales de *R. racemosa*. Se observaron los efectos que *C. rhizophorae* ocasiona en los propágulos de *R. racemosa*.

Palabras clave:  
fenología, género, propágulo

Keywords:  
phenology, genus, propagule

The article proposes the implementation of floating islands with biodegradable materials to improve the water quality in the branches of Estero Salado, located in the Reserve of Mangrove Wildlife Production El Salado. This area faces a high degree of contamination in all its effluents, due to the discharges that connected the sanitary sewer to the branches of the estuary, contributing content of organic matter, heavy metals among other substances with levels outside the permissible limits that affected the environment. As a pilot plan, the Ministry of the Environment implemented 40 floating islands for their remediation made of plastic material where in the long-term micro plastic is generated by the environmental conditions to which they are exposed in the water. From this project, tests were made with different types of materials of organic composition, with macrophytes to determine their growth over time in the platform in order to determine durability and buoyancy to the parameters that will be exposed in the strand "Estero Palanqueado" for a period of three months. Finally, it is recommended to read this article to professionals in environmental sciences and baking experts, as well as to public entities and the general public.

## INTRODUCCIÓN

Los manglares están asociadas a plantas leñosas y arbustivas que reciben nutrientes y energía tanto, del suelo como del mar; son bosques altamente productivos que representan un alto potencial económico y alimenticio para los asentamientos humanos alrededor de ellos. Su madera es de muy buena calidad lo que la hace muy codiciada y por esta razón son talados (Lacerda y Schaeffer, 1999). Se estima que más del 40% de la extensión original de mangles en Latinoamérica ha disminuido por la explotación de recursos pesqueros o madereros (Lacerda et al., 2002).

Los manglares tienen un valor social y económico definido, estos se denominan servicios ecosistémicos, estos servicios incluyen, madera, producción de alimentos, protección de línea costera, captación de carbono, mantenimiento de la calidad del agua, y proporcionar un ecosistema para diversos organismos y especies (García-Martínez et al., 2019). Son bosques altamente productivos por las diferentes funciones que cumplen como refugio, crianza y alimentación de diversos animales que son esenciales en la exportación de materia orgánica, mantenimiento de las cadenas tróficas marino costeras, y ser sumideros de altas cantidades de carbono (Spalding et al., 1997).

Se entiende por fenología a la ciencia que estudia los estadios y el desarrollo reproductor y vegetativo de la flora y la fauna en relación a parámetros ambientales (Schwartz, 1999). Estudia también los ciclos de los seres vivos en rela-

ción con factores climáticos, en el caso de manglares, son plantas que crecen en las costas de zonas tropicales, son altamente vulnerables a los efectos tempranos del cambio climático y cambios de temperatura como de precipitación, alterando la salinidad en el entorno de estas plantas (Peel, 2014). La fenología se ha estudiado principalmente en especies arbóreas de regiones templadas y en lugares con un clima seco tropical, en el caso de la última, se han registrado numerosos patrones de floración generados por la combinación específica para cada especie de factores endógenos y ambientales (Borchert et al., 2005). El vigor de las yemas apicales y la longitud del día están relacionados a la inducción floral mientras que la temperatura influye en la intensidad y periodicidad de floración (Fernandes, 1999). Es notable mencionar que no en todas las especies de mangle se han identificado asociaciones con factores individuales, ya que debido a la compleja interacción que poseen dificulta su análisis (Fernandes, 1999). Estudios relacionados a los factores ambientales y endógenos que regulan la intensidad de floración en las especies de mangle son los menos estudiados en los ecosistemas de manglar en ese marco complejo (Bendix et al., 2006). Es posible que un mejor entendimiento en la incidencia de la precipitación y temperatura sobre la periodicidad e intensidad de floración en las especies de mangle pueda permitir predecir con una mayor exactitud los efectos que el clima podría ejercer sobre la fenología reproductiva (Bendix et al., 2006).

Los manglares son resistentes a la alta salinidad que presentan los suelos donde se encuentran, además de

ser suelos pobres de oxígeno que están sujetos a inundaciones, los suelos poseen una alta cantidad de materia orgánica particulada (Basañez-Muñoz, 2006). Los manglares se caracterizan por crecer en suelos con alta salinidad en donde es requerido un alto gradiente de presión del suelo foliar para poder absorber agua y mantener las tasas de transpiración (Scholander et al., 1962). Las principales especies de mangle que son conocidas en Ecuador son: *Rhizophora mangle*, *Rhizophora racemosa*, *Rhizophora harrisoni*, *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa* (Cornejo, 2014).

Se describen las características del género *Rhizophora* y sus especies a continuación:

## **Rhizophora**

Este género florece en épocas húmedas, tiene una floración prolongada y sus propágulos pueden establecerse en época seca pero este género retiene sus propágulos durante un tiempo más prolongado lo que implica un costo mayor que el género *Avicennia*, produce flores a lo largo de todo el año, pero dicha producción disminuye con el pasar de los meses desfavorables (marzo a agosto), los propágulos caen durante casi todo el año (Peel, 2014). Ambos géneros tienen una correlación significativa entre la variación ambiental y la caída de propágulos que sugieren que esta sincronización tiene un valor adaptativo, esta hipótesis tiene bases fisiológicas de acuerdo a Rabinowitz (1978), que demostró que la vida media de los propágulos de *Avicennia* es mayor en agua dulce que en agua salda y que un alto nivel de inundación

es esencial para la dispersión de estos. El género *Rhizophora* tiene 3 especies: *Rhizophora racemosa*, *Rhizophora mangle* y *Rhizophora harrisonii*.

## **Rhizophora mangle**

Es la especie más común de mangle, se distribuye a lo largo de América y África. En estado juvenil *Rhizophora mangle* puede medir 5 metros, pero puede llegar a medir hasta 70 metros de altura, aunque comúnmente llega a medir 8 metros (Gill & Tomlinson, 1977). Esta especie usualmente se encuentra con tres especies de mangle más, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*, *Rhizophora harrisoni* y *Conocarpus erectus*. *Rhizophora mangle* suele tener muchas inflorescencias con algunas ramificaciones en donde las inflorescencias se encuentran en la axila de la hoja que puede estar encima o debajo de la misma (Hogarth, 1999). Las flores maduras de esta especie pueden ser encontradas de 3-5 nodos o 7-9 nodos hacia abajo desde el nódulo apical. Su cáliz es de color amarillo o crema cuando se encuentran polinizados y son de color verde cuando llegan a la madurez. Las prefloraciones maduras de *Rhizophora mangle* poseen un color crema, pero en las especies *Rhizophora racemosa* y *Rhizophora harrisonii* en la etapa final las prefloraciones pueden mostrarse de un color rojizo, en cambio las juveniles pueden presentar un color crema-blanquecino. Los brotes son ovados, lisos con dimensiones de 1-2 cm de largo y 0.5cm de ancho, posee 4 pétalos, lineados de color blanco en los márgenes. Los estambres suelen ser de color amarillo o café en la madurez (Norman y Allen, 2005). De acuerdo a Little



(1969), *Rhizophora mangle* presenta de 2 a 20 botones florales, mezclando las características de *Rhizophora racemosa* y *Rhizophora harrisonii*, la variabilidad del número de flores por inflorescencia se atribuye a las variaciones de una misma especie (Cornejo y Bonifaz, 2005).

### **Rhizophora harrisonii**

Es considerada un híbrido natural de las especies *Rhizophora mangle* y *Rhizophora racemosa*. Se diferencia de estas dos especies porque posee características intermedias como tener de 3 a 5 coyunturas de inflorescencias mientras que *R. racemosa* posee 7 a 9 nódulos, mientras que *R. mangle* posee 3 a 8 nódulos (Cerón-Souza et al., 2010). Según Salvoza (1960), la especie *Rhizophora harrisonii* es recurrente en las costas al oeste de África y América, se diferencia de *Rhizophora racemosa* por el tamaño y número de flores que suelen ser más pequeñas (Salvoza, 1960). Presenta flores con cáliz de color amarillo pálido en su etapa de floración además de tener una textura color verde claro cuando llega a la madurez con 4 lóbulos (Lo et al., 2002). Cuando los botones florales maduran, tornan un color verde claro diferente del color verde oscuro que poseen mientras son jóvenes, crecen 1 a 2 cm de largo con 0.5cm de ancho (Steenis, 1958). Los hipocótilos se encuentran en las axilas de las hojas de 3 a 8 y de 13 a 15 nódulos, la corteza es lisa y de un color marrón con grietas en la superficie (Tsuda y Ajima, 1999).

### **Rhizophora racemosa**

De acuerdo a Hou, Breteler, Porter y Prance (1999), la especie *Rhizophora racemosa* se distingue de *Rhizophora harrisonii* por presentar numerosas o pocas flores mientras que la especie *Rhizophora Mangle* posee 2 a 4 flores (Hou et al., 1999). Según Cornejo y Bonifaz (2005), *Rhizophora racemosa* presenta inflorescencias cimosas que pueden estar compuestas de 8 a 64 botones florales (Cornejo & Bonifaz, 2005). *Rhizophora racemosa* puede llegar a ser un árbol de hasta 40 o 50 m de alto y llegar a 100 cm de DAP; posee 2 tipos de raíces aéreas: fúlcreas y adventicias, las raíces fúlcreas pueden llegar a medir hasta 8 m de alto (Cornejo, 2005).

Ecuador es un país tropical y como tal los ecosistemas de manglar que posee enfrentan problemas debido a asentamientos humanos, ganadería y agricultura provocando así un cambio irreversible en el paisaje (Bodero y Robadue, 1995). Aproximadamente quedan 161.835 hectáreas de manglar en todo el Ecuador, se espera que para la siguiente década este número incremente (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2018). Los insectos, plagas y enfermedades han sido también evidentes de destacar (Molina et al., 2000). Se han realizado estudios referentes a los propágulos y se ha reportado la presencia de *Coccotrypes rhizophorae*, un parasito obligado que puede modificar al propágulo dañando su estructura, consecuentemente terminando con la vida del propágulo (Martinez-Zacarías et al., 2017). El género *Rhizophora* es propenso a sufrir la plaga que afecta los propágulos antes y después de la dispersión en las áreas de manglares, este

insecto se identifica taxonómicamente como *Coccotrypes rhizophorae* perteneciente al género coleóptera (Molina et al., 2000). Su presencia en mangles del género *Rhizophora* puede depender de varios factores, como el clima, salinidad, entre otros; causando la muerte de propágulos o debilitando la estructura de los mismos hasta un 90% e incluso 100%, pudiendo afectar la resiliencia del ecosistema (Woodruff, 1970). Los estudios referentes al coleóptero *Coccotrypes Rhizophorae* muestran una mayor mortalidad cuando los propágulos son barrenados en el área apical, por las características de la zona y por la temporada del año. Puede moldear las estructuras de las poblaciones de las plántulas de *Rhizophora* al momento que causa la mortalidad de los propágulos (Martínez-Zacarías et al., 2017).

Según Wood (1982), la biología de la mayor parte de las especies de la sub familia Scolytinae pueden soportar temperaturas de 10 a 38 °C (Wood, 1982). Es importante mencionar que, sólo la hembra es capaz de migrar entre individuos para su supervivencia, ya que mientras la hembra y las larvas se alimentan, van incrementando su tamaño, expandiendo la galería dentro del propágulo hasta que las larvas están listas para poder empezar la metamorfosis (Kirkendall, 1993).

El estudio de la relación con la infestación de *Coccotrypes rhizophorae* con la especie *Rhizophora racemosa* aportara un mejor manejo en la proliferación de la especie *R. racemosa*, la infestación compromete la salud del propágulo afectando la mortalidad hasta en un 100%, con estas bases

se justifica el presente trabajo, se espera que en el presente estudio se encuentre una etapa inicial del propágulo de *R. racemosa*. De acuerdo a lo planteado anteriormente se desarrollaron los siguientes objetivos: Determinar las etapas de *Rhizophora racemosa* y su relación con el ataque de *Coccotrypes rhizophorae* para el cual se plantearon los siguientes objetivos específicos: Determinar las etapas del desarrollo del propágulo de *R. racemosa* y demostrar la edad en días del propágulo más susceptible al ataque de *Coccotrypes rhizophorae*.

## Materiales y métodos

### Área de Estudio

El área de estudio fue el ramal C del Estero Salado, en el Puente Zigzag, ubicado en la Avenida Kennedy en la ciudad de Guayaquil, Ecuador (79 °54'20''W 79 °54'0''W - 79 °54'20''W 79 °54'0''W), a la altura del Puente de Urdesa (Figura. 1).

### Clima

Durante el año 2019 se registraron 59 días de precipitación en la ciudad de Guayaquil. El período de enero – abril se registraron la mayor cantidad de precipitaciones mientras que de junio – diciembre hubo menos precipitaciones (Figura. 2).

La temperatura promedio en el área de estudio fue de aproximadamente 26°C, registrando el mes más cálido

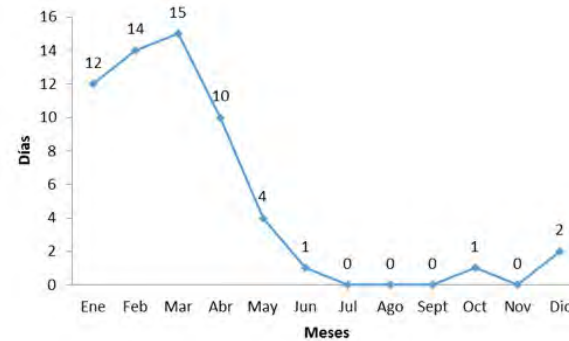


Figura 2. Días de precipitación en Guayaquil - Ecuador, 2019.

Tabla 1. Temperatura de Guayaquil - Ecuador, 2019.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T°Cmedia	26.	26.	27.	26.	26.	25	24.	24.	24.	25.	25.	26.
	4	7	1	9	4		2	4	8	1	5	2
T°Cmin	22	22.	22.	22.	21.	20.	19.	19.	19.	20.	20.	21.
		5	7	5	9	8	9	6	8	4	8	5
T°Cmax	30.	30.	31.	31.	30.	29.	28.	29.	29.	29.	30.	31
	9	9	5	4	9	3	6	3	9	8	2	

do (marzo) con un máximo de 31.5° C y un mínimo de 22.7° C (Tabla. 1).

La temperatura promedio en el área de estudio fue de aproximadamente 26°C, registrando el mes más cálido (marzo) con un máximo de 31.5° C y un mínimo de 22.7° C (Tabla. 1).

## Fenología de *Rhizophora racemosa*

Para medir las diferentes etapas del desarrollo floral, se utilizó una regla de 30 cm, con 1 mm de error y cintas de marcaje rotuladas con número y fecha de inicio en 20 inflorescencias cimosas de *R. racemosa*, las cuales fueron monitoreadas tres veces a la semana, durante los meses de julio a diciembre del 2019. Los datos se registraron desde el inicio de la yema floral hasta la caída del propágulo (figura. 3), en una tabla que contenía: los meses, el nombre de la etapa floral, el rango (establecido con el tamaño mínimo y máximo de una inflorescencia) y el promedio. Los datos se analizaron con el software Excel 2016 para representar las etapas florales, la longitud promedio (cm), el error estándar y la relación con los parámetros ambientales de la temperatura y precipitación.

Figura 3. Racimo inflorescencias  
*Rhizophora racemosa*



Figura 4. Longitud promedio de etapa floral.

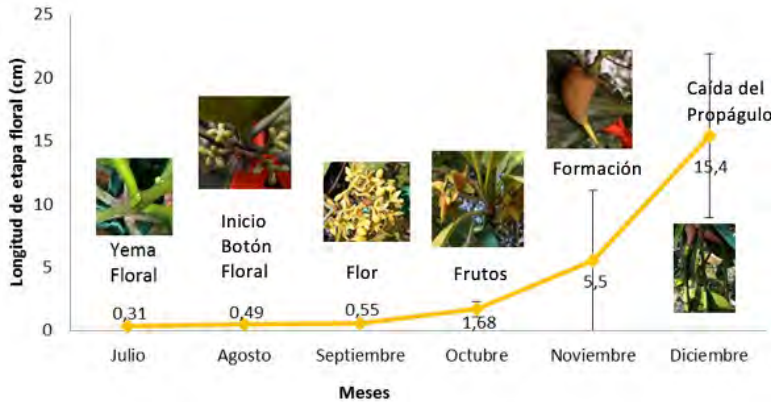


Tabla 2. Fenología de *Rhizophora racemosa*.

Meses	Etapa Floral	Nº	Rango (Cm)	Promedio (Cm)
J	Yema floral	99	0,2 - 0,6	0.31
A	Inicio botón floral	1560	0,3 - 0,5	0.49
S	Flor	1498	0,5 - 0,6	0.55
O	Frutos	468	1 - 3	1.68
N	Formación de propágulo	64	1,5 - 20	5.5
D	Caída de propágulo	63	4 - 24	15.4

Edad del propágulo más susceptible a la infestación de *Coccotrypes rhizophorae*

Los propágulos se midieron con una regla de 30 cm, con 1 mm de error. Los datos se registraron en una tabla que contenía: nombre de la etapa floral, número de días, fecha y longitud del propágulo. Se determinó la edad del

propágulo más susceptible a la infestación de *C. rhizophorae* contabilizando los días transcurridos.

Resultados

Fenología de *Rhizophora racemosa*

Se determinaron las etapas del desarrollo floral de *R. racemosa* que fueron separadas de la siguiente manera: yema floral, inicio del botón floral, flor, frutos, formación de propágulo y caída de propágulo. Las yemas florales registraron longitudes de 0.2 a 0.6 cm, y estuvieron presentes en el mes de julio (Tab. 2). Los botones florales de color amarillo, registraron longitudes entre 0.3 a 0.5 cm (Figura. 4) y estuvieron presentes en el mes de agosto. Fueron contabilizados 1560 botones florales. La máxima floración se presentó en septiembre.

A inicios del mes de octubre, los frutos, de color café con textura leñosa, empezaron a crecer y registraron una longitud entre 1 a 3 cm, con un promedio de 1.68 cm (Figura. 4), se registraron 468 frutos. En el mes de noviembre se registraron 64 propágulos iniciales creciendo de los frutos con una longitud entre 1.5 a 20 cm, con un promedio de 5.5 cm (Figura. 4). En diciembre se contaron 63 propágulos que se habían desprendido los cuales midieron entre 4 a 24 cm de longitud, con un promedio de 15.4 cm (tabla 2). Esto ocurrió a los 151 días.

Figura 5. Mortalidad en las etapas florales.

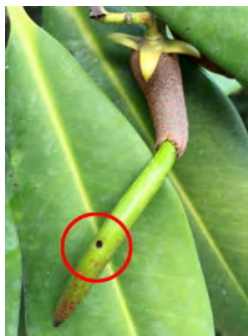
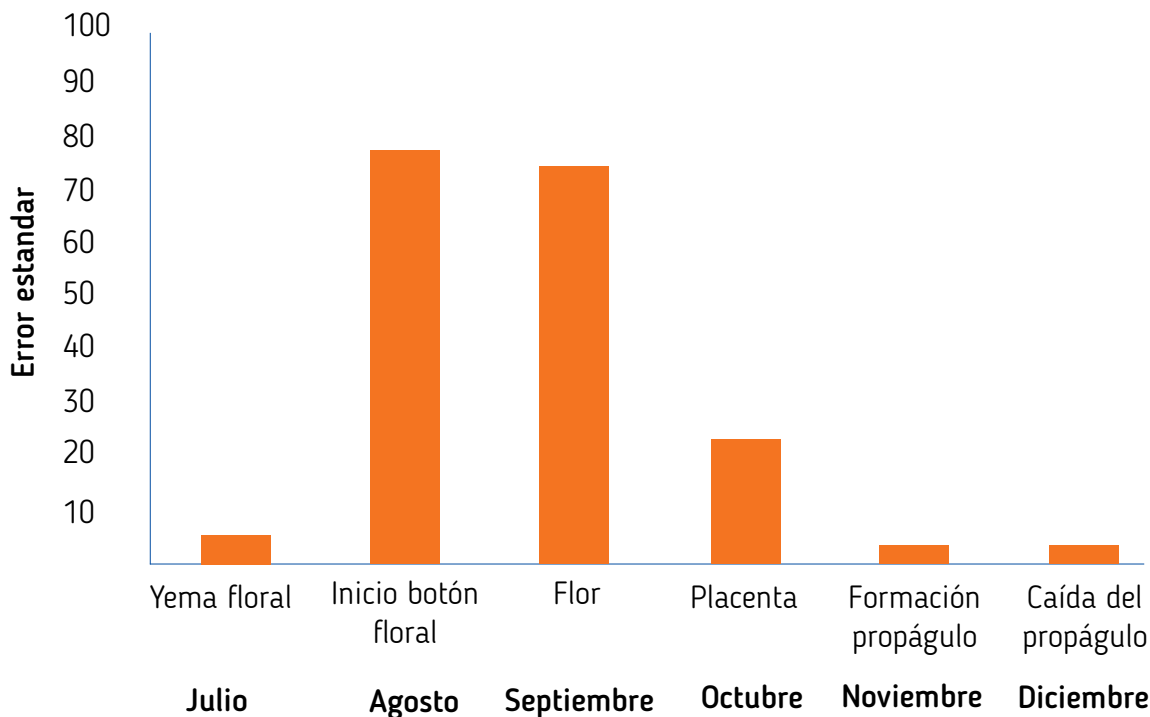


Figura 6. Propágulo de *Rhizophora racemosa* infestado por *Coccotrypes rhizophorae*.



Figura 7. Efectos de *Coccotrypes rhizophorae* según edad de propágulo. A: señal de infestación; B: líquido café; C: material leñoso

Se registró un porcentaje bajo de pérdida de botones florales 62 (4%) cuando estos cambiaron a flores, de un total de 1560 botones florales registrados al inicio del mes de agosto (Figura. 5). Cuando las flores fueron polinizadas y empezaron a formar la placenta vegetal se perdieron 1030 flores (69%). Se contaron 468 placentas vegetales en el mes de octubre. Cuando la placenta vegetal empezó a desarrollar el propágulo, se perdieron 404 (86%) de las placentas vegetales y solo lograron formarse 64 propágulos (Figura. 4), de los cuales 1 fue destruido por la infestación de *C. rhizophorae* antes de caer. Se puede afirmar que existe una gran pérdida de individuos entre los periodos de flores – frutos y los propágulos iniciales. Se determinó que la formación del propágulo de *R. racemosa* duró 151 días desde el inicio de la yema floral hasta la caída del propágulo.

### Edad más susceptible del propágulo

Los propágulos de *R. racemosa* son más susceptibles a la infestación de *Coccotrypes rhizophorae* a los 136 días de desarrollo. Los propágulos infestados presentan agujeros en el costado, lo que significa que el coleóptero ha penetrado para empezar a nutrirse de él.

El crecimiento del propágulo no se vio interrumpido por la presencia del coleóptero en los últimos días del desarrollo del propágulo de *R. racemosa*, con la excepción del área apical que empezó a marchitarse, aun así, los propágulos de *R. racemosa* pudieron finalizar su etapa desprendiéndose de la planta parental.



## DISCUSIÓN

### Etapas del desarrollo del propágulo de *R. racemosa*

Existen pocos estudios referentes a la fenología de especies de mangles en todo el continente americano, por lo que la información discutida proviene de investigaciones piloto o de investigaciones sobre recolección de hojarasca (Tovilla Hernández, 2002). A partir del cambio de flor a planta vegetal ocurre un gran deceso de flores que no llegan a formar los propágulos, lo que significa que existe una alta tasa de mortalidad.

Tovilla (1998), encuentra que muchas flores no son polinizadas, debido a ello se caen, posteriormente el viento es el responsable de la pérdida de gran cantidad de frutos iniciales, incluso de los frutos cuando ya son maduros. En el pacífico de México, con menos de 1000 mm/anuales de lluvia y mucho viento desde noviembre hasta abril, estos factores pueden incidir en una fuerte disminución de la producción de propágulos a lo largo del año. El ciclo completo en la costa de Guerrero (900mm/anuales) dura  $372 \pm 20$  días, en Oaxaca, 300km más al sur con 1250mm/anuales dura entre  $280-320 \pm$  días; mientras que en Chiapas 500km más al sur, en el límite con Guatemala con 2800mm/anuales de lluvia el ciclo dura de 6-8 meses en *Rhizophora mangle*; mientras que en *R. harrisonii* tiene una duración ligeramente menor. Según los datos recopilados, las etapas florales empiezan cuando culmina un mes. La floración de *R. racemosa* disminuye los meses de marzo a agosto lo cual, según los datos recolectados, coincide en parte ya que la floración empezó el mes de junio, pero se empezaron a tomar datos desde el mes de julio donde la floración se encontraba todavía en estado inicial, lo

que difiere de Peel (2014) quien menciona que de marzo a agosto no hay floración. La mayor pérdida de flores sucede cuando las flores pasan a ser frutos. Muchas de las flores se desprendían conforme pasaban los días debido al viento o selección natural, lo que le daba mas nutrientes a las demás flores.

### Edad del propágulo más susceptible al ataque de *Coccotrypes rhizophorae*

El género *Rhizophora* es vivíparo, se dispersa por medio de propágulos y este insecto puede afectarlos, según los datos recolectados, a los 123 días cuando el propágulo aún está desarrollándose y apenas mide 6 cm en promedio, se evidenció la infestación de *C. rhizophorae*, lo que indicaría que la infestación no ocurre solamente en propágulos maduros, sino que lo coloniza desde la etapa de desarrollo inicial. El propágulo puede ser infestado con más de un *coleóptero* como se demuestra con la presencia de varios agujeros que aparecen a medida que van pasando los días. La prueba de infestación puede evaluarse al cortar verticalmente un propágulo exhibiendo las galerías que se encuentran dentro.

Esta es la primera vez que se detalla la observación en campo de la etapa de desarrollo del propágulo de *R. racemosa* y la infestación con *C. rhizophorae*, por lo que no se han encontrado en la literatura disponible estudios comparables. Será fundamental realizar este estudio durante la época de lluvia y en las otras especies de *Rhizophora*: *R. mangle* y el híbrido *R. harrisonii*.

## CONCLUSIÓN

No es necesario que ocurran precipitaciones para que las etapas florales empiecen a darse. El ciclo de la fenología floral de *Rhizophora racemosa* es de 151 días de los cuales en 62 días empezaron a salir las flores de los botones florales; el período entre flores – frutos ocurrió el mayor deceso de individuos.

La alta tasa de mortalidad en la transición de flor a fruto se da por exceso de sombra en algunas inflorescencias, no les da la oportunidad de desarrollarse tan rápido en comparación con las que, si recibían diariamente luz del sol, aunque podrían darse por la falta de lluvias, o la época de estiaje como suele suceder en México entre el Pacífico Sur. Durante el inicio de la formación del coleóptero *Coccotrypes rhizophorae* empieza la infestación cuando el propágulo se está formando. Solo 1 propágulo no sobrevivió después de desprenderse porque estructura se encontraba dañada por *Coccotrypes rhizophorae* que empieza a infestar propágulos que tienen 136 días de edad, lo cual significa que no tienen que estar desarrollados completamente para empezar a infestarlo. Un propágulo de mangle puede crecer por si solo si alcanza el suelo cuando se desprenda.

## Bibliografía

Basañez-Muñoz, O. &.-M. (2006). *Structural characteristics and uses of Mangrove in Cerro de Tumilco, Veracruz, Mexico*. Ciudad de Mexico: Revista UDO Agrícola.

Bendix, J., Himeier, E., Ortiz, C., Emck, Breckle, Richter, et al., (2006). Seasonality of weather and tree phenology in a tropical evergreen mountain rain forest. *Biometeorol*, 370-384.

Bodero, A., y Robadue, D. (1995). *Estrategia para el Manejo del Ecosistema de Manglar, Ecuador*. Guayaquil: Manejo costero integrado en Ecuador.

Borchert, Robertson, K., Schwartz, M. D., & Williams-Linera, G. (2005). Phenology of temperate trees in tropical climates. *Biometeorol*, 57-65.

Cerón-Souza, I., Rivera-Ocasio, E., Medina, E., Jiménez, J., McMillan, O., & Bermingham, E. (2010). *Hybridization and introgression in the new world red mangroves, Rhizophora (Rhizophoraceae)*. San Juan: American Journal of Botany.

Cornejo, X. (2014). Árboles y arbustos de los manglares del Ecuador. Quito: programa ONU-REDD.

Cornejo, X., & Bonifaz, C. (2005). Guayaquil: Universidad de Guayaquil.

Fernandes, M. E. (1999). Phenological patterns of *Rhizophora*, *L. Avicennia* L. and *Laguncularia* Gaertn. f. in Amazonian mangrove swamps. *Hydrobiologia*, 53-62.

García-Martínez, G., Arceo-Carranza, D., Teutli-Hernández, C., & Flores, M. (2019). *Diversidad de artrópodos terrestres asociados a un ecosistema de manglar en estado conservado y en proceso de restauración dentro de la Ciénaga de Progreso, Yucatán*. Mexico.

Gill, A. M., & Tomlinson, P. B. (1977). *Studies on the Growth of Red Mangrove (Rhizophora mangle L.) The Adult Root System*. Australia: Biotrópica.

Hogarth, P. (1999). *The biology of mangroves*. New York: Oxford University Press.

Kirkendall. (1993). *Evolution and diversity of sex ratio in insects and mites*. New York: Chapman & Hall New York.

Lacerda, L., & Schaeffer, Y. (1999). *Mangroves of Latin America: The need for conservation and sustainable utilization*. Mexico: Instituto de Ecología.

Lo, E., N. C., D., & Sun, M. (2002). *Phylogenetic evaluation of Rhizophora taxa for conservation management*. United Kingdom: Society for Conservation Biology.

Martínez-Zacarías, A. A., Chamorro-Florescano, I. A., Pech-Canche, J. M., Alanís-Méndez, J. L., & Basañez-Muñoz, A. d. (2017). *Propágulos de Rhizophora mangle (Rhizophoraceae) barrenados por Coccotrypes rhizophorae (Coleoptera: Curculionidae) en el manglar de Tumilco*. Biología Tropical, 9.

Ministerio de Ambiente del Ecuador. (2018). *Ecuador conmemoró el Día Internacional del Manglar con actividades sociales y ecológicas*. Guayaquil: El Universo.

Molina, R., Zambrano, R. M., & Vivas. (2000). *Diagnostico sobre la reforestación de manglar e identificación de insecto plaga y enfermedades en el Parque Histórico Guayaquil: Fundación Ecológica Rescate Jambelí*. Guayaquil: Manglares de América.

Norman, D., & Allen, J. (2005). *Atlantic-East Pacific red mangroves*. Hawaii: Permanent Agricultural Resources (PAR).

Peel, J. (2014). *Efectos de la salinidad sobre la fenología de Rhizophora mangle*. Mexico.

Sousa, W. P., Quek, S., & Mitchell, B. (2003). Regeneration of *Rhizophora mangle* in a Caribbean mangrove forest; interacting effects of canopy disturbance and a stem-boring beetle. Florida: Oecologia.

Spalding et al., (1997). *Los Manglares*. Guayaquil: Arboles de Guayaquil.

Steenis, C. C. (1958). *Introduction to Rhizophoraceae*. Hawaii.

Tomlinson. (1986). *The botany of mangroves*.

Tovilla, 1998.

Tovilla Hernández, 2002.

Tsuda, S., & Ajima, M. (1999). *A preliminary study of resprouting ability of some mangrove species after cutting*. Japan: Tropics 8.

Wood, S. (1982). *The Bark and Ambrosia Beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a Taxonomic Monograph*. Utah: Brigham Young University.

Woodruff, R. (1970). *A mangrove borer, Poecilips rhizophorae*. Florida: Florida Department of Agriculture.

# ¿Por qué la conservación y el uso sustentable de los humedales deberían ser parte de la política ambiental de nuestros países?

Rubén Darío Quintana<sup>1</sup>

<sup>1</sup>. Ph.D en Ciencias Biológicas.  
Universidad de Buenos Aires. Lic. en  
Ciencias Biológicas

(FCEyN, UBA). Investigador Principal del  
CONICET, Profesor Asociado de la  
Universidad Nacional de San Martín.  
Provincia de Buenos Aires, Argentina.

**Palabras clave:**  
sustentabilidad ambiental, políticas  
públicas, Ramsar, ecosistemas, pérdidas  
netas nulas.

**Keywords:**  
environmental sustainability, public poli-  
cy, Ramsar, ecosystem, zero net loss.

*Desde el año 1700 se ha perdido cerca del 87% de los recursos mundiales de humedales, de acuerdo al informe sobre la situación de los ecosistemas de humedales de la Convención Ramsar 2018, donde se describe el estado de los humedales del planeta y los servicios ecosistémicos que ofrecen a la humanidad. La pérdida de biodiversidad en los mismos es de 25% de especies en regiones tropicales y del 81% en la abundancia de especies de agua dulce, lo que representa una alta disminución, mayor de la que se presenta en las especies dependientes de cualquier otro ecosistema. La falta de conocimiento de los servicios ecosistémicos que prestan los humedales y de información por parte de los medios de comunicación en cuanto a los sucesos de cambio de dominio patrimonial que los afecta, como la conversión para uso inmobiliario o agrícola, entre otros, incide en la apreciación de su gran importancia y compromete sus valores ecosistémicos. Se propone que las políticas públicas se ocupen de establecer desarrollos en un contexto de sustentabilidad ambiental aplicando el concepto de “pérdidas netas nulas”, que implica preferencialmente, la no aceptación de la pérdida de superficie de humedal o de sus características ecológicas a una determinada escala geográfica y/o la aplicación de medidas de restauración o creación de nuevos humedales.*

Since 1700, nearly 87% of the world's wetland resources have been lost, according to the Ramsar Convention 2018 Wetland Ecosystem Situation Report, which describes the state of the planet's wetlands and the ecosystem services they offer to humanity. The loss of biodiversity in them is 25% of species in tropical regions and 81% in the abundance of freshwater species, representing a high decrease, greater than that presented in species dependent on any other ecosystem. The lack of knowledge of the ecosystem services provided by wetlands and information by the media regarding the events of change in heritage dominance affecting them, such as conversion for real estate or agricultural use, among others, affects the appreciation of their great importance and compromises their ecosystem values. It is proposed that public policies should be engaged in establishing developments in a context of environmental sustainability by applying the concept of “zero net losses”, which preferably implies non-acceptance of wetland loss or ecological characteristics on a given geographical scale and/or the implementation of measures to restore or create new wetlands.

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas el término “humedal” es cada vez más usual, apareciendo tanto como foco de atención y preocupación por parte de la ciudadanía, la cual participa en iniciativas y acciones para lograr su protección, hasta en los discursos de políticos y funcionarios públicos. Los medios también han comenzado a recoger y publicar noticias sobre estos ecosistemas, ya sea destacando su importancia o advirtiéndolo que ocurre cuando los humedales son destruidos o degradados. A su vez, en el ámbito científico-académico cada vez son más numerosos los grupos de investigación que se dedican al estudio de los humedales en todo el planeta. Asimismo, han aparecido revistas científicas internacionales focalizadas en esta temática como “*Wetlands*” (de la *Society of Wetland Scientists*) o “*Wetlands Ecology and Management*” (del grupo editorial *Springer*). También se llevan a cabo desde los años 70, reuniones científicas tanto a nivel nacional como internacional dedicadas exclusivamente a los humedales. De todas maneras, el mayor reconocimiento internacional que han tenido los humedales es el que llevó a la firma en la ciudad iraní de Ramsar del acuerdo internacional que dio origen a la Convención Internacional sobre los Humedales, llamada Convención RAMSAR el 03 de febrero de 1971. En esta Convención se firmó el primero de los tratados intergubernamentales a nivel mundial sobre la conservación y el uso racional de los recursos naturales y la única que se ha ocupado de un tipo específico de ecosistema. El principal objetivo de la Convención Ramsar es la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales,

regionales y nacionales. Además, considera a la cooperación internacional de gran importancia para lograr un desarrollo sostenible de estos ecosistemas en todo el mundo. Sin duda alguna, la acción más conocida de la *Convención es lo que se conoce como la Lista de Humedales de Importancia Internacional* o “Sitios Ramsar” que constituyen humedales que son propuestos por las Partes Contratantes para su inclusión y que tienen como objetivo “crear y mantener una red internacional de humedales que revistan importancia para la conservación de la diversidad biológica mundial y para el sustento de la vida humana a través del mantenimiento de los componentes, procesos y beneficios/servicios de sus ecosistemas” (Convención de Ramsar, 2010).

Esto resulta particularmente interesante porque si analizamos históricamente la relación entre los humedales y la sociedad se observa una situación ambigua ya que si bien los humanos han utilizado los recursos que ofrecen estos ecosistemas desde el mismo momento de su aparición en el planeta, por otra parte, ha habido un cierto rechazo hacia ellos debido a su asociación con factores negativos como la presencia de vectores transmisores de enfermedades como es el caso de los mosquitos.

De hecho, las denominaciones utilizadas para estos ecosistemas hasta mediados del siglo XX, poseían connotaciones negativas tales como “pantano”, “lodazal”, “ciénaga” o “terrenos yermos” (Mitsch y Gosselink, 2000). Entonces, cabe preguntarse ¿por qué deberíamos establecer esfuerzos para conservar pantanos que la humanidad ha estado de-



gradando y destruyendo desde el surgimiento mismo de sus primeros asentamientos? ¿Realmente vale la pena mantener ciénagas que se inundan y no nos permiten realizar actividades productivas tradicionales además de ser el hábitat de insectos que transmiten enfermedades a los humanos? A continuación, se discutirán algunas de las razones por las cuales es relevante encarar acciones para conservar a los humedales y realizar un uso sostenible de sus recursos.

El término “humedal” aparece formalizado en la literatura científica en los Estados Unidos cuando Shaw y Fredine (1956) publican su trabajo “Wetlands of the United States”. Más allá de esta formalización terminológica y desde el punto de vista histórico, las poblaciones humanas han habitado desde siempre en ellos o en sus inmediaciones, construyendo asentamientos, explotando sus recursos y alterándolos de acuerdo con sus necesidades (Viñals, 2002; Figura. 1).

Basta con recordar el papel que tuvieron los humedales en el desarrollo de algunas de las grandes culturas de la humanidad como es el caso de las civilizaciones hidráulicas del Mediterráneo o las culturas mesoamericanas (Quintana, 2011).

Sin embargo, es común que en las políticas públicas sean considerados como tierras de descarte. A pesar de los movimientos en defensa de los humedales, la “mala prensa” respecto a ellos continúa y pareciera que la mejor decisión que se puede tomar es transformarlos en otro tipo de ecosistema. Claramente, el cambio de dominio de humedal



*Figura 1. Comunidad de Pampanal de Bolívar, Cantón Eloy Alfaro, Provincia de Esmeraldas, Ecuador, la cual se inserta en la Reserva Ecológica Cayapas Mataje. En ella se encuentran los manglares más altos del mundo, de cuyos recursos y servicios dependen en gran medida sus habitantes (Foto: R. Quintana).*

a ecosistema terrestre o acuático conlleva la pérdida de los servicios que brinda a la sociedad. Por otra parte, la mayor sensibilización instalada tanto en los medios como en la ciudadanía hacia bosques y selvas ha hecho a que los impactos antrópicos sobre estos ecosistemas hayan tenido un alto impacto en el público, adquiriendo una gran relevancia mediática (e.g., incendios forestales en Australia, California y Amazonas). En este contexto, la pérdida o degradación de humedales muchas veces quedan invisibilizadas para gran parte de la sociedad debido a su relativamente escasa difusión en comparación con otras problemáticas ambientales como la de los incendios o la tala de bosques.

De acuerdo al último informe sobre la perspectiva mundial sobre los humedales de la Convención Ramsar (Convención Ramsar, 2018), en el cual se describe el estado de los humedales del planeta y los servicios que ofrecen a la humanidad, desde el año 1700 se ha perdido cerca del 87% de los recursos mundiales de humedales<sup>1</sup>.

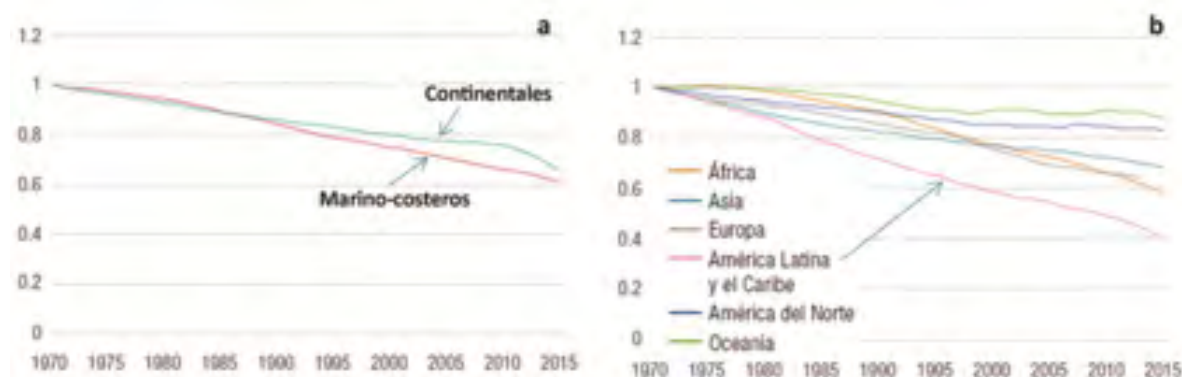
Durante el siglo XX la pérdida y degradación de estos ecosistemas osciló entre un 64 y un 71% con valores aún más elevados para Asia con el agravante de que esta pérdida y degradación continúa en la actualidad. Es así que entre 1970 y 2015 se produjo un descenso global de aproximadamente un 35%, lo que representa más de tres veces la tasa media anual de pérdida de bosques naturales (0,76% vs 0,24%, respectivamente entre 1990 y 2015) y con una marcada aceleración desde el 2000, con tasas de pérdida anual entre el -0,85 y el -1,60%. Desde 1970, esta pérdida o degradación ha afectado más a los humedales

marino-costeros que a los continentales y, al considerar las distintas regiones del planeta, éstas han sido particularmente importantes en América Latina y el Caribe, con una disminución del 58% (Figura. 2).

Durante el siglo XX la pérdida y degradación de estos ecosistemas osciló entre un 64 y un 71% con valores aún más elevados para Asia con el agravante de que esta pérdida y degradación continúa en la actualidad. Es así que entre 1970 y 2015 se produjo un descenso global de aproximadamente un 35%, lo que representa más de tres veces la tasa media anual de pérdida de bosques naturales (0,76% vs 0,24%, respectivamente entre 1990 y 2015) y con una marcada aceleración desde el 2000, con tasas de pérdida anual entre el -0,85 y el -1,60%. Desde 1970, esta pérdida o degradación ha afectado más a los humedales marino-costeros que a los continentales y, al considerar las distintas regiones del planeta, éstas han sido particularmente importantes en América Latina y el Caribe, con una disminución del 58% (Figura. 2).

1. Considerando aquellos humedales de los cuales se disponía información.

Figura 2. Tendencias del Índice WET entre 1970 y 2015 a partir de la información disponible: a) Comparación entre humedales continentales y marino costeros; b) comparación entre los diferentes continentes. Cabe destacar que el mismo no es un indicador del cambio total de la superficie de los humedales a escala continental (Fuente: Adaptado de Convención Ramsar, 2018)



Como ejemplo de esta tendencia, se puede mencionar la pérdida desde 1800 de aproximadamente el 26% de los humedales costeros de Lousiana y más de 400.000 ha en los últimos 60 años (Gotham, 2016). Estas pérdidas pueden ser fácilmente observables al comparar las imágenes satelitales correspondientes al Delta del Mississippi entre 1973 y 2014 (41 años) (Figura. 3).

Si bien en Sudamérica, hasta mitad del siglo pasado, los humedales se encontraban en buena condición ecológica. Sin embargo, evidencia científica actualizada muestra que, actualmente, se enfrentan importantes procesos de pérdida y degradación. Por ejemplo, en el Bajo Delta del Río Paraná, en Argentina, en solo 14 años (1999-2013) se perdieron 88.500 ha de humedales, lo que representa una disminución del 41,85% (Sica et al., 2016; Figura. 4).

Contrariamente, desde 1970 (en áreas en donde se disponía de información), la superficie de humedales artificiales se ha duplicado, básicamente debido al incremento de embalses y superficies sembradas con arroz (aumentos de un 30 y un 20%, respectivamente), aunque estas áreas continúan siendo relativamente pequeñas comparadas con la de los humedales naturales (Davidson et al., 2018).

Sintetizando, debido a múltiples causas, los humedales presentan una tasa de pérdida y degradación mayor a la de los ecosistemas terrestres y acuáticos (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005). Entre ellas se encuentran los cambios en el uso de la tierra, particularmente para usos productivos como la agricultura, la ganadería y la forestación o para desarrollo de infraestructura o urbanizaciones. Asimismo, la contaminación y el exceso de

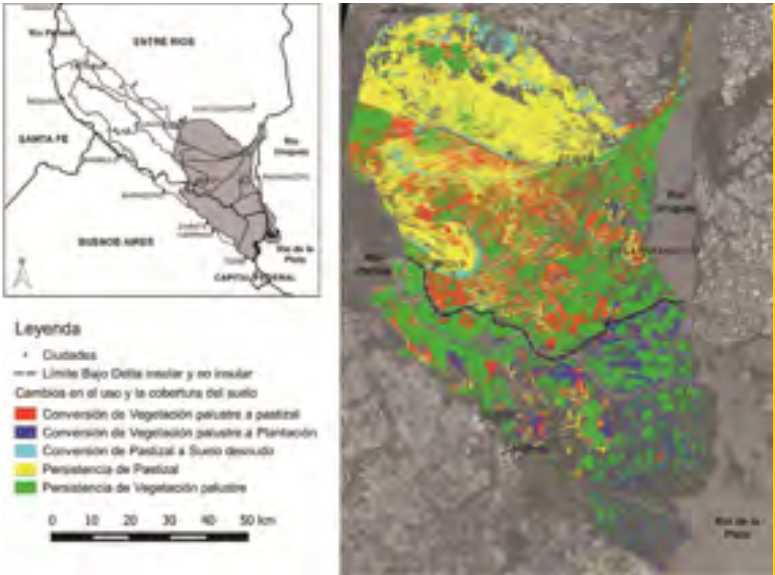
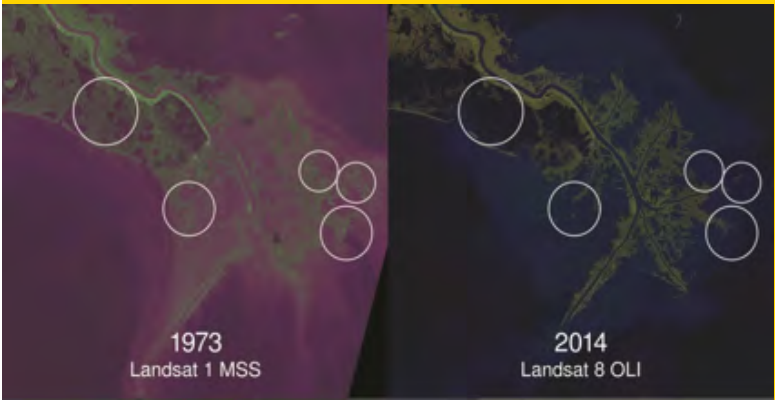


Figura 3. Comparación del Delta del Mississippi entre 1973 y 2014. Los círculos indican las áreas perdidas en dicho período (Fuente: Environmental Monitor, 2018).

Figura 4. Cambios en la extensión de humedales en el Bajo Delta del Río Paraná, Argentina entre 1999 y 2013 (Fuente: Sica, 2016).

Entendiéndose por  $\beta$  diversidad como la medida del recambio de especies entre diferentes tipos de comunidades o hábitats. Es decir, el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre las diferentes comunidades que conforman un ecosistema.

nutrientes, la regulación de los flujos hídricos y la extracción de agua, así como la realización de obras para el manejo hidrológico, la sobreexplotación de recursos, la introducción de especies exóticas y el cambio climático constituyen otros factores que los afectan. Las estimaciones sobre la pérdida y degradación de humedales muestran un futuro incierto para estos ecosistemas. Sin embargo, la importancia crítica que los mismos tienen para la humanidad, debería hacernos replantear cuál política se tendría que adoptar para salvaguardar estos ecosistemas para las generaciones futuras.

La razón principal es que los humedales son de los ecosistemas con mayor productividad a nivel mundial y aunque éstos se encuentran localizados en sitios con condiciones ambientales muy contrastantes, a escala global, su productividad siempre es alta. Por ejemplo, los pajonales de papiros (*Cyperus papyrus*) en el lago Naivasha en Kenia presentan una productividad de 30 tn/ha.año, lo que es equivalente al doble de lo que producen las mejores pasturas de Europa. Algo similar ocurre con los manglares, los cuales presentan una productividad primaria neta similar a la de los sistemas agrícolas intensivos de los países occidentales (Cannicci y Contini, 2009).

Esta alta productividad sumada a otras características ambientales relevantes (e.g., la disponibilidad de agua) hace que gran parte de los humedales constituyan sitios de alta biodiversidad. Esto se debe a que, en general, presentan una alta heterogeneidad espacial (lo que implica una alta  $\beta$  diversidad)<sup>2</sup> y una importante variabilidad temporal asociada a la presencia de un mosaico geográfico que actúa entre distintas poblaciones de especies, donde se producen adaptaciones locales que provocan un flujo de genes y per-

mite que se puedan localizar distintos estados coevolutivos (Thompson, 2005). La alta heterogeneidad espacial está dada por la existencia de gradientes ambientales marcados, lo que se traduce en una importante diversidad de hábitats que no sólo soportan especies exclusivas, sino que permite el ingreso de especies de ecosistemas terrestres y acuáticos vecinos tal como ocurre, por ejemplo, en los humedales fluviales. En estos humedales es común que muchas especies de peces encuentren condiciones apropiadas para su reproducción mientras que especies terrestres ingresan esporádicamente para alimentarse. Otra razón de la alta biodiversidad en humedales es que muchos de ellos constituyen sitios atractores de fauna, ya sea por representar lugares con una alta oferta de agua y alimento en una matriz netamente terrestre (e.g., lagunas altoandinas) o por poseer una alta oferta de recursos que son aprovechados por especies de ecosistemas vecinos (como suele observarse en los manglares). Una explicación de este fenómeno es que, en general, la cantidad de recursos forrajeros presentes en los humedales excede a la que pueden consumir tanto las especies residentes como aquellas visitantes (Parish y Looi, 1999; Quintana, 2018).

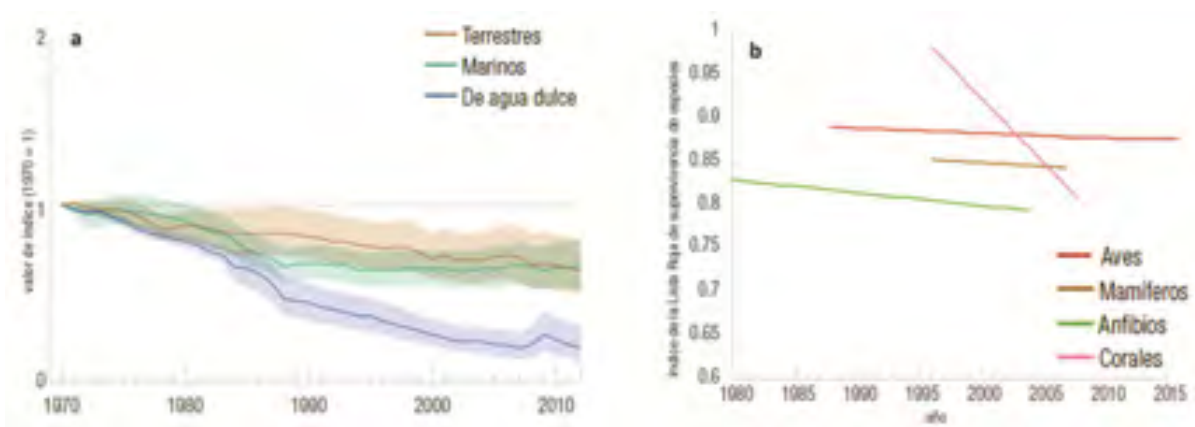
Asimismo, los humedales son cruciales en el mantenimiento de la biodiversidad. Por ejemplo, en 18 centros mundiales de alta biodiversidad se relevaron 737 especies de anfibios, las cuales son dependientes de los humedales para satisfacer parte de sus ciclos de vida; esto mismo ocurre con otros grupos de fauna como las aves (Parish y Looi, 1999). En este sentido, su importancia adquiere especial relevancia dado que aunque ocupan solo entre el 1 y el 3% de la superficie terrestre, albergan aproximadamente al 40% de las especies presentes de nuestro planeta y al 12% de todas las especies animales. Otra característica de muchos humedales



es la de albergar altas concentraciones de individuos, particularmente de aves y peces (Cannicci y Contini, 2009). Un claro ejemplo lo constituye el Delta del Mississippi, en el cual viven o pasan estacionalmente, cada año, 100 millones de individuos de una gran variedad de aves. Además, un alto número de especies de vertebrados toman ventajas de la variabilidad temporal en el nivel de las aguas, por lo que ingresan para alimentarse en la época de aguas bajas. Muchas veces, estos ecosistemas se caracterizan también por el alto número de endemismos, tal como se observa en los lagos del este del Valle del Rift, África, en los cuales se han identificado más de 700 especies endémicas de peces (Parish y Looi, 1999).

Desafortunadamente, como consecuencia del importante proceso de pérdida y degradación de los humedales a escala global, desde 1970 se ha estimado una disminución del 81% en la abundancia de especies de agua dulce lo que representa una disminución mucho mayor que la de las especies dependientes de cualquier otro ecosistema (Figura. 5a) (WWF, 2016). Al observar la tendencia en la probabilidad de supervivencia de grupos de especies de humedales incluidas en la Lista Roja de la UICN (aves, mamíferos, anfibios y corales), la misma es negativa para todos los grupos, particularmente para el de los corales (Figura. 5b) (Convención Ramsar, 2015).

De acuerdo a la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), aproximadamente el 25% de especies dependientes de humedales (más de 19.500 especies) en distintas regiones del mundo están amenazadas de extinción (Convención Ramsar, 2018). Como ejemplo de ello, en la figura 6 se observa el porcentaje de especies de vertebrados y de invertebrados decápodos típi-



cos de humedales que se encuentran amenazadas a escala mundial para distintas regiones biogeográficas del planeta. La mayor proporción se observa en las regiones tropicales respecto al resto, pero en todos los casos implica que el 20% o más de las mismas se encuentran amenazadas, lo que demuestra la gravedad de la situación.

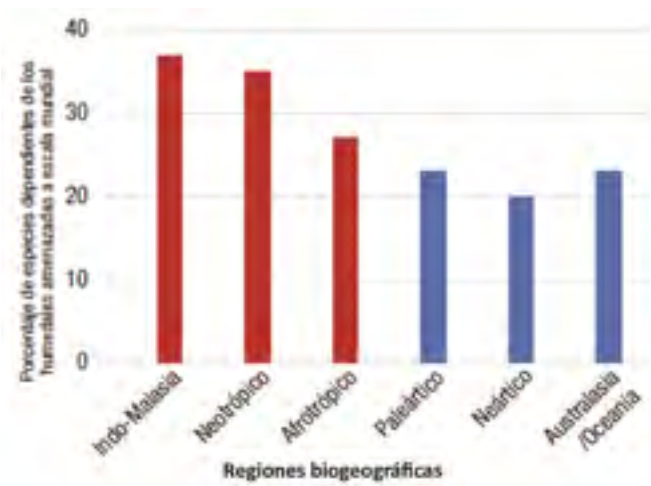


Figura 5. a) Tendencias en el índice de la Lista Roja de supervivencia de especies dependientes de humedales de diferentes grupos taxonómicos; b) Índice planeta vivo 2016 para biomasa de agua dulce, marina y terrestre (Fuente: Convención Ramsar 2018).

Figura 6. Porcentaje de vertebrados y decápodos de agua dulce (cangrejos) amenazados a escala mundial en regiones biogeográficas (las barras en rojo corresponden a las regiones tropicales) (Fuente: Collen et al., 2013).

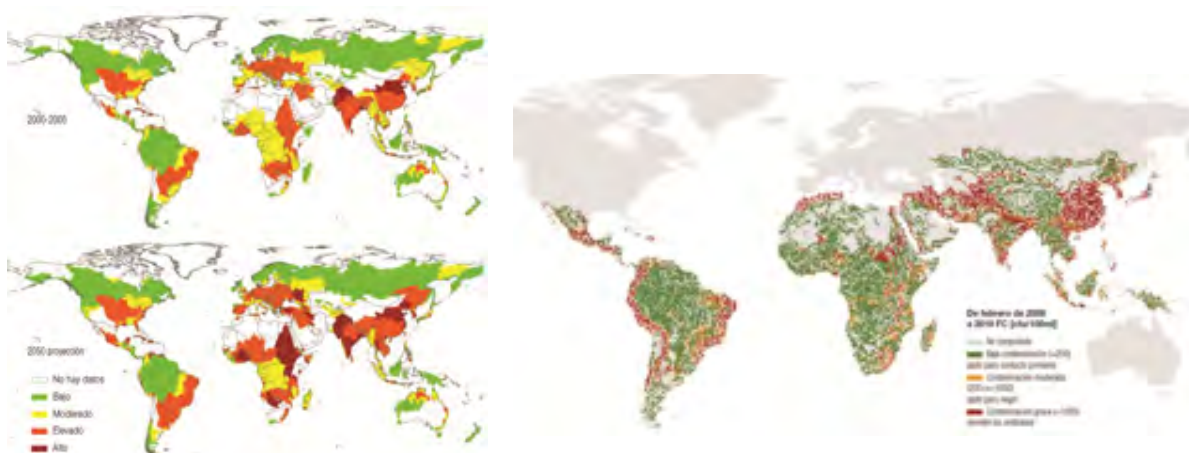
En este contexto de pérdidas de biodiversidad en los humedales, y de acuerdo con lo postulado por el Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico, Técnico y Tecnológico (OSACTT) de la Convención sobre Diversidad Biológica (CDB), las especies de estos ecosistemas se están acercando cada vez más a la extinción y el agravamiento de las presiones supera cada vez más los éxitos de conservación (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2014).

Además de la alta biodiversidad, los humedales son los ecosistemas que, en términos de bienes y servicios, presentan una mayor oferta a la sociedad. Distintos autores como Constanza et al. (1989), Zedler (2003), Acreman et al. (2011), Kandus et al. (2011) y Mukherjee et al. (2014), han destacado esta particularidad y, de acuerdo a lo señalado por la Convención Ramsar (2015), los cambios adversos en los humedales (incluidos los arrecifes de coral) significan una pérdida anual de servicios ecosistémicos cuyo costo fue evaluado en más de 20 billones de dólares. En el trabajo clásico de Constanza et al. (1997), en el cual se comparan diferentes ecosistemas del planeta, se concluye que los humedales involucran el 40% del total de servicios que se estima que provee todos los ecosistemas de la tierra. Por ejemplo, los humedales contienen el 35% de todo el carbono de la biosfera, por lo cual constituyen el principal reservorio de carbono a escala global, con un estimado de 770 Gt respecto a las 428 Gt de los bosques tropicales, a las 159 Gt de los bosques templados y a las 150 GT de los agroecosistemas (Patterson 1999). Esto pone en relevancia el papel que cumplen estos ecosistemas como mitigadores de los efectos del cambio climático. Otro ejemplo del papel fundamental que juegan los humedales a escala mundial es el servicio de protección contra inundaciones (e.g., turberas, pastizales húmedos y humedales fluvio-

ales) ya que 2.000 millones de personas viven en lugares con alto riesgo de inundaciones, cada vez más vulnerables debido al cambio climático (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005). Además, esta función hace que sean reservorios de agua durante las épocas secas. El valor de este servicio en los humedales costeros de Estados Unidos es de alrededor de USD 23.200 millones/año (Constanza, 2008). En lo referente al servicio de purificación de agua, los humedales juegan un papel fundamental en el tratamiento de efluentes y esto resulta crucial puesto que a lo largo del planeta la calidad del agua registra tendencias negativas debido a una amplia gama de contaminantes que la alteran.

Entre las actividades humanas que afectan a los humedales se puede mencionar la contaminación microbiana, la cual constituye un grave riesgo para la salud (Santo Domingo et al., 2007) debido a la presencia de enfermedades tales como el cólera y la giardiasis (Horwitz et al., 2012). La contaminación térmica de las centrales eléctricas provoca una disminución del oxígeno, altera las cadenas alimenticias, reduce la diversidad biológica y estimula las invasiones de especies termófilas (Chuang et al., 2009). En regiones en donde la megaminería a cielo abierto está adquiriendo un importante desarrollo (como en el caso de la región andina de Sudamérica), el drenaje ácido de minas puede constituir un contaminante relevante (Simate y Ndlovu, 2014), así como una fuente importante de metales pesados disueltos. Estos últimos también son liberados al ambiente con los desechos industriales (Convención Ramsar, 2018). Una contaminación emergente que está teniendo un impacto a gran escala, tanto en humedales como en los propios ecosistemas acuáticos continentales y marinos, es el incremento de plástico micro-particulado, del cual se estima que hay una cantidad aproxi-





3. CSIRO (The Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization) es la agencia federal gubernamental australiana responsable de la investigación científica.

Figura 7. Situación comparativa de calidad de agua para las distintas regiones del planeta entre 2000/05 y su proyección para 2050 (Fuente: Veolia e IFPRI, 2015).

Figura 8. Concentraciones estimadas de bacterias coliformes fecales (CF) en ríos para África, Asia y América Latina (Período 2008-2010) (Fuente: WWAP, 2017).

mada de 5,25 trillones de partículas persistentes en las aguas oceánicas (Eriksen et al., 2013). Los desechos plásticos pueden persistir durante siglos (Derraik, 2002), alterando las cadenas tróficas, dañando directamente a los animales o liberando contaminantes persistentes (Convención Ramsar, 2018). Al mismo tiempo, el agua utilizada en los sistemas agrícolas intensivos que llega a los humedales tanto por escorrentía como por percolación aporta importantes cantidades de pesticidas, muy a menudo con concentraciones por encima de los límites nacionales recomendados, con los consecuentes impactos sobre el ambiente (Roger et al., 1994; Smalling et al., 2015; Stoler et al., 2017). Los establecimientos de producción animal intensiva y de alta carga, a su vez, emiten efluentes que no solo aportan contaminación orgánica sino también moléculas de productos utilizados para el control sanitario como antibióticos

y antiparasitarios, los cuales, además de alterar la calidad del agua de los humedales, afectan también a su biota y alteran la integridad ecológica de los mismos (Cabello, 2006; Burkholder et al., 2007; Almeida et al., 2017). Según los datos disponibles, a escala mundial, más del 80% de las aguas residuales se vierten en los humedales sin un tratamiento adecuado (WWAP, 2012; 2015). Tal es la gravedad de este problema que para el año 2050 se plantea que una de cada tres personas estará en alto riesgo de contaminación por nitrógeno y fósforo y una de cada cinco estará en situación de alto riesgo de contaminación del agua por la demanda bioquímica de oxígeno, según el escenario intermedio de la CSIRO<sup>3</sup> (Veolia e IFPRI, 2015) (Figura. 7).

El incremento en los niveles de contaminación orgánica también constituye un grave problema en una importante parte del planeta (Evanson y Ambrose, 2006; Pachepsky y Shelton, 2011), lo que pone en riesgo la salud de la población (Figura. 8).

Si bien, como se observa en estos ejemplos, los humedales están siendo impactados por diferentes tipos de contaminantes, al mismo tiempo, estos ecosistemas tienen un papel importante en la retención de diferentes tipos de sustancias nocivas para los humanos. Por ejemplo, esto se observa en aquellos humedales en que se vierten aguas cloacales sin tratamiento alguno, los que contribuyen a mejorar notablemente su calidad (Kansiime y van Bruggern, 2001). Por esta razón, en la actualidad, el uso de humedales construidos para el tratamiento de efluentes generados por diferentes actividades productivas e industriales se ha convertido en una opción altamente factible por su costo y efectividad (Cronk, 1996; Vymazal, 2014; Vymazal y Březinová, 2015).

Si bien, como se observa en estos ejemplos, los humedales están siendo impactados por diferentes tipos de contaminantes, al mismo tiempo, estos ecosistemas tienen un papel importante en la retención de diferentes tipos de sustancias nocivas para los humanos. Por ejemplo, esto se observa en aquellos humedales en que se vierten aguas cloacales sin tratamiento alguno, los que contribuyen a mejorar notablemente su calidad (Kansiime y van Bruggern, 2001). Por esta razón, en la actualidad, el uso de humedales construidos para el tratamiento de efluentes generados por diferentes actividades productivas e industriales se ha convertido en una opción altamente factible por su costo y efectividad (Cronk, 1996; Vymazal, 2014; Vymazal y Březinová, 2015).

### ¿Por qué es importante incluir a los humedales en las políticas públicas nacionales?

Las evaluaciones sobre pérdida y degradación de humedales a nivel global antes mencionadas señalan claramente que aunque estos ecosistemas brindan servicios fundamentales para los humanos, no son considerados a la hora de establecer las políticas de desarrollo en un contexto de sustentabilidad ambiental por parte de los tomadores de decisión. Esto se debe en parte a que usualmente no suele asociarse el funcionamiento ecosistémico de los humedales con los servicios que brindan. Un punto fundamental que se debe comprender es que cuando se pierde un humedal, no solo se pierde sus bienes y servicios y que éstos no van a ser provistos por los ecosistemas terrestres o acuáticos vecinos ya que sus características estructurales y funcionales son distintas. Lo anterior nos lleva a reflexionar en la necesidad de conservar estos ecosistemas y hacer un uso sustentable de los mismos, puesto que la pérdida de servicios conlleva

necesariamente a una disminución del bienestar humano. Hay muchos ejemplos sobre esta relación en diferentes partes del planeta. La degradación de los humedales costeros del golfo de México y del área de New York-New Jersey agravó los efectos de los huracanes Katrina y Sandy sobre las poblaciones de New Orleans y de las zonas costeras de New Jersey, Estados Unidos. Un mejor estado de conservación de los mismos hubiera aminorado dichos efectos (Batker et al., 2010; Narayan et al, 2017). Algo similar ocurrió con la pérdida de humedales de la llanura aluvial del Río Luján (en las cercanías de Buenos Aires, Argentina) debido al avance de urbanizaciones privadas (Pintos y Sgroi, 2012). El avance de las construcciones sobre esa área de amortiguación agravó los efectos de las inundaciones en poblaciones aledañas al río, incluyendo el propio casco urbano de la ciudad de Luján.

Estos planteamientos destacan la necesidad de incorporar a los humedales en las políticas ambientales nacionales, las que deberían aportar a su conservación y uso sostenible dado el actual estado de los humedales a escala global. De acuerdo a la Convención Ramsar (2018), resulta imprescindible fortalecer las disposiciones jurídicas y normativas para salvaguardar los humedales. En este sentido, se observa un aumento progresivo en el número de países firmantes de este tratado que han establecido una Política Nacional de Humedales o su equivalente pasando de ninguno en 1990 a 73 en 2018. En ese mismo año otras 18 Partes Contratantes habían establecido algunos lineamientos respecto a una política de ese tipo (Convención Ramsar, 2018).

Por otra parte, sería esperable que estas políticas pudieran integrarse en los planes nacionales en concordancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Orga-



Figura 9. Visión de los humedales en los objetivos de desarrollo sustentable (ODS) de las Naciones Unidas (Fuente: Convención Ramsar, 2018).

nización de las Naciones Unidas (2019), tal como ha sido señalado por esta Convención (Figura. 9) (Convención Ramsar, 2018).

De hecho, en un estudio reciente (Jaramillo et al., 2019), se priorizaron los ODS para humedales a partir de la información y percepción de 49 investigadores de 45 sitios localizados en diferentes regiones del planeta. Entre los resultados obtenidos se destacan que los objetivos de mejora de la calidad de agua, manejo sustentable y uso eficiente de recursos naturales y la producción sustentable de alimentos fueron considerados prioritarios para para lograr el desarrollo sostenible desde la perspectiva de estos ecosistemas. Por otra parte, cuatro objetivos considerados como prioritarios en ese estudio no estuvieron incluidos en el plan estratégico 2016-2024 de dicha Convención. Estos objetivos fueron, el acceso al conocimiento y las habilidades necesarias para promover el desarrollo sostenible, el desarrollo y la implementación de herramientas para monitorear los impactos del turismo sostenible, el alcance de una gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales en 2030 y la posibilidad de garantizar para ese mismo año que las personas en todo el mundo tengan acceso a la información necesaria para una mayor conciencia sobre la necesidad de un modelo de desarrollo sostenible y de estilos de vida en armonía con la naturaleza. Se hace evidente la necesidad de ahondar en estos criterios a fin de incorporar las visiones de todos los ODS en los futuros planes estratégicos de la Convención.

¿Qué se espera con la aplicación de estas políticas? Lo deseable sería plantearse un escenario en el cual se logre a nivel nacional lo que se conoce como “pérdidas netas nulas”. Esto implica aplicar una política gubernamen-

tal destinada a lograr que haya pérdidas netas nulas de superficie de humedal y/o de sus características ecológicas, a una determinada escala geográfica (a menudo nacional pero puede aplicarse a un conjunto de humedales o a otro nivel jurisdiccional). En este contexto, es posible tolerar ciertos impactos en los humedales, pero se requieren medidas de compensación, ya sea de restauración o creación de nuevos humedales, a fin de contrarrestar dicho impactos. Hasta el momento no hay antecedentes que demuestren pérdidas netas nulas de las funciones de los humedales; sólo se conoce que existen algunos estudios que demuestran aplicaciones de políticas que lograron mantener estable el área de humedales en algunas regiones del planeta (Convención Ramsar, 2018). De todas maneras, la aplicación de este escenario, en el cual se toleran ciertos impactos, no debe ir en detrimento de la obligación primordial de los países de evitar o mitigar los impactos en los humedales (Convención Ramsar, 2012).

Ahora bien, ¿Qué hacemos con los humedales que ya hemos degradado o destruido? Actualmente se están llevando a cabo acciones de restauración de humedales en diferentes partes del mundo aún cuando los costos de restauración suelen ser muy altos y requieren de inversiones a largo plazo. Sin embargo, tal como fuera planteado por Alexander y McInnes (2012), los beneficios económicos de un humedal restaurado superan a la inversión necesaria para su restauración. En este contexto, una política de inversiones públicas en restauración de humedales a gran escala permitiría una reducción del riesgo de desastres y un aumento de la resiliencia de las comunidades (Convención Ramsar, 2018). Actualmente, las políticas ante desastres asociados con la pérdida y degradación de humedales se basa en evacuaciones y reconstrucciones, las que en países de América Latina y el

Caribe, suelen tener altos costos tanto monetarios como de vidas humanas. En su lugar, debería adoptarse un programa de prevención y planificación que incluya la restauración y remediación de los humedales así como su conservación y uso sostenible. Este esquema redundaría en una mejora de la integridad ecológica de estos ecosistemas y, por ende, de una mejor calidad de vida de las poblaciones asentadas en los mismos o en sus inmediaciones.

## Bibliografía

**Acreman, M.C.**, Harding, R.J., Lloyd, C., McNamara, N.P., Mountford, J.O., Mould, D.J., Purse, B. V., Heard, M.S., Stratford, C.J. y Dury, S.J. (2011). Trade-off in ecosystem services of the Somerset Levels and Moors wetlands. *Hydrological Sciences Journal*, 56: 1543-1565.

**Alexander, S.** y McInnes, R. (2012). The benefits of wetland restoration. Ramsar scientific and technical briefing note 4. The Ramsar Convention, Gland, Suiza.

**Almeida, C.M.** Santos, F., Ferreira, A.C.F., Lourinha, I., Basto, M.C.P. y Mucha, A.P. (2017). Can veterinary antibiotics affect constructed wetlands performance during treatment of livestock wastewater? *Ecological Engineering*, 102:583-588.

**Burkholder, J.**, Libra, B., Weyer, P., Heathcote, S., Kolpin, D., Thorne, P. S., y Wichman, M. (2007). Impacts of Waste from Concentrated Animal Feeding Operations on Water Quality. *Environmental Health Perspectives*, 115: 308-312.

**Cabello, F.C.** (2006). Heavy use of prophylactic antibiotics in aquaculture: a growing problem for human and animal health and for the environment. *Environmental Microbiology*, 8: 1137-1144.

**Cannicci, S.** y Contini, C. (2009). Management of Wetlands for Biodiversity. En: *Biodiversity conservation and habitat management* (Gherardi, F.; Corti, C. y Gualtieri, M., eds.). Vol. I. UNESCO and Encyclopedia of Life Support Systems. EOLSS Publications, Oxford, UK, pp. 302-325.

**Chuang, Y.**, Yang, H. y Lin, H. (2009). Effects of thermal discharge from a nuclear power plant on phytoplankton and periphyton in sub-tropical coastal waters. *Journal of Sea Research*, 61: 197-205.

**Collen, B.**, Whitton, F., Dyer, E.E., Baillie, J.E.M., Cumberlidge, N., Darwall, W.R.T., Pollock, C., Richman, N.I., Soulsby, A.M. y M. Böhm. (2013). Global patterns of freshwater species diversity, threat and endemism. *Global Ecology and Biogeography*, 23: 40-51.

**Constanza, R.** (2008). Ecosystem services: multiple classification systems are needed. *Biological conservation*, 141: 350-352.

**Costanza, R.**, d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., et al. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-59.

**Costanza, R.**, Farber, S. y Maxwell, J. (1989). Valuation and management of wetland ecosystems. *Ecological Economics*, 1: 335-361.

**Convención Ramsar.** (2010). Designación de sitios Ramsar: Marco estratégico y lineamientos para el desarrollo futuro de la Lista de Humedales de Importancia Internacional. Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales, 4ª ed., vol. 17. Secretaría de la Convención Ramsar, Gland, Suiza.

**Convención Ramsar.** (2018). Perspectiva mundial sobre los humedales: Estado de los humedales del mundo y sus servicios a las personas. Secretaría de la Convención Ramsar, Gland, Suiza.

**Cronk, J.K.** (1996). Constructed wetlands to treat wastewater from dairy and swine operations: a review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 58: 97-114.

**Davidson, N.C.**, Fluet-Chouinard, E. y Finlayson, C.M. (2018). Global extent and distribution of wetlands: trends and issues. *Marine and Freshwater Research*, 69: 620-627.

**Environmental Monitor.** (2018). Deltas in Decline: Mapping the Retreating Seafloor of the Mississippi River Delta. Disponible en: <https://www.fondriest.com/news/deltas-decline-mapping-retreating-seafloor-mississippi-river-delta.htm>.

**Eriksen, M.**, Mason, S., Wilson, S., Box, C., Zellers, A., Edwards, W., Farley, H. y Amatoa, S. (2013). Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes. *Marine Pollution Bulletin*, 77: 177-182.



**Evaluación de los Ecosistemas del Milenio.** (2005). Los Ecosistemas y el Bienestar Humano: Humedales y Agua. Informe de Síntesis, World Resources Institute, Washington, DC.

**Evanson, M.** y Ambrose, R.F. (2006). Sources and growth dynamics of fecal indicator bacteria in a coastal wetland system and potential impacts to adjacent waters. *Water Research*, 40: 475-486.

**Gotham, K.J.** (2016). Coastal restoration as contested terrain: climate change and the political economy of risk reduction in Louisiana. *Sociological Forum*, 31:787-806.

**Horwitz, P.,** Finlayson, M. y Weinstein, P. (2012). Healthy wetlands, healthy people: a review of wetlands and human health interactions. Ramsar Technical Report No. 6. Secretariat of the Ramsar Convention on Wetlands & The World Health Organization, Gland and Geneva, Switzerland.

**Jaramillo, F.,** Desormeaux, A., Hedlund, J., Jawitz, J., Clerici, N., Piemontese, L., Rodríguez-Rodríguez, A.J., et al.,. (2019). Priorities and Interactions of Sustainable Development Goals (SDGs) with Focus on Wetlands. *Water*, 11: 619. 21 pp.

**Kandus P.,** R.D. Quintana, P.G. Minotti, J.P. Oddi, C. Baigún, G. González Trilla y D. Ceballos. (2011). Ecosistemas de humedal y una perspectiva hidrogeomórfica como marco para la valoración ecológica de sus bienes y servicios. En: Valoración de servicios ecosistémicos: conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial (Lattera, P., E. Jobbagy y J. Paruelo, eds.). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Buenos Aires, pp. 265-290.

**Kansiime, F.** y van Bruggen, J.J.A. (2001). Distribution and retention of faecal coliforms in the Nakivubo wetland in Kampala, Uganda. *Water Science and Technology*, 44: 199-206.

**Mitsch W.J.** y Gosselink, J.G. (2000). *Wetlands*. 3 ed. John Wiley & Sons, New York.

**Mukherjee, N.,** Sutherland, W.J., Dicks, L.V., Hugé, J., Koedam, N. y F. Dahdouh-Guebas. (2014). Ecosystem Service Valuations of Mangrove Eco-

systems to Inform Decision Making and Future Valuation Exercises. *PLoS ONE* 9: e107706.

**Narayan, S.,** Beck, M.W., Wilson, P., Thomas, C.J., Guerrero, A., Shepard, C.C., Reguero, B.G., Franco, G., Carter Ingram, J. y Trespalacios, D. (2017). The Value of Coastal Wetlands for Flood Damage Reduction in the Northeastern USA. *Scientific Reports*, 7: 9463.

**Organización de las Naciones Unidas.** (2019). Informe de los objetivos de desarrollo sostenible. ONU, New York.

**Pachepsky, Y.A.** y Shelton, D.R. (2011). Escherichia Coli and Fecal Coliforms in Freshwater and Estuarine Sediments. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 41: 1067-1110.

**Parish, F.** y Looi, C.C. (1999). Wetlands, biodiversity and climate change. Options and Needs for Enhanced Linkage between the Ramsar Convention on Wetlands, Convention on Biological Diversity and UN Framework Convention on Climate Change. Global Environment Network. Disponible en: <http://archive.unu.edu/inter-linkages/1999/docs/Faizal.PDF>.

**Patterson, J.** (1999). A Canadian Perspective on Wetlands and Carbon Sequestration. *National Wetlands Newsletter*, 21(2):3-4.

**Pintos, P.A.** y Sgroi, A. (2012). Efectos del urbanismo privado en humedales de la cuenca baja del río Luján, provincia de Buenos Aires, Argentina. Estudio de la megaurbanización San Sebastián. *AUGMDOMUS*, 4: 25-48.

**Quintana, R.D.** (2011). El patrimonio natural y cultural desde la perspectiva de la conservación de los humedales. En: Pp. 18-27 “El Patrimonio natural y cultural del Bajo Delta Insular. Bases para su conservación y uso sustentable”. R. Quintana, V. Villar, E. Astrada, P. Saccone y S.. Malzof, Eds. Convención Internacional sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971)/Aprendelta. Buenos Aires. 316 pp.

**Quintana, R.D.** (2018). Humedales, biodiversidad y servicios ecosistémicos. ¿Hacia dónde vamos? En: *Agua + Humedales* (Abraham, E. M., Quintana, R.D. y Mataloni, M.G., eds.). Serie Futuros (Blesa M. y Pochettino, A. Directores de la Serie). UNSAM Edita, San Martín, Buenos Aires, pp. 174-192.



**Roger**, P.A., Simpson, I., Oficial, R., Ardales, S. y Jiménez, R. (1994). Effects of pesticides on soil and water microflora and mesofauna in wetland ricefields: a summary of current knowledge and extrapolation to temperate environments. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 34:1057-1068.

**Santo Domingo**, J.W., Bambic, D.G., Edge, T.A. y Wuertz, S. (2007). Quo vadis source tracking? Towards a strategic framework for environmental monitoring of fecal pollution. *Water Research*, 41: 3539-3552.

**Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica**. (2014). Perspectiva Mundial sobre la Diversidad Biológica 4. CBD, Montreal, Canadá.

**Shaw**, S.P. y C.G. Fredine. (1956). Wetlands of the United States: Their extent and values to Waterfowl and other wildlife. Circular 39. Office of River Basin Studies, Fish and Wildlife Service, Department of the Interior, Washington D.C.

**Sica** Y.V., Quintana R.D., Radeloff V.C. y Gavier-Pizarro G.I. (2016). Wetland loss due to land use change in the Lower Paraná River Delta, Argentina. *Science of the Total Environment*, 568: 967-978.

**Sica**, Y.V. (2016). Cambios en el uso del suelo y sus efectos a diferentes escalas espaciales y temporales sobre la diversidad de aves en el Bajo Delta del río Paraná. Tesis Doctoral Inédita, Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Buenos Aires, Argentina.

**Simate**, G.S. y Ndlovu, S. (2014). Acid mine drainage: challenges and opportunities. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2: 1785-1803.

**Smalling**, K.L., Reeves, R., Muths, E., Vandever, M., Battaglin, W.A., Hladik y Pierce, M.L. (2015). Pesticide concentrations in frog tissue and wetland habitats in a landscape dominated by agriculture. *Science of the Total Environment*, 502: 80-90.

**Stoler**, A.B., Mattes, B.M., Hintz, W.D., Jones, D.K., Lind, L., Schuler, M.S. y Relyea, R.A. (2017). Effects of a common insecticide on wetland communities with varying quality of leaf litter inputs. *Environmental Pollution*, 226:452-462.

**Thompson**, J. N. (2005). *The geographic mosaic of coevolution*. Edit. University of Chicago Press.

**Veolia** (Veolia Water North America) e IFPRI (International Food Policy research Institute). (2015). *The murky future of global water quality: New global study projects rapid deterioration in water quality*. A white paper by Veolia and the International Food Policy Research Institute, Washington, DC y Chicago, USA.

**Viñals**, M.J., coord. (2002). *El Patrimonio Cultural de los Humedales*. Serie Antropológica. Ministerio del Medio Ambiente, Madrid, España.

**Vymazal**, J. (2014). Constructed wetlands for treatment of industrial wastewaters: A review. *Ecological Engineering*, 73: 724-751.

**Vymazal**, J. y Březinová, T. (2015). The use of constructed wetlands for removal of pesticides from agricultural runoff and drainage: A review. *Environment International*, 75: 11-20.

**WWAP** (United Nations World Water Assessment Programme). (2012). *Managing water under uncertainty and risk*. The United Nations World Water Development Report 2012, UNESCO, París, Francia.

**WWAP** (United Nations World Water Assessment Programme). (2015). *Water for a sustainable world*. The United Nations World Water Development Report 2015, Unesco, París, Francia.

**WWAP** (United Nations World Water Assessment Programme). (2017). *Aguas residuales*. El recurso desaprovechado. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos, UNESCO, París, Francia.

**WWF** (World Wildlife Fund). (2016). *Risk and resilience in a new era*. Living Planet Report 2016, WWF International, Gland, Suiza.

**Zedler**, J.B. 2003. Wetlands at your service: reducing impacts of agriculture at the watershed scale. *Frontiers in ecology and the environment*, 1: 65-72.

# Investigación participativa: Pesquerías artesanales de REMACAM

Eduardo R.<sup>1</sup>, Rebolledo Monsalve, Mónica Mabel Dazzini Langdon<sup>2</sup> y Gabriel Modesto Durán Cobo.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Biólogo Marino. Doctorando en Acuicultura, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. MSc. en Desarrollo y Medio Ambiente. Docente e Investigador. EGA-PUCESE Escuela de Gestión Ambiental, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. PUCE Sede Esmeraldas. Ecuador

<sup>2</sup> Ph.D (c), Arquitecta, MLA Paisajista, MS Geógrafa, FADA-PUCE, Facultad de Arquitectura, Diseño y Artes. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. PUCE. Quito, Ecuador.

<sup>3</sup> Biólogo. MSC. En Ciencias del Mar. Profesor Agregado. Cátedra de Acuicultura de la carrera de Biología. PUCEM Escuela de Biología Marina, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. PUCE – Sede Manabí. Ecuador.

## Palabras clave:

parabiólogos, pesquerías artesanales, concesiones de manglar, conchas

## Keywords:

parabiologists, artisanal fisheries, mangrove concessions, blood cockles.

*El trabajo de 14 parabiólogos/as de asociaciones pesqueras de REMACAM aportó 2757 registros de faenas pesqueras en el período abril-julio de 2019. El análisis de registros de conchas tuvo una extracción media global por persona y faena diaria de  $163\pm 71$  conchas *Anadara tuberculosa* y  $60\pm 50$  *Anadara similis* que representaron un ingreso medio de US\$13,4 $\pm$ 7,85 persona/día y permitió conocer los sitios más productivos de cada sector de manglar solicitado en custodia. La captura media de embarcaciones fue de  $96\pm 48$  lb/salida de pesca en el arrastre camaronero artesanal,  $55\pm 25$  lb con anzuelos N°9 armados en espineles,  $20\pm 14$  lb con redes camarónicas de hilo,  $51\pm 23$  lb con mallas camarónicas de monofilamento plástico electrosoldado (MONO) de 2,5",  $77\pm 54$  lb con mallas MONO de 3,5" para peces medianos y  $138\pm 192$  lb con mallas MONO 4,5" para peces grandes. Representando mayores ingresos a pescadores particularmente los langostinos y los peces grandes, los primeros asociados a caletas litorales y los segundos a aguas interiores o manglares. Se presentaron dificultades para levantar información de faenas del trabajo con trampas de cangrejos azules *Cardisoma crasum* y jaibas verdes *Callinectes toxotes* considerados estratégicos para el desarrollo de agregación de valor y generación de empleos. Asimismo, se discute el actual modelo de intervención estatal vigente que permite exclusivamente el manejo de conchas con menor contribución económica respecto de las pesquerías de embarcaciones y de cangrejos y jaibas, sugiriéndose la integración de éstas al expandir el cuidado hacia cuerpos de agua específicos que además facilitarían el cuidado de sectores de manglares concesionados.*

*This research is based on 2757 records of fishing operations, data provided by 14 fishermen of the Ecological Reserve of Mangroves Cayapas Mataje (REMACAM). The blood cockle records analysis had a global average extraction of  $163\pm 61$  *Anadara tuberculosa* and  $60\pm 50$  *Anadara similis* per person and daily work that represented an income of US\$13,4 $\pm$ 7,85 person/day and allowed to know the most productive sites of each mangrove concession. The average catch in boats was of  $96\pm 48$  lb./fishing trip in the artisanal shrimp trawl,  $55\pm 23$  lb. working with hooks N°9 on long lines,  $20\pm 14$  lb. with shrimp nets of 2" 1/8 made with twisted cotton thread;  $51\pm 23$  lb. with 2,5" shrimp nets made of electrofusion plastic monofilament (MONO);  $77\pm 54$  lb. with 3,5" MONO nets for medium fishes and  $138\pm 192$  lb. with 4,5" MONO nets for big fishes. The prawns and big fishes captured representing the higher income for fishermen, the prawns were captured from coastlines coves and the big fishes in inland waters of mangroves. There were difficulties in gathering information about the job with traps for *Cardisoma crasum* and *Callinectes toxotes*, or blue and green crabs, resources that were considered strategic for the development of value addition and job creation. The current model of state intervention in force that exclusively allows the management of blood cockles with less economic contribution with respect to the fisheries of boats and crabs is discussed, suggesting the integration of these by expanding care to specific waterbodies that would also facilitate the care of mangrove concessions.*

## INTRODUCCIÓN

Los manglares colonizan extensas áreas protegidas a lo largo de costas, como deltas, estuarios, lagunas e islas y las características topográficas e hidrológicas de estas configuraciones definen diferentes ecotipos de manglar (Hoff et al., 2014).

Los ecotipos más comunes son: manglares de franjas, de riberas, de cuencas, bosques inundados y manglares enanos (Lugo y Snedekar, 1974; Twilley, 1989). Las franjas de manglares bordean líneas costeras protegidas, canales y lagunas y son inundados por mareas diarias; los bosques ribereños flanquean los estuarios de canales de ríos y se inundan periódicamente con agua dulce y salobre ricas en nutrientes. Las depresiones de drenaje situadas al interior de las áreas de manglares albergan los bosques de cuencas, caracterizados por agua estancada o de flujo lento; los bosques inundados son frecuentemente islotes inundables y los bosques enanos matorrales que crecen en áreas con hidrología restringida presentando condiciones de alta evaporación, alta salinidad o bajo suministro de nutrientes.

### Servicios ambientales del manglar

Entre los servicios ambientales de los manglares destacan la mejora del manejo de pesquerías comerciales de pequeña escala (Hutchinson et al., 2014; López-Angarita et al., 2018) y el incremento de la biodiversidad. Las raíces, neumatóforos y ramas sumergidas de manglares son hábitats

*nursery* que sirven de lugar de desove de peces y crustáceos y propicios para el desarrollo de larvas y juveniles, entendiéndolos como “hábitat para una especie que contribuye proporcionalmente con un mayor número de individuos que el promedio de individuos adultos generados por unidad de área en otros hábitats utilizados por sus juveniles”, y que son de importancia ecológica en el mantenimiento general de funciones ecosistémicas (Dahlgren et al., 2006).

Beck et al. (2001) hipotetizaron como factores principales del alto número de peces y camarones juveniles en manglares a la abundancia de alimentos y a una menor presión de depredación en los microhábitats acuáticos poco profundos con mayor turbidez y visibilidad reducida, los que actuarían sinérgicamente para constituir el rol *nursery* de manglares, incrementando la densidad, el crecimiento y la supervivencia de juveniles de peces e invertebrados.

Hutchinson et al. (2014) sostienen que la provisión de alimentos y refugios en manglares mejoran la producción de peces en general: su elevada productividad primaria proporciona la base de cadenas alimenticias que mejoran el crecimiento de recursos pesqueros y al mismo tiempo las estructuras tridimensionales de canales, piscinas y la complejidad de raíces y ramas sumergidas brindan protección contra la depredación, proporcionan sombras y reducen flujos de agua. La productividad pesquera de manglares ha llegado a exceder los US\$18.000 ha/año (De Groot et al., 2012).

## Los acuerdos de uso sustentable y custodia del manglar en el Ecuador.

A pesar de la importancia de la actividad pesquera de manglares y su relación con comunidades dependientes, su estudio es escaso en el contexto nacional, particularmente al interior de la Reserva de Manglares Cayapas Mataje REMACAN de 49350 ha. Estudios realizados por el Centro de Investigación y Desarrollo CID PUCESE en alianza con PRODEL USAID<sup>4</sup> en el 2009 y el GPE<sup>5</sup> y CTB<sup>6</sup> en el 2011 levantaron información de variables e indicadores para observar el efecto de intervenciones en pesquerías esmeraldeñas, incluyendo a caletas de la REMACAN y observando que la estrategia más eficiente para levantar y actualizar información pesquera es la integración de actores locales.

De acuerdo con las leyes del Ecuador, los manglares son un bien público y objeto de conservación; la política principal para su conservación es la de concesionar superficies de manglares a asociaciones de pescadores, concheros y emprendedores turísticos (Rodríguez, 2018), siendo hasta el presente año la Subsecretaría de Gestión Marino Costera (SGMC) responsable de estos procesos denominados Acuerdo de Uso Sostenible y Custodia del Manglar (AUSCEM), basados principalmente en los derechos de uso ancestral de las pesquerías del territorio, siendo una forma de co-manejo que asegura el acceso de comunidades dependientes de recursos pesqueros (Beitl, 2017).

4. Proyecto de desarrollo económico local de la Agencia de Cooperación de Estados Unidos

5. Gobierno Provincial de Esmeraldas

6. Cooperación técnica Belga

7. Agencia de Cooperación Holandesa

Para obtener un AUSCEM, la organización solicitante debe aprobar un Plan de Manejo del área solicitada que debe contener una línea base y un Plan de aprovechamiento que identifique las actividades de uso sustentable que realizará entre otros programas exigidos; una vez obtenida la concesión, la asociación beneficiaria deberá presentar informes de seguimiento productivo periódicamente. Bajo este contexto en marzo 2019 la PUCE y HIVOS<sup>7</sup> suscribieron el compromiso de asesorar a 14 asociaciones de pescadores y concheros de REMACAN para obtener AUSCEM, iniciando el trabajo de 14 miembros designados por cada asociación para ser entrenados en el registro de información, denominándoseles parabiólogos/as, formándose un equipo compuesto por 11 mujeres y 3 hombres.

El levantamiento de información fue entre abril y julio, coincidiendo con el cambio del invierno hacia el verano de la costa del Ecuador. El entrenamiento de parabiólogos/as se inició en Canchimalero donde se revisó un modelo básico de ficha de registro de faena pesquera, que fue ajustado hacia las principales pesquerías desarrolladas al interior de REMACAN, categorizadas en función de formas comunes de explotación:

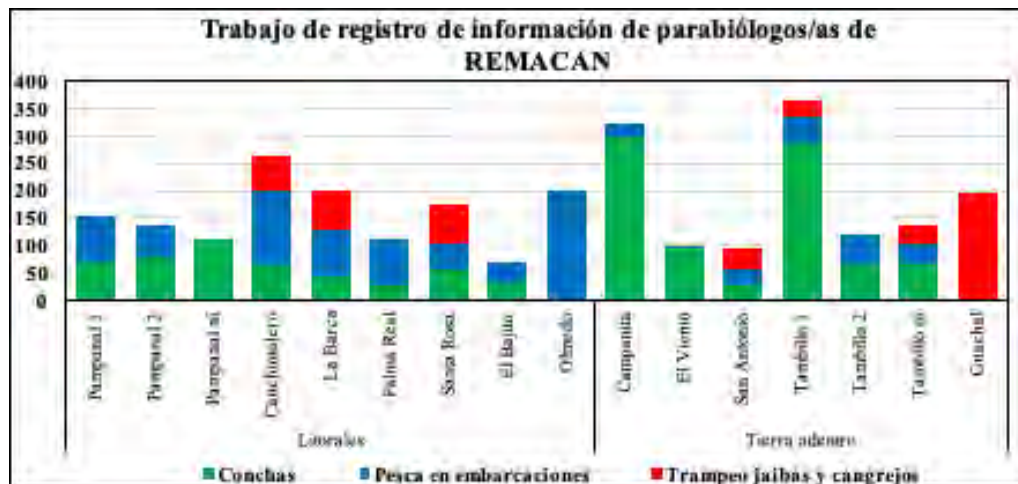
- 1) Pesquería de conchas del género *Anadara*, que involucró a 13 asociaciones.
- 2) Pesquerías desarrolladas con múltiples artes de pesca a bordo de embarcaciones, involucrando a 12 asociaciones y

Figura 1. Distribución de registros comunicados por parabiólogos/as, en las caletas Pampanal de Bolívar y Tambillo existieron registros no asociados con las asociaciones solicitantes que aparecen con ni.

3) Pesquería de jaibas verdes *Callinectes toxotes* (6 asociaciones) y de cangrejos azules *Cardisoma crasum* (7 asociaciones) con trampas.

Aunque cada pesquería tiene dinámicas diferentes, se establecieron indicadores comunes y específicos:

- Fecha y duración de faena (horas),
- Sitios (denominación local) de sectores de extracción, trampeo o caladero de pesca
- Características de embarcaciones y artes empleados
- Esfuerzo o tiempo efectivo de pesca o de concheo (Horas); número y horas de trabajo con trampas
- Rendimiento: biomasa de captura (lb) para pesca en embarcaciones y unidades (n) para faenas de concheo y trampeo de jaibas y cangrejos
- Valor de primera venta de recursos explotados (US\$/lb , US\$/unidad-ciento)



- Gasto o inversión requerida para desarrollar una faena (US\$/faena) y finalmente
- Repartición de utilidades a bordo de embarcaciones

Al relacionar estas variables se puede estimar Captura por Unidad de Esfuerzo CPUE y utilidad pesquera (US\$ persona/embarcación/faena). El registro de variables productivas por sitios permite identificar los sectores más productivos de cada asociación, donde se deberían concentrar medidas de manejo y el control de acceso de extractores/pescadores foráneos así como observar la evolución del rendimiento medio de la concesión. Para esto es necesario acordar en asambleas la denominación de sitios, pues es común que los asociados identifiquen a sectores comunes con nombres diferentes.

La expectativa de información para ser analizada tuvo el supuesto de que cada parabiólogo/ga lograra 3 registros diarios durante 20 días por mes o bien 3240 registros, esperándose recibir un 40% de registros de extracción de conchas, un 40% de pescas a bordo de embarcaciones y un 20% de registros de trampeo de jaibas y cangrejos. Concluido el levantamiento de información se tuvo un total de 2757 registros; el 85% de la expectativa formada, con 1326 registros de faenas concheras, (48%), 927 registros de pescas a bordo de embarcaciones (33,6%) y 504 registros de trampeos de jaibas y cangrejos (18%). En la figura 1 se observa la distribución de registros por asociación/localidad diferenciándose entre concesiones litorales, próximas a salidas al mar y concesiones de aguas interiores, ubicadas tierra adentro.



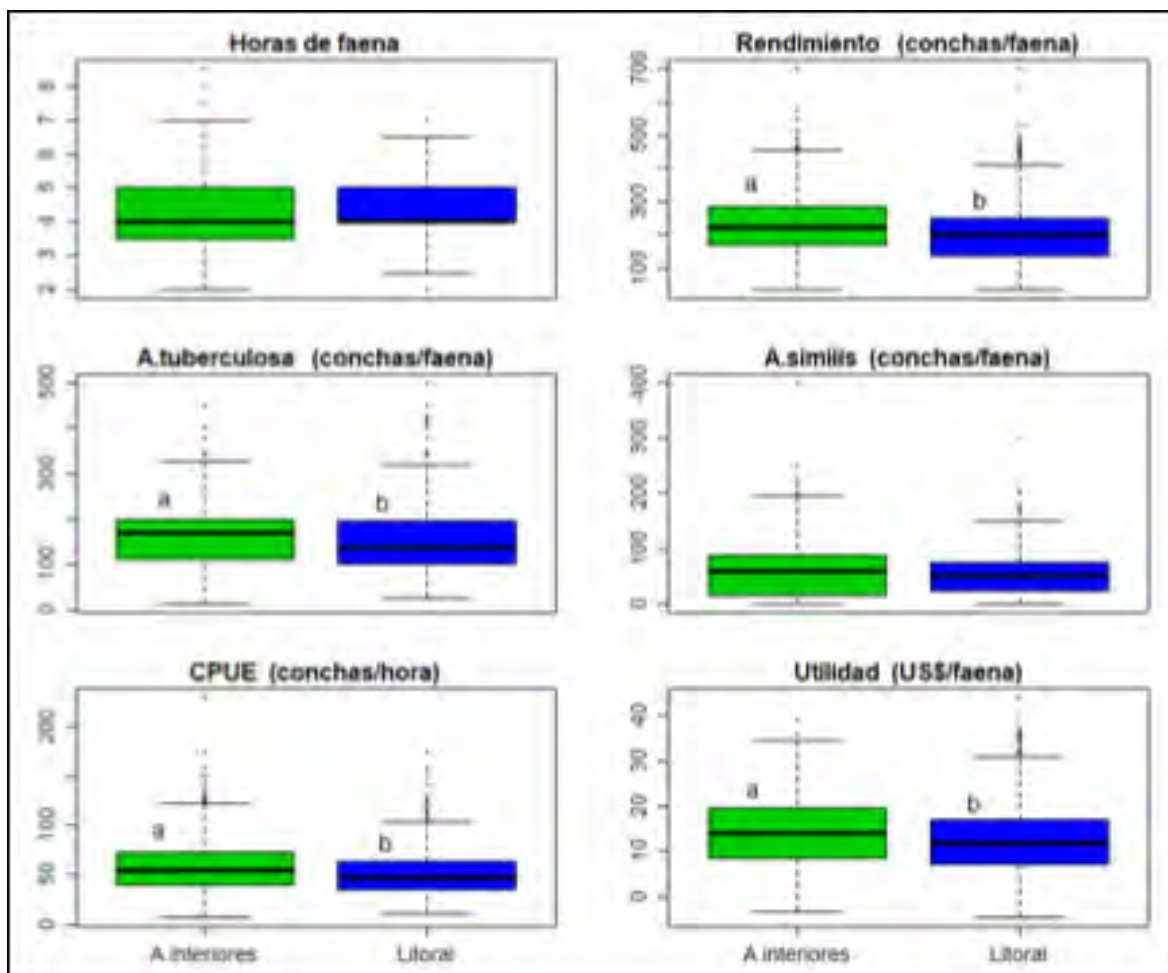


Figura 2. Descriptivos de variables pesqueras asociadas a la recolección de conchas del género *Anadara*, las variables que aparecen con letras difieren significativamente.

## Pesquerías de conchas del género *Anadara*

Considerando los registros de 12 asociaciones, el rendimiento medio de conchas en faenas de  $4,17 \pm 1,08$  horas en REMACAN fue de  $223 \pm 95$  conchas, *Anadara tuberculosa* o concha hembra, representó  $163 \pm 71$  unidades diarias, triplicando prácticamente a *Anadara similis* con un

rendimiento de  $60 \pm 50$  unidades. Se observaron considerables diferencias entre placeres de conchas de cada AUSCEM solicitada pero considerando toda el área de estudio los sectores con mayor rendimiento de conchas fueron Pampanal de Bolívar con  $187 \pm 88$ , Campanita  $186 \pm 57$  y Palma Real  $168 \pm 81$  conchas *A. tuberculosa* diarias en el norte de REMACAN.

Los descriptivos principales de la extracción de conchas se observan en la figura 2, encontrándose diferencias significativas al comparar caletas litorales y caletas ubicadas tierra adentro en el rendimiento total de conchas  $F(1,10) = 8.910, 5.008; P < 0.001, < 0$ ; con una media de  $229 \pm 91$  conchas en caletas interiores y  $213 \pm 99$  en caletas litorales; el rendimiento de conchas hembras *A. tuberculosa*  $F(1,10) = 12.013, 9.186; P < 0.00, < 0.00$ ; con  $168 \pm 68$  unidades/día en caletas interiores y  $154 \pm 77$  en caletas litorales así como en la CPUE  $F(1,10) = 11.809, 8.748; P < 0, < 0$  y en la utilidad pesquera  $F(1,10) = 8.993, 4.475; P < 0,001 < 0$ .

En la figura 3 se muestra la comparación sectorial del rendimiento de *A. tuberculosa* y *A. similis* considerando los diferentes sectores que solicitan un AUSCEM además de la evolución temporal del rendimiento de conchas durante el período de estudio observándose una tendencia de aumento extractivo a partir del mes de julio.

El número de conchas que una persona logra es influido por los ciclos mareales, teniéndose mayores rendimientos durante los aguajes denominados localmente “pujas” (Fig. 3), donde la altura intermareal se incrementa y



tanto el ascenso como descenso de la marea es más rápida generando fuertes corrientes. En las pujas, sectores más extensos del manglar permanecen más tiempo emergidos.

Histogramas del rendimiento de conchas del género *Anadara* durante el periodo de seguimiento se observan en la figura 4.

La condición física, el sexo y la edad influyen en los movimientos y velocidad del desplazamiento de una persona dentro del manglar, siendo esta actividad desarrollada mayormente por mujeres y muchachos/as jóvenes. El concheo es una ardua tarea donde se lidia con insectos, especialmente jejenes y mosquitos, por lo que los/as concheros/as recurren a preparaciones caseras de repelentes o emplean humeadores para auventarlos; también existe el riesgo de o picaduras de pejasapos, hoplocaridos, ascideas urticantes y culebras (Figura. 4-A). En la figura 4-B se muestra un grupo de parabiólogos/as de las comunidades asentadas en la REMACAN, atentos a las instrucciones de la faena por realizar.

Considerando la magnitud del negocio de la colecta de conchas en el Ecuador, este es un importante servicio provisto por los manglares ecuatorianos (MacKenzie, 2001). El ciento de conchas *A.tuberculosa* es pagado entre US\$ 7 y 10 dolares, castigando los intermediarios que acopian conchas a las caletas más productivas ubicadas hacia al norte con los menores precios; las conchas *A.similis* se pagan a la mitad de *A.tuberculosa* y generalmente son destinadas al consumo local.

El género *Anadara* sostiene una economía diaria al interior de REMACAN, la utilidad media diaria estimada para un conchero/a fue de US\$ 13,38±7,85 debiendo invertir

Figura 3. Rendimiento sectorial de *A.tuberculosa* y *A. similis* en sectores solicitados como AUSCEM, en azul caletas litorales y en verde caletas ubicadas tierra adentro.

Figura 4. Histogramas del rendimiento de conchas *Anadara* al interior de la REMACAN

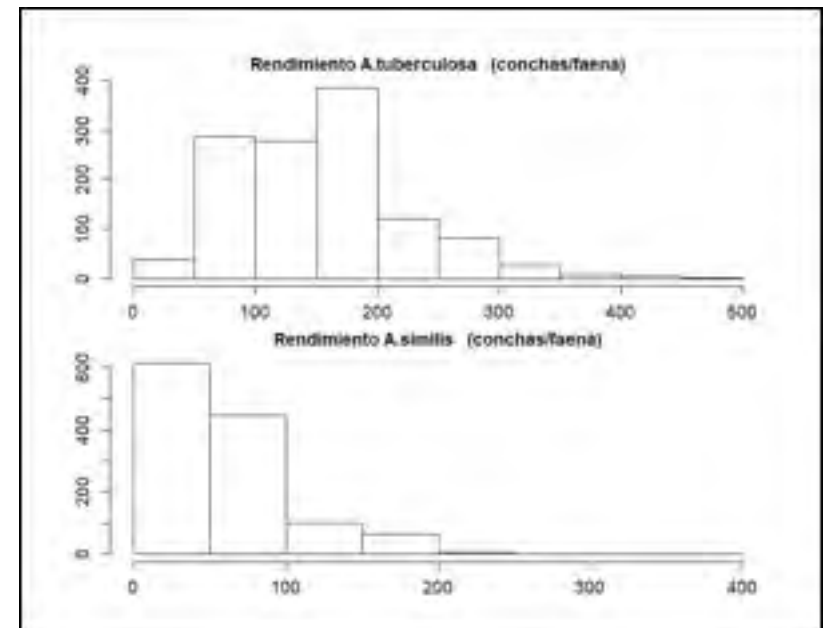
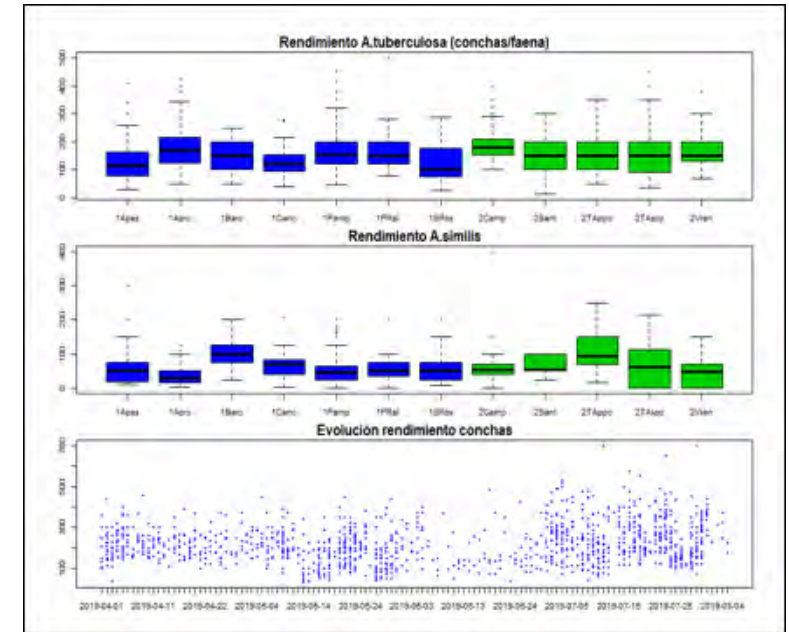




Figura 4A. Mujer entrando al manglar a coleccionar conchas. Note en su mano una antorcha elaborada con fibras de coco para ahuyentar a los insectos que dificultarian su trabajo. Tambillo.

Figura 4B. Habitantes de las comunidades en charla de capacitación como parabiólogos y parabiólogas de la REMACAM.



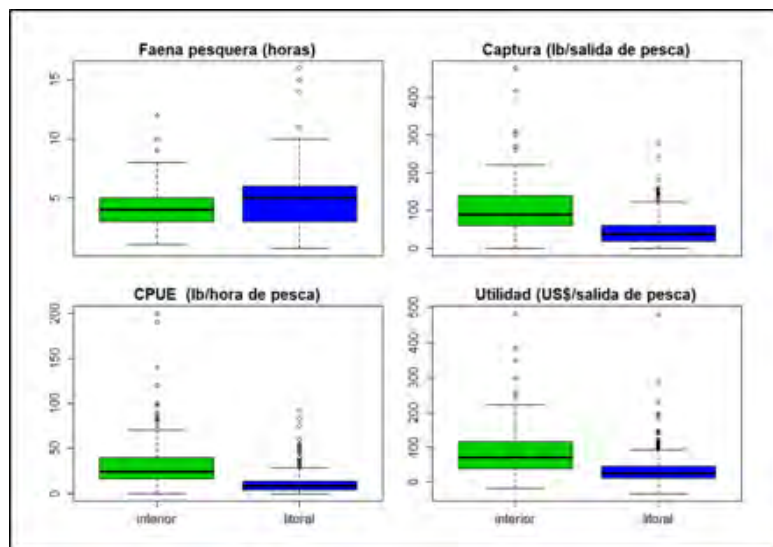
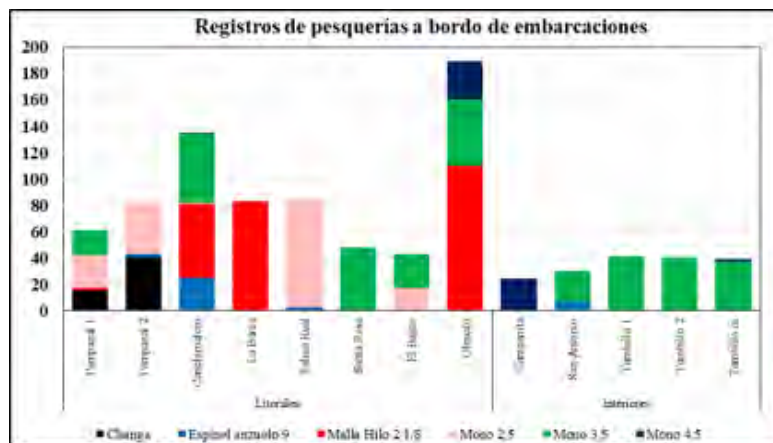
US\$ 3,14±3,25 en el pago de la canoa que los lleve y recoja del sitio de trabajo, la compra de humeadores, guantes de latex, alimentos y líquidos. Considerando una media de 20 faenas mensuales el trabajo de un conchero sería similar a un salario básico de la República del Ecuador del año 2019, pero sin disfrute de los beneficios de seguridad social.

### Pesquerías desarrolladas desde embarcaciones

En la figura 5 se muestra el número de registros de pesquerías desarrolladas a bordo de embarcaciones, observándose el uso de 6 artes de pesca en REMACAM. El mayor número de registros pesqueros se logró en Olmedo donde sus asociados solicitan manejar exclusivamente estas pesquerías renunciando al manejo de conchas y cangrejos.

El uso de mallas pasivas es el principal arte de pesca utilizado por las embarcaciones en REMACAM, empleándose mallas de hilo de 2" 1/8 y mallas de monofilamento plástico electrosoldado (MONO) de 2,5" enfocados a la captura de langostinos y camarones sólo en caletas litorales. Las redes MONO de 3,5" y 4,5" para captura de pescados "plateros" y peces grandes, respectivamente, son usadas tanto en caletas litorales como en caletas de aguas interiores y en menor grado, anzuelos N° 9 armados en espineles o "calandras".

La pesquería de arrastre artesanal de camarones pomada fue reportada en las caletas litorales de Pampanal de Bolívar y Palma Real, siendo esta práctica cuestionada por la autoridad debido a su baja selectividad y sus elevados niveles de capturas incidentales<sup>8</sup> y descartes<sup>9</sup>. Antecedentes de esta pesquería en las inmediaciones de Limones refie-



8. Todos los recursos capturados junto a los recursos objetivos pueden tener o no aprovechamiento

9. Recursos que una vez capturados son desechados al medio sin aprovechamiento alguno

Figura 5. Registros pesqueros a bordo de embarcaciones aportados por parabiólogos/as de la REMACAN

Figura 6. Descriptivos pesqueros generales comparados por la ubicación de caletas de zarpe.

ren períodos donde la proporción de camarones capturados no superaban el 10% de la biomasa total capturada (Farias, 2018), capturándose junto con los camarones a 51 especies de peces (Zambrano, 2017) y 39 especies de invertebrados marinos (Chinga, 2018).

Los descriptivos generales considerando todos los artes empleados y eliminando 8 capturas excepcionales de mallas de 4,5" se observan en la figura 6, registrándose faenas pesqueras más cortas en aguas interiores con mejores indicadores de rendimiento y utilidad económica que en aguas litorales con capturas de  $45 \pm 33$  lb/salida de pesca, contra  $124 \pm 119$  lb en aguas interiores.

En la figura 7 se muestran descriptivos de pesquerías por artes de pesca, teniéndose las mayores capturas con mallas MONO de 4,5" destinadas para peces grandes a pesar de eliminar 8 datos extremos de las mismas por efectos gráficos. La captura media estimada fue de  $96 \pm 48$  lb/salida de pesca en arrastre con changas, de  $55 \pm 25$  lb con espineles de anzuelos N°9; de  $20 \pm 14$  lb con redes de hilo de 2" 1/8; de  $51 \pm 23$  lb con mallas MONO de 2,5"; de  $77 \pm 54$  lb con MONO 3,5" y  $138 \pm 192$  lb con MONO 4,5".

Evidentemente estos análisis no muestran correctamente la realidad de cada pesquería, sin embargo, permiten inferir que la producción pesquera de aguas interiores presenta apuestas mayores en determinados sitios; ésto se da en función de un mayor número de datos extremos. La biomasa total capturada por salida de pesca (rendimiento) exhibió diferencias significativas entre los diferentes artes de pesca y distintas caletas de zarpe.  $F(5,12) = 70.82, 30.36$ ;  $P < 0, < 0$ . En las Figuras. 8 y 9 se contrastan variables pes-



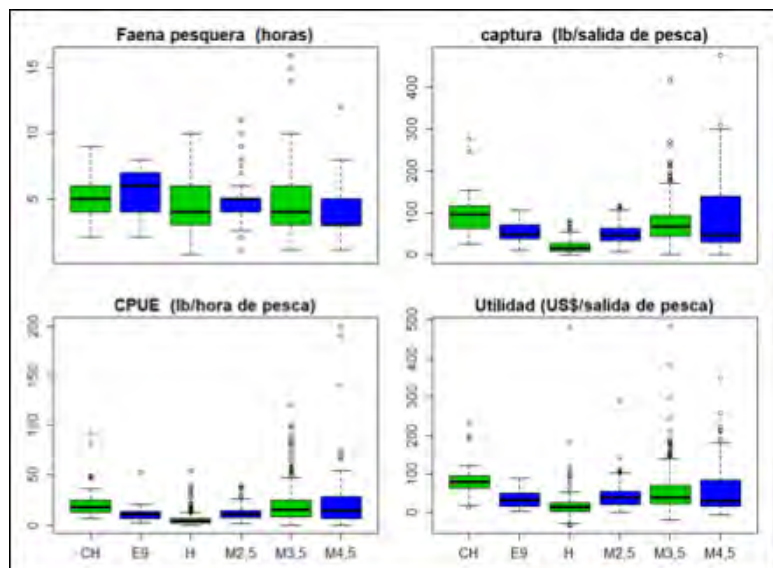
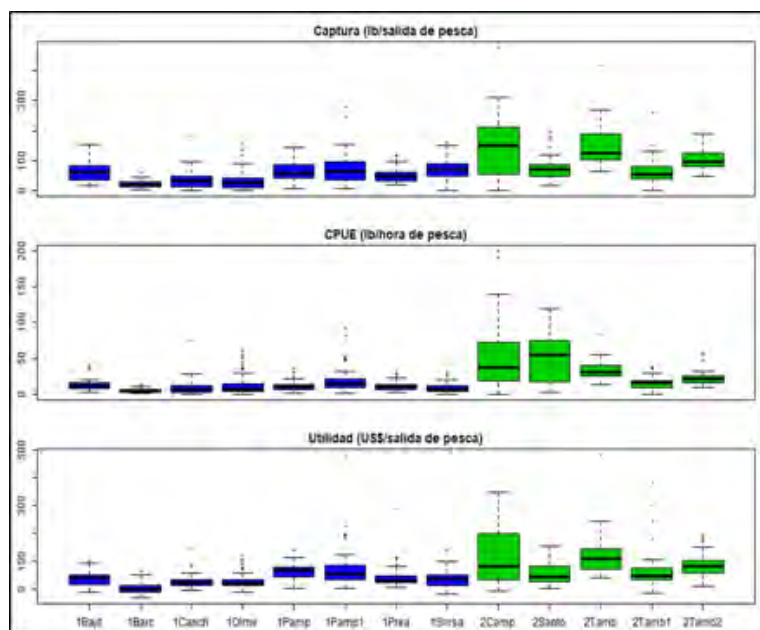


Figura 7. Descriptivos principales de diferentes artes utilizados en REMACAN, CH=Changa, E9= Espinel con anzuelos N°9, H= Malla de hilo 2" 1/8, M=Mallas de monofilamento plástico electrosoldado de 2,5; 3,5 y 4,5" respectivamente.

Figura 8. Indicadores de producción pesquera levantado por parabiólogos/as, en azul aparecen caletas litorales y en verde caletas de aguas interiores mas asociadas a manglares. 1Bajit=El Bajito, 1Barc= La Barca, 1Canch=Canchimalera, 1Olme=Olmedo, 1Pamp=Pampanal1, 1Pamp1=Pampanal 2, 1Prea=Palma Real, 1Srosa=Santa Rosa, 2Camp=Campanita, 2Santo=San Antonio, 2Tamb=Tambillo1, 2Tamb1=Tambillo2, 2tamb2=Tambillo ni



queras generales categorizadas por arte de pesca y por caleta pesquera.

El amplio uso de mallas de monofilamento plástico electrosoldado MONO denominadas localmente mallas "electrónicas" es otro tema que requiere de atención al interior de REMACAN pues estas no se degradan como las mallas de hilo; una vez perdidas por enredos con estructuras del fondo se acumularán durante centurias si no fuesen removidas, representando un grave problema de contaminación física para manglares y cuerpos de agua asociados además de generar "pesca fantasma", es decir, estas mallas continuarán atrapando peces y otros recursos que no serán aprovechados por los pescadores.

La captura de peces grandes o "pescado grueso" al ser comercializados rápidamente sería la mejor apuesta pesquera de aguas interiores asociadas a manglares donde existe además una continua captura de peces pequeños de múltiples especies que son comercializados grupalmente como "pescadilla" con precios que no superan 1 US\$ en primera venta y que representan un desafío para el futuro manejo pesquero; los peces más grandes salvo los bagres, son comercializados sobre 2US\$ regularmente, existiendo una considerable elasticidad para la mayoría de los recursos en función de la oferta natural, pues la demanda es continua.

En la figura 8 se observan variables pesqueras categorizadas por caleta de zarpe, teniéndose los mejores indicadores en capturas desarrolladas desde Campanita, San Antonio y Tambillo todas ubicadas en aguas interiores. Esta mayor productividad, particularmente, la de Campanita se atribuye a la buena oferta alimenticia provista por peces

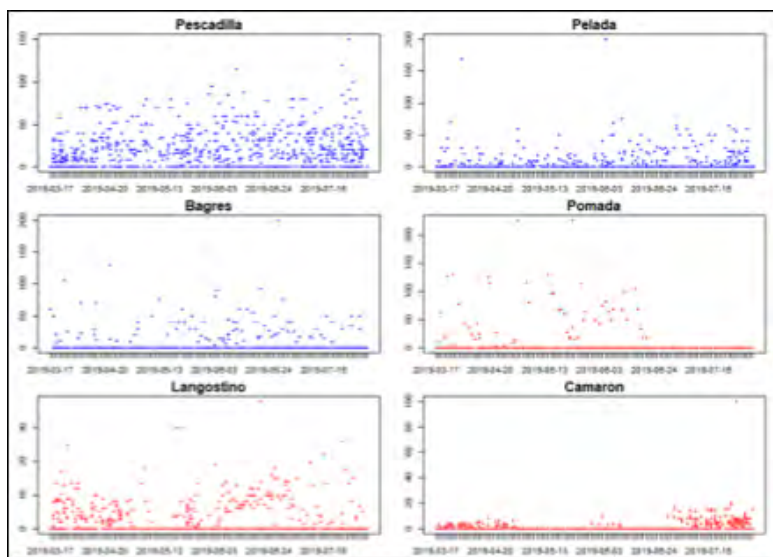
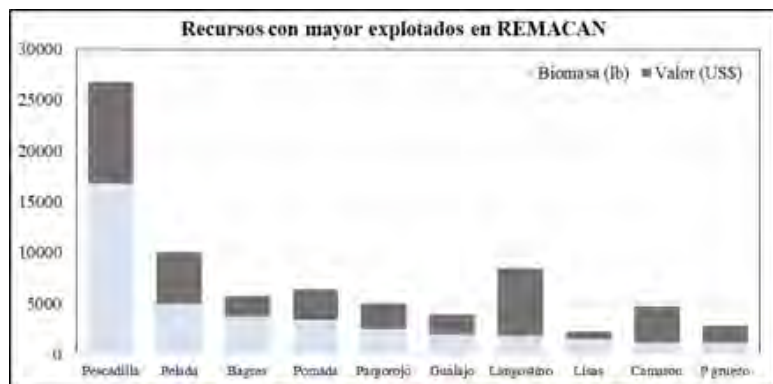


Figura 9. Biomasa total de captura y contribución económica de los 10 principales recursos de REMACAN.

Figura 10. Evolución temporal de capturas de peces y camarones de mayor captura (expresadas en libras por captura de pesca), comunicados por parabiólogos/as de REMACAN.

pequeños y al conocimiento de rutas de ingreso de peces grandes a manglares por pescadores locales que interponen sus redes en ellas con el trabajo de varias personas. Esta situación mas la distancia desde centros poblados mayores y el celoso control de ingreso hacia el estero Campanita ejercido por sus moradores, permiten conservar poblaciones de peces menos explotados.

La variedad de recursos explotados desde embarcaciones en REMACAN levantados por parabiólogos/as proporciono información de 52 recursos pesqueros que sumaron 51234 lb; los 10 recursos con mayor captura representaron el 76% del total de captura; la contribución de biomasa y la valoración de dichos recursos se muestran en la figura 9.

En la figura 10 se observa que los langostinos y camarones con un menor aporte de biomasa generan proporcionalmente más réditos a pescadores litorales que los peces y los camarones pomada, situación atribuida a su mayor precio y la existencia de pulsos productivos. La utilidad media US\$/embarcación/salida de pesca fue de  $82,18 \pm 38$  con changas a dividirse entre 2 pescadores generalmente, de  $36 \pm 22$  con espineles de anzuelos N°9 involucrando a un pescador, de  $19 \pm 38$  con redes de hilo 2"1/8 (dos pescadores), de  $44 \pm 33$  con mallas MONO 2,5";  $59 \pm 73$  (2-3 pescadores) MONO 5,5" y  $159 \pm 302$  (minimo 3 personas) MONO 4.5".

Los registros pesqueros levantados en aguas asociadas a REMACAN muestran síntomas de sobreexplotación, siendo escasas las pescas con réditos mayores a US\$100 por salida de pesca. En las figuras 11 y 11A se muestran histogramas de captura y utilidad integrando todos los artes registrados por parabiólogos/as. A la izquierda del gráfico se



consideran todos los datos y a la derecha se excluyen 8 registros de pescas con utilidades mayores a US\$500.

Asimismo, las pesquerías a bordo de embarcaciones no son integradas en los Planes de Manejo del AUSCEM, situación que limita la información y consecuentemente, las medidas de conservación en estos manglares. En efecto, la sinergia que genera el manejar pesquerías a bordo de embarcaciones, y controlar simultáneamente ingresos estratégicos por agua al AUSCEM incrementaría la efectividad del manejo, asistido con programas de vigilancia como es el caso del Estero Campanita.

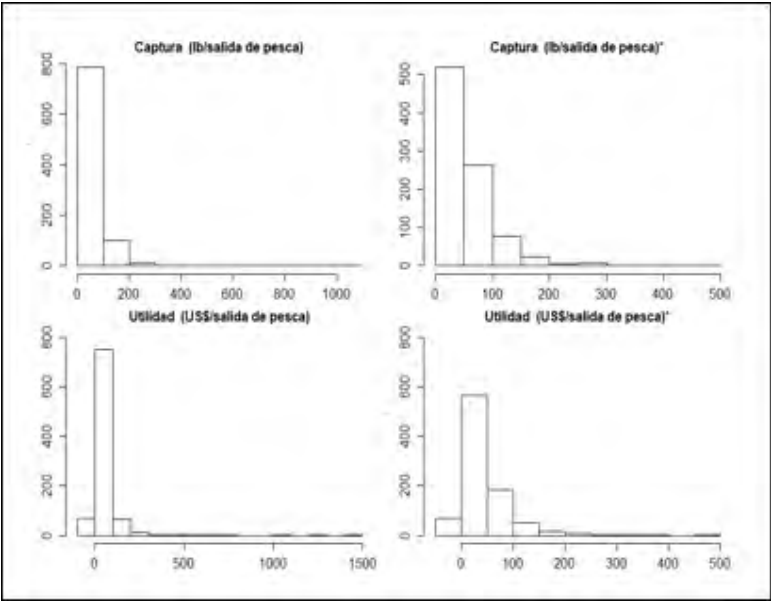
**Pesquería de jaibas y cangrejos con trampas**

La pesquería de cangrejos azules *Cardisoma crassum* es limitada pues los cangrejeros utilizan variadas trampas temporales, de las que no se tienen registros adecuados. Las trampas se construyen con maderas y son revisadas para cambiar cebos y recoger las capturas de forma permanente, y de esta forma reutilizadas, lo que aumenta la cantidad de veces que se utiliza la misma trampa, siendo incierta la vida útil y el tiempo de trabajo para una ronda de carnadas, la cual fluctúa desde horas hasta días.

Las jaibas en estricto rigor corresponden a una pesquería a bordo de embarcaciones, pero se acordó con los/as parabiólogos/as agruparlas con los cangrejos. Las jaibas caen en trampas metálicas circulares con mallas no definidas, con sobrantes de otras mallas que usan una carnada central que pende de líneas secundarias desde una línea madre con botellas plásticas conectadas a cada trampa. Cuando una jaiba verde *Callinectes toxotes* “sube” a una trampa es

Figura 11. Histogramas de captura y utilidades de faenas pesqueras considerando todos los artes empleados, los histogramas con asterisco excluyen 8 capturas excepcionales.

Figura 11A. Recursos de Captura litoral con malla de monofilamento plástico electrosoldado MONO de 3,5”



acusada por el movimiento superficial de la botella, siendo inmediatamente cobrada. Los descriptivos principales de estas pesquerías se muestran en la figura 12.

Los cangrejos azules son animales longevos y son habitantes temporales del manglar, liberan sus larvas en el agua, y cuando las abandonan se confundirían con cangrejos violinistas ocupando cuevas similares, a medida que crecen migran hacia el ranconchal y terrenos firmes, siendo improbable su manejo considerando solo bosques de manglar. Los cangrejos azules son parte de la tradición local y se comercializan por canastas que integran de 8 a 12 cangrejos y que se comercializan a US\$10; lamentablemente su población va en franco deterioro.

Las jaibas se comercializan por unidades y su precio depende del tamaño del ejemplar; un “Jaibón” cuesta US\$1,5 y jaibas medianas caen hasta US\$ 0,50. Este recurso tiene un considerable potencial de crianza y se desarrolla hacia aguas interiores de manglares siendo posible ensayar criaderos empleándose actuales descartes y residuos pesqueros dada su naturaleza carroñera. Las jaibas permitirían una extracción selectiva por sexos además de contemplar acciones de agregación de valores pues son altamente demandadas.

Un aspecto curioso del presente estudio fue describir la presencia de cangrejos rojos *Ucides occidentalis* exclusivamente en Canchimalero donde los llaman cangrejos barreños y que a diferencia de sus congéneres del Guayas y del Oro, presentan una coloración azul violácea; no son apreciados localmente y se venden a 3 unidades por dólar.

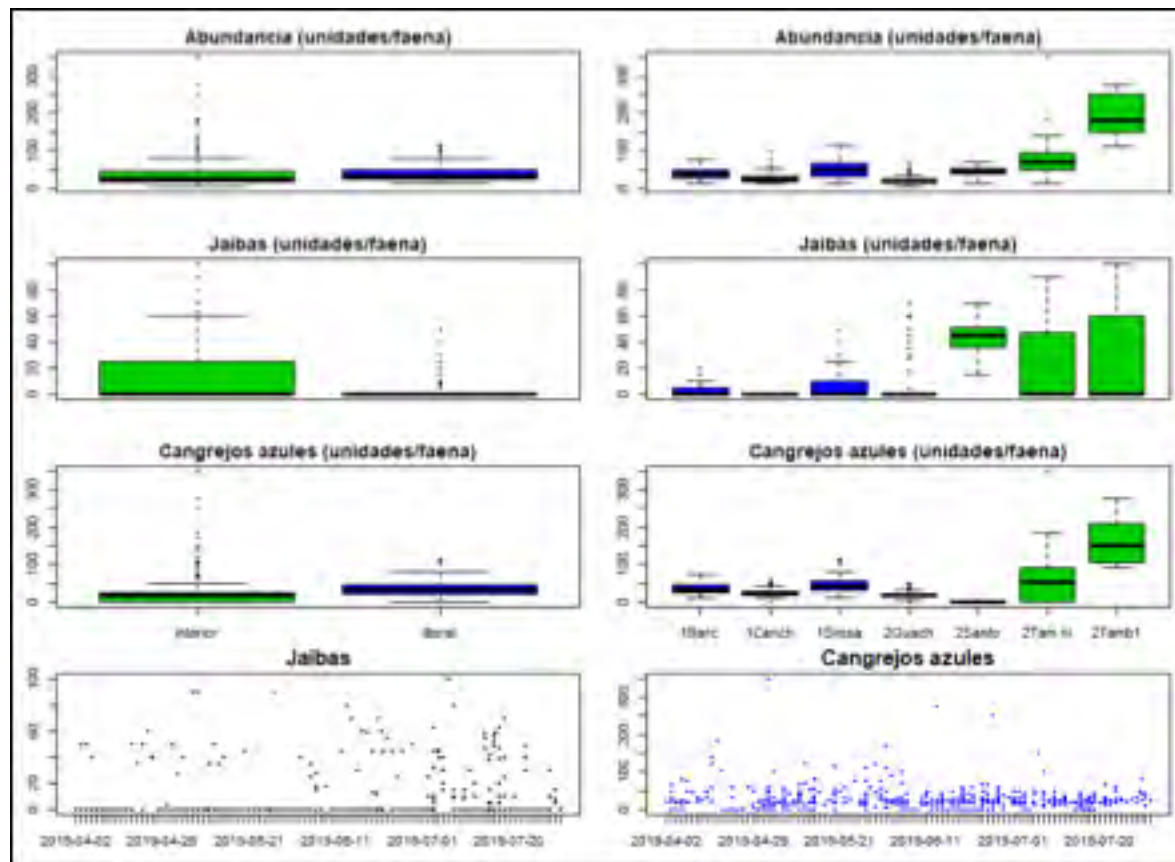


Figura 12. Descriptivos generales de la pesquería de Jaibas y cangrejos azules

## CONCLUSIONES

El trabajo de parabiólogos/as presenta ventajas para recopilar información, pero requiere de acompañamiento y comunicación fluida con los técnicos de apoyo. También la carencia de telefonía celular en algunas caletas, complica su desempeño. Con estas limitaciones el presente diagnóstico aportó valiosa información sobre pesquerías y sectores internos de cada AUSCEM solicitada y que resulta indispensable para ordenar la extracción de recursos, siendo necesario profundizar análisis complementarios de calidad de aguas, sedimentos y otros ensambles biológicos para identificar otros factores y relaciones que inciden sobre la dinámica poblacional de recursos pesqueros además de la presión extractiva que soportan.

El trabajo de parabiólogos/as debe incrementarse entrenando más personas que a su vez se especializarían dentro de cada asociación/localidad en temas cada vez más específicos, así como atender nuevas variables que les serán exigidas en reportes oficiales al acceder formalmente a un AUSCEM. Entre ellas se debe afinar monitoreos sectoriales estandarizados y sistemáticos y la estadística morfométrica de los recursos que integran sus pesquerías, a pesar de que en estricto rigor, las conchas son el único recurso pesquero que podrían manejar bajo las actuales condiciones del AUSCEM.

Es necesario considerar que dado el tiempo y las tareas asignadas a un/a parabiólogo/a es de importancia en las investigaciones considerar un salario permanente, sin embargo, cada asociación debe disponer de sus propios recursos para estas tareas fundamentales. Además, es sig-

nificativo considerar en próximas investigaciones que se requieren programas de mediano-largo plazo para sostener la conservación de manglares, de por lo menos 5 años, considerando la integración de pesquerías por sector, y tendiendo a fortalecer los ingresos económicos con acuicultura comunitaria.

Otro de los aspectos a tomar en cuenta, es la constitución legal de las asociaciones para acceder a créditos y a un mantenimiento efectivo del ecosistema para poder controlar efectivamente el ingreso de foráneos evitando conflictos de intereses en los diversos sectores como comentan los asociados: *“a los afuerinos no les importa lo que nosotros cuidamos, este es nuestro manglar.”*

Finalmente, es importante la sensibilización de las autoridades y la gestión pública organizada, ya que las diferencias estructurales y el estado socioeconómico deficiente de las asociaciones pone en riesgo la efectividad en el manejo del ecosistema.

## Bibliografía

**Beck, M.W.,** Heck K.L.J., Able, K.W., Childers, D.L., Eggleston, D.B., Gillanders, B.M., Halpern, B., Hays, C., et al. (2001). The identification, conservation and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates. *BioScience* 51: 633-641

**Beitl, C. M.** (2017). Decentralized mangrove conservation and territorial use rights in Ecuador's mangrove-associated fisheries. *Bulletin of Marine Science*, Volume 93, Number 1:117-1361

**Dahlgren, C.P.,** Kellison, G.T., Adams, A.J., Gillanders, B.M, Kendall, M.S., Layman, C.A., Ley, J.A., Nagelkerken, I. and J.E. Serafy (2006). Marine nurseries and effective juvenile habitats: Concepts and applications. *Marine Ecology Progress Series* 312:291-295. Doi:10.3354/meps312291

**De Groot, R.,** L. Brander, S. Van Der Ploeg, R. Costanza, F. Bernard, L. Braat, M. Christie, N. Crossman, et al. (2012). Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services* 1(1):50-61.

**Gobierno Provincial de Esmeraldas GPE, Cooperación Técnica Belga CTB CID PUCESE.** (2011). Diagnóstico pesquero de los cantones Rioverde, Eloy Alfaro y San Lorenzo. Programa de desarrollo económico rural del norte del Ecuador PDRN.

**Hoff, R.,** J. Michel, P. Hensel, E.C. Proffitt, P. Delgado, G. Shigenaka, R. Yender, A.J. Mearns. (2014). Oil Spills in Mangroves. Planning & Response Considerations. National Oceanic and Atmospheric Administration. National Ocean Service, Office of Response and Restoration, U.S. Department of Commerce.

**Hutchison, J.,** Spalding, M. and Ermgassen, Z. P. (2014) The Role of Mangroves in Fisheries Enhancement. The Nature Conservancy and Wetlands International. 54 pages

**Lopez-Angarita, J.,** Tilley, A., Diaz, J.M., Hawkinns, J.P., Cagua, E.F. and Roberts, C.M. (2018). Winners and losers in Area-Based Management

of a Small-Scale in the Colombian Pacific. *Frontiers in Marine Sciences*, Volume 5 article 23. Doi: 10.3389/fmars.2018.00023

**Lugo, A.E.** and S.C. Snedaker. (1974). The ecology of mangroves. *Annual Review of Ecology and Systematics* 5:39-64

**MacKenzie, C.L. Jr.** (2001). The Fisheries for Mangrove Cockles, *Anadara* spp., from Mexico to Peru, with Descriptions of their Habitats and Biology, the Fishermen's Lives, and the Effects of Shrimp Farming. *Mar. Fish. Rev.* 63(1): 1-39

**PRODEL USAID and CID PUCESE** (2009). Análisis del subsector Pesca, acuicultura y mariscos Provincia de Esmeraldas. Centro de Investigación y desarrollo CID PUCESE Diciembre 2009. 43pp.

**Rodríguez, F.V.** (2018). Mangrove Concessions: An Innovative Strategy for Community Mangrove Conservation in Ecuador. In: Makowski C., Finkl C. (eds) Threats to Mangrove forests. Coastal Research Library, vol 25. Springer, Cham

**Twilley, R.R.** (1989). Impacts of shrimp mariculture practices on the ecology of coastal ecosystems in Ecuador. A sustainable shrimp mariculture industry for Ecuador. In: Olsen, S. and L. Arriaga (eds.), International Coastal Resources Management Project. Technical Report Series TR-E-6. Providence: University of Rhode Island. pp. 91-120

# El estado actual de la vulnerabilidad ecuatoriana frente a las amenazas de los tsunamis

Theofilos Toulkeridis<sup>1</sup> y Kervin Chunga<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Ph.D. en Geología y en Geoquímica de los Isótopos. Geólogo. Experto en Gestión de Riesgos. Espeleólogo. Docente-Investigador de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Sangolquí, Ecuador.

<sup>2</sup> Ph.D en Investigación y Ciencias Ambientales, Mención en Geología de Terremotos. Geólogo. Experto en Paleosismología y Riesgo Sísmico. Universidad Técnica de Manabí. Ecuador

## Palabras clave:

tsunami, vulnerabilidad, gestión de riesgo, evacuación vertical, sistemas de alerta temprana

## Keywords:

tsunami, vulnerability, risk management, vertical evacuation, early warning systems

*Los tsunamis son fuerzas destructivas que amenazan la vida, la infraestructura social y estratégica, así como la producción, lo que resulta en enormes pérdidas económicas. En las últimas dos décadas, los tsunamis mataron a muchos y destruyeron varios sitios en Japón, Indonesia y Chile, lo que debería ser una advertencia para el estado ecuatoriano, ya que Ecuador está situado en la misma situación geodinámica a lo largo del Cinturón de Fuego del Pacífico. Basado en lo mencionado anteriormente y en el registro de una variedad de tsunamis históricos, el presente estudio permite evaluar la vulnerabilidad contemporánea de un impacto potencial de un futuro tsunami. Por la presente, se analiza dentro de la gestión del riesgo de desastres por tsunamis en Ecuador, el pronóstico de daños, la preparación general ante desastres de tsunamis con el conjunto del mando y la jerarquía de un sistema de alerta temprana pendiente de organizaciones extranjeras, y, finalmente, sobre la gestión del riesgo de desastres a través de la educación. Además, se presenta brevemente la posibilidad de cómo los edificios pueden necesitar ser construidos para resistir un impacto de tsunami y cómo y por qué se puede implementar una cultura de evacuación vertical. Las conclusiones terminan con una visión pesimista pero realista de la vulnerabilidad actual de Ecuador ante un posible impacto del tsunami en el futuro cercano.*

*Tsunamis are destructive forces that threaten life, social and strategic infrastructure, as well as production, resulting in huge economic losses. In the past two decades, tsunamis have killed many and destroyed several sites in Japan, Indonesia and Chile, which should be a warning to the Ecuadorian state, since Ecuador is located in the same geodynamic situation along the Pacific Ring of Fire. Based on the aforementioned and the registry of a variety of historical tsunamis, this study allows evaluating the contemporary vulnerability of a potential impact of a future tsunami. Hereby, we analyze within the disaster risk assessment from tsunamis in Ecuador, the forecast of damages, the general preparation for tsunami disasters with the whole command and the hierarchy of an early warning system pending from foreign organizations, and finally, on disaster risk management through education. In addition, we briefly introduce the possibility of how buildings may need to be constructed to withstand a tsunami impact and how and why a vertical evacuation culture may be implemented. The conclusions end with a pessimistic but realistic vision of Ecuador's current vulnerability to a possible tsunami impact in the near future.*



## INTRODUCCIÓN

A pesar de la importancia de la actividad pesquera dRecientes tsunamis y mega-tsunamis con imágenes casi en tiempo real y más tarde en las redes sociales sobre los impactos en el sudeste asiático el 26 de diciembre de 2004 (celebración de Navidad), en Chile el 27 de febrero de 2010 y en Japón 11 de marzo de 2011; y en Ecuador, país que también se encuentra en el Cinturón de fuego del Pacífico donde el nivel de sismicidad es superior a la aceleración 0.5g y registra históricamente el séptimo terremoto por tsunami más fuerte del planeta, acontecido el 31 de enero de 1906 (Mw 8.8) (Kowalik et al., 2005; Yamazaki y Cheung, 2011; Mimura et al., 2011; Chunga et al., 2017), muestran que dado el entorno geodinámico en las costas de Ecuador, el país está altamente predestinado a verse afectado por fuertes tsunamis. De hecho, Ecuador ha sido impactado por varios tsunamis con poco tiempo de advertencia, en su pasado histórico (Toulkeridis et al., 2017). Sin embargo, la no observación de la experiencia histórica, las formas inadecuadas de educación, la deforestación de barreras naturales como los manglares, el no cumplimiento de los planes de ordenamiento territorial y la falta de una cultura de prevención, conducen a una receta fatal y letal de futuros impactos de tsunamis en las provincias de El Oro hasta Esmeraldas.

Ecuador se encuentra en una zona de alto nivel sísmico por tectónicas de placas y es un país con una de las densidades volcánicas más altas de la tierra, que además de las erupciones volcánicas, también es vulnerable a

terremotos y deslizamientos de tierra, así como a tsunamis que representan un grave peligro natural para la población. Tales peligros, junto con una variedad de procesos climáticos, ciertamente afectarán al país en cualquier momento, como se muestra durante una variedad de eventos catastróficos en el pasado cercano (Berninghausen, 1962; Schuster et al., 1996; Harden, 2001; Aguilera y Toulkeridis, 2005; Chunga y Toulkeridis, 2014; Toulkeridis et al., 2015; Toulkeridis et al., 2017a; Mato y Toulkeridis, 2017; Toulkeridis y Zach, 2017; Pararas-Carayannis y Zoll, 2017; Jaramillo Castelo et al., 2018; Zafrir Vallejo et al., 2018; Toulkeridis et al., 2019; 2020).

Las costas de la provincia de El Oro, Guayas, Santa Elena, Manabí y Esmeraldas han sido impactadas por tsunamis que se generaron luego de fuertes terremotos en el mar entre 10 a 138 km de distancia de la línea de la costa (Figura. 1). Históricamente, en los catálogos sísmicos, se registran siete tsunamis de tipo locales generados en la plataforma continental y en el piso oceánico de Ecuador, el sur de Colombia y norte de Perú (Chunga, 2002; Chunga y Toulkeridis, 2014).

(1) Tsunami del 1 de julio de 1901, con magnitud estimada entre M7.6 a M7.8 frente a la costa de Salinas, península de Santa Elena, sur de Ecuador. (2) Tsunami del 31 de diciembre de 1906, generado a 138 km de la provincia de Esmeraldas, la magnitud sísmica establecida según la escala Richter fue de Ms 8.8. (3) Tsunami del 7 de febrero de 1906, generado por un terremoto con magnitud mayor a Ms 6,5 Richter, costa afuera, al oeste de la provincia de Esmeraldas.

(4) Tsunami del 12 de diciembre de 1979, generado por un terremoto de magnitud Ms 7,7 Richter, costa afuera, al norte de los bordes costeros de la zona de San Lorenzo, sector fronterizo Ecuador – Colombia. (5) Tsunami del 19 de enero de 1958, generado en la región fronteriza de Ecuador-Colombia, la magnitud sísmica de este evento fue calculada en Ms 7,9 Richter. (6) Tsunami del 2 de octubre de 1933, generado frente a la península de Santa Elena, provincia de Santa Elena, la magnitud sísmica Richter establecida fue de 6,9. (7) Tsunamis del 12 de diciembre de 1953, generado frente a la costa de Tumbes (frontera Ecuador-Perú) y con efectos en los bordes costeros de la provincia de El Oro y Guayas, la magnitud sísmica establecida fue de Ms 7,8, las ondas no fueron destructivas, porque presentaron oscilaciones de 20 cm aproximadamente para La Libertad y para las costas del archipiélago de Jambelí no se tiene información detallada. (8) Tsunami del 7 de febrero de 1959, generado frente a la costa de Tumbes (frontera Ecuador-Perú), la magnitud sísmica establecida fue de Ms 7,2, la información de este Tsunami también es escasa (Pararas-Carayannis, G. 1980; Herd et al., 1981; Kanamori y McNally, 1982; Mendoza y Dewey, 1984 ; Pararas-Carayannis, 2012; Ioualalen et al., 2011; 2014; Chunga y Toulkeridis, 2014; Heidarzadeh et al., 2017; Toulkeridis et al., 2017a; b; Pararas-Carayannis, 2018; Martínez y Toulkeridis, 2020; Edler et al., 2020).

Los tsunamis con algunos resultados devastadores se originaron en los entornos geodinámicos locales, regionales y lejanos, y fueron propensos a golpear las zonas costeras ecuatorianas y a su población relativamente escasamente

preparada, así como sus asentamientos, que se encuentran en el margen continental activo (López, 2013; Matheus Medina et al., 2016; Ye et al., 2016; Rodríguez et al., 2017; Chunga et al. 2017; Toulkeridis et al., 2018; Mato y Toulkeridis, 2018; Matheus-Medina et al., 2018; Chunga et al., 2019; Toulkeridis et al., 2019).

Es ampliamente conocido que entre los terremotos e inundaciones, los tsunamis son uno de los peligros naturales más destructivos y mortales (Daniell et al., 2010). En los últimos años, se han realizado muchos estudios para demostrar y evaluar la vulnerabilidad de las ciudades costeras de los impactos de alerta corta de tsunamis potencialmente devastadores (Walters y Goff, 2003; Dominey-Howes y Papathoma, 2007; Taubenböck et al., 2009; Steinmetz et al., 2010). Por lo tanto, es prioritario e indispensable introducir una eficiente educación preventiva en todos los niveles socioeconómicos con simulacros asociados, y la implementación de señales y rutas de evacuación para la supervivencia de la población en las zonas costeras vulnerables al posible impacto de tsunamis pues son aspectos fundamentales de la evaluación de riesgos (Johnston et al. al., 2005; Yeh et al., 2005). Sin embargo, incluso cuando se asignan rutas de evacuación, las personas que intentan escapar hacia zonas más altas o fuera de las zonas de inundación, pueden no llegar a esas áreas seguras antes del impacto de un tsunami debido a los cortos tiempos de advertencia, en caso de que si existieran sistemas de alertas tempranas eficientes (Xie et al., 2012; Park et al., 2012). Para tales circunstancias, se recomienda aplicar la evacuación vertical de refugios in situ,

que son resistentes al evento sísmico y al tsunami entrante (Reese et al., 2007; FEMA, 2008; Fraser et al., 2012; Velotti et al., 2013; Wood et al., 2014).

## La situación geodinámica del litoral ecuatoriano

La plataforma continental activa ecuatoriana es blanco frecuente de tsunamis debido a la subducción de la placa oceánica de Nazca con las placas continentales de América del Sur y el Caribe, ambas separadas por la Mega-Falla Guayaquil-Caracas (Figura. 2) (Kellogg y Vega, 1995; Gutscher et al., 1999; Gusiakov, 2005; Egbue y Kellogg, 2010; Pararas-Carayannis, 2012). Además, en la misma área, los tsunamis se generan no sólo a partir del origen tectónico mencionado, sino también debido a enormes fallas masivas que provocan deslizamientos de tierra submarinos (Shepperd y Moberly, 1981; Pontoise y Monfret, 2004; Ratzov et al., 2007; 2010; Ioualalen et al., 2011; Pararas-Carayannis, 2012). Asimismo, otro origen de los tsunamis se ha atribuido al vulcanismo de Galápagos (Toulkeridis, 2011; 2019).

La costa ecuatoriana ha sido testigo una docena de veces de impactos de tsunamis (Figura.1) por orígenes principalmente locales en los últimos dos siglos, con diversas intensidades, habiendo existido uno de hasta 8.8 Mw en 1906 (Rudolph y Szirtes, 1911; Kelleher, 1972; Beck y Ruff, 1984; Kanamori y McNally, 1982; Swenson y Beck, 1996; Pararas-Carayannis, 2012; Toulkeridis et al., 2016a; Rodríguez et al., 2016), mientras que las evidencias de depósitos de paleo-tsunamis son escasas (Chunga, 2002; Chunga y Toulkeri-

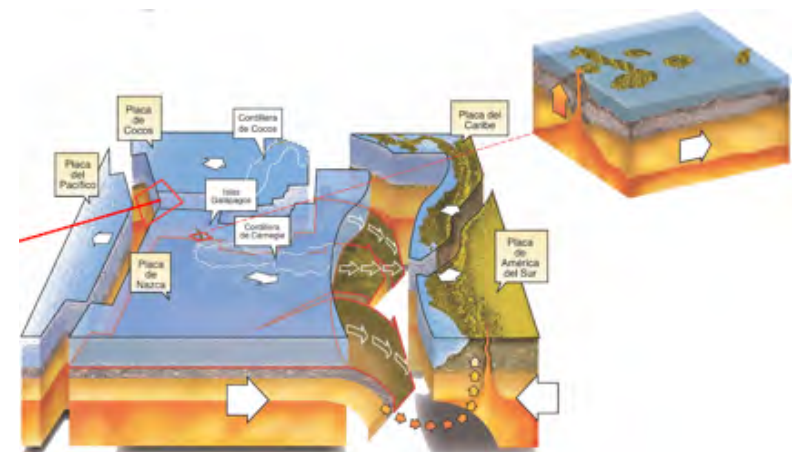
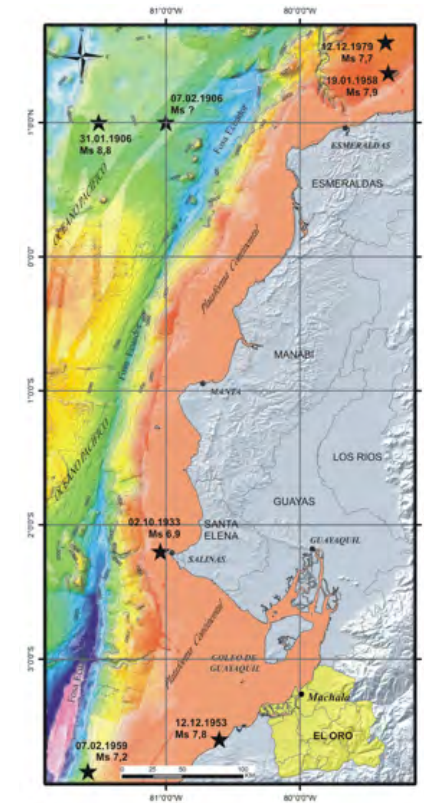


Figura 1. Tsunamis históricos que afectaron las costas del Ecuador.

Figura 2. La constelación de placas tectónicas del Ecuador y alrededores.

dis, 2014). Otros ejemplos destacados de tsunamis a lo largo de la zona de subducción Ecuador-Colombia incluyen tsunamis en 1942 (Mw = 7.8), 1958 (Mw = 7.7), 1979 (Mw = 8.2) y 2016 (Mw = 7.8) dentro del área de ruptura de 600 km de largo del gran evento de 1906 (Collot et al., 2004; Toulkeridis et al., 2016a; b). Mientras que el evento de 1906 causó la muerte de hasta 1500 personas en Ecuador y Colombia, el tsunami de 1979 provocó la muerte de al menos a 807 personas en Colombia (Pararas-Carayannis, 1980). La evaluación de los últimos terremotos marinos que generaron tsunamis, sugiere que la probabilidad de un terremoto mayor en esta región marginal es significativa, especialmente porque existiría una acumulación sustancial de tensión (Pararas-Carayannis, 2012).

## Gestión del riesgo de desastres por tsunamis en Ecuador

### Pronóstico de daños

El Índice de Riesgo Mundial indica el riesgo de desastre de un país a través de procesos naturales extremos y permite realizar una comparación internacional entre 172 países (Bündnis Entwicklung Hilft, 2018). Se incluyen un total de 27 indicadores en este índice que se divide en dos dimensiones: exposición y vulnerabilidad. La exposición describe la amenaza de una propiedad protegida (población, infraestructura) por procesos naturales extremos, la vulnerabilidad consiste aquí en la susceptibilidad y adaptación de los componentes ante un evento. La susceptibilidad incluye

indicadores como infraestructura, vivienda, nutrición, pobreza, poder económico y distribución de ingresos. Para hacer frente a esta situación se considera la estabilidad del gobierno, la preparación en desastres, los sistemas de alerta temprana, la atención médica, las redes sociales y la seguridad material. Finalmente, la adaptación comprende estrategias de participación ciudadana, educación, estado ambiental e inversiones relevantes. Según el Informe de Riesgo Mundial de 2018, Ecuador tiene un alto riesgo de desastres del 8,10%, ubicándose en el puesto 55 en el Índice de Riesgo Mundial y el tercero en América del Sur. La vulnerabilidad de Ecuador es del 45,94%, la exposición es del 17,63%. Estos valores se aplican en todo el Ecuador e incluyen cualquier peligro natural (Bündnis Entwicklung Hilft, 2018). Sin embargo, en el contexto de esta evaluación, es especialmente interesante la vulnerabilidad al impacto de tsunamis como amenaza natural. La provincia de Esmeraldas, en el norte de Ecuador, está declarada área de muy alta vulnerabilidad (UNESCO, 2012; Chunga et al., 2017). Esta situación es similar para las ciudades de Salinas, Manta, Bahía de Caráquez, Pedernales, Muisne, entre otras en las provincias de Santa Elena, Manabí y Esmeraldas (Cruz D'Howitt et al., 2005; Celorio-Saltos et al., 2018) y es concluyente para las áreas urbanas planas, mientras que las elevaciones más altas están excluidas.

Los factores decisivos a considerar incluyen las condiciones naturales que existen en una playa amplia y poco profunda, así como el desarrollo y la infraestructura expuestos, la falta de planes de evacuación y el bajo conocimiento de la población sobre tsunamis (Celorio-Saltos et al., 2018).

Por lo tanto, podemos concluir que debido a la alta actividad sísmica y variados eventos históricos de tsunamis en Ecuador y en los países vecinos, existe una alta probabilidad de que ocurra otro tsunami en Ecuador a mediano plazo. Además, las ciudades costeras y sus poblaciones se caracterizan por una alta vulnerabilidad lo que acentúa la necesidad de una preparación adecuada en caso de emergencia.

### Preparación ante desastres de tsunamis

Con el fin de proteger a las personas e infraestructuras de peligros naturales como tsunamis, se toman algunas medidas para preparar a la población, advertir de forma temprana y minimizar las pérdidas humanas y materiales. Por ejemplo, hay instituciones en todo el mundo que monitorean la actividad sísmica en los océanos y su impacto y advierten en caso de un inminente tsunami. El mayor sistema de alerta en el Océano Pacífico es la Evaluación e informe de tsunamis en el océano profundo (DART). Además, incluye la realización de ejercicios de evacuación para aumentar la resiliencia social y optimizar los planes de evacuación. En el sentido de la educación para el desarrollo sostenible y la minimización de riesgos, las escuelas son una institución importante para sensibilizar a los estudiantes sobre los peligros naturales y para promover un comportamiento consciente del riesgo.

Ecuador, como la mayoría de los países a lo largo del anillo de fuego del Pacífico, cuenta con el suministro de información válida y en tiempo real sobre tsunamis por parte del Grupo de Coordinación Intergubernamental para el

Sistema de Alerta y Mitigación de Tsunamis del Pacífico (ICG / PTWS), que es coordinado por el Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI). El COI administra el Centro Internacional de Información sobre Tsunamis (ITIC) y el Centro de Alerta de Tsunamis del Pacífico (PTWC) en Hawái, que a su vez colaboran con otras instituciones internacionales. El ITIC supervisa todas las actividades relacionadas con las alertas de tsunami y trabaja para mejorar las estructuras de comunicación, la gestión de datos y los métodos de pronóstico. El PTWC gestiona el Sistema de Alerta Temprana de Tsunami PTWS. En Ecuador, el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) es la principal institución nacional que desde 1976, forma parte del PTWC y se dedica, además de las tareas habituales, a la investigación sobre tsunamis. Las principales tareas de INOCAR son la implementación, coordinación y control de la vigilancia y exploración oceanográfica, así como el aviso de la alerta. Además, en 2009 se estableció el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico Insular (SHOIA) y en 2016 el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico del Norte (SHO-NOR) en Esmeraldas, que sirve como centro de información y Centro de alarmas para tsunamis en la región (Figura. 3). La gestión del riesgo de desastres y la gestión en general es responsabilidad del Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias. Esta institución es responsable de la identificación y prevención de riesgos ante peligros naturales.

Asimismo, otro instrumento con el que se cuenta es el sistema de alerta temprana de tsunamis DART, que determina los terremotos, los movimientos de las olas, así como los cambios en el nivel del mar y la presión del agua en



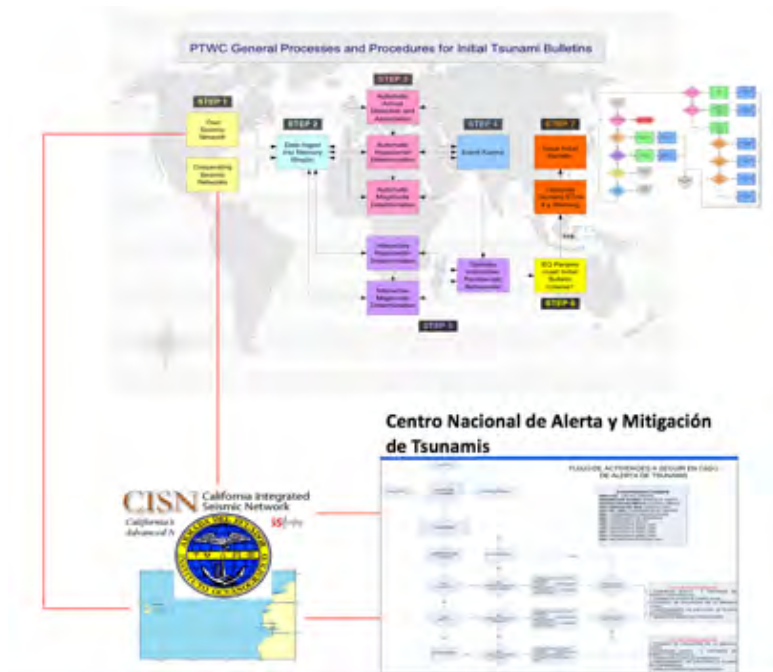


Figura 3. Procedimiento de alerta temprana desde Hawái hacia el INOCAR

el Océano Pacífico (Meinig, 2005). El Laboratorio Ambiental Marino del Pacífico (PMEL) desarrolla e instala la primera generación del sistema DART en 2000, contando también con un satélite que sirve como puente de comunicación entre la estación de medición y el Centro de Alerta de Tsunamis. No obstante, dado que Ecuador tiene una estrecha proximidad a la zona de subducción, se debe tener en cuenta la gran dificultad de poder anunciar una alerta temprana eficiente que prevenga a la población, debido a la cercanía de un epicentro potencial y la costa. Por lo tanto, se debe instalar un sistema local de alerta temprana adecuada en Ecuador, que permita la alerta inmediata de las zonas costeras; por ejemplo, el tiempo de impacto de tsunami local a la ciudad de Salinas estaría en el rango de 18 a 22 minutos. Para poder utilizar las alertas tempranas de manera efectiva para la preparación de desastres, es fundamental que las estrategias y los sistemas técnicos apropiados se integren al contexto social y se vinculen a los problemas de vulnerabilidad y conciencia del riesgo (Birkmann, 2008). Sólo si las alertas tempranas llegan a la población en un tiempo breve y si las personas se pueden manejar de manera adecuada y consciente del riesgo, se obtendrá una reducción efectiva del riesgo de desastres. El trabajo educativo de las instituciones responsables, como las escuelas y la práctica frecuente de ejercicios de evacuación, ciertamente promoverán el comportamiento consciente de los riesgos en la población (Lauterjung, 2008). A este respecto, los ejercicios de evacuación periódica se llevan a cabo para preparar a la población para emergencias y, por lo tanto, aumentar la resiliencia social. En Ecuador, se llevan a cabo los llamados simulacros de tsunami (Ministerio de Telecomu-

nicaciones y de la Sociedad de la Información, 2019) ya que los planes de evacuación se ejecutan y prueban. Finalmente, se evalúa cuán efectivos son los sistemas de alarma y cuánto tiempo se necesita para que la población concurra a un lugar seguro.

## Gestión del riesgo de desastres a través de la educación

En general, se considera que el objetivo de la reducción del riesgo de desastres es disminuir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia (Johnston et al. 2005; Vink y Takeuchi, 2013; Briceño, 2015; Otto, 2016). Especialmente, la educación escolar puede realizar una contribución decisiva aquí, ya que en las escuelas las reglas de comportamiento para emergencias y el comportamiento consciente del riesgo se pueden comunicar en una etapa temprana (Figura. 4) (Dikau, 2016; Hufschmidt y Dikau, 2013). Los estudiantes también comparten los conocimientos adquiridos con su entorno familiar y social, lo que asimismo fortalece la resiliencia de la comunidad (Bündnis Entwicklung Hilft, 2018). Por lo tanto, las escuelas están en el centro de la gestión municipal del riesgo de desastres (UNESCO, 2012). Como resultado del fuerte terremoto de 2016, Ecuador participó en el proyecto “Más educación, menos riesgo: fuerte reducción del riesgo de desastres y resiliencia a través de la educación”, que fue llevado a cabo por la UNESCO hasta 2017 (Bündnis Entwicklung



Figura 4. Señalética en Atacames, provincia de Esmeraldas con indicación errónea de ruta de evacuación, ya que la misma direcciona hacia el mar.



Hilft, 2018).

### Evacuación vertical

Los refugios de evacuación vertical ante tsunamis son valiosas instalaciones de reducción de riesgos para regiones altamente pobladas donde las zonas de mayor elevación de terreno no son accesibles o donde los tiempos de llegada de las olas del tsunami son cortos (Figura. 5) (Wood et al. 2014). Por lo tanto, una variedad de sitios, como por ejemplo, la concurrida ciudad turística de Salinas, en la provincia de Santa Elena, puede ser un lugar ideal para considerar la evacuación vertical, debido a su ubicación y condiciones geomorfológicas, ya que las olas de tsunami pueden llegar a este sitio en menos de 22 minutos (Padilla et al. al., 2009). En este sentido, para resistir la fuerza del tsunami posicionando a los evacuados por encima de la altura máxima esperada de la ola de tsunami, un refugio de evacuación vertical de tsunami es un edificio o montículo de tierra diseñado y construido para resistir la fuerza del tsunami y elevar a los evacuados por encima de la altura máxima esperada de la ola del tsunami (FEMA 2008).

Construir una estructura para un refugio de evacuación vertical puede costar hasta un 20% más que un edificio sin técnicas preventivas de construcción antitsunamis. En cambio, las construcciones pesadas existentes, como los edificios de hormigón armado, pueden considerarse como potenciales refugios para tsunamis una vez que se realizan análisis estructurales detallados para establecer si las estructuras son capaces de resistir los movimientos del suelo y las fuerzas asociadas con las olas de los tsunamis (FEMA 2012; Navas et al., 2018). Un refugio de evacuación vertical de tsunami debe diseñarse para resistir el terremoto gener-

ador, más ocho tipos diferentes de fuerzas del tsunami: (1) fuerzas hidrostáticas; (2) fuerzas de flotación; (3) fuerzas hidrodinámicas; (4) fuerzas impulsivas; (5) fuerzas de impacto de escombros; (6) fuerzas de contención de escombros; (7) fuerzas de elevación; y (8) cargas de gravedad adicionales del agua retenida en pisos elevados (FEMA, 2008).

En cuanto a la estructura, se requieren sistemas dúctiles y redundantes que permanezcan funcionales después de un terremoto. Además, los sistemas abiertos que ofrecen una resistencia mínima al flujo de agua y los cimientos fuertes y profundos desempeñan un papel importante al elegir una configuración estructural adecuada para una instalación de evacuación vertical. Los edificios que cumplirían estas condiciones son de hormigón armado que pueden resistir el impacto de las olas del tsunami, asimismo, el sistema de muros estructurales teniendo sus paredes paralelas al flujo de las olas entrantes.

La accesibilidad para personas con discapacidades físicas también debe considerarse al seleccionar una instalación de evacuación vertical

Figura 5. Señalética oficial de evacuación vertical

## CONCLUSIONES

Las poblaciones costeras del Ecuador se encuentran en una zona de alto riesgo sísmico y de tsunami, con cortas recurrencias de eventos cada 36 años (1906 - 1942 - 1979 - 2016); para la costa sur en el Golfo de Guayaquil, la recurrencia es mayor. Los programas de simulacros de tsunami a nivel nacional son realizados todos los 31 de enero, en los cuales los pobladores reconocen las rutas de evacuación y puntos de encuentro donde deben llegar en el caso de una emergencia real de tsunamis. Los simulacros siempre son realizados en horas de la mañana, son anunciados desde parlantes colocados en puntos estratégicos de áreas densamente pobladas y de índole turístico-paisajístico en zonas de playa. En una de estas prácticas realizadas por los autores, se pudo comprobar que muchas de estas rutas de evacuación no cumplen con las especificaciones técnicas de resistencia a daños, es decir los caminos en su mayoría no son asfaltados y no tienen luces que puedan direccionar a las personas al sitio de encuentro, además algunos cortes de taludes en carreteras son altamente inestables, y es probable la activación de numerosos deslizamientos que pudieran bloquear los caminos de accesos a los lugares más altos de los puntos de encuentro. Estas evidencias nos encaminan a considerar normas más eficientes y adecuadas para asegurar técnicamente las rutas de evacuación, además de mejorar la educación de riesgo de tsunami en instituciones educativas para estudiantes y profesores estableciendo una mayor frecuencia de las prácticas de evacuación segura, ya que la realización de las mismas una vez al año, cada 31 de enero, es insuficiente.

## Bibliografía

**Aguilera, E.**, y Toulkeridis, T. (2005). El Volcán Cotopaxi, una amenaza que acecha. Sotavento Ed, Quito, Ecuador.

**Beck, S.L.** and Ruff, L.J. (1984). The rupture process of the great 1979 Colombia earthquake: evidence for the asperity model. *J.Geophys. Res.*89: 9281-9291

**Berninghausen, W.H.** (1962). Tsunamis reported from the west coast of South America 1562-1960. *Bull. of the Seismological Soc. of America*, 52 (4): 915-921.

**Birkmann, J.** (2008). Lernen aus, Natur“katastrophen – Die „letzte“ Meile zur ersten machen. In: *Geographie und Schule* 171 (2): 11-19.

**Briceño, S.** (2015). Looking back and beyond Sendai: 25 years of international policy experience on disaster risk reduction. *International Journal of Disaster Risk Science*, 6(1), 1-7.

**Bündnis** Entwicklung Hilft / Ruhr-Universität Bochum (Ed.) (2018). Weltrisikobericht 2018. Berlin, Germany. 64pp

**Celorio-Saltos, J.C.**, García-Arias, J.M., Guerra-Luque, A.B., Barragan-Aroca, G. and Toulkeridis, T. (2018). Vulnerability analysis based on tsunami hazards in Crucita, central coastal of Ecuador. *Science of Tsunami Hazards*, 38(3): 225-263.

**Chunga, K.** (2002). Identification of sedimentary events in the coastal zones of the Gulf of Guayaquil (Ecuador). University of Guayaquil. Geological Engineering Thesis, p. 150. (Spanish version).

**Chunga, K.** and Toulkeridis, T. (2014). First evidence of paleo-tsunami deposits of a major historic event in Ecuador. *Science of tsunami hazards*, 33: 55-69.

**Chunga, K.**, Toulkeridis, T., Vera-Grunauer, X., Gutierrez, M., Cahuana, N. and Alvarez, A. (2017). A review of earthquakes and tsunami records

and characterization of capable faults on the northwestern coast of Ecuador. *Science of tsunami hazards*, 36: 100-127.

**Chunga K.**, Ochoa-Cornejo F., Mulas M., Toulkeridis T., and Menéndez E. (2019). Characterization of seismogenic crustal faults in the gulf of Guayaquil, Ecuador. *Andean Geology*, 46 (1): 66-81. DOI: <http://dx.doi.org/10.5027/andgeoV46n1-2991>

**Collot, J.Y.**, Marcaillou, B., Sage, F., Michaud, F., Agudelo, W., Charvis, P., Graindorge, D., Gutscher, M.A. and Spence, G. (2004). Are rupture zone limits of great subduction earthquakes controlled by upper plate structures? Evidence from multichannel seismic reflection data acquired across the northern Ecuador-southwest Colombia margin. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 109(B11).

**Cruz D’Howitt, M.**, Acosta, M. C. and Vásquez, N. E. (2005). Riesgos por tsunami en la costa ecuatoriana. *Revista Geoespacial* (2): 19-32.

**Daniell, J.E.**, F. Wenzel, and B. Khazai. (2010). The Cost of Historical Earthquakes Today – Economic Analysis since 1900 through the use of CATDAT. Paper presented at the Australian Earthquake Engineering Society 2010 Conference, Perth, Western Australia: 15 pp.

**Dikau, R.** (2016): Naturkatastrophen – Sozialkatastrophen. *Geographie aktuell und Schule* 38 (221): 4-13.

**Dominey-Howes, D.** and Papathoma, M. (2007). Validating a tsunami vulnerability assessment model (the PTVA Model) using field data from the 2004 Indian Ocean tsunami. *Natural Hazards*, 40(1): 113-136.

**Edler, D.**, Otto, K.H and Toulkeridis, T. (2020). Tsunami hazards in Ecuador – Regional differences in the knowledge of Ecuadorian high-school students. *Science of Tsunami Hazards*, 39(2), 86-112.

**Egbue, O.** and Kellogg, J. (2010). Pleistocene to Present North Andean “escape”. *Tectonophysics* 489: 248-257.



**FEMA** (2008). Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis. Washington, D.C., Federal Emergency Management Agency.

**FEMA** (2012). Tsunami Vertical evacuation FEMA P646, Available at: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_h26\\_DUKMzA](https://www.youtube.com/watch?v=_h26_DUKMzA).

**Fraser, S., Leonard, G.S., Murakami, H. and Matsuo, I.** (2012). Tsunami Vertical Evacuation Buildings—Lessons for International Preparedness Following the 2011 Great East Japan Tsunami. *Journal of Disaster Research*, 7: 446–457.

**Gusiakov, V.K.** (2005). Tsunami generation potential of different tsunamigenic regions in the Pacific. *Marine Geology*, 215, 1–2: 3–9

**Gutscher, M.A., Malavieille, J.S.L., Collot, J.-Y.** (1999). Tectonic segmentation of the North Andean margin: impact of the Carnegie Ridge collision. *Earth and Planetary Science Letters* 168, 255–270.

**Harden, C.** (2001). Sediment movement and catastrophic events: The 1993 rockslide at La Josefina, Ecuador. *Physical Geography*, 22(4), 305–320.

**Heidarzadeh, M., Murotani, S., Satake, K., Takagawa, T., and Saito, T.** (2017). Fault size and depth extent of the Ecuador earthquake (Mw 7.8) of 16 April 2016 from teleseismic and tsunami data. *Geophysical Research Letters*, 44(5), 2211–2219.

**Herd, D. G., Youd, T. L., Meyer, H., Arango, J. L., Person, W. J., and Mendoza, C.** (1981). The great tumaco, colombia earthquake of 12 december 1979. *Science*, 211(4481), 441–445.

**Hufschmidt, G. and Dikau, R.** (2013). Bildung als Katastrophenvorsorge. In: Unger, C., Mitschke, T. and Freudenberg, D. (Ed.): Krisenmanagement – Notfallplanung – Bevölkerungsschutz. Festschrift anlässlich 60 Jahre Ausbildung im Bevölkerungsschutz. *Berlin*: 273–291.

**Ioualalen, M., Monfret, T., Béthoux, N., Chlieh, M., Adams, G. P., Collot, J. Y., and Gordillo, G. S.** (2014). Tsunami mapping in the Gulf of Guayaquil, Ecuador, due to local seismicity. *Marine Geophysical Research*, 35(4), 361–378.

**Ioualalen, M., Ratzov, G., Collot, J. Y., and Sanclemente, E.** (2011). The tsunami signature on a submerged promontory: the case study of the Atacames Promontory, Ecuador. *Geophysical Journal International*, 184(2), 680–688.

**Jaramillo Castelo, C.A., Padilla Almeida, O., Cruz D Howitt, M. and Toulkeridis, T.** (2018). Comparative determination of the probability of landslide occurrences and susceptibility in central Quito, Ecuador”. 5th International Conference on eDemocracy and eGovernment, ICEDEG 2018, 136–143.

**Johnston, D., Paton, D., Crawford, D.L., Ronan, K., Houghton, B. and Bürgelt, P.** (2005). Measuring Tsunami Preparedness in Coastal Washington, United States. *Natural Hazards*, 35, 173–184.

**Kanamori, H. and McNally, K.C.** (1982). Variable rupture mode of the subduction zone along the Ecuador-Colombia coast. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 72(4): 1241–1253.

**Kelleher, J.A.** (1972). Ruptures zones of large South American earthquakes and some predictions. *Journal of Geophysical Research*, 77, 11: 2087–2103.

**Kellogg, J.N. and Vega, V.** (1995). Tectonic development of Panama, Costa Rica and the Colombian Andes: Constraints from Global Positioning System geodetic studies and gravity. *Geol. Soc. Am. Special Paper* 295, 75–90.

**Kowalik, Z., Knight, W., Logan, T., and Whitmore, P.** (2005). Numerical modeling of the global tsunami: Indonesian tsunami of 26 December 2004. *Science of Tsunami Hazards*, 23(1), 40–56.

**Lauterjung, J.** (2008). Das Tsunamifrühwarnsystem im Indischen Ozean – Von der Erfassung der Naturgefahr zur schnellen Warnung. *Geographie und Schule* 171 (2): 20-24.

**López, M. C.** (2013). Cronología de tsunamis en Ecuador desde 1586 a 2012. *La Técnica*, (11), 50-59.

**Martinez, N.** and Toulkeridis, T. (2020). Tsunamis in Panama – History, Preparation and future consequences. *Science of Tsunami Hazards*, 39, (2): 53-68.

**Matheus Medina, A.S., Cruz D Howitt, M., Padilla Almeida, O., Toulkeridis, T. and Haro, A.G.** (2016). Enhanced vertical evacuation applications with geomatic tools for tsunamis in Salinas, Ecuador. *Science of Tsunami Hazards*, 35, (3): 189-213

**Matheus-Medina, A.S., Toulkeridis, T., Padilla-Almeida, O., Cruz-D Howitt, M. and Chunga, K.** (2018). Evaluation of the tsunami vulnerability in the coastal Ecuadorian tourist centers of the peninsulas of Bahía de Caráquez and Salinas. *Science of Tsunami Hazards*, 38(3): 175-209.

**Mato, F.** and Toulkeridis, T. (2018). An unsupervised K-means based clustering method for geophysical post-earthquake diagnosis. 2017 IEEE Symposium Series on . 1-8

**Mato, F.,** and Toulkeridis, T. (2017). The missing Link in El Niño's phenomenon generation. *Science of Tsunami Hazards*, 36(3), 128-144.

**Meinig, C., Stalin, S.E., Nakamura, A.I. and Milburn, H.B.,** (2005): Real-Time Deep- Ocean Tsunami Measuring, Monitoring, and Reporting System. The NOAA DART II Description and Disclosure. NOAA, Pacific Marine Environmental Laboratory (PMEL), 1-15.

**Mendoza, C.,** and Dewey, J. W. (1984). Seismicity associated with the great Colombia- Ecuador earthquakes of 1942, 1958, and 1979:

Implications for barrier models of earthquake rupture. *Bulletin of the seismological society of America*, 74(2), 577-593.

**Mimura, N., Yasuhara, K., Kawagoe, S., Yokoki, H., and Kazama, S.** (2011). Damage from the Great East Japan Earthquake and Tsunami-a quick report. *Mitigation and adaptation strategies for global change*, 16(7), 803-818.

**Ministerio de Telecomunicaciones y de la sociedad de la información** (2019). Ecuador realizó simulacro de tsunami para preparar a la ciudadanía. <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/ecuador-realizo-simulacro-de-tsunami-para-preparar-a-la-ciudadania/>

**Navas, L., Caiza, P. and Toulkeridis, T.** (2018). An evaluated comparison between the molecule and steel framing construction systems – Implications for the seismic vulnerable Ecuador. *Malaysian Construct. Res. J.* 26 (3), 87-109.

**Otto, K.-H.** (2016). Nach der Katastrophe ist vor der Katastrophe! Zur Bedeutung der Katastrophenvorsorge im kompetenzorientierten Geographieunterricht. *Geographie aktuell und Schule* 38 (221): 13-24.

**Padilla, O., Cruz D'Howitt, M. y Alvear Brito, J.** (2009). Elaboración De Un Mapa De Accesibilidad Y Modelo De Evacuación Ante Una Eventual Ocurrencia De Tsunami En Las Ciudades De Salinas Y Bahía De Caráquez, Mediante Herramientas Geoinformáticas. *Revista Geoespacial*, 5: 1-15.

**Pararas-Carayannis, G. and Zoll, P.** (2017). Incipient evaluation of temporal el nino and other climatic anomalies in triggering earthquakes and tsunamis – case study: The earthquake and tsunami of 16th april 2016 in Ecuador. *Science of Tsunami Hazards*, 36(4), 262-291.

**Pararas-Carayannis, G.** (1980). Earthquake and tsunami of 12 December 1979 in Colombia. *Tsunami Newsletter*, 13(1), 1-9.

**Pararas-Carayannis, G.** (2012). Potential of tsunami generation along the Colombia/Ecuador subduction margin and the Dolores-Guayaquil Mega-Thrust. *Science of Tsunami Hazards*, 31, 3: 209-230.

**Park, S., Van de Lindt, J.W., Gupta, R. and Cox, D.** (2012). Method to determine the locations of tsunami vertical evacuation shelters. *Natural hazards*, 63(2), pp.891-908.

**Pontoise, B. and Monfret, T.** (2004). Shallow seismogenic zone detected from an offshore onshore temporary seismic network in the Esmeraldas area (northern Ecuador). *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 5(2).

**Ratzov, G., Collot, J. Y., Sosson, M. and Migeon, S.** (2010). Mass-transport deposits in the northern Ecuador subduction trench: Result of frontal erosion over multiple seismic cycles. *Earth and Planetary Science Letters*, 296(1), 89-102.

**Ratzov, G., Sosson, M., Collot, J. Y., Migeon, S., Michaud, F., Lopez, E. and Le Gonidec, Y.** (2007). Submarine landslides along the North Ecuador-South Colombia convergent margin: possible tectonic control. In: *Submarine Mass Movements and Their Consequences*. Springer Netherlands: 47-55

**Reese, S., Cousins, W. J., Power, W. L., Palmer, N. G., Tejakusuma, I. G., and Nugrahadi, S.** (2007). Tsunami vulnerability of buildings and people in South Java field observations after the July 2006 Java tsunami, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 7, 573-589.

**Rodríguez Espinosa, F., Toulkeridis, T., Salazar Martinez, R., Cueva Girón, J., Taipe Quispe, A., Bernaza Quiñonez, L., Padilla Almeida, O., Mato, F., Cruz D Howitt, M., Parra, H., Sandoval, W. and Rentería, W.** (2017). Economic evaluation of recovering a natural protection with concurrent relocation of the threatened public of tsunami hazards in central coastal Ecuador. *Science of tsunami hazards*, 36: 293-306.

**Rodriguez, F., Toulkeridis, T., Sandoval, W., Padilla, O., and Mato, F.** (2017). Economic risk assessment of Cotopaxi volcano, Ecuador, in case of a future lahar emplacement. *Natural Hazards*, 85(1), 605-618.

**Rudolph E. and Szirtes S.** (1911). Das kolumbianische Erdbeben am 31 Januar 1906, *Gerlands Beitr. z. Geophysik*, 2: 132- 275.

**Schuster, R. L., Nieto Thomas, A. S., O'Rourke, T. D., Crespo, E., and Plaza-Nieto, G.** (1996). Mass wasting triggered by the 5 March 1987 Ecuador earthquakes. *Engineering geology*, 42(1), 1-23.

**Shepperd, G.L. and Moberly, R.** (1981). Coastal structure of the continental margin, northwest Peru and southwest Ecuador. *Geological Society of America Memoirs*, 154: 351-392

**Steinmetz, T., Raape, U., Teßmann, S., Strobl, C., Friedemann, M., Kukofka, T., Riedlinger, T., Mikusch, E. and Dech, S.** (2010). Tsunami early warning and decision support. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10(9), pp.1839-1850.

**Swenson, J.L. and Beck, S.L.** (1996). Historical 1942 Ecuador and 1942 Peru subduction earthquakes, and earthquake cycles along Colombia-Ecuador and Peru subduction segments. *Pure Appl. Geophys.* 146 (1): 67-101.

**Taubenböck, H., Goseberg, N., Setiadi, N., Lämmel, G., Moder, F., Oczipka, M., Klüpfel, H., et al.** (2009). "Last-Mile" preparation for a potential disaster-Interdisciplinary approach towards tsunami early warning and an evacuation information system for the coastal city of Padang, Indonesia. *Natural hazards and earth system sciences*, 9(4), pp.1509-1528.

**Toulkeridis, T., Arroyo, C.R., Cruz D'Howitt, M., Debut, A., Vaca, A.V., Cumbal, L., Mato, F. and Aguilera, E.** (2015). Evaluation of the initial stage of the reactivated Cotopaxi volcano-analysis of the first ejected

fine-grained material. *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*, 3: 6947-6976.

**Toulkeridis, T.** (2016). The Evaluation of unexpected results of a seismic hazard applied to a modern Hydroelectric center in central Ecuador. *Journal of Structural Engineering* (India), 43, 4: 373-380.

**Toulkeridis, T.,** Chunga, K., Rentería, W., Rodriguez, F., Mato, F., Nikolaou, S., D'Howitt, M.C., et al. (2017). The 7.8 Mw Earthquake and tsunami of 16th April 2016 in Ecuador: Seismic Evaluation, Geological Field Survey and Economic Implications. *Science of Tsunami Hazards*, 36(4): 197-242.

**Toulkeridis, T.,** Mato, F., Toulkeridis-Estrella, K., Perez Salinas, J.C., Tapia, S. and Fuertes, W. (2018). Real-Time Radioactive Precursor of the April 16, 2016 Mw 7.8 Earthquake and Tsunami in Ecuador. *Science of Tsunami Hazards*, 37: 34-48

**Toulkeridis, T.,** Parra, H., Mato, F., Cruz D Howitt, M., Sandoval, W., Padilla Almeida, O., Rentería, W., Rodríguez Espinosa, et al. (2017a). Contrasting results of potential tsunami hazards in Muisne, central coast of Ecuador. *Science of Tsunami Hazards*, 36: 13-40.

**Toulkeridis, T.,** Porras, L., Tierra, A., Toulkeridis-Estrella, K., Cisneros, D., Luna, M., Carrión, J.L., Herrera, M., et al. (2019). Two independent real-time precursors of the 7.8 Mw earthquake in Ecuador based on radioactive and geodetic processes—Powerful tools for an early warning system. *Journal of Geodynamics*, 126: 12-22

**Toulkeridis, T.,** Buchwaldt, R. and Addison, A. (2007). When Volcanoes Threaten, Scientists Warn. *Geotimes*, 52: 36-39.

**Toulkeridis, T.** and Zach, I. (2017). Wind directions of volcanic ash-charged clouds in Ecuador—implications for the public and flight safety. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 8(2), 242-256.

**Toulkeridis, T.** (2011). Volcanic Galápagos Volcánico. Ediecuatorial, Quito, Ecuador: 364 pp

**Toulkeridis, T.** and Angermeyer, H. (2019). Volcanoes of the Galapagos. 2nd Edition, Abad Offset, Guayaquil, Ecuador: 324pp

**Toulkeridis, T.,** Tamayo, E., Simón-Baile, D., Merizalde-Mora, M.J., Reyes-Yunga, D.F., Viera-Torres, M. and Heredia, M. (2020). Climate change according to Ecuadorian academics—Perceptions versus facts. *La Granja*, 31(1), 21-49

**UNESCO** (2012). Manual didáctico para estudiantes y docentes para una cultura de prevención ante tsunamis. 6pp

**Velotti, L.,** Trainor, J.E., Engel, K., Torres, M. and Myamoto, T. (2013). Beyond vertical evacuation—research considerations for a comprehensive vertical protection strategy. *International Journal of Mass Emergencies and Disasters*, 31(1), pp.60-77.

**Vink, K.,** and Takeuchi, K. (2013). International comparison of measures taken for vulnerable people in disaster risk management laws. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 4, 63-70.

**Walters, R.A.** and Goff, J. (2003). Assessing tsunami hazard along the New Zealand coast. *Science of Tsunami Hazards*, 21(3), pp.137-153.

**Wood, N.,** Jones, J., Schelling, J. and Schmidtlein, M. (2014). Tsunami vertical-evacuation planning in the US Pacific Northwest as a geospatial, multi-criteria decision problem. *International journal of disaster risk reduction*, 9, pp.68-83.

**Xie, J.,** Nistor, I. and Murty, T. (2012). Tsunami risk for Western Canada and numerical modelling of the Cascadia fault tsunami. *Natural hazards*, 60(1), pp.149-159.

**Yamazaki**, Y., and Cheung, K. F. (2011). Shelf resonance and impact of nearfield tsunami generated by the 2010 Chile earthquake. *Geophysical Research Letters*, 38(12).

**Ye**, L., Kanamori, H., Avouac, J. P., Li, L., Cheung, K. F., and Lay, T. (2016). The 16 April 2016, M W 7.8 (M S 7.5) Ecuador earthquake: A quasi-repeat of the 1942 M S 7.5 earthquake and partial re-rupture of the 1906 M S 8.6 Colombia–Ecuador earthquake. *Earth and Planetary Science Letters*, 454, 248–258.

**Yeh**, H.H.J., Robertson, I. and Preuss, J. (2005). Development of design guidelines for structures that serve as tsunami vertical evacuation sites (Vol. 4). Washington State Department of Natural Resources, Division of Geology and Earth Resources.

**Zafrir** Vallejo, R., Padilla Almeida, O., Cruz D Howitt, M., Toulkeridis, T., Rodriguez Espinosa, F., Mato, F. and Morales Muñoz, B. (2018). Numerical probability modeling of past, present and future landslide occurrences in northern Quito, Ecuador – Economic implications and risk assessment”. 5th International Conference on eDemocracy and eGovernment, ICEDEG 2018, 117–125.



# Restauración de áreas impactadas por dragados con *Conocarpus erectus* en la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Chiapas, México

Cristian Tovilla Hernández

Ph.D en Biología. Laboratorio de Ecología de Sistemas y Manejo Integral de la Zona Costera, El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Tapachula, Chiapas México.

**Palabras clave:**  
riego, monitoreos, plantaciones, rehabilitación del suelo.

**Keywords:**  
irrigation, monitoring, plantations, soil rehabilitation.

*Durante 7 años el proyecto denominado: “Restauración de áreas de manglar impactadas por dragados, con *Conocarpus erectus* y *Rhizophora mangle*, en la Reserva La Encrucijada, Chiapas, México”, se restauraron 30.2 hectáreas de mangle *C. erectus*, los resultados fueron heterogéneos debido a los factores ambientales como la salinidad residual y temperatura elevada. Las actividades realizadas fueron: rehabilitación del suelo, siembra, recuperación de la mortalidad, limpieza, riego, poda y monitoreos. 14 mujeres produjeron 45,300 plantas de *C. erectus* en viveros rústicos con un costo de \$0.25dólar/planta. Posterior a 90 meses se arraigaron en campo 24,603 árboles. La mortalidad en campo fue mayor durante los primeros 10 meses (30.2-11.2%), con una sobrevivencia final de 54.3%. Durante los primeros dos años el riego durante el estiaje es muy necesario; mientras que en las lluvias la limpieza de las plantaciones es importante durante 4 años. A los 40 meses las plantaciones registraron un desarrollo acelerado, hasta alcanzar una altura y diámetro promedio de 9.9m y 10.01cm. A partir de los 16, 28 y 40 meses se observó floración, fructificación y caída de semillas en la mayor parte de las plantaciones. A partir de los 28 meses se registró extracción de madera, la cual fue mayor a los 77 meses (4.9%). El costo de la restauración varió de \$37.4 a 56.9 dólares/árbol.*

*For 7 years the project called: Restoration of mangrove areas impacted by dredging, with *Conocarpus erectus* and *Rhizophora mangle*, in “La Encrucijada” biosphere reserve Chiapas, Mexico, obtained the restoration of 30.2 hectares *C. erectus*, the results were heterogeneous due of the environmental factors as the presence of residual salinity and high temperature. The activities carried out were: soil rehabilitation, planting, recovery of mortality, cleaning, irrigation, pruning and monitoring. 14 women produced 45,300 *C. erectus* plants in backyard nurseries for \$0.25/plant/ dollars. After 90 months, were established 24,603 trees in the field. Seedling mortality in the field was highest during the first 10 months (30.2-11.2%), with a final survival of 54.3%. During the first two years, irrigation was important in the dry season; while in rains the cleaning of the plantations was essential for 4 years. At 40 months the plantations registered an accelerated development, reaching an average height and diameter of 9.9 m and 10.0 cm. From 16, 28 and 40 months, were observed flowering, fruiting, and seed drop in most of the plantations. After 28 months, wood extraction was recorded, which was greater than 77 months (4.9%). The cost of restoration ranged from \$ 37.4 to \$ 56.9 / tree.*

## INTRODUCCIÓN

Actualmente todas las zonas costeras del planeta están bajo dos tipos de presiones: ambientales y antrópicas, las primeras se han incrementado con el cambio climático, y amenazan con aumentar en los siguientes años; el número de huracanes se ha incrementado sobre la zona costera y marina mundial. No solo ha aumentado el número de eventos catastróficos, también la duración en el número de días de ocurrencia sobre áreas específicas del Océano Pacífico, el Mar Caribe y Golfo de México (Prieto 1993; Conagua 2010). Adicionalmente se ha modificado la deriva de desplazamiento de los meteoros sobre el litoral. Además de los huracanes ahora de presentan periodos de sequías extremos y prolongados, alternados con años muy lluviosos.

Como consecuencia del acelerado crecimiento de la población mundial y en particular sobre las zonas costeras, las presiones de tipo antrópico se han multiplicado (Giroto y Jiménez 2003). Así el cambio de uso del suelo, la demanda de agua dulce, el incremento de áreas urbanas, extracción de gas y petróleo, apertura de vías de comunicación, desarrollos turísticos, expansión de las flotas, así como el incremento de las descargas de aguas contaminadas sobre los litorales, están degradando amplias zonas del planeta. Las presiones antrópicas son las más peligrosas por su cuantía y ocurrencia; así como por su dinámica de cambio, son las que amenazan a corto plazo a todos los humedales y en especial a los manglares del planeta (UICN 2003).

Una de las comunidades más notables en los litorales tropicales y subtropicales está representada por los bosques de mangle. A nivel mundial Indonesia, Brasil, Australia, México, Nigeria y Malasia albergan el 50% de la extensión de mangle (Duke 2007). A pesar de la importancia de esta vegetación, la extensión que cubren en el planeta es limitada: Indonesia con 31,894 km<sup>2</sup> presenta el 20.9% de los manglares a nivel mundial, equivalentes a solo el 1.7% de su territorio; en Brasil con 13,000 km<sup>2</sup>, esta vegetación representa el 0.15% del territorio; mientras que Australia con 9,910 Km<sup>2</sup>, solo es ocupado por 0.12%; los manglares de México constituyen el 5% del total mundial; equivalentes al 0.4% de los casi dos millones de kilómetros cuadrados del territorio (Giri et al., 2010; Rodríguez et al., 2013). De acuerdo a la FAO (2007) en 1980 la extensión de mangle a nivel mundial era de 198,000 km<sup>2</sup>, 25 años después en 2005, se había reducido a solo 152, 000 km<sup>2</sup>, para una pérdida del 23% del área original. Incluso su existencia se encuentra en más peligro que los bosques tropicales y los arrecifes de coral (Valiela et al., 2001, Duke et al., 2007; Rodríguez et al., 2013; Valderrama-Landeros et al., 2017).

En México las presiones antrópicas asociadas a las ambientales, han reducido la cobertura de amplias zonas de manglar en Nayarit, Colima, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Quintana Roo, Yucatán y Veracruz, por lo que los impactos en los ecosistemas de manglar de no detenerse en los años siguientes provocarán el colapso de esta vegetación, como ya sucede en el Caribe, Golfo de México y Pacífico Sur (Rodríguez et al., 2013; Tovilla et al., 2007; 2017). En la

actualidad México presenta un crecimiento poblacional anual del 2.7%; lo que ha provocado que el 14.9% (cerca de 16.8 millones de habitantes) de la población total del país viva en los litorales (Juárez y Sánchez 2003; INEGI 2007; Tovilla et al., 2010). Esta tendencia va en incremento de acuerdo a INEGI (2017), por lo que se espera que en el año 2050, hasta un 45% de la población nacional viva en una franja de no más de 100 km de distancia al mar. El estado mexicano por omisión o conveniencia ha dejado en manos de la ley de la oferta y la demanda su papel como rector sobre la propiedad, uso de suelo/subsuelo y sus recursos, ésto asociado a un pésimo manejo de las cuencas hidrológicas y de la zona costera-marina, ha provocado un impacto y deterioro creciente sobre los recursos del suelo, agua, paisaje (Tovilla 2008; Tovilla et al., 2010).

## Antecedentes

En México en los últimos 50 años, en la costa del Océano Pacífico, debido al mal manejo de las micro-cuencas en favor de las actividades agropecuarias, se ha provocado la deforestación de amplias áreas de las cuencas altas, medias y bajas de muchos ríos. Posterior a este proceso, la erosión y arrastre de los suelos por la lluvia y los ríos ha provocado el azolvamiento de los sistemas lagunares (Tovilla, 2008). En el Pacífico Sur de México, en los estados de Guerrero, Oaxaca y Chiapas, en los últimos 40 años se ha incrementado el relleno o azolvamiento de las lagunas costeras, provocando la reducción del flujo de agua marina hacia los sistemas costeros y como consecuencia, se

ha dificultado la entrada de larvas de camarón, incluso se ha provocado graves problemas a la navegación y una disminución drástica en las pesquerías (Flores y Chapa, 2008). En el estado de Chiapas este fenómeno se ha agudizado al extremo. Actualmente en los 12 sistemas lagunares que existen en el estado, todos presentan diferentes grados de azolvamiento, siendo grave en cinco de ellos, en los cuales la superficie de pesca se ha reducido entre un 69 - 21% del área del cuerpo lagunar (Carbajal, 2014; Gálvez, 2017).

Como consecuencia de este proceso, la demanda de los pescadores hacia las autoridades, se ha traducido en la realización de grandes obras de dragado en los sistemas lagunares, para rehabilitar el flujo de agua y garantizar la entrada de las postlarvas del mar hacia las lagunas costeras. Estas obras de dragado generalmente consisten en construir un canal perimetral al interior de las lagunas, de 30 metros de ancho por 3-4 metros de profundidad. Estos dragados originan una gran cantidad de sedimentos, los cuales pueden fluctuar entre 25,000 y 400,000 m<sup>3</sup> de sedimentos (arena, limo, arcillas, gravas y conchas). Esta enorme cantidad de sedimentos por facilidad, es colocado por las empresas que realizan las obras, a 30-100 metros a la orilla de las lagunas, sobre áreas ocupadas por mangle y vegetación acuática, que son deforestadas antes de rellenarlas con el sedimento extraído. Debido a la cantidad de sedimentos originado por los dragados, los sitios de depósitos, también denominados “tarquinas”, pueden variar en tamaño: 0.5 a 20 hectáreas.



Figura 1. Impacto del dragado sobre un área de mangle y palmar en una laguna costera del estado de Chiapas, México.

La mayoría de las veces el sitio está delimitado por postes de concreto de 6 metros de largo, colocados a una distancia de 4-3m. Para retener el sedimento, se coloca una malla de “Geotex”, sostenida a los postes por alambre de acero. Las empresas, para ahorrar al máximo el espacio y volumen de una tarquina, rellenan hasta 4-5m de altura el depósito. En la mayoría de las ocasiones debido a la mala calidad del material utilizado y a la presencia de sal en el sedimento, al cabo de 6 a 12 meses el material se rompe liberando el sedimento hacia la periferia del depósito original (Figura. 1). Estas obras pueden afectar de 10 a 120 hectáreas de vegetación en la periferia de las lagunas, posterior a los dragados. Adicional a estas obras, en la costa de Chiapas después del paso de los huracanes “Francis”, “Mitch” y “Stan” en 1998 y 2005, la Conagua (2007, 2011a, 2011b), se dió a la tarea de hacer líneas rectas en el cauce medio y bajo de todos los ríos, con lo cual se agudizo la problemática. La laguna de Chantuto es una de las lagunas costeras más afectada por las obras de dragado y por la rectificación de los ríos (Tovilla, 2008). En esta laguna se han realizado tres dragados entre 1986-2001, siendo el último de ellos es más grave, al afectar hasta 120 ha de vegetación de manglar y áreas de pantanos. A partir del año de 2011, el Laboratorio de Ecología de Manglares y Zona Costera de El Colegio de la Frontera Sur en Tapachula Chiapas, con el financiamiento de la Comisión Nacional Forestal (Conafor) (2011-2014), inició el proyecto denominado “Restauración de áreas de manglar impactadas por dragados, con *Conocarpus erectus* y *Rhizophora mangle*, en la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Chiapas, México”.







3). En marzo de 2012 se colectó las semillas de *C. erectus*, las cuales se lavaron de 7-10 veces. Inicialmente 14 mujeres de Barra de Zacapulco y El Herrado establecieron cuatro viveros con un promedio de 1200 plantas. Después de 15-18 días las semillas germinaron, a partir de este momento las plántulas se regaban diariamente con agua dulce. Cada mujer en su vivero realizaba la limpieza, fertilización, riego y vigilaba la presencia de plagas. Al cabo de 75-100 días, las plántulas habían alcanzado de 80-100 cm de altura. Finalmente, durante los últimos 15-20 días, las plantas se pre adaptaron al sol, antes de llevarlas a campo.

### Introducción de plantas herbáceas del género *Ipomea* sp. y *Canavalia* sp.

Para facilitar la sucesión inicial en todos los sitios rehabilitados, se colectaron en la zona de playa 30 y 50 kg. de semillas de las herbáceas *Ipomea pes caprae* (riñonina) y *Canavalia maritima*. En mayo de 2012 al inicio de las lluvias, las semillas previamente humedecidas se dispersaron al boleó sobre las tarquinas. En julio de 2012, hasta un 67% de los sitios estaban cubiertos por estas plantas, constituyendo un microhábitat a ras del suelo, que además de aumentar la materia orgánica, permitió bajar la temperatura y aumentar la humedad.

### Siembra de plantas de *C. erectus*.

En julio de 2012, cuando las plantas tenían de 70-100 días se llevaron a campo, distribuyéndolas en surcos



de 30-40 plantas. La distancia entre plantas/surcos era 6x6m, con una densidad de 1500 plantas/hectárea. Los agujeros o cepas tenían una profundidad de 40x30cm, en el fondo se colocaba dos kilos de tierra negra, se eliminaba la bolsa, y se colocaba la planta, agregando tierra negra/arena para cerrar la cepa, finalmente se regaba con agua dulce (Figura. 4).

Figura 3. Establecimiento de un vivero en la comunidad del Herrado



Figura 4. A los 80-100 días las plantas se transportaban al campo para la siembra.

Figura 5. Durante el estiaje las plantas se regaban utilizando agua del río y en ocasiones de pozos aledaños.

## Recuperación de la mortalidad en las plantaciones.

De agosto hasta octubre de 2012-2013, a partir de los 60 días de desarrollo y siguiendo los criterios de Sánchez-Páez et al. (2000); Tovilla y Orihuela (2002); Tovilla et al. (2004), se inició la recuperación de la mortalidad de las plantas de *C. erectus*, con plantas provenientes de los viveros de Barra de Zacapulco (8), Santa Isabel (1) y El Herrado (4). Al inicio, en cuatro plantaciones: El Conchal (21%), El Campito (23%), El Manglón (24%) y El Nanche (52%), se registró una mortalidad elevada, con un promedio del 30.2%. La mortalidad en el resto de las plantaciones en lluvias y estiaje fue de 14% y 19%. A partir de septiembre de 2012 en todas las plantaciones se agregaba de 1 a 1.5kg de “hidrogel” hidratado antes de colocar la planta; este es un polímero que se hidrata previo a la siembra. Al agregar hidrogel se logró reducir significativamente la mortalidad (9-5%).

## Limpieza y control de plantas competidoras

En junio, agosto y octubre de cada año (2012-2014), en todas las plantaciones de *C. erectus* se realizó la limpieza para eliminar la maleza como pastos, ciperáceas y otras herbáceas competidoras. Todas las actividades de deshierbe se realizaron utilizando machete y azadón.

## Riego

Las tarquinas donde se ubican las plantaciones están sobre montículos de arena sin humedad. Durante el estiaje (enero a mayo) fue necesario regar las plantas cuatro

veces por semana (Figura. 5). El agua era bombeada desde el río, hasta un depósito de 5,000 litros, el riego se realizaba de forma manual utilizando cubetas. Entre marzo y mayo la problemática empeoró debido a la desaparición del río, por lo que fue necesario transportar el agua en lancha desde la comunidad de El Herrado y excavar 28 pozos en la zona aledaña a las plantaciones. Desafortunadamente a finales de abril de 2013 y 2014 todos los pozos se salinizaron por lo que el riego fue más precario.

### Fertilización

Debido a la reducida cantidad de materia orgánica en el suelo de todas las tarquinas, durante junio-septiembre de 2012-2014, se aplicó fertilizante sintético, haciendo tres agujeros de 10cm de profundidad y a 50cm del pie de los arbustos de *C. erectus*. La dosis aplicada por arbusto era de 3 gr de urea (iniciador) y posteriormente 4gr de fosfato triple (desarrollador), este proceso también se realizaba diluyendo el fertilizante en agua, el cual se aplicaba con una bomba aspersora en los agujeros.

### Poda de las plantaciones

En las plantaciones de *C. erectus* entre octubre-noviembre se realizaba la poda de las ramas bajas de cada arbusto. Este proceso se realizaba posterior a la aplicación de fertilizante durante las lluvias. En 2015, en la primera poda se eliminaron de 2-4 ramas de la parte baja de los arbustos o bien aquellas ramas torcidas. En 2017-2018 con

la aplicación de la segunda y tercera poda, este proceso se realizó a finales de mayo-junio a fin de acelerar la velocidad de crecimiento durante las lluvias. La poda se realiza con tijeras de podar y machetes, el material eliminado se picaba y colocaba al pie de los arbustos.

### Monitoreo de las plantaciones

Durante los primeros 16 meses de edad de las plantaciones se realizaron cuatro evaluaciones (2, 4, 10 y 16 meses), para conocer el desarrollo de las plantas; a partir de 2015 se realizó anualmente. Durante el monitoreo se midieron los siguientes parámetros: humedad ambiental, temperatura del suelo y aire, salinidad del suelo a 25cm de profundidad y pH del suelo. Durante el monitoreo se cuantificaba: la altura total, altura de la copa, altura del fuste, eje mayor y menor de las copas, diámetro del tallo y de las ramas cuando el tallo estaba ramificado, presencia de flores, frutos y semillas maduras; también se cuantificó la mortalidad y extracción de arbustos en cada plantación (Figuras. 6 y 7).

### Resultados

#### Monitoreo del crecimiento y sobrevivencia de *Conocarpus erectus*.

A lo largo de 10 monitoreos se observó el crecimiento y sobrevivencia de *C. erectus* en todos los sitios restaurados en esta laguna.





Figura 6. El monitoreo permite conocer el desarrollo, mortalidad y extracción en cada plantación.

Figura 7. Plantación de mangle botoncillo a los 325 y 2859 días de desarrollo.

## Número de plantas sembradas en campo

En la tabla 1, se presentan los resultados obtenidos del número de plantas sobrevivientes (vivas) en las 14 plantaciones. Al inicio se sembró en cuatro tarquinas, las cuales también fueron las que presentaron el mayor porcentaje promedio de mortalidad (30.2%); la extensión de cada una era: “El Campito” 2.2 ha. (3300 plantas), “El Conchal” 2.4 ha. (3600 plantas), “El Manglón” 0.6 ha. (900 plantas) y “El Nanche” 3.8 ha. (5700 plantas), para un total 13500 plantas, las cuales registraron el 30.2% de mortalidad promedio. De éstas sobrevivieron 9,423 en agosto de 2012. En los siguientes meses se sembraron las plantaciones “La Ceiba-El Roble” (3.9 ha.) (5850 plantas), “El Amate” (1.2 ha.) (1800), “El Botoncillo” (1.1 ha.) (1650), “La Escondida” (0.6 ha.) (900), con una mortalidad promedio de 16.2%, sobreviviendo 17,940 en octubre de 2012. Entre octubre-febrero de 2012-2013, los trabajos se realizaron en “El Puente I” (0.9 ha.) (1815 plantas), “El Sacrificio” (2.2 ha.) (3630 plantas), “El Puente II” (0.9 ha.) (1350 plantas), El Tanque” (0.8 ha.) (1200 plantas), “El Tapo-Lolo-La Pizota” (3.1 ha.) (4650) y “Juan Antonio” (6.3 ha.) (9300). En marzo de 2013, se logró el máximo de plantas sembradas en campo con 37,121 plantas. A partir de este tiempo, la mortalidad natural disminuyó fuertemente entre los 16-77 meses, (7.5-0.55%), debido al uso del hidrogel en las plantaciones. Una serie de eventos como la herbivoría, incendios y la extracción, redujeron el número de árboles hasta 24,603 al final del proyecto (Tabla 1).

**Tabla 1.** Parámetros dasométricos de las plantaciones de *Conocarpus erectus*, registrados posterior a 7.8 años.

Edad (meses)	Plantas vivas	A. Total (m)	D. tallo (cm)	A. copa (m)	A. Fuste (m)	Mortalidad (%)	Extracción (%)
2	9,423	0.7	0.69	0.31	0.39	30.2	
4	17940	0.95	0.93	0.51	0.44	16.5	
10	37121	1.23	1.19	0.64	0.59	11.2	
16	34337	1.96	1.64	1.07	0.67	7.5	
28	32411	3.37	3.26	1.79	1.58	5.2	0.41
40	32127	4.89	4.93	2.91	1.96	2.4	1.5
52	30262	5.85	6.13	3.59	2.26	1.5	2.2
64	28377	7.77	7.95	4.36	3.41	0.87	3.7
77	26021	8.69	8.94	4.53	4.16	0.55	4.9
90	24603	9.91	10.01	4.44	5.47		

## Desarrollo en altura de las plantaciones

Los primeros tres monitoreos (2, 4 y 10 meses) fueron los más críticos para el desarrollo de la vegetación. La altura promedio pasó de 0.7-0.1.23m a los 309 días, debido a la elevada temperatura y salinidad promedio en el suelo, disminuyendo esta última de 20.5 a 17.3‰. A los 16 meses de desarrollo (489 días) el promedio de altura era de 1.96m, cuando la salinidad promedio había bajado a (16‰). A partir de los 28 hasta los 90 meses, todas las plantaciones registraron un crecimiento vigoroso (3.37 a 9.91m) de altura promedio. El desarrollo en algunos sitios fue más rápido como en las plantaciones “El Tanque”, “Juan Antonio”, “El Sacrificio” y “El Tapo-Lolo”, en estos sitios la disminución de la salinidad en el suelo fue más rápida que en otras plantaciones (13.8 a 3.21‰); en estos sitios también se cuantificó un incremento notable de la humedad ambiental al pasar de 34.25-37.3% a 62.31-67.88%.

## Diámetro de los tallos

En los primeros monitoreos (2, 4, 10, 16 y 28 meses), el incremento del diámetro del tallo de las plantas fue menor que la altura alcanzada por los arbustos (0.69 a 3.26 cm); a partir de los 52 meses hasta el final del proyecto (90 meses), el diámetro fue mayor a la altura del arbolado (6.13-10.01cm) (Tabla 1, Figura. 8).



## Desarrollo de las copas y fustes en las plantaciones

*C. erectus* en todas las plantaciones en los primeros seis monitoreos (2-40 meses) se observó un mayor crecimiento entre el crecimiento de las copas y la altura alcanzada por los tallos o fustes. Posteriormente entre los 52 y 90 meses, el desarrollo vertical de los fustes fue muy vigoroso; por el contrario, el ancho de las copas fue mínimo, destacando el periodo de 64-90 meses, así como la altura total de las copas del arbolado con una tendencia a aumentar más lento en los últimos años (Tabla 1, Figura. 9). En muchas plantaciones al disminuir la densidad, los árboles tienden a desarrollarse mejor, incluso incrementando el número de ramas y el grosor de los fustes, principalmente cuando los árboles presentaban un solo eje.

## Mortalidad natural en las plantaciones

En todas las plantaciones se observó una elevada mortalidad de plantas al inicio del proyecto, esto se debió a la severidad de los factores ambientales en cada sitio (temperatura, salinidad, baja humedad ambiental, falta de humedad en el suelo y limitada cantidad de materia orgánica en el suelo). Como sucedió en las primeras cuatro plantaciones donde se registró un promedio de 30.2% de mortalidad, sin embargo en la tarquina “El Nanche”, la mortalidad alcanzó 52%, registrando una pérdida total de 4077 plántulas. En esta plantación la elevada mortalidad fue consecuencia de la elevada temperatura y salinidad residual en el suelo en los primeros 10 meses (42° y 24‰), aun cuando el sitio fue

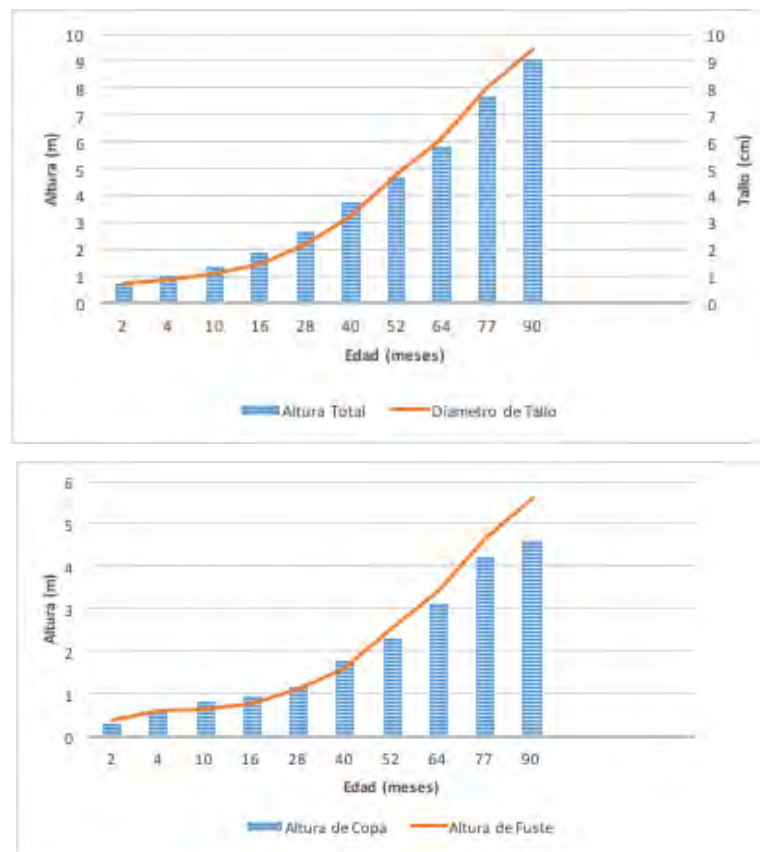


Figura 8. Relación entre altura y diámetro de los tallos en las plantaciones de *C. erectus*.

Figura 9. Desarrollo promedio de la copa y altura de los fustes en *C. erectus* en laguna de Chantuto.

lavado nueve veces durante enero-marzo de 2012 (Tabla 1, Figura. 10). A los 10 meses de haberse sembrado, con la severidad del estiaje en abril de 2013, se incrementó notablemente la mortalidad. Esta condición fue determinante tanto en costo por la recuperación de las plántulas, como en el trabajo realizado en este sitio. Esto dio pie al abandono de la plantación después de 2 años de trabajo. Adicional a la mortalidad natural se presentaron hasta cinco incendios intencionales en tres plantaciones, los cuales en mayo de 2013

y 2016-2017, eliminaron un total de 1502 arbustos; incluso en dos plantaciones en septiembre de 2014, las langostas y hormigas eliminaron 286 plantas.

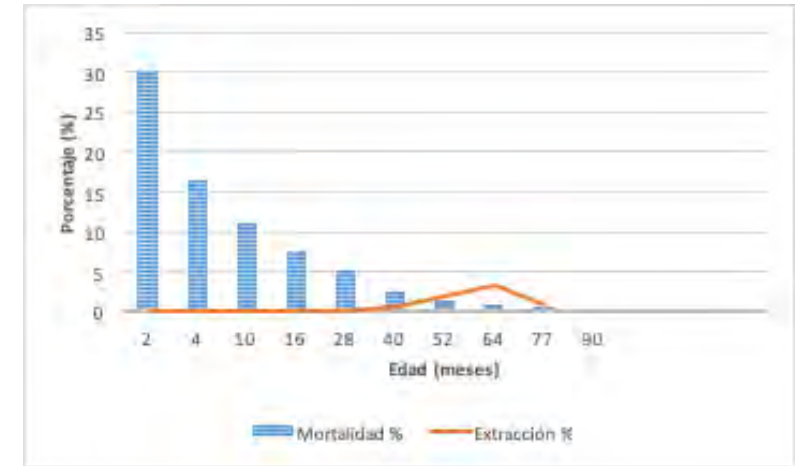
### Extracción de madera en las plantaciones

En este proyecto a partir de los 28, 40, 52 y 64 meses de edad se observó extracción de madera en 10 plantaciones (0.41-1.5, 2.2, 3.7%), cuando el grosor de los tallos era (3.26 a 7.95 cm). Posteriormente, a los 77 meses, cuando los tallos de los arbustos tenían 8.94 cm de grosor, se registró la mayor extracción de madera en las plantaciones (4.9%), esto sucedió cuando las plantaciones tenían una altura 8.69m; durante el último monitoreo no se registró extracción (Tabla 1, Figura. 10). La mayoría de las veces, los pescadores entraban a cortar algunos arbustos tanto en la época de secas como en lluvias, debido a que el suelo no estaba inundado.

### Fenología floral de *C. erectus* en los sitios restaurados

La forma de evaluar este parámetro era por presencia o ausencia de flores, frutos y semillas en los árboles, debido a la dificultad de contar el gran número de estos atributos en cada árbol a medida que crecían. A los 16 meses de edad se registró la presencia inicial de flores en el 4.8% de los arbustos, cuando habían alcanzado 1.72m de altura y 1.64m de grosor promedio. En las plantaciones donde la salinidad era mayor, la floración fue más abundante (El Campito, El Conchal, El Botoncillo y El Roble-La Ceiba). A partir de los

Figura 10. Pérdida de plántulas debido a la mortalidad y extracción de madera en las plantaciones.



28 meses la floración alcanzó un 37% de los arbustos, este fenómeno era más notable a partir de mayo con la llegada de las lluvias, cuando los arbustos habían alcanzado 3.37m de altura y 3.26cm grosor. En este período en un 9.5% de los arbustos se observó presencia de frutos (Tabla 2). A los 40 meses cuando los arbustos habían alcanzado 4.89m y 4.93cm, se incrementó la floración y la presencia de frutos en los arbustos (65 y 22%). También se comenzó a observar la presencia incipiente de semillas (1%) en los árboles de mejor desarrollo. En el periodo de 52-64 meses, tanto la floración como la presencia de frutos se generalizaron en todas las plantaciones (68-79%); mientras que la presencia de semillas alcanzó 5.6 a 12.7% del arbolado. Finalmente, cuando el arbolado alcanzó de 77-90 meses, la floración en el arbolado se incrementó a 85-97% tanto en lluvias como en secas; mientras que la presencia de frutos se incrementó notablemente (73-91%). Igualmente, la producción de semillas se incrementó notablemente hasta: 46-69% del arbolado (Tabla 2).

Tabla 2. Porcentaje de flores, frutos y semillas en las plantaciones de <i>C. erectus</i>					
Meses	A. Total (m)	D. Tallo (cm)	Flores (%)	Frutos (%)	Semillas (%)
2	0.7	0.69			
4	0.95	0.98			
10	1.23	1.16			
16	1.72	1.64	4.8		
28	3.37	3.26	37	9.5	
40	4.89	4.93	65	22	1
52	5.85	6.13	68	27	5.6
64	7.77	7.95	79	44	12.7
77	8.69	8.94	85	73	46
90	9.91	10.01	97	91	69

## DISCUSIÓN

En la actualidad no existen experiencias similares en México e Iberoamérica, sobre la recuperación de sitios degradados con mangle botoncillo (*C. erectus*); tampoco existen evidencias del seguimiento del desarrollo de estas actividades posterior a tres años. A pesar de que existen unas 215 hectáreas de tarquinas sin restaurar dentro de La Reserva de La Biosfera la Encrucijada y unas 1150 en todo el litoral de Chiapas (Tovilla y Salas 2019). La vigilancia y monitoreo a mediano plazo, pueden dar resultados muy confiables sobre los costos de las actividades de mantenimiento para la recuperación de sitios degradados; el costo de la restauración a lo largo de 90 meses varió de 37.4 a 56.9 dólares/árbol (Tovilla et al., 2014; Thompson 2018, Dat-Phan et al., 2018). La participación de los habitantes de las comunidades aledañas

y especialmente las mujeres es un factor decisivo en el éxito o fracaso de un proyecto (Tovilla y Orihuela 2002, Escalona 2009, Mola et al., 2018, Mahfuzur et al., 2018, Romanach et al., 2018). Este proyecto comprendió la rehabilitación de los suelos, el establecimiento de las herbáceas *I. prescaprae* y *C. marítima*. Simultáneamente las mujeres iniciaron la producción de plantas de *C. erectus* en viveros de traspatio, con un costo de 0.25 dólar/planta. Durante dos años se produjeron 45,300 plantas, y al final del proyecto lograron sobrevivir 24,603, para una sobrevivencia total de 54.3%. La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) invirtió un total de aproximadamente \$147,635 dólares durante los tres años iniciales del proyecto, para la restauración de 30.2 hectáreas de sitios degradados. En los siguientes 3.4 años, Ecosur invirtió 10,156 dólares para el mantenimiento y monitoreo de las plantaciones. A largo de 7.4 años, creemos que el trabajo está termi-

nado, sin embargo, estas plantaciones pueden ser de utilidad para evaluar el carbono fijado a lo largo del tiempo, así como para hacer un manejo y explotación racional por los habitantes.

Las diferencias más notables en la sobrevivencia de las plantas en todos los sitios, estuvo muy relacionada con la época de siembra (lluvia-estiaje), la salinidad residual, temperatura, humedad ambiental bajo las plantaciones y el contenido de materia orgánica acumulada a lo largo de 7.4 años; así como a las diversas actividades de mantenimiento (método de siembra, espaciamiento, densidad, recuperación de la mortalidad, riego, limpieza, fertilización, poda) realizadas en cada plantación (Sánchez-Páez et al., 2000, Tovilla y Orihuela 2002, Flores-Verdugo et al., 2007, Friess 2017, Mahfuzur et al., 2018). Estos factores favorecieron el incremento en altura y diámetro de los árboles a lo largo del tiempo y el éxito o fracaso de la restauración (Friess 2017, Tovilla et al., 2014, Tan et al., 2018). Durante el estiaje el riego de las plantaciones en los primeros dos años es crítico; mientras que durante la época de lluvias la limpieza de las plantaciones en los primeros cinco años es fundamental, para eliminar bejucos, lianas, ciperáceas y pastos, los cuales crecen tan rápido que pueden eliminar a los arbustos en un tiempo corto 2-4 meses (Tovilla et al., 2014).

La mortalidad fue mayor durante el primer año en las plantaciones (Tovilla et al., 2004; Tovilla et al., 2014), posteriormente disminuyó en la medida que los factores ambientales fueron siendo más favorables, posterior a los 40 meses de edad la mortalidad disminuyó notablemente, como

se ha observado en otras especies de mangle (Sánchez-Páez et al., 2000; Tovilla et al., 2004). En los sitios con elevada salinidad residual en el suelo, la mortalidad de plantas superó en un sitio más del 50%, esto produjo un incremento en los costos, debido a la recuperación de las plantas muertas y las actividades de mantenimiento. La recuperación de la mortalidad en todos los sitios más críticos significó un incremento del 23.8% del presupuesto del proyecto en los primeros tres años (Tovilla et al., 2014). El uso de hidrogel, la fertilización y la poda son tres factores adicionales necesarios para el desarrollo y éxito de cualquier proceso de restauración. El hidrogel reduce significativamente la mortalidad de las plantas durante los primeros 30 días; sin embargo, el costo del producto es elevado (235 dólares x bulto de 25 kilos). Si el producto se adiciona al momento de la siembra inicial, puede compensar el costo y una gran ventaja en la sobrevivencia obtenida al final del proyecto. La fertilización aplicada posterior a los seis meses de la siembra, puede acelerar el desarrollo de las plantas; siempre y cuando se haga la fertilización durante las lluvias. Después de 28 meses, la poda puede ser un elemento decisivo en el éxito de una restauración, esto puede repetirse al inicio de las lluvias (mayo-junio) en los tres años siguientes. Entre los 4 y 6 años de desarrollo, debido a los procesos de poda aplicados, los árboles de mejor porte registraron la mayor extracción. La cual favorecía la extracción de los fustes más rectos, de mayor grosor y de mayor longitud.

Es notable la capacidad de producción de flores, frutos y semillas de *C. erectus*, como se observó a partir de los 28, 40 y 52 meses de desarrollo, a pesar de registrarse en

los últimos dos monitoreos buena cantidad de semillas en el suelo de varias plantaciones; sin embargo, no se registraron plántulas en el piso de las plantaciones aun en la época de lluvias. Posiblemente esto se debe a que aun cuando la acumulación de mantillo y hojarasca en el suelo >5.5cm, este material aún no se ha degradado lo suficientemente para retener mucha humedad, para facilitar la germinación de las plántulas.

La madera de *C. erectus* por su dureza es utilizada para la construcción de casas-habitación como horcones y vigas, también la madera se utiliza en los ranchos ganaderos aledaños a los manglares como postes para los cercados junto con el mangle blanco *Laguncularia racemosa* (Tovilla et al., 2014; Tovilla et al., 2017). Un horcón para una casa de 20 a 30 cm de grosor, puede durar más de 30 años. Así mismo un poste en un potrero de *C. erectus* de 7-10 cm puede durar hasta 14 años; mientras que las varas son utilizadas como varas y polines para la construcción de empalizadas (Tovilla et al., 2007; Tovilla et al., 2014). Adicionalmente la leña de esta especie también es muy demandada debido a la dureza y elevada capacidad calórica. Debido a estos usos en muchos sitios de la costa del Pacífico Sur de México y el Golfo de México, esta especie tiende a desaparecer como consecuencia de la excesiva extracción.

## CONCLUSIONES

Actualmente el mal manejo de las microcuencas en el litoral del Pacífico Sur de México está provocando el azolvamiento de todas las lagunas costeras. En adelante

cuando se realicen obras de este tipo, el sedimento producto del dragado debe llevarse hasta el mar. Es muy necesaria la restauración de todos los sitios donde se han realizado dragados en esta reserva. La participación de las comunidades, especialmente las mujeres, adolescentes y niños, asegura la recuperación a mediano plazo de las plantaciones establecidas, adicionalmente estos proyectos dejan una derrama económica para los pobladores y valiosas enseñanzas a las mujeres, niños y adolescentes. Durante y posterior a la terminación de un proyecto, se deben de realizar talleres de educación ambiental, manejo, conservación y restauración del manglar para que los habitantes conozcan la importancia de la conservación de su entorno en su beneficio. Se deben establecer convenios y acuerdos con las comunidades aledañas al sistema lagunar para la conservación y explotación racional de estas plantaciones en los próximos años. La recuperación del manglar y otros tipos de vegetación en esta laguna detendría el colapso de la pesquería a mediano plazo, debido a que la restauración de estos sitios es sumamente lenta, difícil y costosa.



## Bibliografía

**Carbajal-Evaristo, S. S.** (2014). Evaluación del impacto del azolvamiento de la laguna Cerritos, provocado por la canalización del Río Cintalapa, Chiapas. Tesis de maestría. Tapachula, El Colegio de la Frontera Sur 88pp.

**Comisión Nacional del Agua (Conagua)** (2007). Obras de rectificación y cierre de ventanas para la protección de la población asentada en las márgenes del Río Madre Vieja, Dirección de Infraestructura Hidráulica, documento interno, CD 6, Tuxtla Gutiérrez Chiapas, México. 66pp.

**Comisión Nacional del Agua (Conagua).** (2010). Frecuencia de eventos meteorológicos sobre las costas de México: Pacífico norte, centro y sur periodo de 1970-2005, Documento Interno y Memoria de los huracanes de mayor impacto. Dirección de Planeación y Desarrollo, México, 174pp.

Comisión Nacional del Agua (Conagua). (2011a). Manifestación de Impacto Ambiental del Río Cintalapa, municipio de Escuintla-Acapetahua, Chiapas. Dirección de Infraestructura Hidráulica, documento interno, CD5, Tuxtla Gutiérrez Chiapas, México. 145pp.

**Comisión Nacional del Agua (Conagua).** (2011b). Manifestación de Impacto Ambiental del Río Vado Ancho, municipio de Villa Comaltitlán, Escuintla y Acapetahua, Chiapas. Dirección de Infraestructura Hidráulica, documento interno, CD7, Tuxtla Gutiérrez Chiapas, México 134pp.

**Comisión Nacional del Agua (Conagua).** (2015). Frecuencia de huracanes y otros eventos meteorológicos sobre las costas de México, periodo de 1970-2013, Documento Interno y Memoria de los huracanes de mayor impacto. Dirección de Planeación y Desarrollo, México, 122pp.

**Comisión Nacional de Pesca y Acuicultura (Conapesca).** (2014). Estadísticas de la pesquería en el Pacífico Sur de México: Guerrero, Oaxaca y Chiapas. Documento Técnicos. Centro Regional de Investigaciones Pesqueras, Manzanillo Colima, México 118 pp.

**Dat-Phan T., Kaida N., Yoshino K., Huu N.X., Thi N.H. and Tien B.D.** (2018). Willingness to pay for mangrove restoration in the context of climatic

change in the Cat Ba Biosphere reserve, Vietnam. *Ocean and Coastal Management* 163 (2018) 269-277.

**Duke, N.C., J.-O. Meynecke, S. Dittman, A.M. Ellison, K. Anger, U. Berger, S. Cannicci, K. Diele, K.C. Ewel, C.D. Field, N. Koedam, S.Y. Lee, C. Marchand, I. Nordhaus and F. Dahdough-Guebas.** (2007). A World Without Mangroves? *Science* 317: 41.

**Escalona L.I.** (Editor) (2009). Manual comunitario para la reforestación de manglares en Oaxaca. La Ventana, Programa de humedales Pacífico Sur y Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). Oaxaca Oaxaca, México 54 pp.

**FAO** (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2007). The world's mangroves 1980-2005. FAO, Rome. FAO Forestry Paper. 153.

**Flores O. J. y Chapa S. H.** (2008). La pesquería mexicana del camarón del Pacífico Mexicano, p 155-186. En: Pesquerías Latinoamericanas. Machii T. y Flores, O. T. (Eds.), Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca, Secretaría de agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México, 260 pp.

**Flores-Verdugo, F., P. Moreno-Casasola., C.M. Agraz-Hernández., H. López-Rosas, D. Benítez-Pardo., A.C. Travieso-Bello.** (2007). La Topografía y el Hidroperiodo: Dos Factores que Condicionan la Restauración de los Humedales Costeros. *Bol. Soc. Bot. Mex.* 80: 33-47.

**Friess D.** (2017). Mangrove rehabilitation along urban coastlines: Singapore case study. *Regional Studies in Marine Science* 16 (2018) 279-289.

**Gálvez M.M.** (2017). Impacto de la canalización del Río Cado Ancho sobre la cuenca baja, laguna Panzacola y la pesquería, Tesis de nivel maestría, Laboratorio de Ecología de Sistemas y Manejo Integral de Zona Costera, El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Tapachula, 88 pp.

**Giri C.**, E. Ochieng, L. L. Tieszen, Z. Zhu, A. Singh, T. Loveland, J. Masek and N. Duke. (2010). Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*. 20:154-159.

**Giroto P.** y Jiménez A. (2003). Marco Regional de adaptación al cambio climático para los recursos hídricos en Centroamérica: Humedales, aguas y zonas costeras, Unión Mundial para la Naturaleza, Global Water Partnership Centromérica, Dialogue on Water and Climate y Comité Regional de Recursos Hidrológicos, San José Costa Rica, 45pp.

**INEGI.** (2007). Flujos migratorios hacia las zonas costeras de México: un fenómeno poco estudiado. En: *Censos económicos y poblacionales de México*, Vol. VIII, No. 2, pp. 121-129.

**INEGI.** (2017). <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/chis/poblacion/default.aspx?tema=me&e=07>

**Juárez, G.M.C.** y R. E. S. Sánchez. (2003). La Riviera Mexicana: dinámica de la población, 1970-2000. Nota. Revista de Información y Análisis No. 23, 9pp, México.

**Mahfuzur, R.M.** and Abdullah M.M.D. (2018). Economic feasibility of mangrove restoration in The Southeastern coast of Bangladesh. *Ocean and Coastal Management* 161 (2018) 211-221.

**Mola I., Sopeña A.** y Torre R. (Editores). (2018). Guía práctica de restauración ecológica, Fundación Biodiversidad del Ministerio de para la Transición Ecológica. Madrid, 77 pp.

**Prieto, R. G.** (1993). Trayectoria de los ciclones tropicales 1984-1993. Tesis, Centro de Ciencias de la Atmósfera y Facultad de Ciencias, UNAM, 190 p.

**Rodríguez-Zúñiga, M.T., C. Troche-Souza, A. D. Vázquez-Lule, J. D. Márquez-Mendoza, B. Vázquez- Balderas, L. Valderrama-Landeros, S. Velázquez-Salazar, M. I. Cruz-López, et al.** (2013). Manglares de México/ Extensión, distribución y monitoreo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F. 128 pp.

**Romanach S.S., DeAngelis D.I., Koch H. I., Li Y., Yean S.T., Sulaiman R.R.** and Zhai L. (2018). Conservation and restoration of mangroves: global status, perspectives and prognosis. *Ocean and Coastal Management* 158 (2018) 72-82.

**Sánchez-Páez, H., R. Álvarez-León, G. A. Ulloa-Delgado y O. A. Guevara-Mancera.** (2000). La Recuperación de los Manglares en Colombia. Proyecto PD171/91 REV 2 Fase II, Etapa II “Conservación y Manejo para el Uso Múltiple y el Desarrollo de los Manglares en Colombia”. Santa Fe de Bogotá, Agosto de 2000. 232pp.

**Tan Y., Duian L.V., Cheng J., Wang D., Mo W. and Xiang Y.** (2018). Valuation of environmental in coastal wetland restoration: A Choice experimental approach. *Global Ecology and Conservation* 15(2018) 1.8 pp.

**Thomson, B.S.** (2018). The political of mangroves forest restoration in Thailand: Institutional arrangement and power dynamics. *Land and Use Policy*. 78(2018) 503-514.

**Tovilla, H. C.** (2002). Informe Final del Proyecto “Restauración del Manglar y Educación Ambiental en las Reservas de El Ganchó-Murillo y Cabildo-Amatal en la costa de Chiapas, Sistema de Investigación Regional Benito Juárez No. 99100544, Laboratorio de Ecología de Manglares y Zona Costera, El Colegio de la Frontera Sur, Ecosur Tapachula, 204pp.

**Tovilla, H.C.** y D.E.B. Orihuela (2002). Manual de Técnicas y Métodos de Restauración de Zonas Alteradas en Manglares. , Laboratorio de Ecología de Manglares y Zona Costera, El Colegio de la Frontera Sur, Ecosur Tapachula, 96pp.

**Tovilla, H.C., Román S.A., Simuta, M.M., Linares, M.R.M.** (2004). Recuperación del manglar en Río Cahoacán en la costa de Chiapas. *Maderas y Bosques*, II Núm. Especial 77-91p.

**Tovilla, H.C.** (2006). Propuesta para La Conservación, Manejo y Restauración de los Bosques de Manglar de la costa de Chiapas. Laboratorio de Ecología de Manglares y Zona Costera; El Colegio de La Frontera Sur, Unidad Tapachula, Chiapas, México. 152pp.

**Tovilla**, H.C.; R. L. R. Salas; J. C. P. de la Presa; E. I. B. Romero; F. E. Ovalle; R. O. Gómez. (2007). Inventario Forestal de los Bosques de Manglar del Soconusco Chiapas. Laboratorio de Ecología de Manglares y Zona Costera, El Colegio de la Frontera Sur, Ecosur, Unidad Tapachula, Chiapas, México, 144pp.

**Tovilla**, H.C. (2008). La dimensión de la crisis ambiental en la costa de Chiapas y la necesidad del programa de ordenamiento de las actividades. En: Sánchez, J y R. Jarquín (Eds): La Frontera Sur. Reflexiones sobre el Soconusco, Chiapas y sus problemas ambientales, Poblacionales y Productivos. Comisión Asuntos Fronterizos. Senado de la República. pp. 300.

**Tovilla**, C., Pérez, J. y Arce, A. M. (2010). Gestión litoral y política pública en México: un diagnóstico. En: Barragán Muñoz, J.M. (coord.). *Manejo Costero Integrado y Política Pública en Iberoamérica: Un diagnóstico. Necesidad de Cambio*. Red IBERMAR (CYTED), Cádiz, pp.15-40.

**Tovilla**, H.C., Lan R.A. y de la Cruz M.E. (2014). Informe final: “Restauración de áreas de manglar impactadas por dragados, con *Conocarpus erectus* y *Rhizophora mangle*, en la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Chiapas, México”. Laboratorio de Ecología de Sistemas y Manejo Integral de Zona Costera, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), unidad Tapachula. Comisión Nacional Forestal (Conafor) (2011-2014). Tapachula Chiapas, México, 132 pp.

**Tovilla-Hernández**, C., Ovalle E.F., De La Presa J.C. (2017). Informe Proyecto: Inventario y Monitoreo del Estado Actual de los Bosques de Mangle de Chiapas y Oaxaca. El Colegio De La Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México. ECOSUR. 99 pp.

**Tovilla**, H.C y Salas R. R.L. (2019). Los manglares del Pacífico Sur de México, situación actual y perspectivas para un manejo integral de la zona costera, 141-164pp. En Estudios de Caso sobre manejo integrado de zonas costeras en Iberoamérica: gestión, riesgos y buenas prácticas, Milanés B.C., Lastra M.R. y Sierra -Correa P.C. (Editores), Editorial Universitaria de la costa-EDUCOSTA, Barranquilla Colombia.

**Valderrama-Landeros**, L.H., Rodríguez-Zúñiga, M.T., Troche-Souza, C., Velázquez-Salazar, S., Villeda-Chávez, E., Alcántara-Maya, J.A., Váz-

quez-Balderas, B., Cruz-López M.I., Ressler R. (2017). Manglares de México: actualización y exploración de los datos del sistema de Monitoreo 1970/1980-2015. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, 128 pp.

**Valiela**, I., J.L. Bowen and J.K. York. (2001). Los Bosques de Manglar: Una de las Amenazas Principales de los Entornos Tropicales del Mundo. *BioScience* 51: 807-815.

# Los manglares ante el cambio climático: Actuar hoy para tenerlos mañana

Alicia V. Villamizar González

Ph.D en Desarrollo Sostenible.  
Departamento de Estudios Ambientales.  
Universidad Simón Bolívar. Venezuela.

Este capítulo ha sido preparado sobre la base la conferencia dictada por la autora en el marco del I Seminario Internacional Bosques Azules: "Los manglares ante el cambio climático: Actuar hoy para tenerlos mañana" y con resultados de algunas de sus recientes investigaciones.

**Palabras clave:**  
manglar, modelos climáticos, adaptación, mitigación, clima-resiliente

**Keywords:**  
mangrove, climate models, adaptation, mitigation, climate-resilient

*La complejidad de la respuesta de los manglares a los cambios, naturales o inducidos, impone un reto al estudio y análisis de sus respuestas ante el cambio climático. Las evidencias muestran que el nivel de impactos y riesgos para los manglares son detectables y atribuibles al cambio climático, pero con un nivel de confianza medio, cerca de los 1.5 grados, sin variaciones hasta los 2 grados. Para alcanzar la meta acordada por la comunidad internacional en el 2015, de no superar los 1.5°C en la temperatura media del planeta, se requiere mitigar (M) las emisiones GEI y adaptarnos (A) a los impactos del cambio climático antes del 2050: lo que llamamos Plan A. Las acciones de A&M son requeridas hoy. Para áreas costeras y en particular para áreas donde existe manglar, se ha dado prioridad a la adaptación, que no siempre puede ser ajustada a las políticas públicas tradicionales, orientadas principalmente hacia la evaluación de riesgos, la vulnerabilidad y la reducción de los impactos en aquellos lugares donde coexisten los manglares con asentamientos urbanos y turísticos. En ese sentido, los nuevos escenarios del clima representan una mejora tecnológica mediante la que puede describirse rutas plausibles de diferentes aspectos del futuro y que pueden ayudar a cumplir con el Plan A del clima. Estos modelos son utilizados con mayor frecuencia, en apoyo a la toma de decisiones en relación a las políticas del clima. Por ejemplo, pueden apoyar la ubicación más efectiva de áreas aforestadas de manglar en zonas que ya presentan pérdida de línea de costa por aumento del nivel del mar y que serán más vulnerables bajo los escenarios de cambio climático. El uso integrado de los nuevos modelos climáticos puede ayudar a tomar previsiones hasta el 2100 y conducirnos por un proceso iterativo a través de una ruta clima-resiliente, que sea llevado a cabo entre todos los actores relevantes que tienen relación e intereses en los ambientes costeros y en el ecosistema de manglar.*

*The complexity of mangrove response to changes, natural or induced, challenges the study and analysis of their responses to climate change. Evidence shows that the level of impacts and risks to mangroves is detectable and attributable to climate change, but with an average level of confidence, close to 1.5 degrees, with no variations up to 2 degrees. To achieve the goal agreed by the international community in 2015, if it does not exceed 1.5°C in the average temperature of the planet, it is necessary to mitigate (M) GHG emissions and adapt (A) to the impacts of climate change by 2050: what we call Plan A. A&M measures are required today. For coastal areas and in particular for areas where mangroves exist, priority has been given to adaptation, which cannot always be adjusted to traditional public policies, mainly aimed at risk assessment, vulnerability and reduced impacts in those places where mangroves coexist with urban and tourist settlements. In this sense, the new climate scenarios represent a technological improvement through which plausible routes of different aspects of the future can be described and that can help to comply with Climate Plan A. These models are most commonly used in support of climate policy decision-making. For example, they can support the most effective location of deforested mangrove areas that already have coastline loss due to sea level rise and will be more vulnerable under climate change scenarios. The integrated use of new climate models can help to take forecasts up to 2100 and lead us through an iterative process through a climate-resilient route, which is carried out among all relevant actors who have relationships and interests in coastal environments and the mangrove ecosystem.*

## INTRODUCCIÓN

Tratar de comprender cómo los manglares responden al cambio climático significa adentrarse en los meandros de un amplio rango de respuestas que involucran procesos biológicos y ecológicos, la identificación y valoración de bienes y servicios ecosistémicos, usos tradicionales, industriales y comerciales, y un sin fin de normativas y maneras de conservarlos y de protegerlos de los efectos que se derivan del problema cambio climático. A lo anterior debemos sumar la propia incertidumbre que rodea al tema del cambio climático, tanto por ser un fenómeno biofísicosocial relativamente nuevo, como por ser un actor protagónico e incómodo en la agenda política internacional. También agrega complejidad, la extraordinaria plasticidad con la que el manglar se adapta a múltiples arreglos geofísicos – naturales y contruídos- donde es capaz de asentarse, crecer, desarrollarse y para nuestro beneficio, proveernos de alimentos y materias primas, así como resguardo y protección ante los embates del clima.

Para abordar el tema, en esta oportunidad, son de ayuda tres planteamientos que pueden dar algunas pistas acerca de los desafíos que enfrentamos al tratar de proteger a los manglares del cambio climático. En primer lugar, **la afirmación científica** de que el calentamiento es un hecho; en segundo lugar, **la convicción** de que el futuro es ahora; y por último, **la opción** que tenemos de poder llegar hasta el final del siglo (adaptándonos) y hacerlo con menos emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) (mitigando).

También es necesario advertir de que el cambio climático es uno de los cambios globales inducidos por las actividades humanas que causan calentamiento a escala planetaria, y de que es un problema de y del desarrollo, condición ésta que lo hace sujeto de política pública. El cambio climático fue reconocido por la comunidad internacional como un problema a escala global en 1992. Durante la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro se acuerda la Convención Marco de las Naciones Unidas para Cambio Climático (CMNUCC) durante la cual se presentó el concepto de cambio climático “Un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”. Lo relevante del concepto es que señala la distinción entre la atribución del cambio de clima a causas humanas, y la variabilidad climática atribuible a causas naturales. Esto lo recordaremos más adelante.

Aquí es donde toma mayor dimensión la incertidumbre del problema del cambio climático: discernir entre la causa humana y la variabilidad natural es una tarea de estudio permanente que requiere largos períodos de observación, así como equipamiento y métrica para su detección. Ese discernimiento es el que permite detectar el cambio observado y atribuirlo o no al cambio climático con la rigurosidad científica y confiabilidad estadística necesarias. La atribución (es decir, la certeza con un nivel de probabilidad de que el cambio observado es atribuible al cambio climático) obliga a los países Partes de la CMNUCC a tomar dos tipos



de medidas: 1) medidas de mitigación dirigidas a la reducción o a la estabilización de emisiones y a la protección de los sumideros de Carbono (C), y 2) medidas de adaptación, dirigidas a la preparación para enfrentar los impactos inevitables y reducir el riesgo, a través, por ejemplo, de adecuaciones o cambios radicales, de naturaleza legal, cultural, tecnológica, entre otros.

Por otra parte, los manglares son cruciales para el balance entre la emisión y la absorción de C en áreas marino-costeras. Un bosque de manglar puede capturar hasta 17 toneladas de CO<sub>2</sub> /ha/ año, frente a la capacidad de un bosque amazónico prístino, que captura 1 Tn. CO<sub>2</sub> /ha/ año (Ong et al., 2002). Por debajo de la línea de agua, los manglares son aún más eficaces, ya que acumulan cinco veces más carbono que en la misma superficie. Para producir materia orgánica mediante la fotosíntesis, el manglar absorbe CO<sub>2</sub> atmosférico y lo convierte en carbón orgánico. Buena parte de ese carbón orgánico se acumula en el sustrato. Por esa razón se consideran sumideros de carbono pues reducen el CO<sub>2</sub> en la atmósfera y lo “secuestran” en depósitos de sedimentos por miles de años.

Pocos ecosistemas pueden “presumir” de suministrar tantos beneficios como el ecosistema de manglar, como se aprecia en la figura 1. El manglar cumple funciones críticas relacionadas con la regulación del clima y el flujo de aguas; con el ciclaje de nutrientes y la movilización de sedimentos hacia y desde las áreas marinas y continentales. Es excepcionalmente importante en el mantenimiento de

las redes alimenticias y de las poblaciones de animales que lo habitan durante su etapa adulta o que dependen de éste en algún momento de su ciclo de vida. El manglar forma parte de la cultura de pueblos costeros, que lo veneran, lo aprovechan y lo protegen, en reconocimiento a sus valores ambientales, y en particular, por su valor patrimonial para las comunidades locales al ser parte de la economía local tradicional. A la vez, este magnífico hábitat posee valores estéticos e incluso religiosos, que constituyen un atractivo para el turismo. El valor del ecosistema de manglar trasciende lo ecológico y lo ambiental, para constituirse también en un referente de fuerte significancia social.

Figura 1. Esquema representativo de las principales funciones del manglar. Elaboración propia.



## El calentamiento es un hecho.

En octubre 2018 el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), advirtió de que a menos que el mundo implemente cambios rápidos y de gran alcance en sus sistemas energéticos e industriales, es probable que la Tierra alcance una temperatura de 1.5 grados por encima de los niveles preindustriales en algún momento entre 2030 y 2052 (**apenas faltan 10 escasos años para llegar al inicio de ese período de gran incertidumbre**). Para lograr limitar el calentamiento se requieren cortes inmediatos y dramáticos de CO<sub>2</sub> y de otros GEI adicionales, más los aerosoles y particulados, que también están normados por la CMNUCC. Ello representaría aproximadamente una reducción del 45 por ciento de las emisiones en los próximos diez años. **¡45% en 10 años!** ¿Qué significa para la toma de decisiones que ese período para reducir las emisiones, por ejemplo en nuestra región, involucre como mínimo, a los actuales gobiernos, más 2 gobiernos a futuro? Significará poner el acelerador a las acciones de mitigación y adaptación, medidas que ya están definidas en las Contribuciones Nacionales Acordadas (NCD, por sus siglas en inglés), por cada uno de nuestros países. Ello permitiría, para el 2030, año de entrega de los resultados del Acuerdo de París, y también la fecha de entrega de los avances de la Agenda 2030, alcanzar una reducción significativa de las emisiones GEI, quedando unos 20 años para reconducir el desarrollo nacional por una ruta clima-resiliente (Denton et al., 2014) que logre estabilizar la temperatura promedio global en 1.5 grados o, por debajo de este valor. Los go-

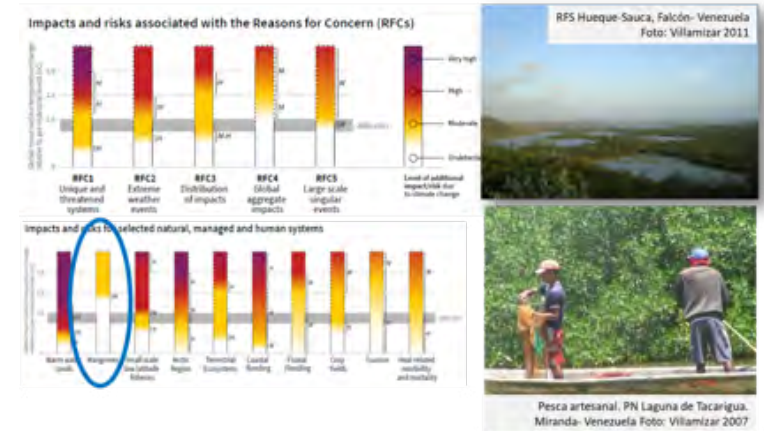
biernos actuales tienen la responsabilidad y el compromiso **irrenunciable** de tomar esas drásticas medidas. En particular, porque el Reporte Global Warming 1.5 (IPCC, 2018) nos dejó una clara advertencia: **No hay nivel libre de riesgo ante el cambio climático.**

El Reporte 1.5 aborda además, cómo el nivel de calentamiento global influye en el nivel de impactos y riesgos, asociados a 5 razones de preocupación (RFC, por sus siglas en inglés) introducidas por el IPCC en el Tercer Reporte del año 2001 y que están relacionadas con los recursos naturales, y con los sistemas gestionados y humanos. Las 5 razones de preocupación son: 1) Sistemas únicos o amenazados; 2) Eventos extremos del clima; 3) Distribución de impactos; 4) Impactos globales agregados; y 5) Eventos singulares a gran escala. En la figura 2, se muestra el nivel de impactos y riesgos de las Razones de Preocupación. En el eje de las Y se indica en grados centígrados, el cambio en el valor medio de la temperatura global de superficie relativo a los valores pre-industriales, entre los 0 y 2 °C. Las barras de colores representan un tipo de RFC. La barra gris horizontal representa el valor promedio de la temperatura global de superficie para el período 2006-2015, el cual podemos tomar como el valor presente. El color púrpura indica muy alto nivel de severos impactos y riesgos y la presencia de irreversibilidad significativa o la persistencia de peligros relacionados con el clima, combinado con una limitada capacidad de adaptación. El color rojo indica severos impactos y riesgos generalizados. Ambos colores, indican un nivel de atribución altamente confiable estadísticamente. El color

amarillo indica que los impactos y riesgos son detectables y atribuibles al cambio climático al menos con un nivel medio de confianza. El color blanco indica que los impactos no son detectables y no son atribuibles al cambio climático. Se observa que el nivel de impactos y riesgos para los manglares son detectables y atribuibles al cambio climático, pero con un nivel de confianza medio, cerca de los 1.5 grados, sin variaciones hasta los 2 grados. Mientras que la pesca artesanal – un sistema manejado- muestra una tendencia en el aumento del nivel de severidad de impactos y riesgos a medida que la temperatura promedio global de superficie aumenta. Se evidencia que en la actualidad, las pesquerías artesanales ya presentan un nivel de severos impactos y riesgos atribuibles al cambio climático.

Ahora bien, si recordamos lo indicado sobre la atribución-detección, para manglares no contamos con evidencias concluyentes sobre la atribución de los cambios observados y detectados en estos ecosistemas naturales, respecto al cambio climático. Esto es importantísimo, porque pone en evidencia la escasa investigación (o una deficiente divulgación de la producción científica) orientada hacia estudios que aborden la relación y el análisis de tensores climáticos y no climáticos y la variabilidad natural del clima, con las respuestas de los manglares. Otro aspecto referido es la importancia clave del discernimiento entre respuestas inducidas y la variabilidad natural, tanto del clima como de los ecosistemas estudiados. Se necesita contar con evidencias concluyentes para poder definir medidas de mitigación y adaptación que efectivamente sirvan para proteger

Figura 2. Nivel de riesgos e impactos asociados al cambio climático que constituyen Razones de Preocupación (RFC) para la comunidad científica del clima. Fuente: IPCC (2018), modificado.



a los manglares. Esta realidad debe motivar a concientizar a los gobiernos, a la academia, a las comunidades, sobre la urgencia de definir una agenda de Ciencia y Tecnología (CyT) que permita aumentar y mejorar la producción de información científica y técnica relativa a cambio climático, que arroje evidencias concluyentes sobre la atribución o no atribución de este problema a los efectos observados en manglares, y también, que convenza de la urgencia de conducir un proceso iterativo clima-resiliente (Delton et al., 2014) que efectivamente permita minimizar el nivel de riesgo al que están y estarán expuestos los manglares frente al cambio climático.


Los manglares están expuestos a los efectos combinados de tensores climáticos y no climáticos, naturales e inducidos. Entre los tensores climáticos están por ejemplo, los eventos meteorológicos anuales (huracanes y tormentas), los eventos extremos de inundaciones y sequías

y el propio cambio climático. Entre los cambios detectados que tienen incidencia en los manglares, derivados de tensores climáticos, está el aumento en el nivel del mar a consecuencia del calentamiento del océano. Los modelos de simulación de aumento en el nivel del mar utilizados por el IPCC en su 4to Informe del 2014, tomando en cuenta las RCP (van Vuuren, 2011) estiman que dicho aumento afectará las áreas costeras bajas (Low Elevation Coastal Zones) de América Latina y El Caribe (ALC) con una confiabilidad mayor al 90% (Magrín et al., 2014). Para el período 1990-2018, la tasa de aumento del nivel medio del mar para la región registró valores entre 2.5 y 3.4 mm/año, causando pérdida de áreas de manglar en Brasil, Colombia, Ecuador y Venezuela, por efecto de erosión costera, se estima en un área de 120.000 hectáreas (Cortés et al., 2020). En contraparte, se estima el crecimiento de manglares en ambientes de óptimos en sedimentación, mareas altas y ambientes ribereños estuarinos. Otros cambios detectados que tienen incidencia en los manglares, derivados de tensores climáticos, y pueden atribuirse con un grado de confiabilidad de medio a bajo, es la modificación del patrón de tormentas y cambios en la precipitación (Wilson, 2017).

Entre los tensores no climáticos, la permanente y creciente presión de diversas actividades socio-económicas (turismo de alta factura, extracción de minerales a cielo abierto, la urbanización), y el manejo discreto del territorio que físicamente ocupan los manglares, compiten con ventaja sobre los espacios naturales óptimos para su crecimiento y desarrollo (Villamizar y Cervigón, 2017; Suman y Spalding,

2018). Los tensores no climáticos, comprometen los valores y servicios ambientales de los ambientes de manglar, exponiendo por defecto, a las poblaciones humanas, a los usos potenciales del suelo costero, así como, a otros recursos naturales que dependen de los manglares para su equilibrio sistémico. Para el 2012, el PNUD elaboró la 1ra Evaluación Global del Estatus de Conservación de Manglares, la cual advertía que 1 de cada 6 especies de manglar estaban en peligro de extinción debido a los desarrollos costeros, al cambio climático, al dragado y a la agricultura. Por lo menos el 40% de las especies de manglares consideradas como amenazadas, se encuentran en las costas Atlántica y Pacífica de Centroamérica. En la figura 3 se muestran algunos de los tensores no climáticos y sus efectos en áreas costeras y en manglares.

Figura 3. Tensores no climáticos que afectan a los manglares en América Latina. Casos seleccionados. Las flechas indican la dirección del cambio: ↑ significa aumento; ↓ significa disminución. Fuente: Magrín et al. (2014), modificado.

 <p>Las áreas de manglar quedan expuestas a los efectos de ↑ SLR; erosión y acreción costera; inundación del plano costero; ↑ costo infraestructura existente y de protección; ↓ biodiversidad; ↓ y alteración de servicios ecosistémicos y de los sustentos de las comunidades locales, ↑ inequidades locales.</p>	Nicaragua Costa Rica Panamá Colombia Venezuela	Más del 30% población vive en áreas costeras directamente expuestas a eventos climáticos
	Panamá	Principal abastecedor de taninos para AL, extrae del mangle 400 Tn/año: 50% manglares han desaparecido en los últimos 30 años.
	Nicaragua y Honduras	80% hogares utilizan leña para cocinar; la mayor cantidad es extraída del mangle. Aprox 120,000 m³ de madera se extraen/año para leña.
	Venezuela	Construcción de represas y salineras desvían flujo de agua dulce hacia AP de manglar (hábitat del caimán de la Costa, especie amenazada).

## El futuro es ahora

Con esta frase de entrada se enfatiza el hecho de que las acciones por emprender para la adaptación al cambio climático son requeridas hoy. Para áreas costeras y en particular para áreas donde existe manglar, se ha dado prioridad a la adaptación, que no siempre puede ser ajustada a las políticas públicas tradicionales (Villamizar y Gutiérrez, 2018). Estas políticas tradicionales, se orientan principalmente hacia la evaluación de riesgos, la vulnerabilidad y la reducción de los impactos en aquellos lugares donde coexisten los manglares con asentamientos urbanos y turísticos (Gutiérrez et al., 2019). Las experiencias desarrolladas desde la academia se han orientado más hacia los espacios costeros donde el manglar no está intervenido o presenta un bajo grado de intervención, y siguen el enfoque de adaptación basada en ecosistemas, enfoque que es incorporado en el mejor de los casos, en los planes locales, con poco o esporádico apoyo del gobierno local (Villamizar et al., 2017). Las limitaciones de adaptación al cambio climático, no tanto de la vegetación de manglar que sabemos cuenta con alta resiliencia, sino de las comunidades humanas que habitan en sus espacios y aprovechan sus bienes y servicios, están vinculadas con la pobreza, las prioridades sociales, la asignación inadecuada de recursos humanos y económicos, la multiplicidad de impactos derivados de los factores climáticos y no climáticos, y particularmente por una visión fragmentada del espacio costero propio de manglares, el cual sigue siendo considerado aquel que exclusivamente está ocupado por manglares (Sebastiani et al., 1989; Vieira,

2015). Todo ello se suma para aumentar la vulnerabilidad de los ambientes de manglar ante el cambio climático y ante el resto de los factores que los afectan.

Una ventaja es el hecho de que la mayoría de las acciones comunes para el manejo de manglares pueden ser consideradas acciones de adaptación, aunque no necesariamente hayan sido formuladas como tales. De hecho son acciones que se aplican tradicionalmente, y que se acoplan a lo que se espera sea una medida de adaptación. Algunas características básicas deben cumplirse, para que esa adaptación no se convierta en una mala adaptación, que es el peor de los casos una vez se ha aplicado este tipo de medidas y que lamentablemente la práctica indica que sólo es detectable cuando ya es tarde (Noble et al., 2014). La banca multilateral en ese sentido, exige para financiamiento de proyectos de adaptación al cambio climático (IDB, 2016) el cumplimiento de las siguientes condiciones: 1) Reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia, 2) Ser eficientes, es decir, deben aumentar los beneficios y reducir los costos), 3) Tienen que poder incorporarse o integrarse a amplias metas sociales, programas y actividades, dentro de la planificación estratégica del territorio costero, 4) Requieren de la participación de las partes interesadas e involucramiento de todos los actores relevantes, 5) Contar con soporte financiero permanente dentro del presupuesto del estado, lo que presupone la existencia de un marco institucional que dé cabida a la atención del cambio climático, 5) Ser consistentes con normas sociales y tradiciones de manera que se reduzca el rechazo de las comunidades, aspecto por cierto bastante



frecuente, y 6) Dar legitimidad y tener aceptación social y, finalmente, deben ser sustentables.

En la figura 4 a manera de ejemplo, pueden verse algunas de las medidas de adaptación comunes para áreas marino-costeras de estados insulares, que son consideradas más costo-efectivas.

### Llegar al 2100 y con menos emisiones

El planteamiento central, el Plan A del clima, es mitigar para poder mantener la temperatura promedio global por debajo de los 1.5 grados y evitar llegar o superar los 2 grados al 2100. En ese sentido, los nuevos escenarios del clima representan una mejora tecnológica mediante la que puede describirse rutas plausibles de diferentes aspectos del futuro y que pueden ayudar a cumplir con el Plan A del clima. Estos modelos son utilizados con mayor frecuencia, en apoyo a la toma de decisiones en relación a las políticas del clima. Por ejemplo, pueden apoyar la ubicación más efectiva de áreas aforestadas de manglar en costas que ya presentan pérdida de línea de costa por aumento del nivel del mar y que serán más vulnerables bajo los escenarios de cambio climático (Kastman et al., 2011; Church et al., 2013). **Los escenarios no predicen el futuro**, sino que ayudan a entender mejor las incertidumbres y alternativas futuras con la finalidad de considerar la pertinencia o robustez de diferentes decisiones u opciones (de adaptación y mitigación) que deben ser tomadas con antelación, ante un amplio rango de futuros posibles.



Los nuevos escenarios del clima, las “Rutas de Concentración Representativas” (RCP por sus siglas en inglés) (van Vuuren 2011), y las Narrativas Socioeconómicas Compartidas (SSP por sus siglas en inglés) (Ebi et al., 2013), fueron formulados por la comunidad científica que modela el clima, a petición del IPCC para ser utilizados en el 5to Reporte del año 2014. Los nuevos escenarios exploran las condiciones socio-económicas que podrían resultar bajo los cambios en la composición atmosférica de los GEI y de sus precursores (los aerosoles y los particulados), representados en las RCP (Tabla 1) y por las SSP (Tabla 2), cuyo objetivo es mostrar diferentes modelos de desarrollo que puedan llevarnos hacia la sustentabilidad, con menor forzamiento

Figura 4. Ejemplos de medidas de adaptación para áreas marino-costeras. Fuente: IDB (2016), modificado.

radiativo, es decir con menor calentamiento. Solo al combinar las 4 RCP (2.6W/m2; 4.5 W/m2; 6.0 W/m2 y 8.5W/m2) con las 5 SSP pueden obtenerse bases para un escenario integrado a futuro. Los factores socioeconómicos de las SSP incluyen aspectos de los sistemas socio-ecológicos tales como demografía, políticas públicas, aspectos sociales, culturales e institucionales, estilos de vida, equidad de género, variables económicas y tecnológicas, y tendencias. También incluyen los impactos humanos en los ecosistemas, en los servicios ecosistémicos, como la calidad del aire y el agua y la diversidad biológica.

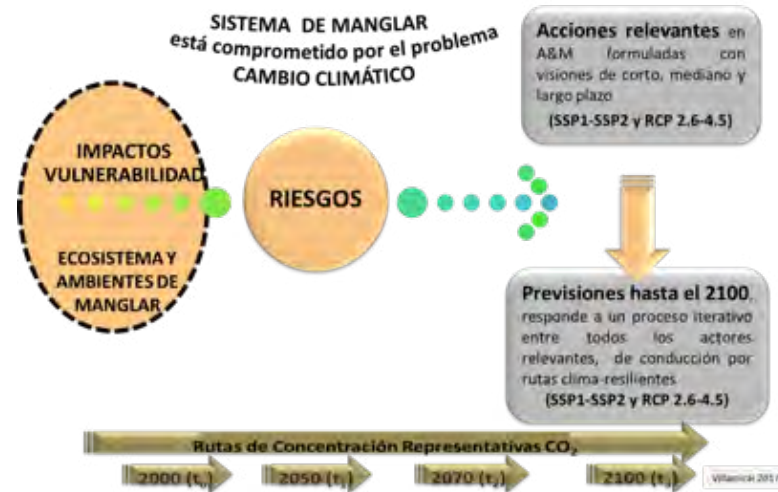
El diagrama de la figura 5 resume el planteamiento acerca de cómo podríamos abordar el tema de los efectos del cambio climático en ambientes de manglar para prepararnos tempranamente a lo largo de lo que resta de siglo y llegar al 2100 con manglares protegidos, saludables y bien manejados, lo que pre-supone que hemos cumplido el Plan A: no superar los 1.5 grados de aumento en la temperatura promedio de superficie a escala global.

Tabla 1. Características de las Trayectorias de la Concentración Representativa (RCP) de Gases de Efecto Invernadero (GEI) construidas por la comunidad científica del clima. Fuente: van Vuuren et al. (2011).

Tabla 2. Supuestos de las Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP). Fuente: Ebi et al. (2013).

RCP	Descripción	Publicación/ Modelo IA
RCP8.5	Alcanza un forzamiento radiativo hasta de 8.5 W/m2 (~1370 ppm CO2 eq) al 2100	Riahi et al., 2007/MESSAGE
RCP6.0	Estabilización sin sobrecargar las ruta hasta de 6 W/m2 (~850 ppm CO2 eq) a una estabilización después del 2100	Fujino et al., 2006; Hijoka et al., 2008/AIM
RCP4.5	Estabilización sin sobrecargar las ruta hasta de 4.5 W/m2 (~650 ppm CO2 eq) a una estabilización después del 2100	Clarke et al., 2007; Smith and Wigley 2006; Wise et al., 2009/GCAM
RCP2.6	Pico en el forzamiento radiativo a~3 W/ m2 (~490 ppm CO2 eq) antes del 2100 y luego declina (la ruta seleccionada declina hasta 2.6 W/m2 al 2100	Van Vuuren et al., 2007; van Vuuren et al., 2006/IMAGE

SSP	Supuestos SSP
SSP1	Progresando hacia el alcance ODS.
SSP2	Tendencias típicas de décadas recientes, continúan con algún progreso hacia el alcance de los ODS.
SSP3	Separación dentro de bloques regionales con poca coordinación entre ellos. Falla en alcanzar los ODS.
SSP4	Alta desigualdad dentro y a través de países, con conflictos sociales regulares y disturbios.
SSP5	Centrado en propios intereses, y en un desarrollo dominado por el mercado a través de un crecimiento económico que permita solucionar problemas sociales y económicos.



### Reflexión final

Es necesario reconocer primero, que el cambio climático es un problema que está comprometiendo al ecosistema y ambientes de manglar; que esa realidad observada y detectada, requiere estudiar más los impactos climáticos y no climáticos y la vulnerabilidad resultante de sus efectos, de manera que se cuente con mayor confiabilidad respecto a la atribución de sus respuestas al cambio climático y a los niveles de riesgo actuales y futuros a los que están y estarán expuestos los sistemas costeros; de esta forma, las acciones (medidas de adaptación y mitigación) podrán ser tomadas a lo largo de lo que resta del siglo XXI, con mayor precisión y efectividad, a corto, mediano y largo plazo, lo que a la vez pre-supone que el Mundo, y en particular nuestra región, debe haber escogido un modelo de desarrollo enmarcado entre las narrativas socioeconómicas SSP1-SSP2 (es decir encaminado y progresando hacia el al-

cance de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y entre las trayectorias RCP de 2.6 (490ppm) y 4.5 (640ppm), valores que representan incrementos de temperatura promedio no mayores de 2 grados. El uso integrado de los nuevos modelos climáticos puede ayudar a tomar previsiones hasta el 2100 que como se ha advertido, debe conducirnos por un proceso iterativo a través de una ruta clima-resiliente, que sea llevado a cabo entre todos los actores relevantes que tienen relación e intereses en los ambientes costeros y en el ecosistema de manglar.

Figura 5. Esquema representativo de la secuencia temporal de acciones relevantes en adaptación y mitigación (A&M) y provisiones hasta el 2100 requeridas para proteger al ecosistema de manglar de los efectos del cambio climático. Fuente: Villamizar, 2017, modificado.

## Bibliografía

**S.Church**, J.A., Clark, P.U., Cazenave, A., Gregory, J.M., Jevrejeva, S., Levermann, A., Merrifield, M.A., Milne, et al. (2013). Sea level change, in: Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.K., et al. (eds), (Cambridge University Press, Cambridge, 2013) pp. 1137-1216.

**Cortés**, J., A. Villamizar, G.J. Nagy, P.O. Girot, K.S.B. Miglioranza y S. Villasante. (2020). Ecosistemas marino-costeros. En: Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países RIOCC – Informe RIOCCADAPT. [J.M. Moreno, C. Laguna-Defior, V. Barros, E. Calvo Buendía, J.A. Marengo y U. Oswald Spring (eds.)], McGraw Hill, Madrid, España (ISBN 9788448621643).

**Denton**, F., T.J. Wilbanks, A.C. Abeyasinghe, I. Burton, Q. Gao, M.C. Lemos, T. Masui, K.L. O'Brien, and K. Warner. (2014). Climate-resilient pathways: adaptation, mitigation, and sustainable development. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1101-1131.

**Gutiérrez**, O., M. Gómez-Erache, N. Amaro, E. Brugnoli Olivera, J. E. Verocai, U.Azeiteiro, A. Villamizar, W. Leal Filho, I. Olivares, G. Nagy. (2019). "Climate vulnerability, impacts and adaptation in Central and South America coastal areas", *Regional Studies in Marine Science*, 29 100683.

**Inter-American Development Bank** (IDB). (2016). Climate services: a tool for adaptation to climate change in Latin America and the Caribbean. Action plan and case study applications. Washington, DC, USA.

**IPCC**. (2019): Summary for Policymakers. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Min-tenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. In press.

**Katsman**, C.A., Beersma, A.S.J., van den Brink H. W., Church, J.A. et al. (2011). Exploring high-end scenarios for local sea level rise to develop flood protection strategies for a low-lying delta, the Netherlands as an example. *Climate Change* 107(1-2). doi 10.1007/s10584-011-0037-5.

**Magrin**, G.O., Marengo, J.A., Boulanger, J.P., Buckeridge, M.S., Castellanos, E., Poveda, G., Scarano, F.R. and Vicuña S. Central and South America. (2014). In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Barros, V.R., Field, C.B., Dokken, D.J., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Bilir, T.E., Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, Y.O., Genova, R.C., Girma, B., Kissel, E.S., Levy A.N., MacCracken, S., Mastrandrea, P.R. and White, L.L., (eds.) (Cambridge University Press, Cambridge, 2014) pp. 1499-1566.

**Noble**, I.R., Huq, S., Anokhin, Y.A., Carmin, J., Goudou, D., Lansigan, F.P., Osman-Elasha, B. and Villamizar A. (2014) Adaptation needs and options. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectorial Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E., Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, Y.O., Genova, R.C., Girma, B., Kissel, E.S., Levy, A.N., MacCracken, S., Mastrandrea P.R. and White, L.L. (eds.) (Cambridge University Press, Cambridge, 2014) pp. 833-868.

**Ong**, P.S., L. E. Afuang, and R. G. Rosell Ambal, editors. (2002). Philippine biodiversity conservation priorities: a second iteration of the National

Biodiversity Strategy and Action Plan. Department of Environment and Natural Resources Protected Areas and Wildlife Bureau, Conservation International Philippines, Biodiversity Conservation Program University of the Philippines Center for Integrative and Development Studies, and Foundation for the Philippine Environment, Quezon City, Philippines.

**Sebastiani, M., A. Sambrano, A. Villamizar y C. Villalba.** (1989). "Cumulative Impact and Sequential Geographical Analysis as tools for land use planning. A case study: Laguna La Reina, Miranda State, Venezuela". *Journal of Environmental Management*, 29:237-248

**Suman, D.O and Spalding, A.K.** (eds). (2018). Coastal Resources of Bocas del Toro, Panamá: Tourism and development pressures and the quest for sustainability. University of Miami-Coral Gables, FL.

**Suman, D.O and Spalding, A.K.** (eds). (2018). Coastal Resources of Bocas del Toro, Panamá: Tourism and development pressures and the quest for sustainability. University of Miami-Coral Gables, FL.

**van Vuuren, D.P., Edmonds, J., Kainuma, M.L.T., Riahi K., Thomson, A., Matsui, T., Hurtt, G., Lamarque, J-F., Meinshausen, M., Smith, S., Grainer, C., Rose, S., Hibbard, K.A., Nakicenovic, N., Krey, V. and Kram, T.** Representative concentration pathways: An overview. *Climatic Change* 1-2, 5-31 (2011).

**Vieira B.P.** (2015) Population trends and conservation of the mangrove rail. *Revista Brasileira de Ornitología* 23(3), 327-335

**Villamizar, A. 2017.**

**Villamizar, A y M.E. Gutiérrez** 2018. Institucionalidad en cambio climático en Venezuela. En: ACFIMAN-SACC, 2018: "Primer Reporte Académico de Cambio Climático 2018: Contribución de los Grupos de Trabajo I, II y III al Primer Reporte Académico de Cambio Climático (PRACC) de la Secretaría Académica de Cambio Climático (SACC) de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales (ACFIMAN) de Venezuela". [Villamizar, A., E. Buroz Castillo, R. Lairet Centeno, & J. Gómez (Eds.)]. EDICIONES ACFIMAN - CITECI, CARACAS. 486pp. ISBN DC2018000406

**Villamizar, A., M. E. Gutiérrez, G.J. Nagy, R. M. Caffera and W. Leal Filho** 2016. Climate adaptation in South America with empha-

sis in coastal areas: the state-of-the-art and case studies from Venezuela and Uruguay, *Climate and Development*, 9: 364-382DOI: 10.1080/17565529.2016.1146120

**Villamizar, E.Y. y F. Cervigón,** 2017: Variability and sustainability of the Southern Subarea of the Caribbean Sea large marine ecosystem. *Environmental Development*, 22, 30-41.

**Wilson, R.,** 2017: Impacts of climate change on mangrove ecosystems in the coastal and marine environments of Caribbean Small Island Developing States (SIDS). CARIBBEAN MARINE CLIMATE CHANGE REPORT CARD: *Science Review*, 60-82.



# Geoinformación en los bosques azules

Leo Zurita-Arthos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>GEOcentro, Universidad San Francisco de Quito-ECOLAP, Instituto de Ecología Aplicada de la Universidad San Francisco de Quito. Cumbayá, Ecuador.

**Palabras clave:**  
manglar, SIG, Ecuador, mapeo, servicios ecosistémicos

**Keywords:**  
mangrove, GIS, Ecuador, mapping, ecosystem services

Los bosques de manglar o “bosques azules” tienen una conexión directa y esencial con el agua, y son un componente fundamental de los ecosistemas costeros. Los beneficios económicos de estos bosques fueron calculados en USD 28.000/ ha/año, como valor promedio. A nivel global, los manglares cubren, apenas, 137.000 Km<sup>2</sup>, distribuidos en 118 países, aunque el 75% está en 15 países. El uso de información geográfica base, combinada con imágenes satelitales o tomadas por drones, ayudan efectivamente a un mejor manejo de áreas remotas. En el Ecuador, se reconoce la importancia social, económica y ecosistémica de las áreas de manglar, así como su vulnerabilidad. El Plan de Acción Nacional para la Conservación de los Manglares en Ecuador recoge y articula las estrategias de conservación a nivel nacional y, sobre todo, a nivel local para la conservación de las áreas de manglar. El caso de estudio de los manglares protegidos en la Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje (REMACAM), en la región del Chocó Ecuatoriano, en Esmeraldas, es relevante porque se renovó, en el 2014, el Plan de Manejo que precisamente establece las guías para conservar y usar sosteniblemente el manglar de esta zona. El Plan, y sobre todo los mapas, recogen y mantienen información de línea base, pública y útil para que los actores interesados puedan tomar decisiones de manejo informadas. El fortalecer la gestión del área protegida es el eje fundamental de esta estrategia. La geoinformación y las geotecnologías son instrumentos de gran apoyo, que se espera poner, cada vez más, en acción, a través del trabajo conjunto de todos los interesados en la conservación de estos bosques azules.

Mangrove formations or “blue forests” have a direct and unbreakable link with water, thus they are a fundamental component of coastal ecosystems. Financial benefits of these forest are calculated to be, in average, USD 28,000/ha year. As a whole, mangrove forests cover, only 137,000 Km<sup>2</sup>, being scattered in 118 countries, although 75% of the total appear in only 15 countries. Using basic geographic information combined with satellite imagery as well as drone photography, may effectively support a better management of remote areas. In Ecuador, the social, economic and ecosystemic importance of mangroves has been recognized, as well as their vulnerability. The National Action Plan for the Mangrove Conservation in Ecuador initiates the conservation strategies at the national level, and subsequently allows a level of case by case on how to apply these strategies locally. Our case study, the Manglares Cayapas Mataje Ecological Reserve (REMACAM), located in the Ecuadorean Chocó, Province of Esmeraldas, is highly relevant as it renewed its Management Plan in 2014, where it establishes the guidelines to be followed to conserve and sustainably use the mangrove formations in this protected area. This Management Plan and the accompanying maps, bring together all the base line information of public access, being ultimately useful for all stakeholders and their informed decision-making process. Strengthening the managing process on protected areas is the central strategy. Geoinformation and geotechnologies are of great support, and it is up to all participants to set them in action in order to secure the long-time conservation of the blue forests.



## INTRODUCCIÓN

### Los Manglares a nivel global

Los bosques de manglar, calificados como “bosques azules” por su conexión directa y esencial con el agua, son un componente fundamental de los ecosistemas costeros. No solo funcionan como una barrera contra los efectos de eventos climáticos, sino que además proveen de recursos para las poblaciones que han dependido históricamente de sus servicios ecosistémicos de provisión. El mapeo global de las áreas de manglar reveló que se conoce todavía poco de su distribución e importancia, y sobre todo que su área de cobertura a nivel global ha disminuido a tasas preocupantes (WCMC, 2014). Los datos colectados de más de mil escenas de imágenes Landsat permitieron la clasificación de estos bosques, con la necesaria validación en terreno y la consideración de variabilidad natural y esperada en la

cobertura vegetal observada desde el espacio. Se determinó que los ecosistemas de manglar cubren, apenas, 137 mil kilómetros cuadrados de superficie a nivel global, distribuidos en 118 países, aunque apenas 15 países cuentan con el 75% de esta área total de manglares. Con esta extensión los manglares representan apenas 1% de los bosques tropicales. Lo que es más preocupante, es que apenas un 7% del área total de manglares está bajo alguna categoría de protección (Giri et al., 2010). Si bien los manglares están en toda el área tropical, y parte en las zonas subtropicales, la gran mayoría se distribuyen en el cinturón latitudinal entre 5° N y 5° S de la línea del Ecuador y en la isoterma de los 20°C, y están mejor adaptados a las costas con influencia de corrientes marinas calientes (UNEP-WCMC, 2011). Las técnicas de mapeo global de este tipo de ecosistemas han apoyado en mucho para conocer su extensión actual, así como entender las amenazas que los rodean (Figura. 1).

Las convenciones internacionales de Biodiversidad (CBD) y RAMSAR reconocen la importancia global de los ecosistemas de manglar. Son el hábitat de alrededor de 110 especies de manglar a nivel global, que se han adaptado para resistir y utilizar los recursos del agua salobre (UCLA, 2012). Más aún, son el hogar de especies terrestres y marinas, que dependen de estos ecosistemas como espacios vitales para la transición entre la costa y el mar. Solo en el corredor de Asia Tropical y Australia, se ha calculado que más de 50 millones de aves migratorias usan los espacios de manglar como sitios de paso y descanso en su camino. El sustrato de manglar sostiene una alta diversidad de espe-

*Figura 1. Distribución global de manglares, mostrados en verde, a lo largo de las costas zonas tropicales y subtropicales, sobre todo en el Asia Tropical (adaptado de Giri, 2008)*

cies de algas, esponjas, ostras y muchos otros organismos. Las especies de peces que se resguardan en el manglar lo hacen desde el estadio de alevines hasta la edad adulta, o en alguno de sus ciclos de vida. Adicionalmente, las áreas de manglar son de importancia para especies en peligro de extinción como la tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*), e incluso para el tigre de Bengala (*Panthera tigris tigris*), que habita en los manglares de Sundarban, en India y Bangladesh (WCMC, 2014). La biodiversidad protegida y conservada en los manglares es una riqueza de valor global. En efecto, el valor económico y social de los manglares es reconocido por las comunidades que viven en el manglar o en los alrededores de estos bosques. Los beneficios económicos de los bosques azules han sido calculados entre USD2.800 y USD80.000/ha/año, con un promedio de USD28.000/ha/año (Salem y Mercer, 2012). Son la fuente directa de alimentos de muchas comunidades costeras, ya que proveen pescado, moluscos y crustáceos de consumo local y para la venta. También proveen de madera, carbón, forraje y medicinas, a las comunidades locales. Adicionalmente, son la protección principal y natural contra tormentas y otros potenciales riesgos por eventos naturales.

### La información geográfica en los manglares

La información geográfica contribuye de manera esencial con el conocimiento y el empoderamiento de un territorio y es una herramienta de apoyo en el manejo adecuado de los recursos dentro de un espacio de vida. Los ecosistemas son, en ese sentido, un territorio complejo que

requiere del entendimiento de las dinámicas naturales y sociales que los caracterizan. Las tecnologías de mapeo y monitoreo actuales son la herramienta ideal para apoyar en esta misión.

El caso de estudio del ecosistema de manglar del delta de río Rufiji, en la región Pwani, en Tanzania, por ejemplo, muestra cómo el uso de imágenes satelitales, combinadas con imágenes tomadas por drones, ayudan en el monitoreo local del ecosistema, el cual está automatizado a través de una aplicación móvil y respaldado con datos en la Nube, a través del Internet (WWW-Globil, 2018). Durante el estudio completó una misión de exploración dedicada a coleccionar datos para definir la extensión del manglar, así como la composición de especies y condiciones de conservación (Figura. 2). Con el apoyo de información de sensores remotos, combinados con validación de terreno, se pudo observar y evaluar las tendencias de cambio en la biomasa de estos bosques bajo amenaza por actividades productivas de mediana y gran escala. En este caso, el delta del Rufiji, no había sido correctamente evaluado desde 1989, por lo que se logró detectar cambios significativos, después de un período de tres décadas. De igual forma, las políticas de manejo tuvieron que ser revisadas y adaptadas. Más allá de la generación de información geográfica relevante, el trabajo completado por WWF Tanzania, junto con la colaboración de universidades y centros de investigación local, incluyó la capacitación a los guardaparques y habitantes acerca de la importancia del manglar (WWW-Globil, 2018). El uso de herramientas de apoyo para el monitoreo y educación ambiental ha sido, en este y varios casos de estudio docu-

mentados, el pilar de involucramiento y empoderamiento de las comunidades rurales en la generación de iniciativas de conservación y desarrollo sustentable (Eitzinger et al., 2019).

## Manglares en Ecuador

En el Ecuador, la Autoridad Ambiental (Ministerio del Ambiente, MAE) ha reconocido la importancia social, económica y ecosistémica de las áreas de manglar, así como su vulnerabilidad. El Plan de Acción Nacional para la Conservación de los Manglares en Ecuador (PAN-Manglares), aprobado en abril 2019, recoge y articula las estrategias de conservación a nivel nacional y, sobre todo, a nivel local para la conservación de las áreas de manglar (Carvajal y Santillán, 2019). Se resalta que en este documento el MAE, con el apoyo de las organizaciones de conservación involucradas, establece las reglas de juego que pueden, efectivamente, apoyar a la conservación de los manglares en Ecuador. Se espera que el desarrollo sustentable, como eje transversal de las actividades del MAE, y a través de la conservación de los manglares, sirva para mejorar la calidad de vida de las personas que han tenido uso ancestral y tradicional de estos bosques, y que han dependido directamente de los recursos de este ecosistema. Se reconoce que las amenazas inmediatas son la tala ilegal y los cambios de uso de la tierra, que los convierten en zonas de acuicultura intensiva (i.e. camaroneras), así como la contaminación por desechos líquidos y sólidos provenientes de zonas urbanas aledañas. Adicionalmente, se identifican también los riesgos a lar-



go plazo, como la vulnerabilidad al cambio climático y a los cambios por la deforestación de las partes altas de las cuencas hidrográficas que los alimentan. Estos aspectos están considerados dentro del contexto de la normativa ambiental nacional, así como a nivel de los esquemas y planes de ordenamiento territorial que los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs) tienen como herramienta para el manejo de su territorio (Carvajal y Santillán, 2019).

El caso de estudio de los manglares protegidos en la Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje (REMACAM), en la región del Chocó Ecuatoriano, en Esmeraldas, Ecuador, es relevante porque se renovó, en el 2014, el Plan de Manejo que precisamente establece las guías que nor-

*Figura 2. Reporte del mapeo y monitoreo del manglar del delta del río Rufiji, Tanzania, usando tecnologías de sensores remotos y aplicaciones móviles (WWW-Globil, 2018, disponible en <https://arcg.is/11rzru>)*



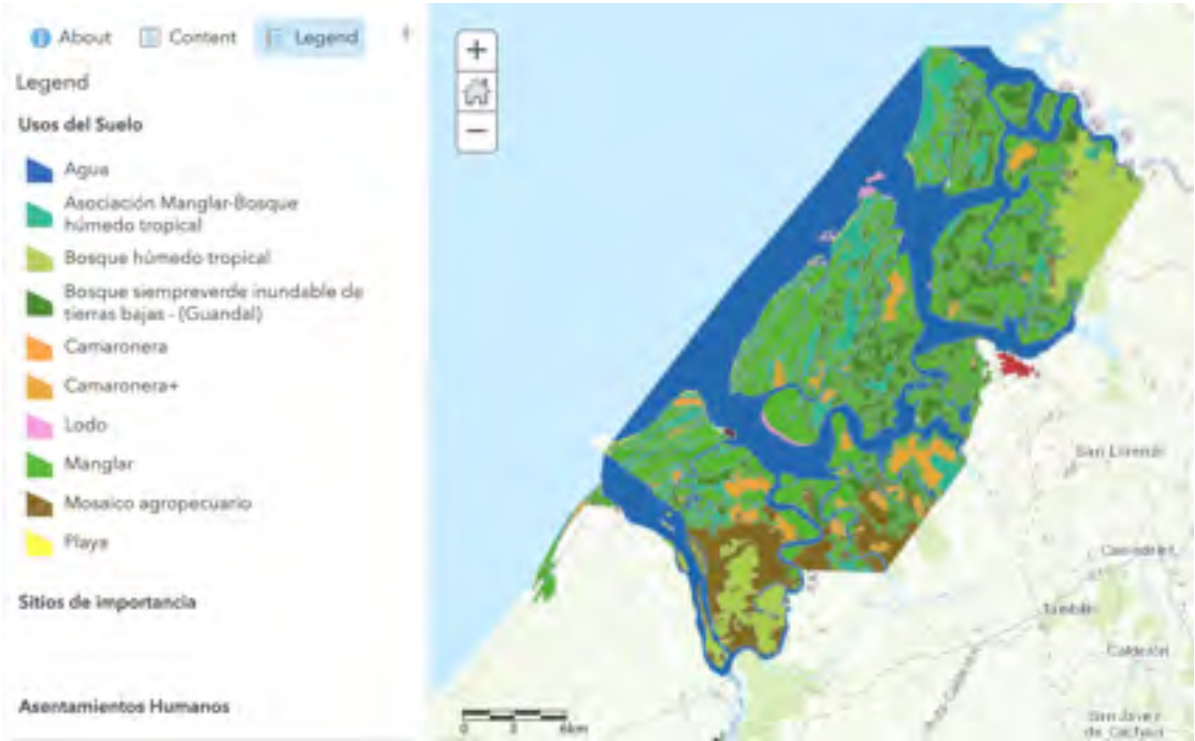
man la conservación y el uso sostenible del manglar de esta zona. La alta radiación en esta zona tropical provoca altas tasas de evaporación, lo que se traduce en intensas lluvias que hacen de este lugar uno de los sitios más húmedos del Pacífico. El área está dominada por ecosistemas estuarinos como los que forman los ríos Cayapas, Santiago, Mataje y Mira. Los bosques de manglares y ecosistemas asociados a la REMACAM son sitios de descanso, alimentación y reproducción de miles de aves residentes y migratorias, por lo que también es reconocida como sitio RAMSAR. Dentro del territorio de la REMACAM habita un considerable número de comunidades que se dedican a la pesca, extracción de conchas y cangrejos, así como a la agricultura (ECOLAP-MAE, 2014). El área protegida fue creada para la conservación y principalmente para garantizar el acceso y uso sustentable de recursos para las comunidades usuarias ancestrales del manglar, por lo que se alinea con los objetivos del PAN-Manglares.

Las amenazas, como en muchos otros sitios de manglares en el mundo, son la presión poblacional, la sobreexplotación por usuarios tradicionales, la agricultura, acuicultura, el desarrollo urbano e industrial, el represamiento de los flujos de agua, la contaminación en cuerpos de agua por vertidos de aguas residuales e industriales, e incluso la inseguridad y violencia que se ha registrado en esta zona de borde internacional entre Ecuador y Colombia (ECOLAP-MAE, 2014).

El plan de manejo zonifica a las 53 mil hectáreas del área en cinco zonas: Zona de recuperación y conser-

vación permanente, Zona de uso condicional, Zona de uso público, Zona de asentamientos poblacionales, y la Zona de amortiguación terrestre y marina. Estas zonas tratan de ordenar el mosaico de usos del suelo que se han identificado en el área. Si bien las áreas de bosque de manglar asociado con bosque húmedo tropical son las que aún dominan la mayor parte del área, es clara la fuerte y creciente influencia de camaroneras y otros usos agrícolas, y los asentamientos humanos dentro y en el área de amortiguación de la REMACAM (Figura. 3).

Figura 3. Mapa de uso del suelo en la REMACAM que puede apoyar al monitoreo del cambio de uso en el manglar de esta área protegida (ECOLAP, 2018, disponible en <http://arccgis/0e480y>)





En el área protegida, a través de la acción del MAE y las entidades relacionadas, así como con algunos actores locales, se ha establecido una estrategia de acción que busca suministrar de una manera integrada e integradora, los lineamientos básicos de acción para la conservación del ecosistema, y que permita el mantenimiento, a largo plazo, de los servicios ecosistémicos de los que todos se benefician en mayor o menor escala. El fortalecer la gestión del área protegida es el eje fundamental de esta estrategia. Las herramientas de información geográfica son un instrumento de apoyo que se espera poner en acción a través del trabajo conjunto de todos los interesados en la conservación de estos bosques azules.

## Bibliografía

**Carvajal R.** y X. Santillán. (2019). Plan de Acción Nacional para la Conservación de los Manglares del Ecuador Continental. Ministerio del Ambiente de Ecuador, Conservación Internacional Ecuador, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS). Proyecto Conservación de Manglar en el Pacífico Este Tropical. Guayaquil, Ecuador.

**ECOLAP-MAE.** (2014). Plan de Manejo de la Reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje. Guayaquil, Ecuador. 116 p.

**ECOLAP.** (2018) Mapa de Zonificación de la REMACAM. Disponible en <http://arcg.is/0e480y>

**Eitzinger, A., J. Cock, K. Atzmanstorfer, C. Binder, P. Läderach, O. Bonnilla-Findji, M. Bartling, C. Mwongeraa, et al.** (2019). GeoFarmer: A monitoring and feedback system for agricultural development projects. *Computers and Electronics in Agriculture*, 158, 109-121

**Giri, C., E. Ochieng, L. Tieszen, Z. Zhu, A. Singh, T. Loveland, J. Masek, N. Duke.** (2010). Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*, 20, 154-159.

**Giri, C., Z. Zhu, L.L. Tieszen, A. Singh, S. Gillette and J.A. Kelmelis.** (2008). Mangrove forest distribution and dynamics (1975-2005) of the tsunami-affected region of Asia. *Journal of Biogeography* 35: 519-528.

**Salem, M. y D. Mercer.** (2012). The Economic Value of Mangroves: A Meta-Analysis. *Sustainability* 4, 359-383

**UCLA Botanical Garden.** (2012). Mangal (Mangrove). World Vegetation. Mildred E. Mathias Botanical Garden, University of California at Los Angeles, CA.

**UNEP-WCMC** (2011) Global database of mangroves. Disponible en <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=d9bad342fe4846ecb83fc72b0e1fffe7>

**WCMC.** (2014). Mangrove fact sheet. Biodiversity a-z series. United Nations Environment Programme. Cambridge, UK.

**WWF-GLOBIL.** (2018) Rufiji Delta Mangrove Mapping. Disponible en <https://panda.maps.arcgis.com/apps/Cascade/index.html?appid=c2e73c5f6e0746b89550b4bea7e1a973>

# Conclusiones del I Seminario Internacional Bosques Azules

## Pontificia Universidad Católica del Ecuador. PUCE.

Quito, Ecuador, 20 al 22 de febrero de 2019

Teniendo en cuenta que una alta proporción de la población se radica en zonas costeras, vinculada estrechamente con temas ambientales y socioeconómicos imposterables, resulta imprescindible tener una mirada transdisciplinaria que aporte a la planificación territorial y a fortalecer la resiliencia socioambiental participativa.

Estamos inmersos en un proceso emergente y complejo relacionado con los cambios ambientales generados por la actividad humana, que están modificando los procesos biogeofísicos esenciales que determinan el funcionamiento global de nuestro planeta. El cambio climático y las presiones por el cambio en el uso del suelo, generan fuertes transformaciones de los socioecosistemas.

Si bien las modificaciones e impactos del cambio climático ya empiezan a ser evidentes, podemos colaborar en atender los impactos provocados por el cambio de uso

del suelo a través de la conciencia cultural, social, política, económica y ética. Los ecosistemas fluviales y costeros junto a las poblaciones que los habitan, se encuentran expuestos a modificaciones que ponen en riesgo su existencia.

Consideramos por tanto, que es necesario profundizar en el conocimiento de nuestros ecosistemas, reclamando fuertemente por investigación y relevamiento para poder mejorar el conocimiento, para poder planificar y también generar escenarios deseables, resilientes y socioecológicamente sustentables.

En este contexto, es necesario trabajar con y en las comunidades, compartiendo e intercambiando conocimientos, y a su vez, generando las condiciones para lograr su empoderamiento, para sensibilizar sobre la importancia del trabajo de las mujeres en la economía local y familiar.

Asimismo, los investigadores participantes del / *Seminario Internacional Bosques Azules*, consideramos necesario establecer redes cooperativas para investigación y transferencia de conocimientos, que aporten a los puntos precedentes a fin de lograr una mayor generación de información sobre estos ecosistemas que permita crear concientización en los diferentes actores y tomadores de decisión que tengan injerencia sobre la conservación de los humedales de nuestra región.

Consideramos que es necesario trabajar en la conformación de un proyecto transdisciplinar sobre los humedales costeros de la región y particularmente de la costa del Pacífico, en favor del conocimiento, conservación, manejo, restauración, legislación, incluyendo la equidad de género en todas las comunidades. Este proyecto debe estar apoyado en la experticia del conjunto de participantes de diferentes instituciones y enfocado al manejo integral de cuencas y zona costera marina, para disminuir los impactos sobre la zona costera; incluso debe priorizar la educación ambiental a diferentes niveles en la población, fomentar cambios en nuestros hábitos de consumo y en el uso y manejo de los recursos. Explorar por medio de la investigación las características de la región en su conjunto para comprender la dinámica de funcionamiento y comportamiento de los sistemas socioecológicos.

Consideramos también que es necesario generar cursos, talleres y diplomados para formar y capacitar a los diferentes actores regionales.

*Conocer el pasado es sembrar para el futuro.*

por **Mónica Mabel Dazzini Langdon, Ofelia Gutiérrez de Marañón, Daniel Panario Ponce de León, Rubén Quintana González, Cristian Tovilla Hernández.**

