



USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMÉRICA



SÍNTESIS DE ESTUDIOS REALIZADOS PARA ÁREAS PROTEGIDAS EN LA COSTA DEL PACÍFICO

Proyecto de Biodiversidad de USAID Guatemala

01 de marzo 2021

Esta publicación fue producida para ser revisada por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. Fue preparada por Chemonics International Inc.

SÍNTESIS DE ESTUDIOS REALIZADOS PARA ÁREAS PROTEGIDAS EN LA COSTA DEL PACÍFICO

Proyecto de Biodiversidad de USAID Guatemala

Contrato No. 72052018C000002

Foto de portada: Neonatos de tortugas marinas (*Lepidochelys olivácea*) liberados en las playas de la Costa del Pacífico de Guatemala luego de haber sido incubados en tortugarios. (Credit: José Jorge Ubico Koose/USAI)

DISCLAIMER

Los puntos de vista del autor expresados en esta publicación no reflejan necesariamente los puntos de vista de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional o del Gobierno de los Estados Unidos.

Contents

2. ESPECIES DE IMPORTANCIA PESQUERA	3
2.1. Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico (RNUMM)	3
<i>2.1.1. Caracterización de la pesca artesanal estuarina</i>	3
<i>2.1.2. Monitoreo de la pesca artesanal estuarina (septiembre 2019 - enero 2020)</i>	5
<i>2.1.3. Análisis de la pesca artesanal estuarina (septiembre 2019-marzo 2021)</i>	10
2.2. Área de Conservación Sipacate-Naranjo	16
<i>2.2.1. Monitoreo de la pesca artesanal estuarina (diciembre 2019-junio 2020)</i>	16
2.3. Manchón-Guamuchal	19
<i>2.3.1. Monitoreo de la pesca artesanal estuarina (octubre 2019-diciembre 2020)</i>	19
3. TORTUGAS MARINAS	26
3.1. Plan de Manejo sobre la excepción para la cosecha de subsistencia de huevos de parlama (Resolución CIT-COP6-2013R1)	26
<i>3.1.1. Evaluación de la sostenibilidad del nivel de colecta de huevos de parlama</i>	26
<i>3.1.2. Propuesta para implementar un programa de monitoreo de parlamas para el Pacífico de Guatemala</i>	32
<i>3.1.3. Propuesta de alternativas económicas para reducir la cosecha de huevos de tortuga a un nivel sustentable</i>	35
<i>3.1.4. Evaluación de la Resolución CIT-COP6-2013R1</i>	36
3.2. Monitoreo de rastros de anidación de tortugas marinas	38
<i>3.2.1. Temporada de anidación 2019</i>	38
<i>3.2.2. Temporada de anidación 2020</i>	42
<i>3.2.3. Diagnóstico de tortugarios</i>	44
3.3. Propuestas de uso de tecnologías innovadoras de monitoreo	48
<i>3.3.1. Dataloggers para el monitoreo de temperaturas de incubación de huevos de tortugas en tortugarios</i>	48
<i>3.3.2. Drones para el monitoreo de rastros de anidación de tortugas</i>	1
4. MANGLARES Y HUMEDALES	5
4.1. Reserva Natural de Usos Múltiples de Monterrico (RNUMM)	5
<i>4.1.1. Inventarios forestales</i>	5
<i>4.1.2. Plan de manejo forestal de mangle</i>	11
<i>4.1.3. Uso de suelo y cobertura forestal</i>	15
4.2. Área de Usos Múltiples Hawaii (AUMH)	17

4.2.1.	<i>Inventarios forestales</i>	17
4.2.2.	<i>Plan de manejo forestal de mangle</i>	23
4.2.3.	<i>Uso de suelo y cobertura forestal</i>	27

2. ESPECIES DE IMPORTANCIA PESQUERA

2.1. Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico (RNUMM)

2.1.1. Caracterización de la pesca artesanal estuarina

A través del análisis de 103 encuestas realizadas a pescadores de las 6 comunidades asentadas dentro del área protegida (La Avellana, Monterrico, El Pumpo, La Curvina, Agua Dulce y Papaturro), se caracterizó la actividad pesquera artesanal estuarina de la RNUMM. Los resultados indican que 31% de los pescadores dependen económicamente de forma exclusiva de la pesca, el 69% restante realiza otras actividades económicas alternativas como la construcción, la agricultura, el empalmado de techos y el turismo (Fig. 1). Sin embargo, la pesca es la principal actividad generadora de ingresos de las familias de los entrevistados. Ninguno de los pescadores entrevistados pertenece a asociaciones o cooperativas de pesca, e indicaron que en la zona no existen acuerdos locales relacionados al manejo de la pesca. A pesar de ello, en la mayor parte de las comunidades, se evidenció el interés por pertenecer a una unidad organizacional.

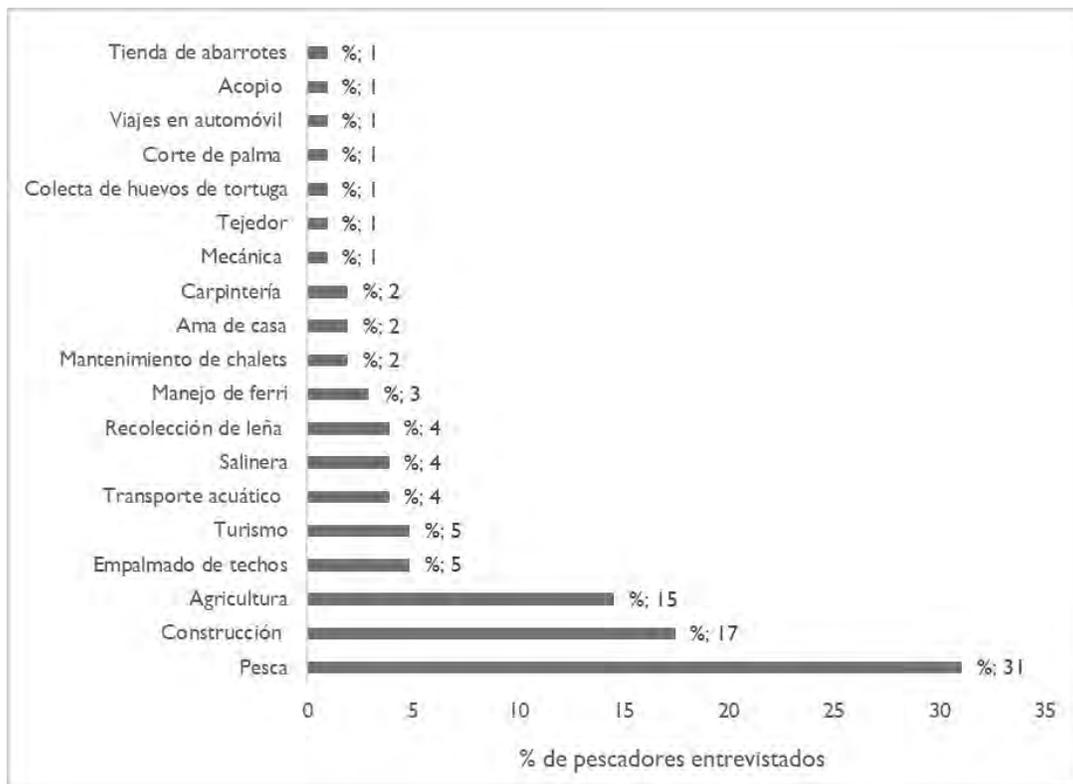


Figura 1. Actividades económicas que realizan las comunidades pesqueras de la RNUMM.

La pesca estuarina se realiza diariamente a través de pequeñas embarcaciones de madera llamadas cayucos, con y sin motor, tanto en las lagunas costeras como en el canal de Chiquimulilla y sus ramificaciones. De acuerdo con los entrevistados, la temporada alta de pesca ocurre durante la época lluviosa -en la cual se capturan un promedio de entre 40-60lbs/embarcación/día-, y la temporada baja durante la época seca – en la cual se capturan entre 0-10lbs/embarcación/día-. Para extraer los recursos estuarinos se utilizan diversos artes y métodos de pesca, siendo los principales: 1) Trasmallos de luz de malla 6-8, con una caída de entre 1-2m, y longitud entre 100- 1,200m; 2) Atrarrayas con luz de malla 7-15, y diámetro entre 1-5m; 3) Changos de luz de malla 18-23, con una longitud de copo de 5-8m y abertura de 5-7m, y 4) Cedazos de 1.5 de altura y 200m de longitud. La frecuencia en su uso difiere entre comunidades (Fig. 2). La Ley General de Pesca establece que las artes de pesca autorizadas para la pesca estuarina son: 1) Línea individual con anzuelo no menor a 1pulgada, 2) Atrarraya con luz de malla no menor a 0.87” y radio no mayor a 2m, 3) Red agallera con longitud no mayor a 100m, caída no mayor a 3.5m y luz de malla no menor de 2.5”, autorizando 3 redes por embarcación y quedando prohibido la unión de las mismas, y 4) Trampas o nasas con abertura no menor de 2” y construido de materiales biodegradables. De acuerdo a estas regulaciones, los changos y cedazos son artes de pesca ilegales por su poca selectividad y altas tasas de captura incidental; aunque los trasmallos y atrarrayas son artes de pesca legales, las características de los que se utilizan principalmente en la RNUMM (trasmallos >100m de largo, trasmallos y atrarrayas con luz de malla pequeña), los sitúan dentro de la categoría de artes de pesca ilegales. Los changos y cedazos son artes de pesca relativamente nuevas dentro de la RNUMM (menos de 10 años), cuyo uso ha generado conflictos entre comunidades.

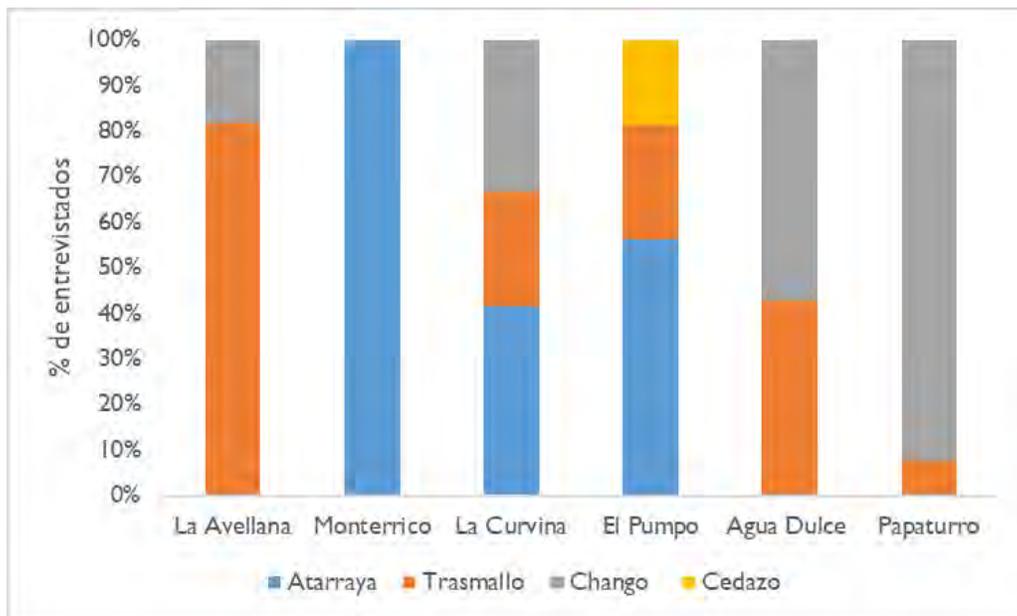


Figura 2. Artes de pesca utilizadas por pescadores artesanales estuarinos en Monterrico.

En las encuestas se mencionaron 17 peces y crustáceos de importancia comercial, cuya presencia y abundancia varía entre la temporada seca/lluviosa, siendo las principales en camarón blanco, el camarón sholón, el bagre, la mojarra colorada, el pululo y la lucerna (Fig. 3). Los precios de venta de los productos pesqueros varían de acuerdo a la especie y a la temporada (relacionada con la demanda y la disponibilidad de cada recurso). El camarón blanco y el bagre son las especies mejor pagadas (hasta Q15/lb), sin embargo, mientras que el primero es abundante solo durante la temporada lluviosa, el segundo lo es durante todo el año.

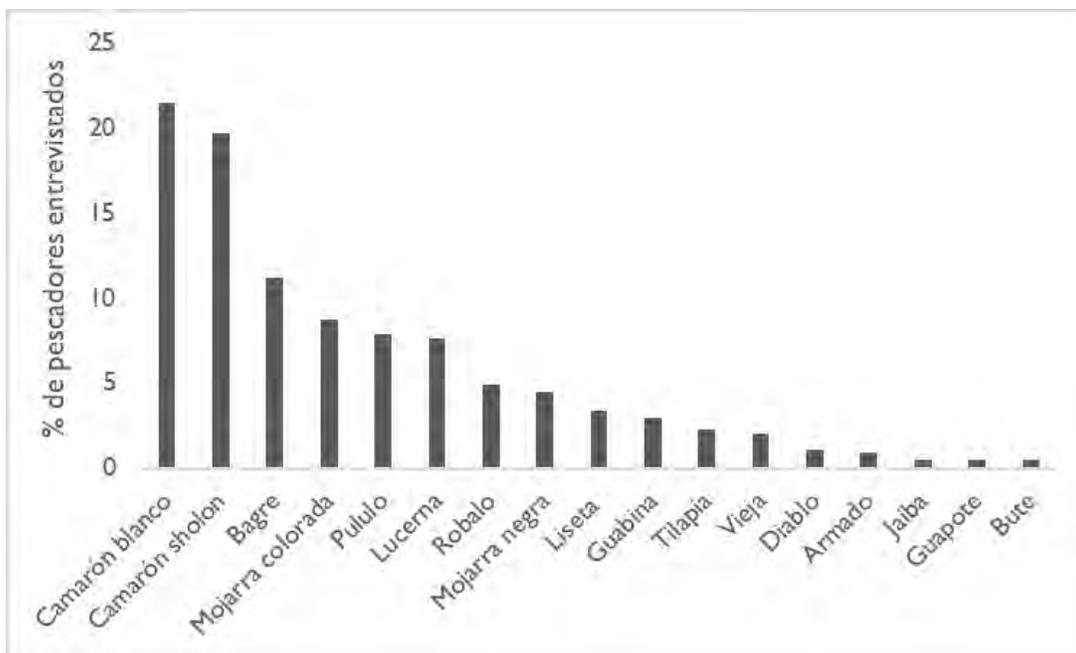


Figura 3. Frecuencia de ocurrencia de las especies de importancia comercial en las pesquerías artesanales estuarinas de Monterrico.

2.1.2. Monitoreo de la pesca artesanal estuarina (septiembre 2019 - enero 2020)

Durante 5 meses (septiembre 2019 a enero 2020) se realizó el monitoreo de desembarques, que consistió en 5 días efectivos por mes para la colecta de datos. Con base en la información derivada de la “Caracterización de la pesca artesanal estuarina de la RNUMM” desarrollada por el proyecto, se seleccionaron 5 comunidades para realizar el monitoreo: El Pumpo, Monterrico, La Avellana, Papaturo y Agua Dulce. Mensualmente se colectó información por arte de pesca para dos de los tres indicadores que el proyecto priorizó para evaluar las intervenciones de monitoreo pesquero: 1) Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) (volumen de captura/embarcación), y 2) Tallas promedio de las especies capturadas (longitud y peso). No se incluyeron dentro del análisis el monitoreo de precios de venta de los productos pesqueros, la caracterización de las pesquerías por comunidad, y la distribución de las zonas de pesca dentro del área protegida.

A través del monitoreo de 87 embarcaciones se identificaron 17 especies de peces y 3 crustáceos, entre los cuales fue posible caracterizar a 9 como especies de importancia comercial (camarón sholón, camarón blanco, lisa, robalo, bagre, tilapia, mojarra colorada, pululo, y mojarra negra) por su frecuencia (Tabla 1) y volúmenes de captura (Fig.4) observados durante todo el estudio. Se registró el uso de 6 artes de pesca en la RNUMM, siendo estos los trasmallos 6-7, trasmallos 10-14, atarrayas 18-20, anzuelos, changos y cedazos. Se analizó la variación temporal en el uso de artes de pesca, su selectividad (número de especies capturadas) y rendimientos (kg/h/embarcación). Aunque la selectividad difirió entre artes de pesca, a través del análisis de tallas de más de 2mil individuos, fue posible identificar que, a excepción de la mojarra negra capturada con anzuelos, todas las demás especies de importancia comercial son capturadas en la por debajo de la talla de madurez reportada internacionalmente. Se desconoce la situación del camarón sholón y el robalo para los cuales no hay información sobre tallas de madurez (Tabla 2).

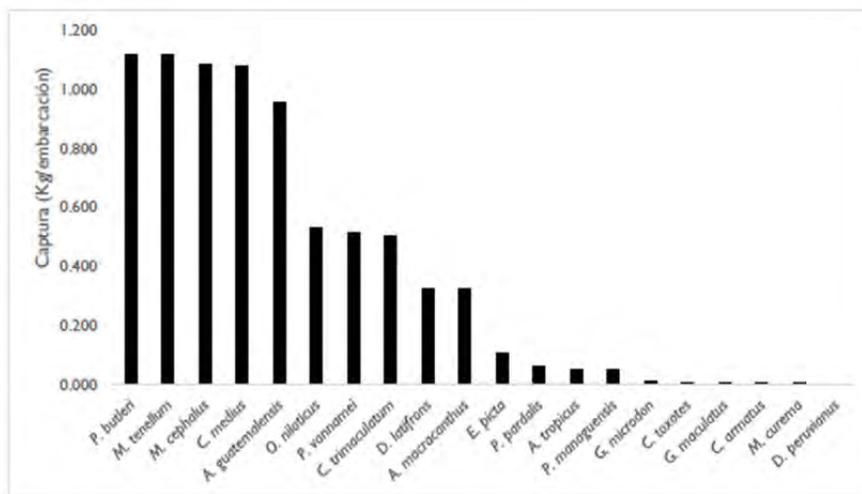


Figura 4. Captura por Unidad de esfuerzo de las especies de las capturas de la pesca estuarina en la RNUMM

Tabla 1. Frecuencia mensual de captura de las especies identificadas en la pesca estuarina en la RNUMM (% de embarcaciones que desembarcaban capturas de una especie en un mes dado).

No.	Especie	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene
1	<i>Macrobrachium tenellum</i>	50%	56%	20%	25%	19%
2	<i>Mugil cephalus</i>	44%	22%	20%	29%	31%
3	<i>Centropomus medius</i>	13%	33%	40%	25%	63%
4	<i>Arius guatemalensis</i>	25%	44%	35%	29%	63%
5	<i>Oreochromis niloticus</i>	13%	11%	15%	13%	6%
6	<i>Penaeus vannamei</i>	75%	33%	-	-	-
7	<i>Cichlasoma trimaculatum</i>	19%	11%	20%	33%	44%
8	<i>Dormitator latifrons</i>	38%	22%	15%	13%	38%
9	<i>Astatheros macracanthus</i>	19%	44%	45%	25%	50%
10	<i>Eleotris picta</i>	6%	11%	15%	4%	38%
11	<i>Pterygoplichthys pardalis</i>	-	-	-	8%	13%
12	<i>Atractosteus tropicus</i>	-	-	5%	-	-
13	<i>Parachromis managuensis</i>	-	-	15%	17%	25%
14	<i>Gobionellus microdon</i>	13%	22%	5%	4%	6%
15	<i>Callinectes toxotes</i>	13%	-	-	-	-
16	<i>Gobiomorus maculatus</i>	25%	-	-	8%	-
17	<i>Centropomus armatus</i>	19%	-	-	-	-
18	<i>Mugil curema</i>	-	-	5%	-	-
19	<i>Diapterus peruvianus</i>	-	-	5%	4%	-
20	<i>Poecilia butleri</i>	-	-	5%	4%	-

Los trasmallos 6-7 son el arte de pesca más frecuentemente utilizado, ya que su uso se registró durante los 5 meses en 43% de las embarcaciones monitoreadas. Sus capturas se conformaron por el 80% de las especies identificadas, siendo las más abundantes y frecuentes el robalo, el bagre, la tilapia y la mojarra roja. Sin embargo, de acuerdo con el análisis del CPUE, este arte genera los menores rendimientos (0.07-0.22 kg/h/embarcación). Se usa principalmente en el mes de septiembre. Las atarrayas 18-20 son otro arte frecuentemente utilizado en la RNUMM, ya que también se registraron durante los 5 meses de estudio, sin embargo, en un número menor de embarcaciones (29%). Sus capturas se conformaron por 70% de las especies identificadas, siendo el camarón sholón y la lisa las más abundantes y frecuentes. Presentaron mejores rendimientos (0.33-0.57) que el trasmallo, y también se utilizaron más frecuentemente en septiembre. En menor proporción y frecuencia se registró el uso de anzuelos (11.5%), cuyas capturas se conformaron por 35% de las especies identificadas. La mojarra colorada y el bagre fueron las especies más abundantes y frecuentes en este arte, que se utiliza principalmente en noviembre y diciembre. Su rendimiento es menor que el de las atarrayas (0.12-0.55). Los trasmallos 10-14 fueron el arte de pesca multiespecífica utilizada en menor frecuencia (9%). Sus capturas se conformaron por 35% de las especies identificadas, siendo las lisas las principales. Este arte generó los mejores rendimientos (0.22-2.27). También se registró en uso changos con luz de malla de 20-22 (4.6%) para la captura de camarón, y el uso de cedazo (2%) para la captura de bute. Dado que en diciembre se registró un desembarque con 90.8kg de bute, esta especie

dominó el análisis de volúmenes de captura, sin embargo, menos del 5% de las embarcaciones monitoreadas registraron capturas de bute. El uso de changos se observó solamente entre septiembre y octubre con CPUE similares, y los cedazos se utilizaron principalmente en diciembre, mes en el que predomina su CPUE (Fig. 5 y 6) (Tabla 2).

Tabla 2. Listado de especies capturadas en las pesquerías artesanales estuarinas de la RNUMM (principales especies respecto a frecuencia y abundancia de captura en negritas), selectividad de especies por arte de pesca, e identificación de especies capturadas arriba (azul) y debajo (rojo) de la talla de madurez reportada internacionalmente.

	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN	Talla de madurez (mm/gr)	Trasmallo	Trasmallo	Atarraya	Anzuelo	Chango	Cedazo
					6-7	10-14	18-20			
Crustáceos	Palaemonidae	<i>Macrobrachium tenellum</i>	Camarón Sholón	n/d	X		83			
	Penaeidae	<i>Penaeus vannamei</i>	Camarón blanco	20-28gr	X	11	8		9.6	
	Portunidae	<i>Callinectes toxotes</i>	Jaiba negra		X		X			
Peces	Ariidae	<i>Arius guatemalensis</i>	Bagre	540	291		X	249		
	Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i>	Lisa	328	201	193	192	X		
		<i>Mugil curema</i>	Lebrancha							
	Poeciliidae	<i>Poecilia butleri</i>	Bute							X
	Centropomidae	<i>Centropomus medius</i>	Robalo	n/d	316		X	X		
		<i>Centropomus armatus</i>	Aleta							
	Cichlidae	<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilapia	186	203		X			
		<i>Astatheros macracanthus</i>	Mojarra negra	157	154		137	166		
		<i>Parachromis managuensis</i>	Guapote		X			X		
		<i>Cichlasoma trimaculatum</i>	Mojarra colorada	220	143		X	139		
	Lepisosteidae	<i>Atractosteus tropicus</i>	Machorra		X					
	Loricariidae	<i>Pterygoplichthys pardalis</i>	Pez diablo		X					
	Gobiidae	<i>Gobionellus microdon</i>	Lucerna		X		X			
	Gerreidae	<i>Diapterus peruvianus</i>					X			
	Eleotridae	<i>Gobiomorus maculatus</i>	Guabina		X		X			
<i>Eleotris picta</i>		Vieja		X		X				
<i>Dormitator latifrons</i>		Pululo	235	176		172	X			

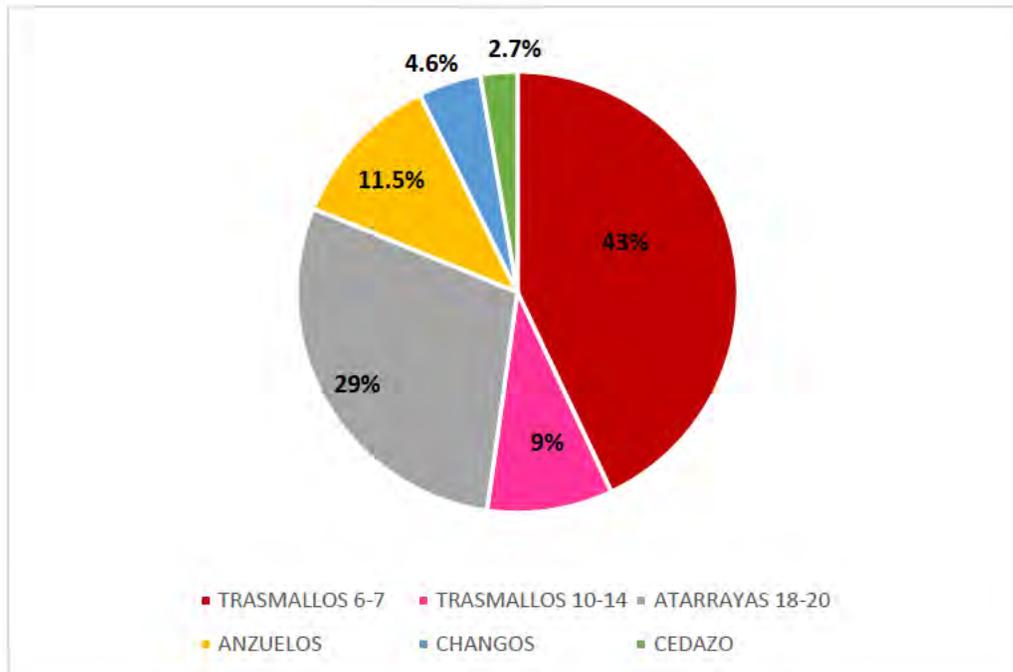


Figura 5. Uso de artes de pesca estuarina en la RNUMM

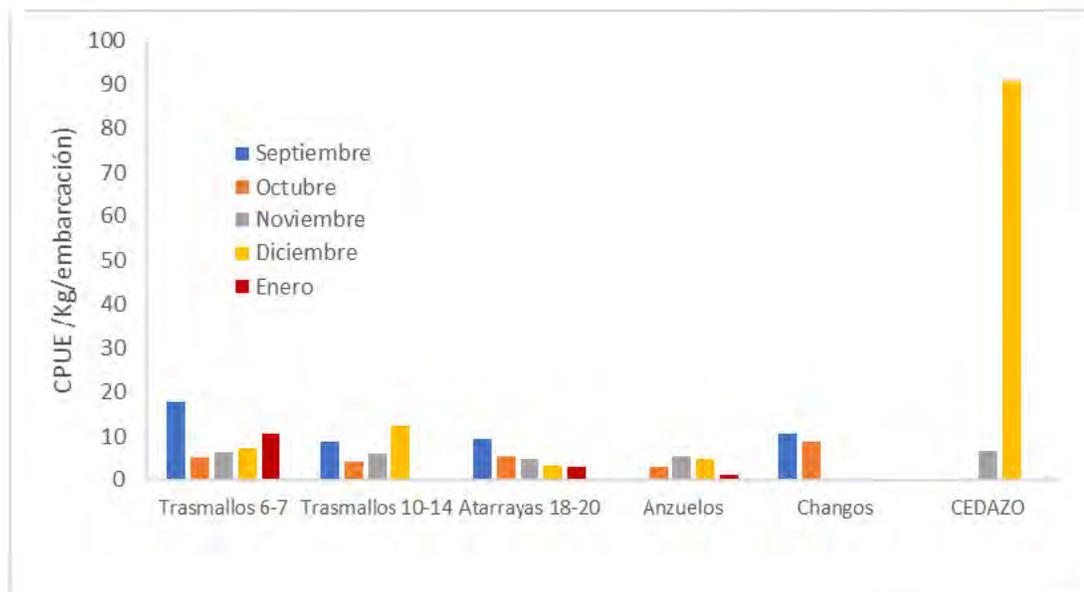


Figura 6. Tendencia mensual en el uso de artes de pesca estuarina en la RNUMM

2.1.3. Análisis de la pesca artesanal estuarina (septiembre 2019-marzo 2021)

El Proyecto de Biodiversidad dio continuidad al monitoreo de pesca a partir de marzo del 2020 y hasta marzo del 2021. En febrero del 2020 no se realizó ningún monitoreo. Esta serie de datos se analizó en conjunto, con el objetivo de realizar un análisis con datos de 18 meses de monitoreo. Se utilizó la misma metodología. A continuación, se presentan los principales resultados de dicho análisis.

Se monitoreó un total de 344 embarcaciones, con un promedio de 19 mensuales (Fig. 1). La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) promedio se estimó en 13.8kg/embarcación/día. Se observaron diferencias en la CPUE entre temporada seca/lluviosa, presentándose mayores valores en época de lluvia. También se observaron diferencias entre los mismos meses de diferentes años, especialmente entre septiembre del 2019 y 2020 (Fig.2). Dado que el esfuerzo de monitoreo fue homogéneo, los resultados sugieren que estas diferencias se relacionan con factores ambientales, dado que los volúmenes de captura elevados corresponden a capturas de dos especies (pululo y camarón sholón).

Se monitoreó el uso de 362 artes de pesca, observándose que las de uso más frecuente en la RNUMM son los trasmallos (42.54%) y las atarrayas (28.18%) (Fig.3). El uso de artes vario entre meses del año, encontrando tendencias diferentes entre temporada seca y lluviosa. El cedazo se utiliza principalmente durante los meses sin lluvia y a inicios de la temporada lluviosa. De igual forma el uso de cimbras y líneas de mano, solamente se registró durante los meses sin lluvia. Por el contrario, los changos se registraron principalmente en temporada lluviosa. Las atarrayas y trasmallos estuvieron presentes durante todos los meses del año.

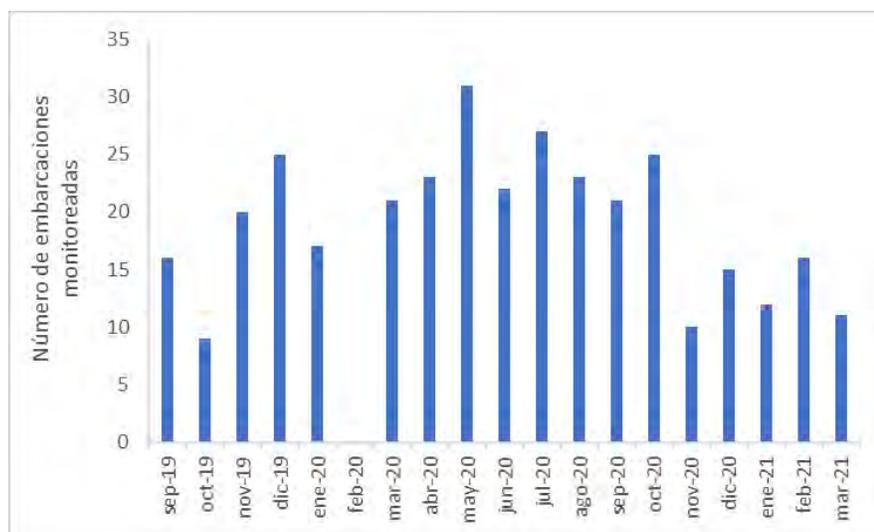


Figura 1. Número de embarcaciones pesqueras monitoreadas en la RNUMM durante el período de septiembre 2019 a marzo 2021.

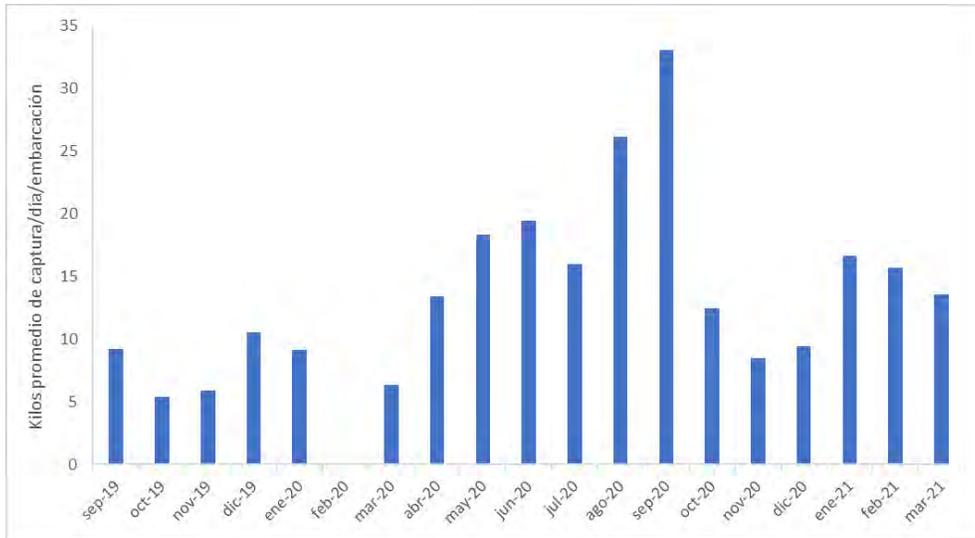


Figura 2. Promedio mensual en la captura por unidad de esfuerzo de las pesquerías artesanales estuarinas de la RNUMM, durante el período de septiembre 2019 a marzo 2021.

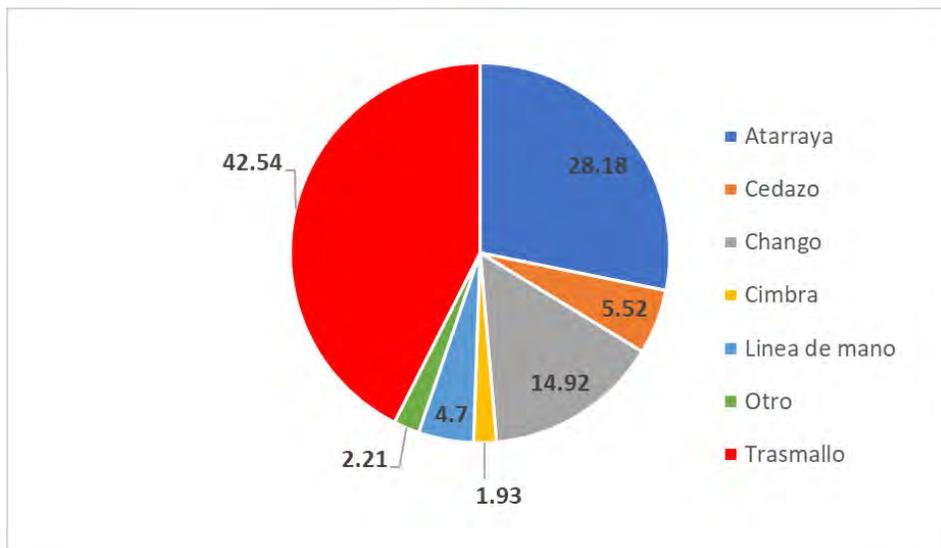


Figura 3. Artes de pesca utilizadas en las pesquerías artesanales estuarinas de la RNUMM, durante el período de septiembre 2019 a marzo 2021.

La prevalencia en el uso de artes de pesca ilegales es alarmante. De acuerdo con la figura 3 el uso de changos y cedazos que son artes ilegales representa el 20% de las artes de pesca utilizadas. Además, una gran proporción de trasmallos y atarrayas que son las principales artes de pesca utilizadas en el área y consideradas como legales, son utilizadas con características que las hace ilegales (trasmallos luz de malla > No. 7 y/o longitud \geq a 100m, y atarrayas con luz de malla > No.

18). Al realizar una evaluación de estas características, fue posible determinar que el 74% de los trasmallos y el 83% de atarrayas que se utilizan dentro del área protegida son ilegales (Fig. 4).



Figura 4. Prevalencia en el uso de trasmallos (a) y atarrayas (b) ilegales respecto a su luz de malla y longitud, en las pesquerías artesanales estuarinas de la RNUMM, durante el período de septiembre 2019 a marzo 2021.

Se encontró una riqueza de 28 especies explotadas en las pesquerías artesanales estuarinas de la RNUMM, conformadas por 24 especies de peces y 4 de crustáceos. A excepción de la tilapia, las demás especies para las cuales se encuentra disponible la talla de madurez se capturan por debajo de la misma (Tabla1). Las principales especies comerciales en términos de volumen de captura son el camarón blanco, pululo, bute y camarón sholón. A excepción de la pesca de bagre con cimbra y de robalo con línea de mano, dado que la pesca de escama es multiespecífica a diferencia de las anteriores que son dirigidas, los volúmenes de captura por especie son bajos (Fig. 5).

Se observa una temporalidad en las capturas de las principales especies, asociada con la época seca/lluviosa. El camarón blanco se captura en los meses de lluvia, superando los 1,260kg de captura en una temporada. El camarón sholón se captura en bajos volúmenes en temporada seca (en promedio 9kg/mes), y en volúmenes más elevados en los meses de lluvia (en promedio 85kg/mes) reportándose para una temporada casi 450kg de captura. El bute al contrario de los camarones se captura en época seca e inicios de lluvias. Solo durante la temporada del 2020 se registraron las capturas de más de 450kg. Mientras que la pesca de pululo ocurre todo el año en volúmenes bajos, observándose un pico en septiembre del 2020 con alrededor de 500kg capturados, contrastando con los 31kg promedio en los demás meses del mismo año. El bagre también se captura todo el año, pero presenta mayores volúmenes en época seca, mientras que el robalo se captura solo en época seca. Ambas especies se capturan en bajos volúmenes (16 y 13 kg/mes respectivamente) (Fig.7). La mayor frecuencia de capturas de bagre y robalo en época seca, de acuerdo con la percepción local, no se relacionan con cambios en la abundancia de estas especies, si no a cambios en la presencia y abundancia de especies de más alto valor comercial como el camarón. Durante los meses de lluvia el esfuerzo de pesca se hace principalmente sobre el camarón, y en los meses que no hay camarón, el esfuerzo se da sobre la escama.

Tabla 1. Riqueza de especies y tallas de captura en las pesquerías artesanales estuarinas de la RNUMM, durante el período de septiembre 2019 a marzo 2021. En rosa se muestran las especies que son capturadas por debajo de la tala de madurez y en celeste las que son capturadas por arriba de la misma.

Nombre científico	Nombre común	Talla de madurez (mm/gr)	Talla de captura
<i>Cichlasoma trimaculatum</i>	Mojarra de pecho rojo	220	142.15
<i>Arius guatemalensis</i>	Bagre	540	278
<i>Astatheros macracanthus</i>	Mojarra negra	157	147.15
<i>Astyanax aeneus</i>	N		
<i>Atractosteus tropicus</i>	Machorra		
<i>Callinectes spp.</i>	Jaibillo		
<i>Callinectes toxotes</i>	Jaiba negra		
<i>Centropomus armatus</i>	Robalo aleta		
<i>Centropomus medius</i>	Robalo		
<i>Centropomus spp.</i>	Robalo		
<i>Diapterus peruvianus</i>	Pichincha	235	159.35
<i>Dormitator latifrons</i>	Pululo		
<i>Eleotris picta</i>	Vieja	n/d	261.31
<i>Eucinostomus sp</i>	Mojarrita		
<i>Gobiomorus maculatus</i>	Guabina	n/d	153
<i>Gobionellus microdon</i>	Lucerna	n/d	145.89
<i>Hypostomus plecostomus</i>	Diablo		
<i>Lutjanus argentiventris</i>	Pargo		
<i>Lutjanus novemfasciatus</i>	Pargo miche		
<i>Lutjanus sp</i>	Pargo dentón		
<i>Macrobrachium tenellum</i>	Camarón sholon		
<i>Mugil cephalus</i>	Lisa	328	192.82
<i>Mugil curema</i>	Lebrancha		
<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilapia	186	202.76
<i>Parachromis managuensis</i>	Guapote		206.5
<i>Panaeus vannamei</i>	Camarón blanco	20-28gr	7.14gr
<i>Poecilia butleri</i>	Bute	n/d	55.69
<i>Selar crumenophthalmus</i>	Ojuda		

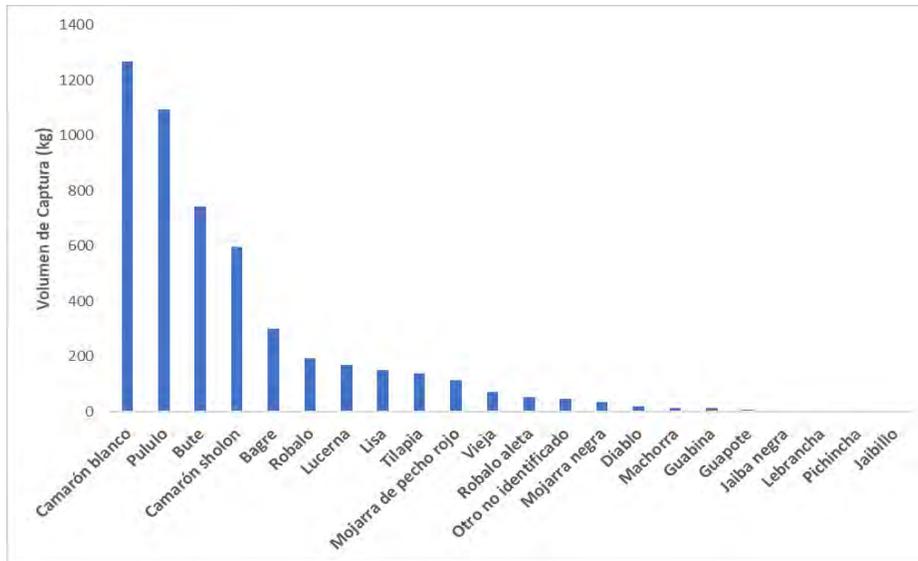


Figura 5. Volumen de captura por especie en las pesquerías artesanales estuarinas de la RNUMM, durante el período de septiembre 2019 a marzo 2021.

El análisis del precio de venta a pie de playa de los productos capturados, así como la ganancia que deja a los pescadores cada especie, muestra información importante para el manejo. Los precios por libra que pagan los intermediarios a los pescadores fluctúan entre Q2-Q22, dependiendo la especie y la temporada. Las especies más escasas son las que alcanzan mayores precios, y las abundantes o que se capturan en altos volúmenes los menores. La machorra es la especie que alcanza el precio de venta más elevado por libra (Q22), seguida del camarón blanco (Q10-15), robalo (Q12), y tilapia (Q10). Sin embargo, en relación con el volumen de captura, a excepción de la tilapia, los pescadores obtienen mayores ganancias de productos de bajo valor comercial. Un ejemplo importante es el bute, que alcanza un precio muy bajo por libra (Q2), no obstante, en términos del volumen que se captura es la pesquería más redituable de la RNUMM. Este análisis también confirma por que los pescadores centran sus esfuerzos en la captura de camarón, y no en la escama (Fig. 6).

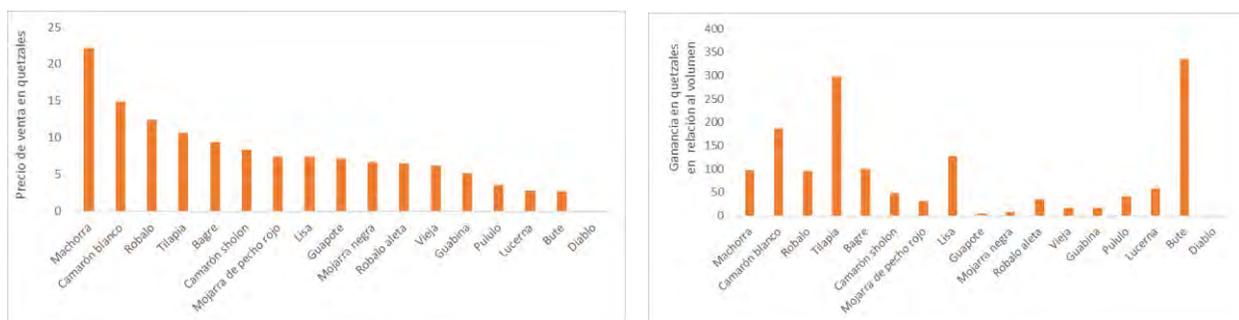


Figura 6. Precio de venta por libra por especie (a) y ganancia por especie de acuerdo con el volumen de captura (b) de las pesquerías artesanales estuarinas de la RNUMM, durante el período de septiembre 2019 a marzo 2021.

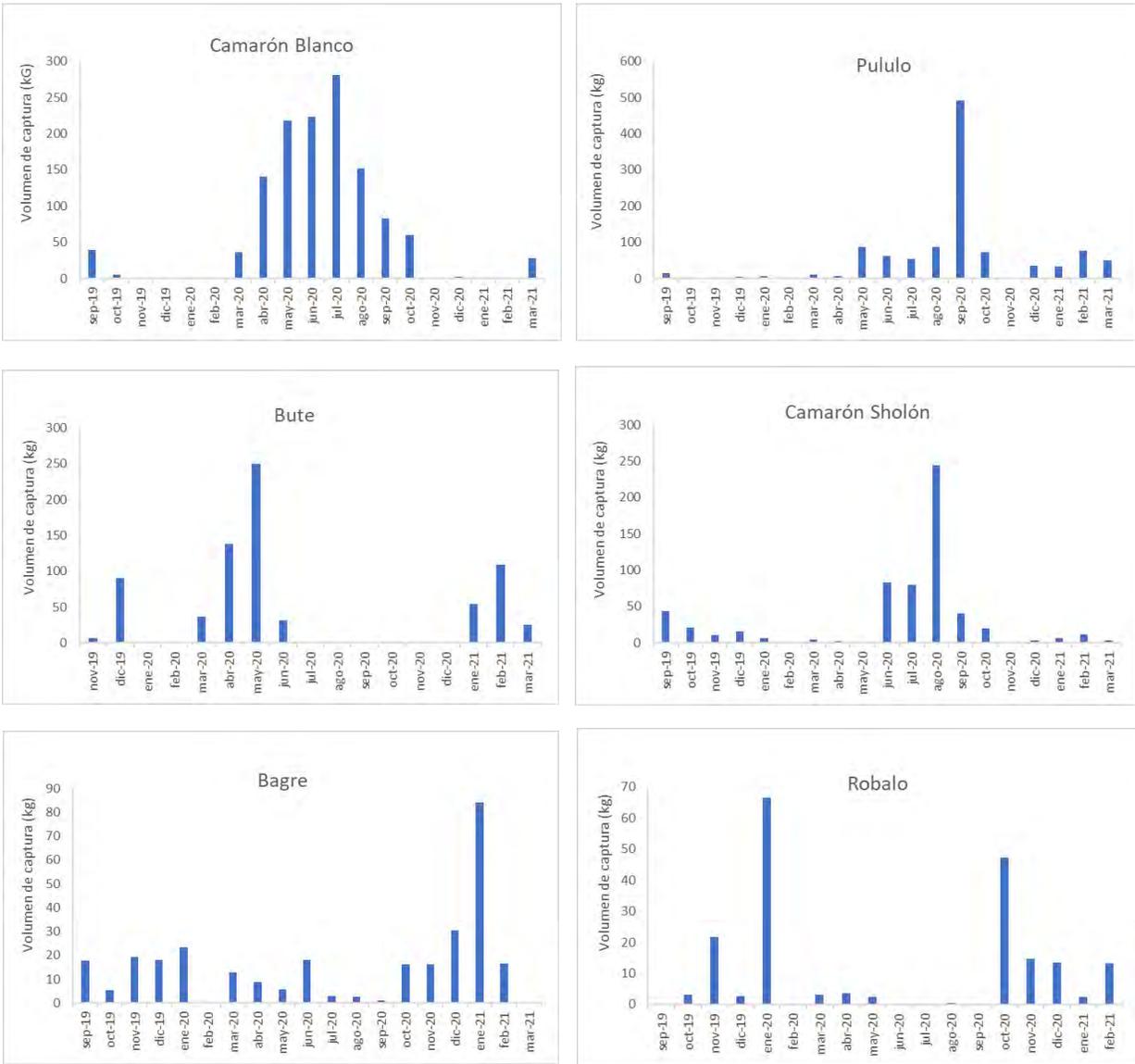


Figura 7. Variación temporal en el volumen de captura de las principales especies de las pesquerías artesanales estuarinas de la RNUMM, durante el período de septiembre 2019 a marzo 2021.

2.2. Área de Conservación Sipacate-Naranjo

2.2.1. Monitoreo de la pesca artesanal estuarina (diciembre 2019-junio 2020)

Durante 5 meses (diciembre 2019, y enero, febrero, marzo y junio 2020) se realizó el monitoreo de desembarques, que consistió en 5 días efectivos por mes para la colecta de datos. Se seleccionaron dos sitios para realizar el monitoreo: el Rancho Municipal de Sipacate y el desembarcadero del Paredón-Buena Vista. Mensualmente se colectó información para tres indicadores que el proyecto priorizó para evaluar las intervenciones de monitoreo pesquero: 1) Captura por Unidad de Esfuerzo (volumen de captura en libras/# de equipos/hora), 2) Tallas promedio de las especies capturadas (longitud y peso), y 3) Precios de venta de los productos o categorías comerciales. Se colectó información sobre las artes de pesca utilizadas, se identificaron taxonómicamente las especies capturadas, y se realizó un análisis de la distribución de las zonas de pesca dentro del área protegida, como información complementaria para analizar los indicadores.

A través del monitoreo de 173 embarcaciones, se estimó que diariamente dentro de la zona estuarina del área protegida pescan un promedio de 10 embarcaciones (mínimo-máximo: 2-18). Se identificó al Rancho Municipal como el sitio donde ocurren la mayor parte de desembarques (representando entre el 60-95% de los monitoreos). Las artes de pesca utilizadas en mayor frecuencia son la atarraya, el trasmallo y el lumpe, registrándose una variación mensual en su uso (Fig. 1). Se cuantificó un total de 3,666 libras de productos pesqueros, y se identificaron 19 especies de peces, 2 crustáceos y 1 molusco. De acuerdo a los resultados del monitoreo el 60% de la biomasa de los desembarques está compuesto por 10 especies, siendo la principal la lisa, seguida por el bagre, el robalo, el pargo, y la mojarra colorada. La selectividad (especies capturadas) difiere entre artes de pesca. A través del análisis de tallas, se identificaron 13 especies que son capturadas por debajo de la talla de madurez reportada internacionalmente, y 6 especies que se capturan en tallas arriba de la de madurez (Tabla 1).

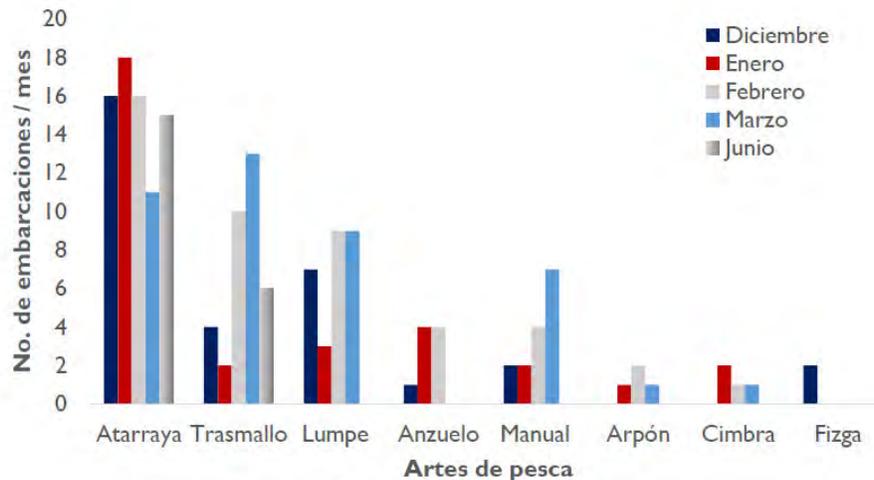


Figura 1. Tendencia mensual en el uso de artes de pesca estuarina en el Área de Conservación Sipacate-Naranjo

Tabla 1. Listado de especies capturadas en las pesquerías artesanales estuarinas de Sipacate (principales en negritas), selectividad de especies por arte de pesca, e identificación de especies capturadas arriba (azul) y debajo (rojo) de la talla de madurez reportada internacionalmente.

	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN	Talla de madurez (mm)	Talla de captura (mm)	Atarraya	Trasmallo	Anzuelo	Arpón	Cimbra	Lumpe	Colecta
Moluscos	Mytilidae	<i>Mytilus spp.</i>	Mejillón	-	30							x
	Crustáceos	Portunidae	<i>Callinectes toxotes</i>	Jaiba negra	191	88						x
<i>Callinectes spp.</i>			Jaibillo	-	118						x	
Peces	Ariidae	<i>Ariopsis guatemalensis</i>	Bagre	540	260	x	x	x	x	x		
		<i>Arius platypogon</i>	Bagre boquiche	290	223	x	x	x	x	x		
	Heptaeridae	<i>Rhamdia quelen</i>	Bagre negro	240	282		x					
	Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i>	Lisa	328	204	x	x					
	Belonidae	<i>Tylosurus pacificus</i>	Silillo	452	520		x					
	Lutjanidae	<i>Lutjanus argentiventris</i>	Pargo miche	190	166	x	x	x	x			
		<i>Lutjanus novemfasciatus</i>	Pargo	856	194	x	x	x	x			
	Centropomidae	<i>Centropomus armatus</i>	Aleta	370	163	x						
		<i>Centropomus spp.</i>	Robalo	-	264	x	x	x	X			
		<i>Centropomus robalito</i>	Chiquiguite	270	196	x						
	Ciclidae	<i>Amphilopus trimaculatus</i>	Mojarra colorada	220	161	x	x	x	x			
		<i>Astatheros macracanthus</i>	Mojarra negra	157	179	x	x					
		<i>Parachromis managuense</i>	Guapote	100	227		x					
	Carangidae	<i>Selar crumenophthalmus</i>	Ojuda	170	194	x	x					
		<i>Caranx caninus</i>	Jurel	443	187	x	x		x			
	Serranidae	<i>Epinephelus spp.</i>	Mero	-	390	x			x			
	Scianidae	<i>Menticirrhus panamensis</i>	Ratón zorro	100	268	x						
	Haemulidae	<i>Pomadasys spp.</i>	Ronco	-	173			x				
	Polynemidae	<i>Polydactylus opercularis</i>	Barbuda blanca	290	245	x						
	Gerreidae	<i>Diapterus peruvianus</i>	Pichincha	185	180		x					
Eleotridae	<i>Dormitator latifrons</i>	Pupo	235	170	x	x						

El volumen de captura extraído y el número de embarcaciones activas también presentó una variación mensual. Estos resultados reflejan la dinámica de la extracción pesquera, pero también los efectos de la pandemia entre los meses de marzo y junio, en los cuales se observa una disminución en el número de embarcaciones y volumen de captura (Fig. 2). El valor económico de las capturas varía respecto a la especie y tamaño de los individuos, y se clasifica en tres categorías: las capturas de primera tienen un valor entre Q10-15/lb, las de segunda tienen un valor en el mercado entre Q7-8/lb, y las de tercera alrededor de Q3/lb. El 50% de la biomasa monitoreada pertenecía a especies de tercera categoría (Fig. 3).



Figura 2. Tendencia mensual en la Captura por Unidad de Esfuerzo en el Área de Conservación Sipacate-Naranjo

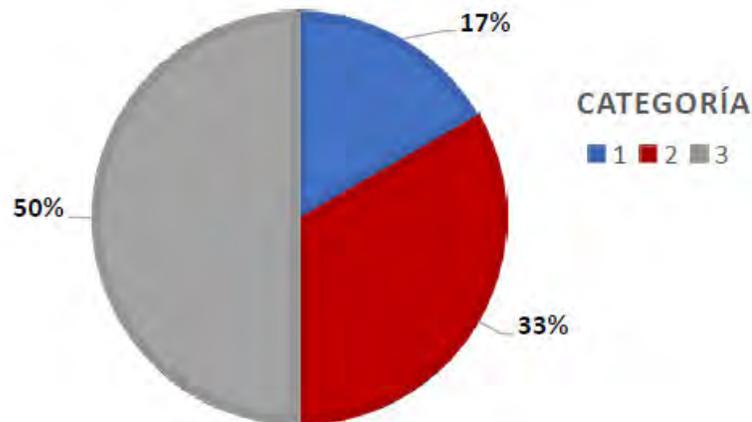


Figura 3. Porcentaje de captura de biomasa en especies de primera (Q10-Q15), segunda (Q7-8) y tercera (Q3) en el Área de Conservación Sipacate-Naranjo

A través del análisis de distribución, se identificó que la pesca de jaibas con lumpe y colecta de moluscos se practican principalmente cerca de Sipacate-Naranjo y en algunos sitios bajos de la Poza del Nance; la simbra se utiliza principalmente en la boca barra; el trasmallo en La Poza del Nance; el arpón se usa en cercanía de las comunidades del Paredón y Sipacate, y el anzuelo y atarraya a lo largo del canal (Fig. 4).



Figura 4. Distribución de las pesquerías artesanales estuarinas en el Área de Conservación Sipacate-Naranjo

2.3. Manchón-Guamuchal

2.3.1. Monitoreo de la pesca artesanal estuarina (octubre 2019-diciembre 2020)

Inicialmente (octubre 2019 -enero 2020) el monitoreo de desembarques en Manchón se realizó a través del monitoreo de desembarques en la aldea El Chico. Sin embargo, posteriormente (febrero-diciembre 2020) por temas de seguridad y difícil acceso al área, el monitoreo fue cancelado y comenzó a realizarse con el apoyo de un acopiador local de la aldea Tres Cruces, quien registraba los datos de 5 días efectivos de capturas acopiadas cada mes y de forma posterior los enviaba al equipo del proyecto para tabular. Mensualmente se colectó información para dos de los tres indicadores que el proyecto priorizó para evaluar las intervenciones de monitoreo pesquero: 1) Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) (volumen de captura/embarcación), y 2) Análisis de precios de venta de los productos pesqueros. No se incluyó dentro del análisis el indicador “Tallas promedio de las especies capturadas”.

Se monitoreó un total de 217 desembarques, con un promedio 16 mensuales en Tres Cruces con un volumen de captura promedio de 16.7 kg/embarcación/día, y 11 en El Chico con un volumen de captura promedio de 10.7kg/embarcación/día (Fig. 1). La serie de datos de Tres Cruces fue analizada anualmente encontrando una tendencia al incremento del CPUE en la temporada seca (Fig.2). No se analizaron los datos del Chico, debido a que se contaba con solamente 4 meses de monitoreo, ni se incluyeron dentro del análisis de Tres Cruces por diferencias específicas observadas entre áreas que se muestran en la figura 6.

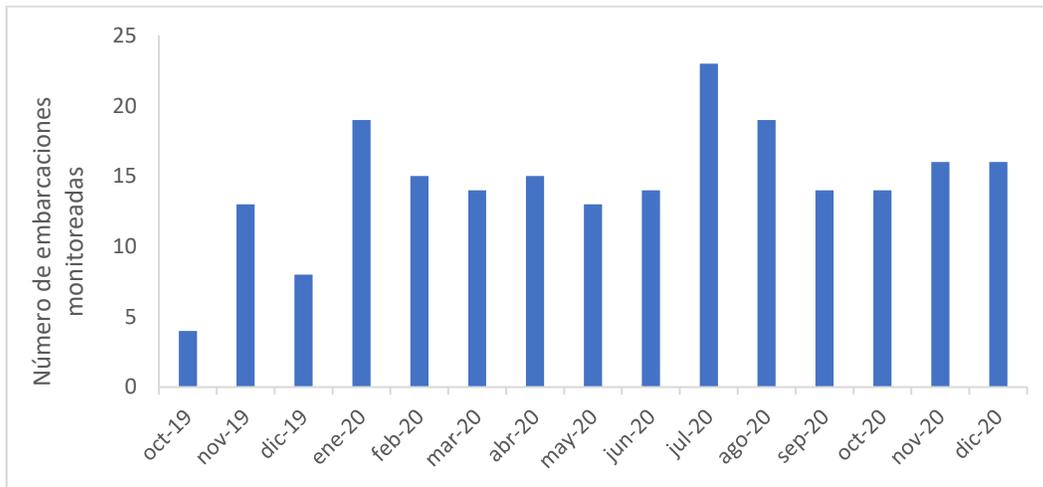


Figura 1. Número de embarcaciones pesqueras monitoreadas en Manchón-Guamuchal durante el período de octubre 2019 a diciembre 2020.

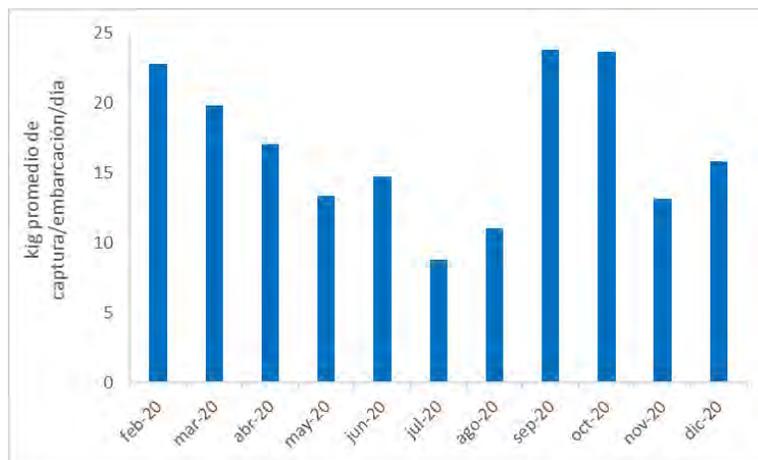


Figura 2. Promedio mensual de la captura por unidad de esfuerzo de las pesquerías artesanales estuarinas de Tres Cruces, durante el período de febrero a diciembre 2020.

Se monitoreo el uso de 217 artes de pesca, observándose que las de uso más frecuente son las atarrayas (52.07%) y los trasmallos (23.86%) (Fig.3). El uso de artes no varió entre meses del año, observándose que a lo largo del año se utilizan todas las artes en las frecuencias descritas. Aunque no se registró el uso de artes de pesca ilegales por su naturaleza como los changos y el cedazo que se utilizan en Monterrico, la prevalencia en el uso de trasmallos que por sus características se consideran ilegales (malla < No.7 y/o \geq a 100m de longitud) es elevada (46%). Sin embargo, resalta que el 100% de las atarrayas utilizadas -principal arte de pesca en el área-, son legales de acuerdo con su luz de malla (\leq No.18) (Fig.4).

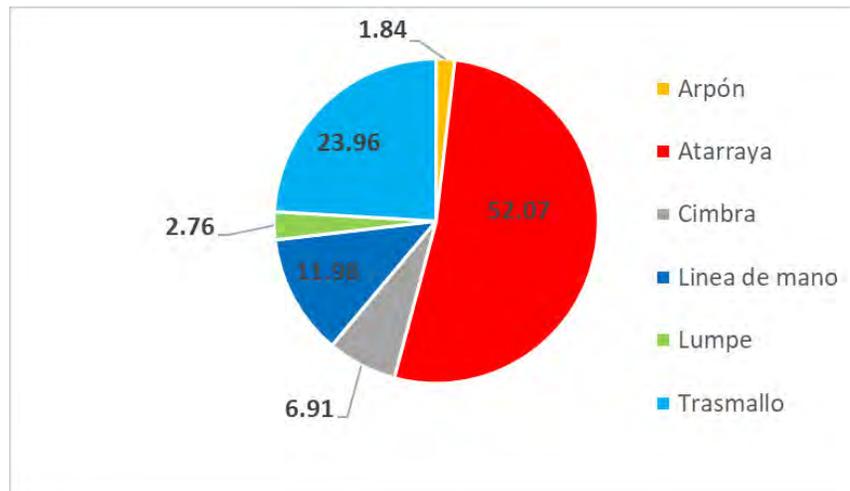


Figura 3. Artes de pesca utilizadas en las pesquerías artesanales estuarinas de Manchón-Guamuchal, durante el período de octubre 2019 a diciembre 2020.



Figura 4. Prevalencia en el uso de trasmallos (a) y atarrayas (b) ilegales respecto a su luz de malla y longitud, en las pesquerías artesanales estuarinas de Manchón-Guamuchal, durante el período de octubre 2019 a diciembre 2020.

Se encontró una riqueza de 20 especies en las pesquerías artesanales estuarinas del Chico, y 16 en Tres cruces, conformadas por 19 especies de peces, 2 de crustáceos y 1 molusco. Solamente la lebrancha y la ojuda que son capturadas en Tres Cruces, no son capturadas en El Chico, sin embargo 6 especies que son capturadas en El Chico, no son capturadas en Tres Cruces (Tabla1). Las principales especies comerciales en términos de volumen de captura son la lebrancha, el bagre, y la lisa, con diferencias importantes en su volumen respecto a las demás especies (Fig. 5). Cuando se analizan ambas áreas por separado es posible observar las diferencias tanto en riqueza como en abundancia entre ellas. En El Chico hay una mayor riqueza de especies, pero la abundancia es baja (Fig. 6), mientras que en Tres Cruces la riqueza es menor pero la abundancia es alta, especialmente en los meses donde no hay lluvias (Fig.8). Estas diferencias pueden estar relacionadas con la hidrografía del área, ya que El Chico se localiza en un área de Manchón-Guamuchal en donde hay poca influencia de agua dulce y donde la barra se encuentra bastante lejana, mientras que Tres Cruces tiene los aportes del Río Ocosito y la influencia de la barra.

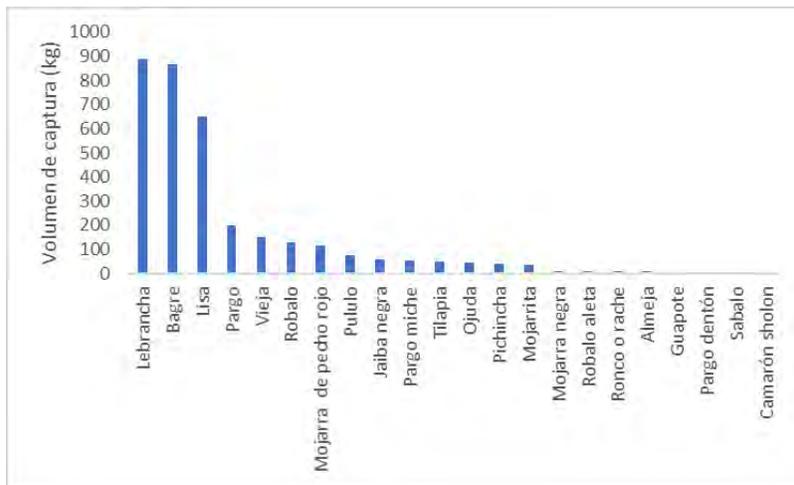


Figura 5. Volumen de captura por especie en las pesquerías artesanales estuarinas de Manchón-Guamuchal, durante el período de octubre 2019 a diciembre 2020.

Tabla 1. Riqueza de especies y tallas de captura en las pesquerías artesanales estuarinas de Tres Cruces y El Chico, durante el período de octubre 2019 a diciembre 2020.

Nombre científico	Nombre común	Tres Cruces	El Chico
<i>n/i</i>	Almeja		
<i>Arius guatemalensis</i>	Bagre		
<i>Astatheros macracanthus</i>	Mojarra negra		
<i>Callinectes toxotes</i>	Jaiba negra		
<i>Centropomus armatus</i>	Robalo aleta		
<i>Centropomus spp.</i>	Robalo		
<i>Cichlasoma trimaculatum</i>	Mojarra de pecho rojo		
<i>Diapterus peruvianus</i>	Pichincha		
<i>Dormitator latifrons</i>	Pululo		
<i>Eleotris picta</i>	Vieja		
<i>Elops affinis</i>	Sabalo		
<i>Eucinostomus sp</i>	Mojarrita		
<i>Lutjanus argentiventris</i>	Pargo		
<i>Lutjanus novemfasciatus</i>	Pargo miche		
<i>Lutjanus sp</i>	Pargo dentón		
<i>Macrobrachium tenellum</i>	Camarón sholon		
<i>Mugil cephalus</i>	Lisa		
<i>Mugil curema</i>	Lebrancha		
<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilapia		
<i>Parachromis managuensis</i>	Guapote		
<i>Pomadasys spp.</i>	Ronco		
<i>Selar crumenophthalmus</i>	Ojuda		

A excepción de la jaiba que es pagada a Q40/docena, los precios por libra que pagan los intermediarios a los pescadores fluctúan entre Q2-Q13, dependiendo la especie y para algunos casos la temporada. El pargo miche, la ojuda, lisa, vieja y pululo, son las especies de menor valor comercial, y el pargo y robalo las de mayor. En relación con el volumen de captura y precios, la jaiba es el producto pesquero que más ganancia deja a los pescadores, seguida del bagre (Fig. 7).

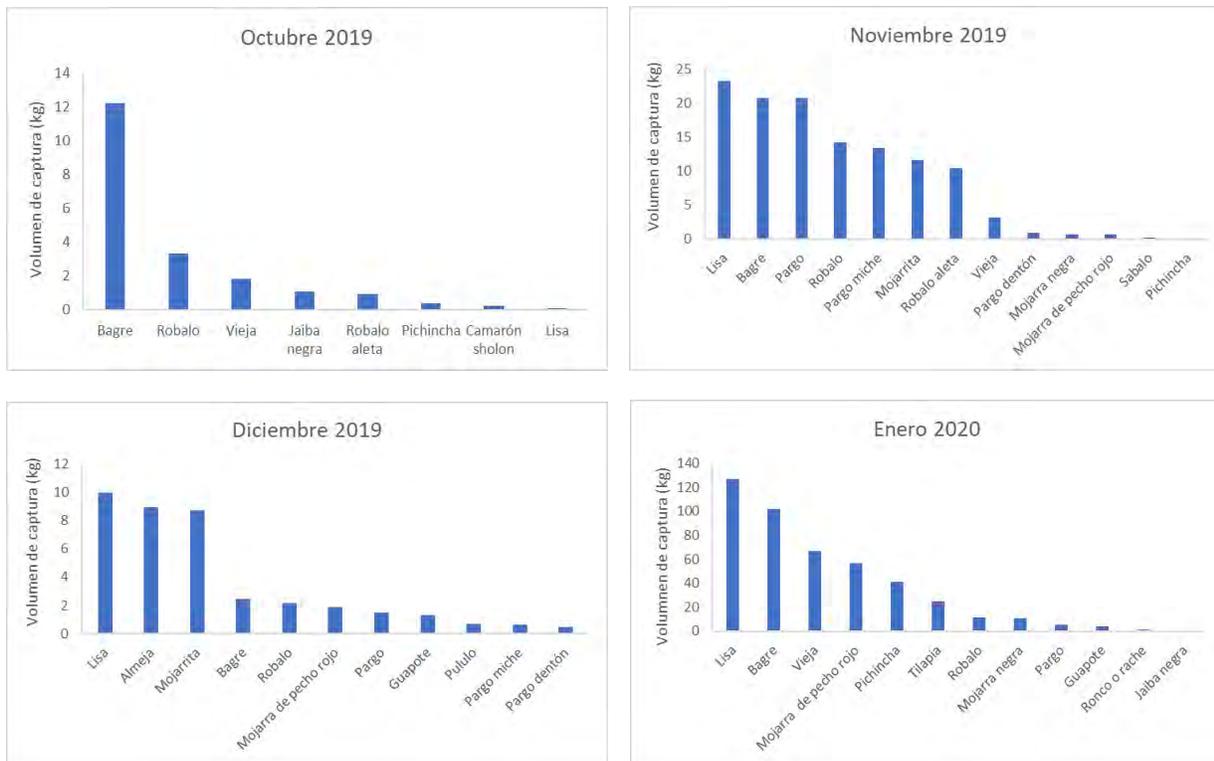


Figura 6. Variación temporal en el volumen de captura de las pesquerías artesanales estuarinas de El Chico, durante el período de octubre 2019 a enero 2020.

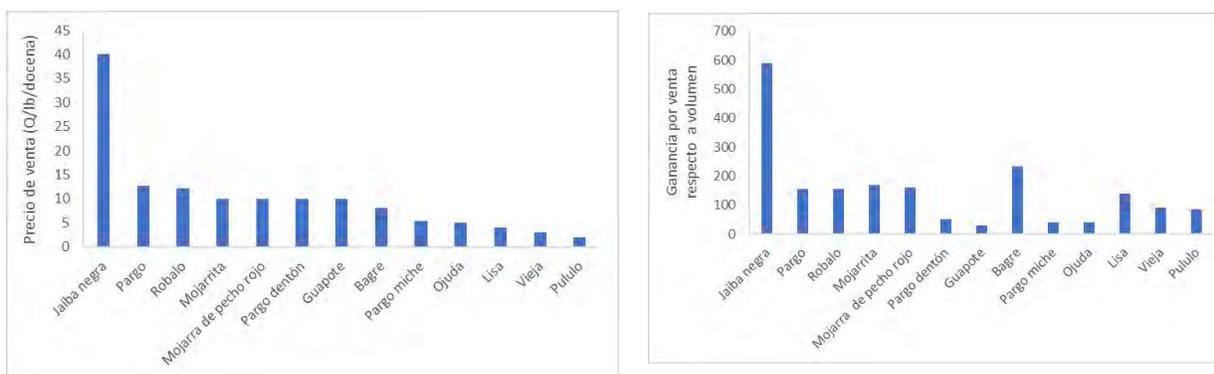


Figura 7. Precio de venta por libra por especie (a) y ganancia por especie de acuerdo con el volumen de captura (b) de las pesquerías artesanales estuarinas de Manchón-Guamuchal, durante el período de octubre 2019 a diciembre 2020.

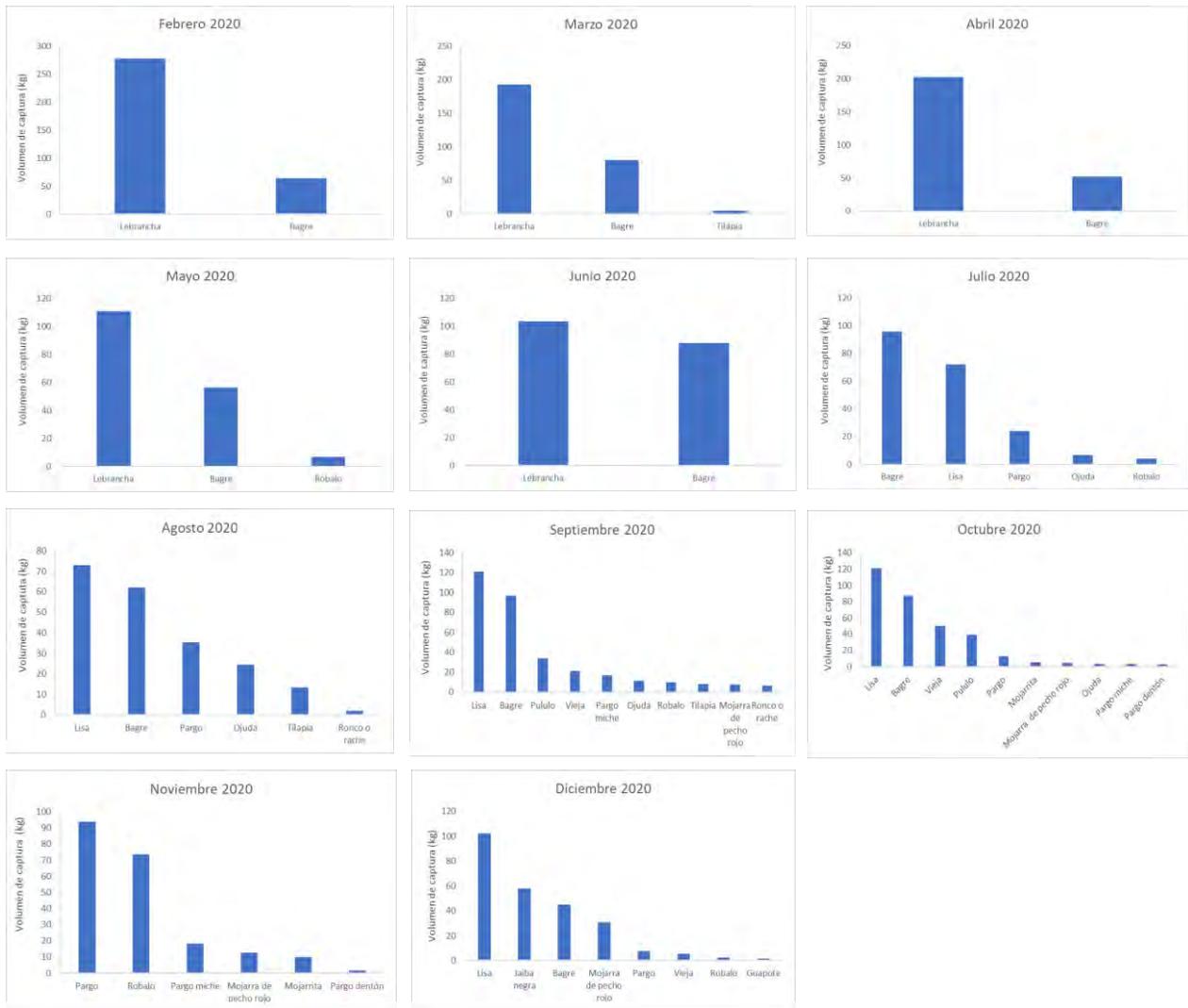


Figura 8. Variación temporal en el volumen de captura de las pesquerías artesanales estuarinas de Tres Cruces, durante el período de febrero a diciembre del 2020.

3. TORTUGAS MARINAS

3.1. Plan de Manejo sobre la excepción para la cosecha de subsistencia de huevos de parlama (Resolución CIT-COP6-2013R1)

El aprovechamiento no sostenible de huevos de tortuga marina ha sido una de las principales causas para la declinación a nivel mundial de las poblaciones de varias especies. Con el fin de promover la protección, conservación y recuperación de las poblaciones y los hábitats de los cuales dependen, con base en información científica y considerando las características socioeconómicas de las partes, se creó la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas (CIT). Guatemala es parte firmante de la CIT, por lo que existe un compromiso internacional para la prohibición de la captura, retención o muerte intencional de las tortugas marinas, y el comercio de estas, de sus huevos, partes o productos. Sin embargo, cada país podrá permitir excepciones para satisfacer necesidades económicas de subsistencia de comunidades tradicionales.

Con base en lo anterior, la Resolución CIT-COP6-2013R1 “Resolución sobre excepciones para la cosecha de subsistencia de huevos de parlama en Guatemala y Panamá”, recomendó a Guatemala la implementación de las siguientes actividades a mediano plazo (vencido en el 2018): 1) establecer un programa de monitoreo de la población, 2) buscar alternativas económicas que atiendan la necesidad de estos medios de subsistencia con la finalidad de reducir la colecta de huevos a un nivel sostenible, 3) identificar el nivel de cosecha que no impacte negativamente a la población explotada y que deberá ser alcanzado mediante la reducción gradual de la cosecha.

El Proyecto de Biodiversidad apoyó a CONAP para iniciar la implementación de las actividades recomendadas en la Resolución CIT-COP6-2013R1, a través de los siguientes productos: 1) identificación del nivel sostenible de cosecha de huevos, 2) diseño de una propuesta para establecer un programa de monitoreo, y 3) descripción de potenciales actividades económicas alternativas para los parlameros. A continuación, se resumen y discuten cada uno de ellos.

3.1.1. Evaluación de la sostenibilidad del nivel de colecta de huevos de parlama

La identificación del nivel de colecta que no impacte negativamente la población explotada se realizó a través del análisis de la siguiente información:

- Número de huevos sembrados en tortugarios entre 1999-2019, como una aproximación de la cantidad de huevos desovados que no son eliminados de la población por el comercio
- Número de rastros de anidación para el área de Hawaii entre los años 2003-2018
- Número de rastros de anidación en 8 playas índices de la costa del Pacífico entre 2013-2018

En la costa del Pacífico de Guatemala anidan 3 especies de tortugas marinas: parlama (*Lepidochelys olivacea*), baule (*Dermochelys coriacea*), y verde (*Chelonia mydas*), y existen pocos

reportes de anidación de carey (*Eretmochelys imbricata*). La parlama -catalogada como vulnerable por la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN- anida en mayores números. Las principales amenazas para la conservación de la especie son la degradación de sus playas de anidación, la captura incidental en pesquerías, el cambio climático, y la sobreexplotación de huevos. Los movimientos de las parlamas comprenden grandes distancias, deambulando entre las aguas costeras de los países tropicales entre las zonas oceánicas y neríticas, buscando aguas cálidas. Su alimentación comprende crustáceos, moluscos y peces, y no se ha observado una fidelidad a sitios de alimentación. La zona oriental del litoral del Pacífico comprende las playas principales de anidación en Guatemala. Se sugiere que esta preferencia puede guardar una relación con las condiciones ambientales o las diferencias en la productividad entre tortugarios. El intervalo de migración a playas de anidación es de 1-2 años. Las parlamas alcanzan la madurez sexual en un promedio de 14 años (7-17 años). El período de anidación se extiende de julio a octubre, con anidaciones esporádicas todo el año. Usualmente depositan dos nidos por período de anidación, con un espacio de alrededor de 20 días entre puestas. Los nidos tienen una profundidad de 30cm y contienen alrededor de 90 huevos cuyo período de incubación comprende entre 43-55 días. Los rastros de anidación se caracterizan por tener un ancho de entre 70-80cm, con huellas alternadas y poco profundas de las aletas.

Además del aprovechamiento de huevos por parte de los parlameros (personas que colectan huevos), en Guatemala no existe otro tipo de aprovechamiento comercial de las tortugas marinas. Por lo que los esfuerzos de conservación se centran en el establecimiento de una cuota de conservación en la que los parlameros deben entregar el 20% de los huevos colectados a un tortugario para su incubación. Esta estrategia inició en 1971 por la Dirección de Bosques y Vida Silvestre (DIGEBOS) del MAGA, estableciendo el primer tortugario de Guatemala en Hawaii. En la actualidad el número de tortugarios que operan anualmente es variable, ya que su funcionamiento depende de los recursos económicos disponibles. Para el año 2019 se registraron 34 tortugarios activos, siendo los tortugarios del Banco (224,815 huevos sembrados), Monterrico (73,552 huevos sembrados), Marina del Sur (50,909 huevos sembrados), y Hawaii (34,077 huevos sembrados), los más productivos.

De acuerdo con los registros históricos de CONAP y con el *Análisis Situacional de Tortugas Marinas* elaborado anualmente por ARCAS, se observa un incremento exponencial en el número de huevos sembrados en tortugarios del Litoral del Pacífico de 1999 (52,405 huevos sembrados) al 2019 (590,402 huevos sembrados) (Fig. 1). Sin embargo, este incremento no se relaciona con la cuota de conservación, si no con la estrategia que muchos tortugarios adoptaron de comprar huevos. Como consecuencia se ha observado un cambio de comportamiento de los parlameros que prefieren vender los huevos a los tortugarios que a los comercializadores, para apoyar la sostenibilidad de su actividad económica. Tomando en cuenta los 590,405 huevos sembrados en la temporada 2018-2019, y restando el 20% de la cuota de conservación, se estima que se repartió entre los parlameros Q590,405 por la venta de huevos a tortugarios.

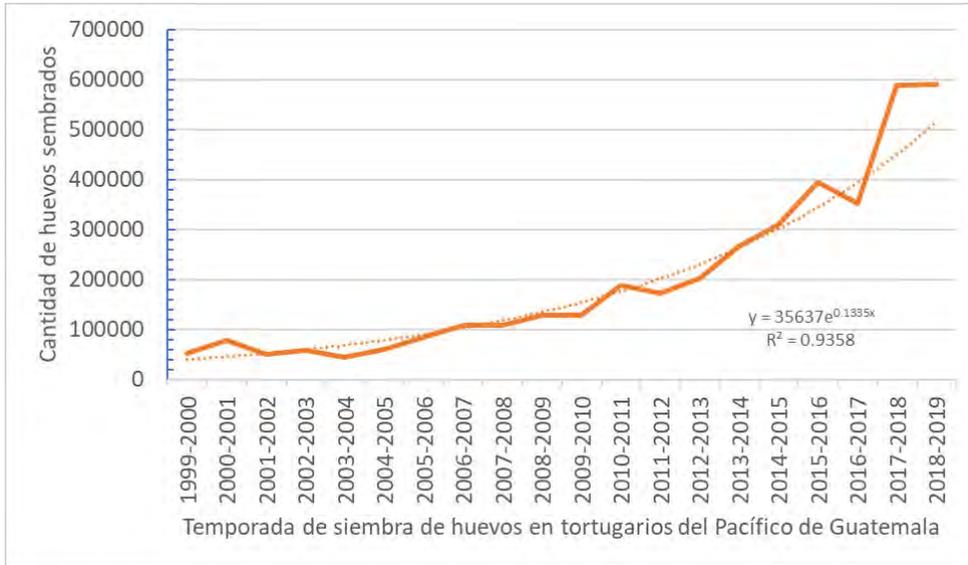


Figura 1. Huevos sembrados en tortugarios de la Costa del Pacífico entre 1999-2019.

En Guatemala solamente existe un programa de monitoreo de tortugas marinas. Este es realizado por ARCAS anualmente desde el año 2003 para la playa Hawaii y desde el año 2013 para otras 6 playas de la costa del Pacífico. A partir de los datos colectados de rastros de anidación de tortugas marinas y el número de huevos sembrados en tortugarios, ARCAS genera anualmente el documento “Análisis situacional de las tortugas marinas en Guatemala”. Los registros históricos de anidación en Hawaii muestran una tendencia de incremento de la población, la cual se sugiere se encuentra relacionada con las acciones de conservación de los tortugarios locales (Fig. 2).

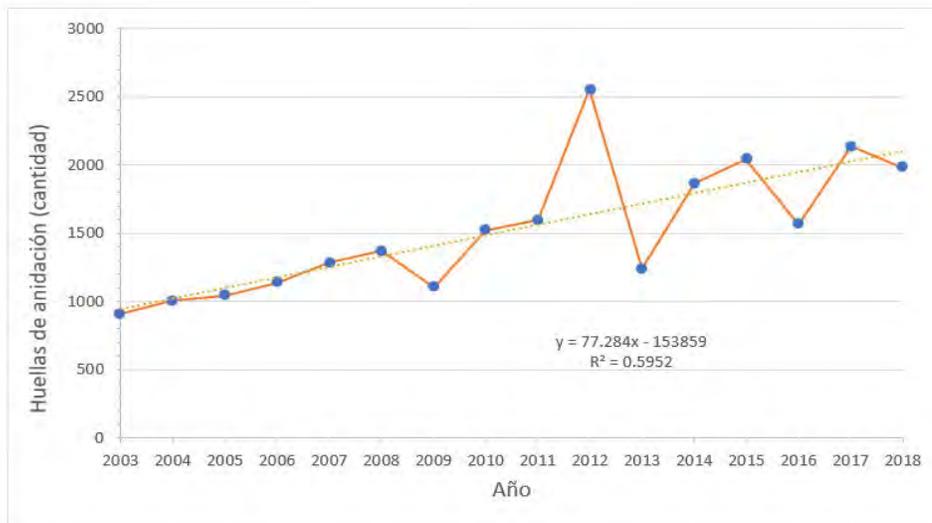


Figura 2. Rastros de anidación de parlama en Hawaii para el período 2003-2018

Para evaluar las tendencias en el litoral Pacífico se utilizaron datos de anidación del 2002 (Montes, 2004) y los del monitoreo realizado por ARCAS a partir del 2013 en las playas de El Chico (Retalhuleu), Churrirín (Suchitepéquez), El Paredón y El Conacaste (Escuintla), Candelaria, Monterrico y Hawaii (Santa Rosa), y La Barrona (Jutiapa). En la figura 3 puede observarse como la tendencia de incremento en el número de rastros de anidación encontrada en Hawaii, es consistente con la encontrada en varias playas del litoral. Con base en estos hallazgos se sugiere que el número de hembras que anidan en las costas guatemaltecas se ha incrementado en el tiempo, lo que parece indicar que la tasa de colecta de huevos actual no tiene un impacto significativo en la cantidad de hembras anidando y el sistema de cuotas de conservación del 20% podría ser adecuado. La evaluación de la distribución espacial de los rastros indica una tendencia creciente de anidación con respecto al gradiente geográfico de Oeste a Este, y por lo tanto en la cantidad de hembras anidando en el litoral Pacífico de Guatemala (Fig.4).

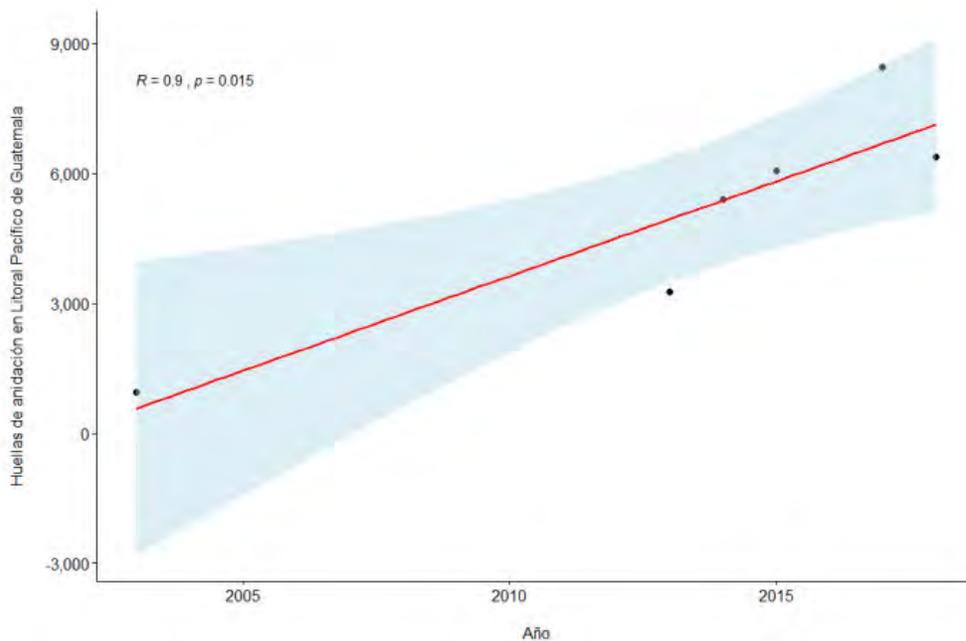


Figura 3. Rastros de anidación de parlama en los años 2002-2018 en 8 sitios del Litoral del Pacífico de Guatemala.

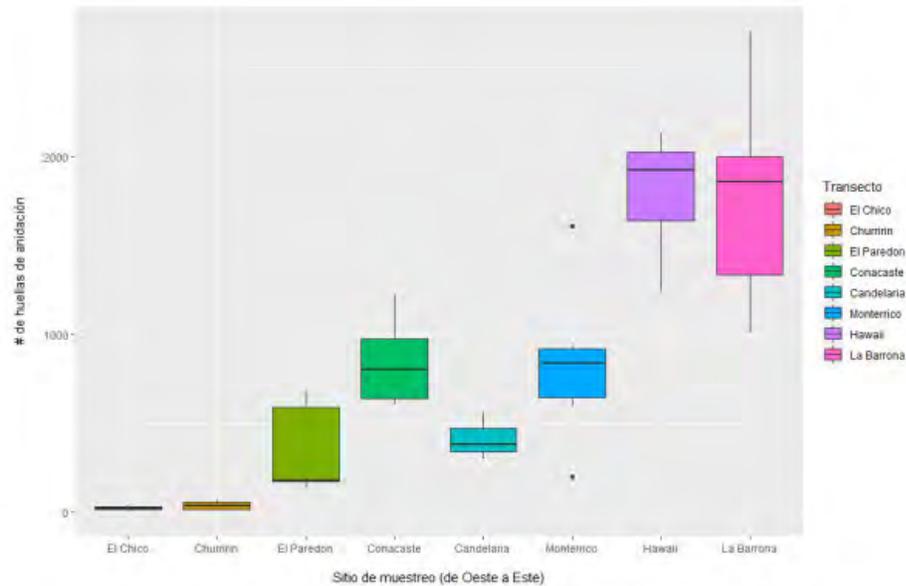


Figura 4. Rastros de anidación de parlama para el período 2013-2018 con respecto a sitio de muestreo ordenado de Oeste a Este

Para evaluar si el incremento de huevos sembrados es producto de un mayor número de hembras anidando, se analizó la correlación de ambas variables para Hawaii, encontrando una relación baja entre el número de rastros de anidación y el número de huevos sembrados en el tortugario local. Sin embargo, cuando se compara el número de huevos sembrados en todos los tortugarios del Pacífico de Guatemala con el número de rastros contabilizados a través del tiempo, la correlación si es significativa. Estos resultados podrían ser además de una evidencia que el origen de los huevos que son sembrados en los tortugarios no son necesariamente de la localidad y que existe un transporte de huevos entre playas por parte de los parlameros, un indicador del efecto que el mayor número de huevos sembrados ha tenido en el número de hembras anidando a través del tiempo (Fig. 5). Sin embargo, dado que la cantidad de huevos sembrados presenta una tendencia de crecimiento exponencial que contrasta con la tendencia lineal del número de rastros de anidación observadas, es posible concluir que el aumento en la cantidad de huevos sembrados es producto de la estrategia de compra de huevos por los tortugarios y no de un aumento exponencial en el número de tortugas anidando.

Aunque los resultados son un indicador que la cuota de conservación del 20% es adecuada y que no ha afectado a la población, es importante hacer una reflexión en la información sobre el origen de los huevos sembrados, ya que este mismo estudio reveló que la mayoría de los huevos sembrados en tortugarios no provienen de las cuotas de conservación si no de un cambio de comportamiento en la compra de huevos por parte de tortugarios. Por otro lado, el número de huevos destinados al comercio (número de huevos depositados anualmente – número de huevos sembrados en tortugarios), se ha mantenido estable a través del tiempo (Fig. 6).

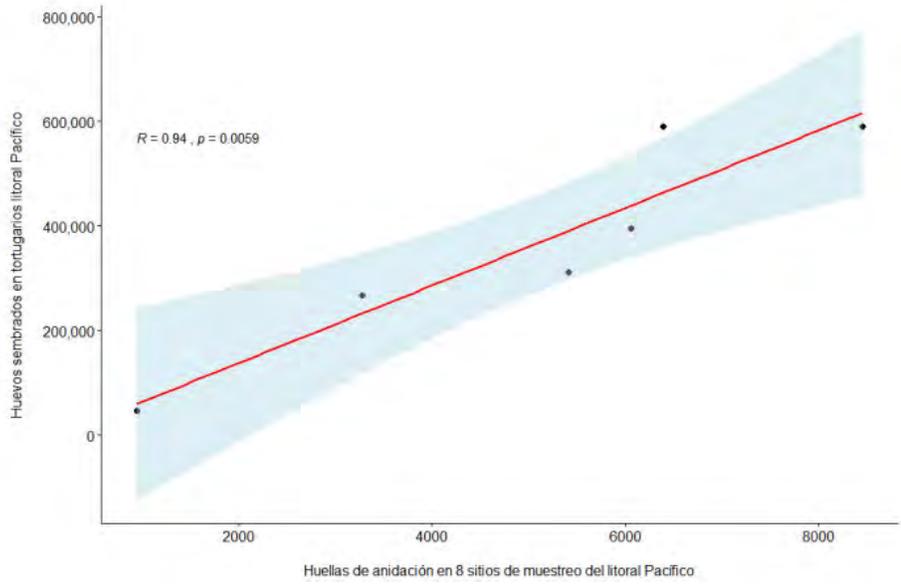


Figura 5. Relación entre el número de huevos sembrados y los rastros de anidación en el período 2003-2018 en 8 playas de la costa del Pacífico de Guatemala.

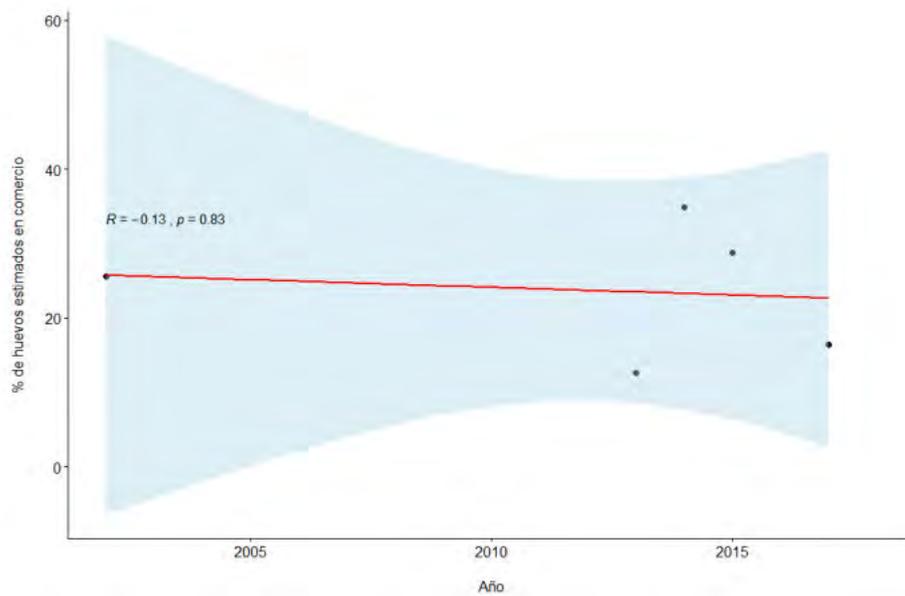


Figura 6. Número de huevos de parlama destinados al comercio en el período 2003-2018.

3.1.2. Propuesta para implementar un programa de monitoreo de parlamas para el Pacífico de Guatemala

Con el objetivo de cumplir con 3 metas: 1) evaluar la efectividad de las estrategias de manejo en tortugarios, 2) cuantificar el impacto de la tasa de aprovechamiento de huevos, y 3) evaluar el estado de conservación de las poblaciones, se propone un programa basado en indicadores que incluye monitoreo en playas, tortugarios, y mar abierto. La propuesta se elaboró con base en la capacidad instalada percibida a través de entrevistas realizadas a encargados de tortugarios y otros actores clave, y estrategias de programas implementados en otros países latinoamericanos.

Para evaluar la efectividad de las estrategias de manejo en tortugarios se propone que durante el período de operaciones cada tortugario realice el monitoreo y registro diario de 6 indicadores, y que al final de la temporada el registro completo y acumulado de estos indicadores sea reportado a CONAP (Tabla 1). También se recomienda complementar el monitoreo de indicadores básicos, con 3 indicadores especializados en los tortugarios que cuentan con capacidad técnica instalada (p.e. El Banco, Madre Vieja, Monterrico, Hawaii). Para este monitoreo además que se requiere de material y equipo específico para realizarlo, se requiere de personal capacitado para realizar el análisis de muestras e interpretación de información (Tabla 2).

Para cuantificar el impacto de la tasa de aprovechamiento de huevos se propone que, a través de las boletas de comprobante de aprovechamiento y registro de cuotas de conservación en los tortugarios, así como del decomiso a través de operativos de CONAP-DIPRONA, se realice el monitoreo y registro mensual de 5 indicadores, y que al final de la temporada el registro completo y acumulado de estos indicadores sea reportado a CONAP (Tabla 3). También se recomienda complementar el monitoreo de indicadores básicos, con 9 indicadores especializados estimados a partir de la información derivada del programa de monitoreo de ARCAS a partir del cual se desarrolla el *Análisis Situacional Anual* (ver sección 2.2.) (Tabla 4).

Tabla 1. Propuesta de monitoreo de indicadores básicos para evaluar la efectividad de las estrategias de manejo en tortugarios del Pacífico de Guatemala.

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
# de huevos sembrados	# de huevos sembrados por nido
# de neonatos vivos	# de tortuguitas nacidas por nido
# de neonatos muertos	# de tortuguitas encontradas muertas por nido
# de huevos sin eclosionar	# de huevos "güeros" por nido
% de éxito de eclosión	(#de neonatos vivos/# de huevos sembrados) * 100
% de éxito de liberación	(# de neonatos que son capaces de llegar por si mismos al mar/# de neonatos liberados) * 100

Tabla 2. Propuesta de monitoreo de indicadores especializados para evaluar la efectividad de las estrategias de manejo en tortugarios del Pacífico de Guatemala.

INDICADORES ESPECIALIZADOS	DESCRIPCIÓN	MATERIAL Y EQUIPO
# de neonatos machos nacidos por evento de liberación y % de neonatos machos nacidos por temporada	A través de morfometría, basado en la ecuación propuesta por Michel-Morfin <i>et al</i> (2001). Si la ecuación da un valor positivo el neonato se identifica como hembra, si da negativo como macho. El porcentaje se calcula como, $(\Sigma \# \text{ de neonatos nacidos por evento de liberación} / \text{total de neonatos medidos durante la temporada}) * 100$. Se recomienda medir al menos 6 neonatos diarios elegidos al azar por el tiempo que demora hacer las mediciones, acumulando entre 750-1000 neonatos medidos por temporada por tortugario.	Verniers digitales, cinta métrica flexible, balanza digital, guantes quirúrgicos
% de neonatos machos muertos por temporada	A través del análisis histológico de gónadas de los individuos muertos encontrados por nido de acuerdo con el método de Wyneken <i>et al</i> (2007). Requiere la preservación diaria de los individuos muertos. El porcentaje se calcula como, $(\Sigma \text{ de neonatos identificados como machos} / \# \text{ total de neonatos muertos analizados}) * 100$	Frascos de vidrio, etanol al 90%, jeringas de 10cc, formalina bufferizada al 10%, equipo de disección, laboratorio de histología.
Temperatura promedio de incubación	A través del registro de temperaturas con al menos 3 dataloggers colocados en posiciones específicas dentro del tortugario de acuerdo al método de Baker-Gallegos <i>et al</i> (2009).	Dataloggers LogTag Trix-8, interfase para descarga de datos, computadora

Tabla 3. Propuesta de monitoreo de indicadores básicos para cuantificar el impacto de la tasa de aprovechamiento de huevos de parlama.

INDICADOR	DESCRIPCION
# huevos destinados al comercio legal	Conteo de la cantidad de huevos reportados en las boletas de comprobante de persona intermediaria (comercializador)
# huevos legales en puestos de venta	Conteo de la cantidad de huevos reportados en las en las boletas de comprobante de entrega final (puntos de venta)
# de huevos de la cuota de conservación sembrados en tortugarios	Conteo de la cantidad de huevos reportados en las en las boletas de comprobante de aprovechamiento y cuota de conservación (parlameros)
# de huevos comprados por los tortugarios	Conteo de huevos comprados a parlameros
# de huevos ilegales decomisados	Conteo de huevos decomisados en operativos CONAP-DIPRONA en ruta y puntos de venta final

Tabla 4. Propuesta de monitoreo de indicadores especializados para cuantificar el impacto de la tasa de aprovechamiento de huevos de parlama.

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
# de rastros de anidación fuera de temporada	Conteo realizado tres veces por semana de enero-junio bajo la metodología que realiza ARCAS. Dado que los tortugarios no operan en estos meses, todos los huevos colectados se destinan al comercio, sin embargo, no se ha cuantificado.
# de nidos fuera de temporada	Se aplica un factor de corrección de las Rastros falsas, al número total de Rastros de anidación contabilizadas de acuerdo a Montes (2004) y Muccio (2019)
# de huevos fuera de temporada	Se aplica un factor de corrección de acuerdo con el número de huevos promedio por nido reportado por Muccio (2019)
# de rastros de anidación en temporada	Conteo diario de julio-diciembre bajo la metodología que realiza ARCAS
# de nidos en temporada	Se aplica un factor de corrección de los rastros falsos, al número total de rastros de anidación contabilizadas de acuerdo a Montes (2004) y Muccio (2019)
# de huevos en temporada	Se aplica un factor de corrección de acuerdo con el número de huevos promedio por nido reportado por Muccio (2019)
# de nidos anuales	Con base en las recomendaciones de SWOT (2011) basados en el método de Girondot (2010).
# de huevos anuales	Se utiliza el número de nidos totales anuales y se aplica el factor de corrección reportado por Muccio (2019)
% de huevos estimado al comercio (legal e ilegal)	Se basa en la relación entre el número de huevos sembrados por temporada y el número de huevos anuales estimado

El primer paso para evaluar el estado de conservación de una población es determinar el número de individuos que la conforman y su dinámica. El conteo de rastros que realiza ARCAS en las costas del Pacífico de Guatemala, aunque es una fuente de información importante para estimaciones de abundancia, no es suficiente para evaluar el estado de conservación de las poblaciones. Estos monitoreos en playa deben ser complementados con procesos de captura, marcaje y recaptura en las playas de anidación y en el mar. Además, el método y análisis de información derivada del conteo de rastros de anidación deben mejorarse, siendo los siguientes aspectos fundamentales: a) los monitoreos en playa que no se observen rastros deben ser incluidos y registrados con valor cero, b) debe aplicarse un factor de corrección para interpretar el número de nidos a partir del conteo de rastros, y c) el análisis de la información debería realizarse empleando un método publicado y reportarse con un cálculo de error. Es por lo anterior que para evaluar el estado de conservación de las poblaciones se propone que, a través de programas específicos de monitoreo biológico sistemático, se evalúen otras variables poblacionales como la mortalidad y densidad de parlamas en el mar (Tabla 5).

Tabla 5. Propuesta de monitoreo de indicadores para evaluar el estado de conservación de las poblaciones de parlama.

INDICADORES ESPECIALIZADOS	DESCRIPCIÓN
# de tortugas encontradas muertas en altamar	El autor no explica la metodología
# de tortugas encontradas muertas en varamientos	El autor no explica la metodología
Densidad de parlamas/km	A través de monitoreos mensuales en el mar en los meses de abril, mayo y junio (temporada de apareamiento e inicio de desove), realizando tres transectos (14, 17 y 20 mn) con un dron aéreo de acuerdo con los métodos propuestos por Schofield <i>et al</i> (2017) y Rees <i>et al</i> (2018).
Densidad de machos/km	Utilizando el material de video de la descripción anterior se identifican visualmente a los machos (colas más largas)
Densidad de hembras/km	Utilizando el material de video de la descripción anterior se identifican visualmente a las hembras (colas más cortas)
Proporción operacional de sexos	Proporción entre machos y hembras (Σ tortugas macho avistadas en los 3 transectos/ Σ tortugas hembra avistadas en los 3 transectos)
Fotoidentificación de individuos	Método alternativo al marcaje, generando un catálogo a partir de la toma de fotografías de patrones de escamas faciales de acuerdo con el método propuesto por Reisser <i>et al</i> (2008) y analizadas a través de un software. A partir de esta información y con recapturas se puede estimar abundancia poblacional a mediano plazo.

3.1.3. Propuesta de alternativas económicas para reducir la cosecha de huevos de tortuga a un nivel sustentable

Los huevos de parlama son altamente cotizados y se ofrecen en marisquerías, cevicherías y ventas de jugos del país. Se calcula que 673,304 huevos de parlama son puestos por año en la costa del Pacífico, con un valor de Q1,124,869. Los ingresos económicos derivados a los parlameros se estimaron en \$126mil USD anuales. Los precios de venta por docena al comercio varían desde Q35 -3, y dependen de su abundancia y períodos de alta demanda (p.e. Semana Santa).

Dado el incremento anual observado en el número de huevos sembrados en tortugarios desde 1999 (ver Figura 1, sección 2.1.1.), especialmente desde el año 2017, es posible concluir que en los últimos años los parlameros han adoptado una tendencia de venta de huevos a los tortugarios y no al comercio. Esta tendencia responde tanto a los precios de compra, como a un factor de responsabilidad para la conservación de la especie y preservación de la actividad económica. Se sugiere que esta actividad denominada “parlameo de conservación”, es una actividad económica alternativa al “parlameo tradicional” para venta al comercio.

La actividad turística se menciona también como actividad alternativa al parlameo, dado que el litoral del Pacífico de Guatemala es una zona con alta visitación a lo largo del año. Entre las actividades mencionadas que los parlameros podrían realizar se encuentran el avistamiento de cetáceos, pesca deportiva y liberaciones de tortugas. Sin embargo, el turismo que visita la zona lo hace con motivos principalmente recreacionales y no de avistamiento de la naturaleza.

La pesca artesanal también se incluye como otra alternativa económica al parlameo, sin embargo, se menciona que muchos stocks ya están agotados y en muchos casos la actividad genera alto impacto a la biodiversidad. Así mismo la agricultura, se considera como otra actividad alternativa, aunque en la actualidad presenta muchas limitantes y ha disminuido drásticamente en la región.

3.1.4. Evaluación de la Resolución CIT-COP6-2013R1

Se evaluó el cumplimiento por parte de Guatemala ante los enunciados propuestos en la Resolución CIT-COP6-2031R1 (Tabla 6).

Tabla 6. Evaluación del cumplimiento de los enunciados de la Resolución CIT-COP6-2031R1 en Guatemala

ENUNCIADO	ESTADO DE CUMPLIMIENTO	SITUACIÓN ACTUAL
Que el gobierno de Guatemala promueva una legislación adecuada para asegurar el aprovechamiento sostenible de huevos de <i>L.olivacea</i>	CUMPLE	-Resolución 01-21-2012 CONAP -Resolución 05-20-2014 CONAP -Resolución 01-21-2017 CONAP -Resolución 03-17-2017 CONAP
Incrementar el porcentaje de la cuota de conservación (30-40%) hasta que exista información más detallada sobre el tamaño de las poblaciones	NO CUMPLE	-El porcentaje continua en 20% y solo se cumple en los meses de julio-diciembre, no todo el año. -El destino de la mayoría de los huevos de parlama desovados en las costas del Pacífico de Guatemala, es el comercio. -El llenado de las boletas de comprobante de aprovechamiento y cuota de conservación de CONAP, no es homogéneo entre tortugarios, lo que dificulta la sistematización de la información y hace imposible la trazabilidad de los huevos legales que se comercializan en el país. -A través del análisis de boletas de comercialización fue posible comprobar que muchas cuotas de conservación son menores al 20%. -No se han desarrollado métodos adecuados y complementarios al conteo de rastros para calcular el tamaño de las poblaciones (además de determinar si es una misma población o varias).

<p>El gobierno de Guatemala debe asegurar que la colecta de huevos de <i>L. olivacea</i> no incida sobre otras especies, por lo que se deben adecuar medidas legales y operativas adecuadas para evitarlo</p>	<p>PARCIALMENTE</p>	<p>-Medidas legales: <i>Artículo 43, inciso f</i> de la Resolución 03-17-2017 del CONAP el cual prohíbe la comercialización de huevos de especies diferentes a la parlama -Medidas operativas: inexistentes</p>
<p>Con la mejor información disponible identificar el nivel de cosecha que no impacte negativamente a la población explotada y que deberá ser alcanzado en el mediano plazo mediante la reducción gradual de la cosecha actual</p>	<p>PARCIALMENTE</p>	<p>-Se identificó la relación entre un aumento en el número de hembras anidando y el número de huevos sembrados entre el período 2003-2018. A partir de este hallazgo se infiere que la cuota de conservación del 20% es adecuada. -Sin embargo, se desconocen las poblaciones y su tamaño, por lo que no se ha estimado el nivel de colecta de huevos (para el comercio) que sea sostenible. -Los huevos sembrados provienen en su mayoría de compra, y no de cuotas de conservación. Si esta estrategia se interrumpe, podría tener efectos significativos en el número de huevos sembrados. -Es necesario evaluar el efecto de la compra y siembra masiva de huevos de varias playas del litoral en un solo tortugario (El Banco)</p>
<p>Con asesoría técnica de la CIT, establecer un programa de monitoreo de la población que incluya metas e indicadores</p>	<p>NO CUMPLE</p>	<p>Se diseñó un programa de monitoreo, sin embargo, aunque incluye indicadores, no incluye metas, ni se validó con expertos y todos los miembros del GATM. A la fecha no se ha establecido dicho programa propuesto.</p>
<p>Considerando que la colecta de huevos responde a la necesidad de subsistencia económica de las comunidades, deben buscarse alternativas económicas que atiendan la necesidad de estos medios de subsistencia con el objetivo de reducir la explotación a un nivel sostenible</p>	<p>NO CUMPLE</p>	<p>La propuesta de alternativas económicas generada a través de la consultoría no es adecuada, y solamente sugiere que la alternativa económica para los parlameros es que los tortugarios les compren los huevos. No se estableció ningún programa a partir de esa propuesta.</p>
<p>Colectar información técnica adicional</p>	<p>NO CUMPLE</p>	<p>Aunque el programa de monitoreo diseñado incluye la propuesta de monitoreos especializados para colectar información técnica adicional, estos no se han establecido</p>

3.2. Monitoreo de rastros de anidación de tortugas marinas

En el año 2003 ARCAS inició un programa de monitoreo poblacional de tortugas marinas a través de conteos de rastros de anidación en Hawaii realizados por parlameros locales (personas que colectan huevos de tortuga para su comercialización) capacitados. Posteriormente a partir del año 2013, este monitoreo se extendió a 7 playas índice con transectos de diferente longitud: El Chico (5km), Churrirín (2.67km), El Paredón (5.7km), Conacaste (8km), Monterrico (6.77km), Hawaii (7.47km) y la Barrona (7.73km). La metodología utilizada es realizar caminatas diarias en los transectos durante la temporada de anidación (julio-diciembre). En estos recorridos se registran las coordenadas geográficas de cada rastro observado, incluyendo “salidas falsas” (cuando una tortuga sale a playa, pero no hace nido).

A través de dos subcontratos el Proyecto de Biodiversidad continuó el monitoreo los rastros de anidación de tortugas durante las temporadas de anidación del 2019 y 2020.

3.2.1. Temporada de anidación 2019

Durante la temporada solamente se registraron rastros de parlama (*Lepidochelys olivácea*), no se observó anidación de otras especies. En la tabla 1 se presentan los resultados de este monitoreo. Se contabilizó un total de 5,611 rastros, de los cuales se asume a partir de un cálculo promedio de reportes previos que el 9.67% fueron salidas falsas. Al igual que otros años, las playas de la región Suroriente (Hawaii, La Barrona, Monterrico y Conacaste) presentaron densidades más altas de anidación que la de Escuintla (El Paredón) y suroccidente (Churrirín y El Chico) (Fig. 1). Así mismo, los resultados del monitoreo del 2019 muestran al igual que otros años, que desde el mes de agosto y hasta mediados de octubre se observa un pico en la densidad de anidación, coincidiendo con la época lluviosa (Fig. 2).

Tabla 1. Resultados del monitoreo de rastros de anidación de tortugas marinas durante julio-dic 2019, en 7 playas índices de la costa del Pacífico

Playa	Número total de huellas	Densidad de huellas por km de playa
El Chico	87	17.40
Churirin	36	13.48
El Paredón	486	85.26
Conacaste	926	115.75
Monterrico	1022	150.96
Hawaii	1422	190.36
La Barrona	1632	211.13



Figura 1. Densidad promedio de rastros de anidación de tortugas marinas en las 7 playas índice de la costa del Pacífico entre los años 2013-2019.

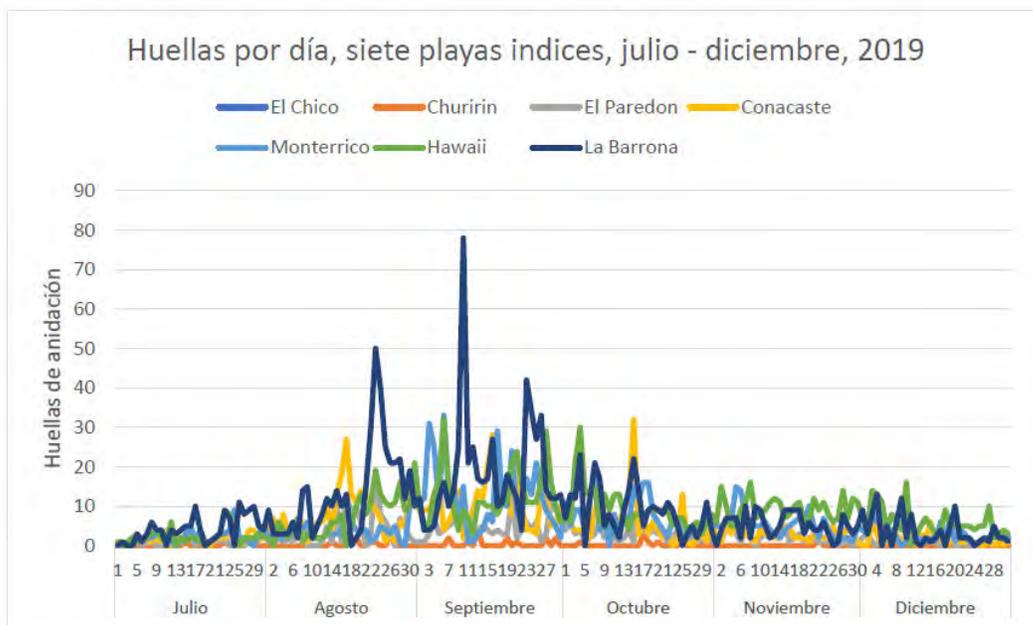


Figura 2. Número de huellas de tortugas marina por día en las 7 playas índice de la costa del Pacífico

El estudio interpreta, de acuerdo con los conteos históricos que se han realizado en Hawaii desde el 2003, que la población de tortugas parlamas ha mostrado una tendencia a aumentar en este sitio (Fig. 3a). En contraste, reporta una declinación histórica en la densidad de anidación de tortuga baule, de las cuales no se ha observado ningún nido en Hawaii desde el 2017 (Fig. 3b).

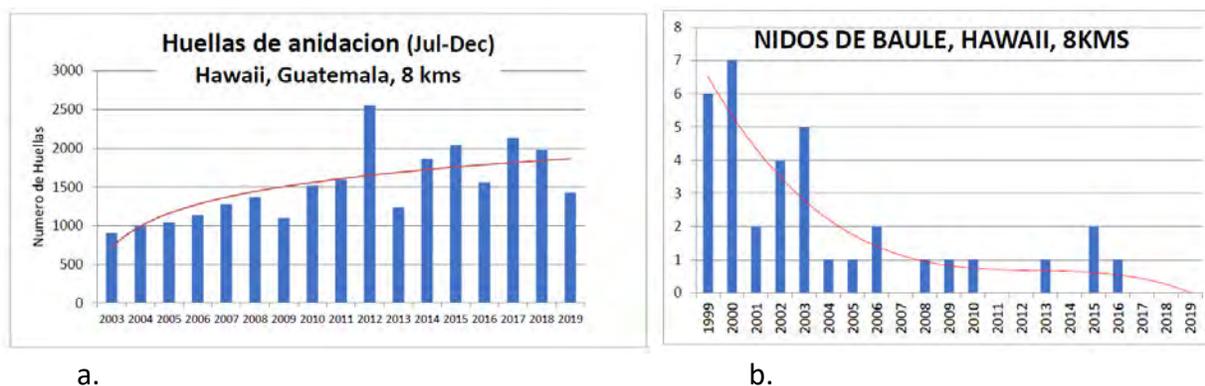


Figura 3. Número de rastros de anidación de tortugas parlamas en la playa Hawaii entre los años 2003-2019, y número de rastros de anidación de tortugas baule en la misma playa entre los años 1999-2019.

Al igual que las conclusiones para la playa de Hawaii, a partir de los conteos realizados desde el 2013 en 7 playas índice, se concluye que la densidad de anidación de parlamas a lo largo de la Costa del Pacífico de Guatemala ha mostrado un incremento promedio de 164%. Durante este período se han observado disminuciones interanuales que pueden tener una relación con eventos oceanográficos, como El Niño del 2017. Sin embargo, durante los años 2018 y 2019 se reporta una reducción del 18 y 15% respectivamente, la cual no corresponden con eventos oceanográficos, por lo que concluyen finalmente que podría ser una evidencia de una tendencia generalizada hacia la reducción de anidación en el futuro (Tabla 2).

Tabla 2. Densidad de rastros de anidación de parlamas entre las temporadas de anidación 2013-2019 en 7 playas índices de la Costa del Pacífico.

Playa	Huellas por km por año (julio - diciembre)							Huellas por km promedio siete años	% cambio 2013 a 2019
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		
El Chico	4.80	8.20	6.40	3.40	5.40		17.40	7.60	262.50%
Churrirín	4.87	5.99	17.23	11.61	24.34	26.97	13.48	14.93	176.92%
El Paredón	31.40	30.53	23.68		120.18	103.51	85.26	65.76	171.51%
Conacaste	76.00	77.50	124.63	87.38	153.00	113.25	115.75	106.79	52.30%
Monterrico	29.69	138.11	116.69	88.18	237.67	130.43	150.96	127.39	408.46%
Hawaii	165.60	249.93	273.36	209.37	285.68	264.79	190.36	234.16	14.96%
La Barrona	130.79	227.43	260.28	154.72	350.19	253.56	211.13	226.87	61.42%
PROMEDIO % CAMBIO									164.01%

El estudio extrapola el total de los rastros contabilizados en las 7 playas índice a los 254km de costa en el Pacífico, estimando que para el año 2019 el total de nidos exitosos fue de 16,482 con 1,690,767 huevos (asumiendo que cada nido tiene 100 huevos). Esta estimación ha sido realizada desde el 2013 con el objetivo de brindar recomendaciones de manejo (Tabla 3). De acuerdo con el análisis sobre la valoración económica de los huevos en el mercado, a un costo promedio de Q1.53/huevo y descontando la cuota de conservación del 20%, estiman un valor de Q2,154,570 a pie de playa, y a un costo de Q6/huevo, estiman un valor de Q8,115,656 al consumidor final.

Tabla 3. Estimación del número de nidos y huevos de tortuga marina puestos en las costas del Pacífico de Guatemala desde el año 2013 al 2019.

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
NIDOS PUESTOS EN LA COSTA DEL PACIFICO	8,625	11,521	15,207	13,258	28,506	22,328	18,247
HUEVOS PUESTOS EN LA COSTA DEL PACIFICO	799,211	1,067,530	1,409,081	1,228,486	2,641,366	2,068,912	1,690,767

Durante los monitoreos en los que se contabilizan los rastros, se inició en el 2019 el monitoreo paralelo de varamientos, registrando un total de 72 tortugas muertas. De igual forma que con los rastros, extrapolan los datos a los 254km de costa, estimando el varamiento de 392 tortugas en la Costa del Pacífico. A diferencia de otros años en donde se han reportado eventos de mortalidad masiva, ARCAS interpreta estos hallazgos como evidencia de mortalidad normal (Tabla 4).

Tabla 3. Varamientos de tortugas marinas en las 7 playas índice de la costa del Pacífico, en la temporada de anidación del 2019 (julio-diciembre).

	El Chico	Churirin	El Paredon	Conacaste	Monterrico	Hawaii	La Barrona	TOTAL
TOTAL VARAMIENTOS DE TORTUGAS MARINAS, JUL - DIC 2019	6	4	10	12	12	10	18	72
TOTAL DE COBERTURA POR PLAYA	5	2.67	5.7	8	6.77	7.47	7.73	
VARAMIENTOS POR KM JUL - DIC 2019	1.20	1.50	1.75	1.50	1.77	1.34	2.33	

3.2.2. Temporada de anidación 2020

Durante la temporada 2020 se lograron contabilizar un total de 5,789 rastros en las 7 playas índice del Pacífico de Guatemala. Al igual que para el 2019, para el 2020 solamente se registraron rastros de parlama (*Lepidochelys olivácea*), y no se observó anidación de otras especies, aunque se reportaron 7 nidos en tortugarios de CONAP CS. El monitoreo realizado continúa indicando un incremento en la densidad de hembras que anidan en las costas guatemaltecas, en algunas playas más que en otras. Las playas del suroriente continúan registrando mayores densidades de anidación que las del suroccidente (Tabla 1). Sin embargo, la tendencia observada desde el año 2017 y reportada para la temporada 2019 respecto a la disminución en el número de rastros de anidación en Hawaii, fue de nuevo evidente en el 2020 registrándose una disminución del 31.4%. Aunque los conteos del 2020 siguen siendo más elevados (1,254 rastros) que en el 2003 cuando inició el monitoreo (906 rastros), la declinación que se ha mantenido en los últimos 4 años es preocupante (Fig. 1).

Tabla 1. Densidad de rastros de anidación de parlamas entre las temporadas de anidación 2013-2020 en 7 playas índices de la Costa del Pacífico.

Playa	Huellas por km 2013	Huellas por km 2014	Huellas por km 2015	Huellas por km 2016	Huellas por km 2017	Huellas por km 2018	Huellas por km 2019	Huellas por km 2020	% cambio 2013 a 2020
El Chico	4.80	8.20	6.40	3.40	5.40		17.40	13.40	179.17%
Churriín	4.87	5.99	17.23	11.61	24.34	26.97	13.48	13.86	184.62%
El Paredón	31.40	30.53	23.68		120.18	103.51	85.26	95.61	204.47%
Conacaste	76.00	77.50	124.63	87.38	153.00	113.25	115.75	124.88	64.31%
Monterrico	29.69	138.11	116.69	88.18	237.67	130.43	150.96	164.55	454.23%
Hawaii	165.60	249.93	273.36	209.37	285.68	264.79	190.36	167.87	1.37%
La Barrona	130.79	227.43	260.28	154.72	350.19	253.56	211.13	229.37	75.37%
									166.22%

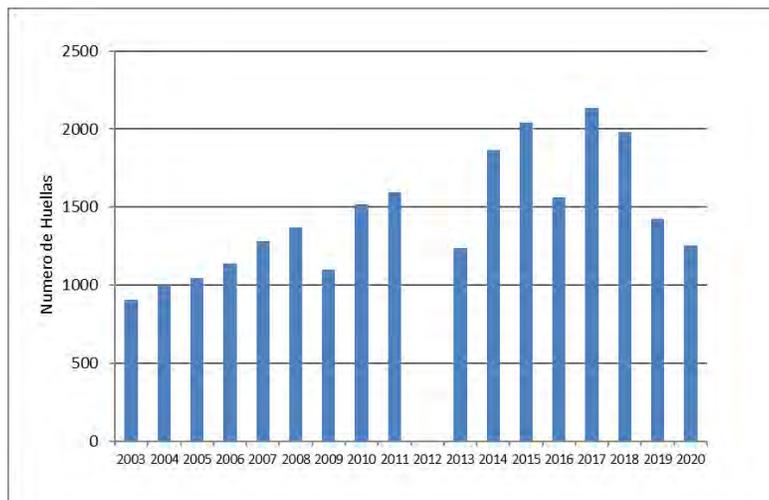


Figura 1. Número de rastros de tortugas marinas contabilizados en la playa de Hawaii entre los años 2003-2020.

Basados en los datos de conteos de huellas en las siete playas índices, extrapolando a lo largo de los 254kms de la costa del Pacífico de Guatemala, se calcula que, en el año 2020 fueron puestos 19,813 nidos exitosos (menos el 9.67% de salidas falsas) en las playas del Pacífico dando un total de 1,835,856 huevos.

Tabla 2. Estimación del número de nidos y huevos de tortuga marina puestos en las costas del Pacífico de Guatemala desde el año 2013 al 2020.

	AÑO							
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
NIDOS PUESTOS EN LA COSTA DEL PACIFICO	8,625	11,521	15,207	13,258	28,506	22,328	18,247	19,813
HUEVOS PUESTOS EN LA COSTA DEL PACIFICO	799,211	1,067,530	1,409,081	1,228,486	2,641,366	2,068,912	1,690,767	1,835,856

3.2.3. Diagnóstico de tortugarios

Las playas del Pacífico de Guatemala, principalmente durante los meses de junio a diciembre, son utilizadas como sitios de anidación de tortugas marinas, principalmente de la especie *Lepidochelys olivácea* -conocidas localmente como parlamas-. La estrategia de conservación de tortugas marinas en Guatemala se fundamenta en la Resolución de CONAP No. 01-21-2012, la cual establece un sistema de “Cuotas de conservación” que permite la comercialización de huevos, siempre y cuando se entregue el 20% de cada nido colectado a un tortugario local. Los tortugarios funcionan como sitios donde se reciben los huevos de las cuotas de conservación y se incuban bajo condiciones controladas y resguardadas. A través de este sistema de manejo, se pretende disminuir la presión que la explotación comercial de huevos representa para las poblaciones de esta especie de tortuga marina. El *Análisis situacional de la conservación de tortugas marinas en Guatemala* (Muccio, 2018) sugiere que, a partir de estas acciones la densidad de anidación en Guatemala se ha incrementado.

Actualmente, existen 39 tortugarios en las costas del Pacífico de Guatemala que se encuentran registrados ante CONAP. Aunque se han establecido lineamientos para su manejo, no todos operan bajo el mismo esquema. Con el objetivo de generar información a partir de la cual se dirijan recomendaciones para fortalecer el manejo de tortugarios y las estrategias de conservación de tortugas marinas, el Proyecto de Biodiversidad realizó en el 2019 un diagnóstico de los tortugarios localizados en el Sitio Ramsar Manchón-Guamuchal, el Área de Protección Especial Sipacate-Naranjo, y las Áreas de Usos Múltiples Monterrico y Hawaii, y sus zonas de influencia. Para realizar el diagnóstico se realizaron vistas durante los meses de junio y julio (inicio de temporada de anidación). A partir de una entrevista realizada a cada uno de los encargados de los tortugarios, así como de observaciones in situ, se evaluaron 8 aspectos: 1) situación de inscripción en CONAP, 2) fuentes de financiamiento y administración, 3) infraestructura, 4) ubicación de los viveros, 5) aspectos de manejo, 6) origen de los huevos incubados, 7) registro de información, y 8) liberaciones turísticas de neonatos.

En las 4 áreas protegidas se localizan 21 tortugarios (Fig.1) que son administrados por la iniciativa privada, ONGs, instituciones gubernamentales, organizaciones de base comunitaria, y academia. Solo 16 se encuentran inscritos en CONAP. La percepción general es que el proceso es muy largo y complicado, por lo que los que están inscritos realizan este trámite administrativo solamente para cumplir con la normativo, ya que no perciben ningún beneficio o valor agregado.

Los tortugarios de la iniciativa privada cuentan con fondos propios para operar, mientras que los administrados por CONAP no cuentan con un presupuesto. Otras modalidades para obtener fondos son los donativos, trabajo voluntario, y liberación de neonatos por el turismo. El origen de los huevos sembrados proviene de las cuotas de conservación, compra de huevos con presupuestos internos, donativos, apadrinamiento de huevos, programas de intercambio de huevos por víveres a los parlameros y colecta de nidos a través de recorridos en playa. El 43% de los tortugarios evaluados no cuentan con presupuesto para la compra de huevos. La mayoría de los tortugarios que se encuentran inscritos en CONAP, utilizan los comprobantes de cuota de conservación huevos de tortuga. No obstante, no es claro para los encargados la correcta utilización de estos, ya que no se impartió una capacitación, por lo que cada tortugario tiene un

sistema particular de uso y llenado de las 3 secciones (Comprobante de Cuota conservación, Comercialización y Venta final) que comprende el comprobante.

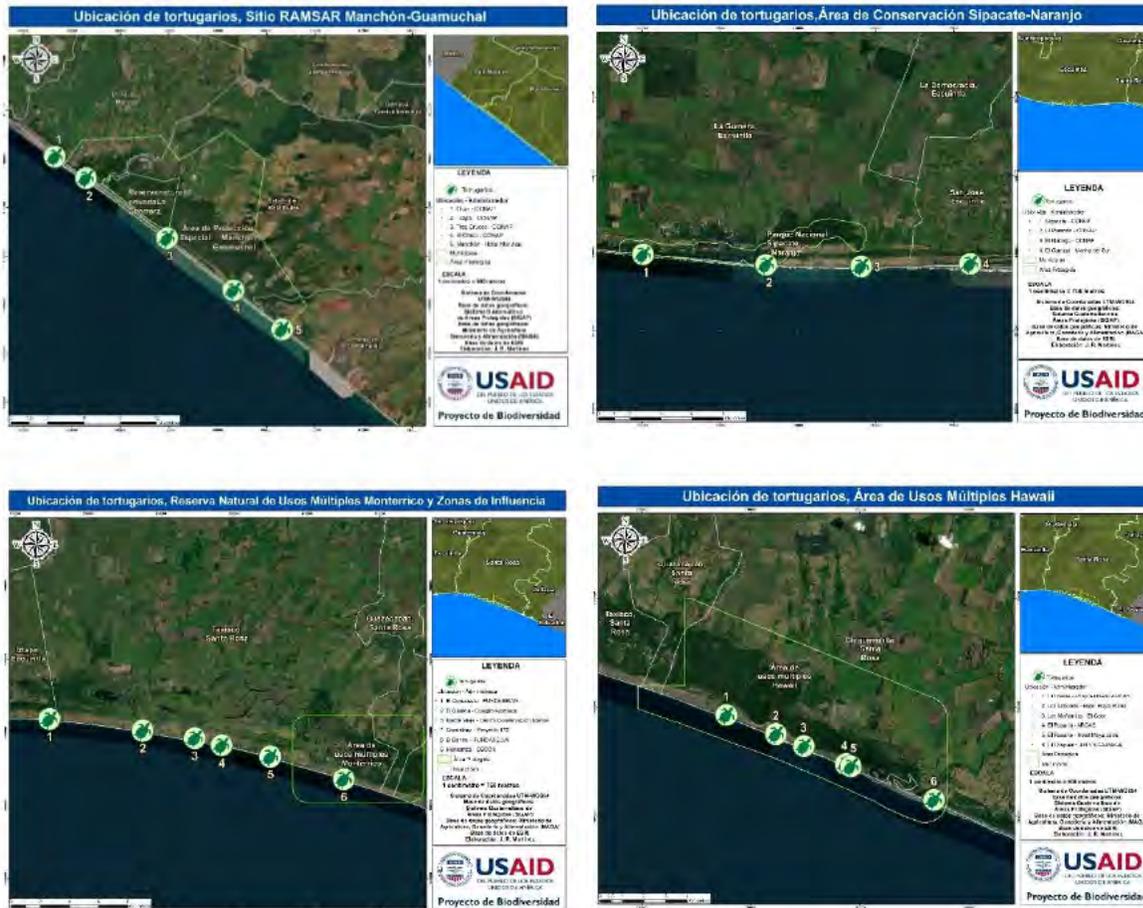


Figura 1. Localización de tortugarios en el Sitio Ramsar Manchón-Guamuchal, Área de Conservación Sipacate-Naranjo y Áreas de Usos Múltiples de Monterrico y Hawaii.

En la tabla 1 se presenta un resumen de la infraestructura observada en cada tortugario. Se observó gran variabilidad entre las dimensiones y material con el que están hechos los módulos o viveros de incubación. Comprenden una construcción rectangular con suelo de arena, paredes de media altura (construidas con block, alambre, lámina, bambú, nylon, mangle y/o sarán), con grandes espacios abiertos (algunos protegidos con malla, palma o sarán) para la circulación del aire y techos abiertos recubiertos con sarán o palma para proporcionar sombra. En cuanto al área total, las recomendaciones de CONAP sugieren tener módulos que no superen los 50 m² y no menores de 12 m² para brindar las condiciones adecuadas (temperatura, sombra y humedad) para la incubación. Ninguno de los tortugarios visitados tiene un metraje cuadrado menor al de las recomendaciones, pero la mayoría de tortugarios supera el metraje cuadrado máximo sugerido para un módulo. La localización de los viveros con respecto a la línea de marea alta (zona natural de ovoposición), duna y otras construcciones, tampoco es homogénea entre tortugarios. Las diferencias en la localización de los viveros entre áreas se derivan principalmente de la

pendiente de la playa y la extensión de la duna costera, así como de la cercanía con zonas hoteleras ya que los tortugarios son un atractivo turístico de la zona costera del país.

Tabla 1. Características de la infraestructura de los tortugarios en las 4 áreas protegidas de intervención del proyecto.

Administrador	Localidad	Área (m ²)	Material	Distancia a línea de marea	Distancia a duna	Distancia a construcciones
Área de Usos Múltiples de Hawaii						
Maya Jade	El Rosario	24	Block, malla, sarán	34	0	2
ARCAS	El Rosario	120	Malla, palma, nylon	53.5	2	50
El Coco	Las Mañanitas	48	Malla, nylon, saran, palma	23	0	5
Playa Plana	Los Limones	24	Block. Malla y sarán	74	40	0
El Chapetón	El Chapetón	48	Block, malla, bambú, sarán	96	0	0
ARCAS	El Hawaii	112.5	Block, malla, bambú, sarán	48	0	100
Área de Usos Múltiples de Monterrico y zonas de influencia						
Proyecto 1,2,3	Candelaria	64	Block, malla, bambú, sarán	10	0	6
Fundaselva	El Banco	72	Block, malla, sarán	15	0	-
Fundaselva	El Conacaste	24	Block, malla, sarán	15	2	7
Colegio Austriaco	El Garitón	100	Block, sarán, celosia	20	6	5
Centro de Conservación Marina	Madre Vieja	117.8	Block, sarán, celosia	13	0	20
CECON	Monterrico	198	Block, malla, sarán, celosia	96	4	40
Sitio Ramsar Manchón-Guamuchal						
CONAP	Tilapa	42	Lámina, mangle, sarán	200	100	10
CONAP	Tres Cruces	16	Block, malla, palma	300	150	15
CONAP	Ocós	25	Lámina y palma	500	250	15
CONAP	Mar Azul	150	Piedras, bambú, sarán	88.3	5	15
CONAP	El Chico	36	Block, sarán	85	0	10
Área de Conservación Sipacate-Naranja						
CONAP	Sipacate	80	Block, sarán, malla	26	0	100
CONAP	El Paredón	60	Block, sarán, malla	52	5	20
CONAP	El Naranja	84	Block, sarán, malla	35	0	100
Marina del Sur	El Carrizal	48	Block, sarán, malla	100	70	20

En cuanto a aspectos de manejo, el 86% de los tortugarios realiza recambio o rotación de arena anual de los módulos. Con excepción del tortugario del Chico, los tortugarios que no realizan recambio de arena son los administrados por CONAP en Manchón-Guamuchal. La cantidad de nidos que puede albergar cada tortugario depende del número y tamaño de los módulos, y la distancia a la que los nidos son sembrados. Todos los tortugarios evaluados a su máxima capacidad capacidad de alojar alrededor de alrededor de 3500 nidos por temporada. Sin embargo, en muchos tortugarios no cuentan con recursos suficientes para comprar huevos y las cuotas de conservación son bajas, por lo que no logran llegar a su máxima capacidad, mientras

que en los que se cuenta con un presupuesto amplio para la compra de nidos, en una misma temporada se siembran varios nidos consecutivos en un mismo espacio, sin realizar rotaciones o recambios de arena. Solamente en 4 tortugarios se realizan mediciones de temperatura ambiental o de los nidos con voltímetros, ninguno utiliza dataloggers.

El Departamento de Vida Silvestre de CONAP Central es el encargado de analizar la información generada anualmente por todos los tortugarios inscritos, así como de generar un informe que se presenta a la Convención Interamericana de Tortugas Marinas (CIT) con el objetivo de mantener la excepción del aprovechamiento de los huevos de tortuga marina parlama (*Lepidochelys olivácea*).

Todos los encargados de los tortugarios mencionaron que llevan un registro del número de nidos sembrados, el número de huevos por nido, el número de días hasta la eclosión, el número de huevos eclosionados, número de neonatos liberados, y de los parlameros que donan huevos. Sin embargo, 38% de los tortugarios no digitaliza los datos registrados por carencia de personal capacitado y equipo, y no existe una estrategia de registro adecuada de los datos, ni para compartirlas con CONAP. Las personas entrevistadas mencionaron que los informes anuales de CONAP no se comparten a los tortugarios, por lo que actualmente la información generada no es utilizada para fortalecer su manejo.

La liberación turística de neonatos es un tema que ha causado controversia, sin embargo, es uno de los pilares de la estrategia de conservación. Solamente 4 de los tortugarios evaluados no realizan liberaciones turísticas de neonatos, el 81% restantes permiten que turistas participen en el proceso de liberación. De los 21 tortugarios, solo 6 liberan a los neonatos al momento del nacimiento, los demás los retienen con fines turísticos (Fig. 2). En tres tortugarios los encargados mencionaron que incluso se transportan neonatos a hoteles para su liberación con fines turísticos. Aunque en 67% tortugarios, de acuerdo con los encargados, no se permite que los turistas manipulen a los neonatos al momento de la liberación, el 33% restante manifestó abiertamente que permiten esta interacción.

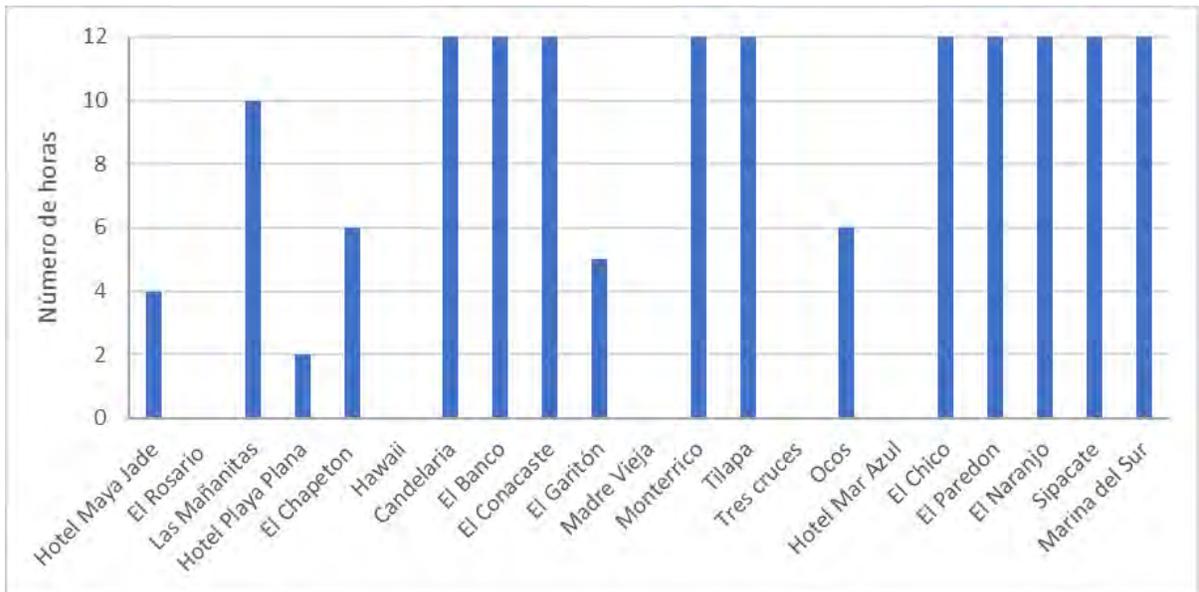


Figura 2. Número de horas que los neonatos son retenidos previo a su liberación en el mar, en cada uno de los tortugarios de las 4 áreas protegidas de intervención del proyecto.

3.3. Propuestas de uso de tecnologías innovadoras de monitoreo

3.3.1. Dataloggers para el monitoreo de temperaturas de incubación de huevos de tortugas en tortugarios

Dado que las tortugas son animales con determinación de sexo dependiente de la temperatura y cuyo desarrollo embrionario depende de límites térmicos (descritos entre los 25-35°C), si no se realiza un adecuado manejo de la temperatura en los tortugarios, la producción de neonatos a partir de los huevos incubados podría ser poco exitosa y la proporción de sexos podría sesgarse hacia la producción de un solo sexo, siendo ambos factores una amenaza importante para la conservación de la especie. La temperatura pivotal (aquella en la cual la proporción sexual de neonatos es 1:1) varía geográficamente e inter/intraespecíficamente. En Guatemala se desconoce la temperatura pivotal para *L. olivácea*, sin embargo, en México y Costa Rica se ha reportado entre los 29 y 30.5°C. A temperaturas inferiores de la temperatura pivotal se producen machos y a temperaturas superiores se producen hembras. Algunos estudios han sugerido que las elevadas temperaturas de incubación en Guatemala podrían estar produciendo principalmente hembras y limitando la viabilidad de los huevos, sugiriendo que la meta de los tortugarios guatemaltecos debería ser producir más machos a través de un control de la sombra y ventilación de los tortugarios. Por lo anterior, es importante además de realizar estudios para determinar la temperatura pivotal y límites térmicos de incubación, fortalecer el manejo de

tortugarios a través de técnicas que permitan disminuir o incrementar la temperatura de incubación para mantener una proporción de sexos adecuada.

Dentro del marco del Proyecto de Biodiversidad de USAID Guatemala se buscó fortalecer las capacidades para el manejo de especies clave, a través del uso de tecnología innovadora de monitoreo que permita desarrollar acciones de conservación basadas en información. Como parte de estos esfuerzos, durante la temporada de anidación de parlamas en el 2019 se implementó una prueba piloto con el objetivo de evaluar el uso de dispositivos para el monitoreo de la temperatura de nidos en los tortugarios de la Costa del Pacífico de Guatemala, y validar su uso para generar recomendaciones de manejo para estos recintos. Dados los exitosos resultados de la prueba piloto, en el 2020 se estableció un programa de monitoreo de la temperatura de incubación huevos de parlama en 2 tortugarios del Área de Usos Múltiples Hawaii (el tortugario del Chapetón de DIPESCA-MAGA y el tortugario de Hawaii de ARCAS), y 5 de la Reserva Natural de Usos de Múltiples Monterrico y zonas de influencia (El Garitón del Colegio Austriaco, Madre Vieja del Centro de Conservación Marina-AGHN, el de Candelaria del Proyecto 123, El Banco de FUNDASELVA y el de Monterrico del CECON).

Se utilizaron 21 dataloggers (marca Log Tag modelo TRIX-8) colocados durante dos rondas de incubación en cada uno de los 7 tortugarios durante la temporada de anidación (jul-diciembre). En cada ronda 3 nidadas fueron sembradas en posiciones diferentes dentro de un recinto, haciendo un total de 6 nidos monitoreados por tortugario y 42 nidos en ambas áreas protegidas. Se trabajó bajo la hipótesis que se podrían presentar diferentes condiciones de temperatura respecto a la posición de los nidos dentro del recinto, localización geográfica de los tortugarios, y mes del año. Durante la siembra los dataloggers se colocaron en medio del grupo de huevos de cada nido y fueron retirados hasta el día de exhumación (Fig. 1).



Figura 1. Posicionamiento de dataloggers para el monitoreo de la temperatura de incubación de huevos de parlama en 7 tortugarios de las áreas protegidas de Hawaii y Monterrico.

Se registró el número de huevos sembrados al momento de la colocación del datalogger, y durante la exhumación se registró el número de huevos eclosionados y número de neonatos muertos. En el caso de los huevos no eclosionados, se realizó una disección para evaluar el estadio de desarrollo embrionario con base en una metodología preestablecida que categoriza los estadios de acuerdo a características particulares de los embriones. A través de la información generada se analizaron las siguientes variables: período de incubación, porcentaje de eclosión, temperatura promedio de incubación, rangos de temperatura de incubación, período con temperaturas letales (< 25 y $> 35^{\circ}$), estadio de desarrollo embrionario, y temperatura promedio en el período termosensible (segundo tercio de desarrollo) para estimar proporciones sexuales, de acuerdo a la temperatura pivotal disponible reportada para Costa Rica (30.5°C). Este monitoreo fue complementado con capacitaciones y entrega de quipo a los administradores y encargados de tortugarios para dar continuidad a las acciones.

En la tabla 1 se presentan los registros y análisis de la temperatura de incubación de 2,671 huevos en 39 nidos, dados problemas técnicos experimentados en tres dataloggers colocados. Del total de huevos incubados el 14% no eclosionaron. A través de un análisis de varianza se observó que la temperatura promedio de incubación difirió significativamente entre tortugarios, registrándose las mayores en Hawaii (31.9°C) y El Banco (31.6°C), y las menores en El Chapetón (29.5°C) y El Garitón (29.3°C) (Fig. 2). La temperatura promedio difirió entre meses de incubación, encontrando durante la primera ronda de monitoreo (entre julio e inicios de septiembre) una mayor temperatura (31.04°C), que la registrada en la segunda (finales de septiembre y diciembre) (29.86°C). Se encontró una correlación inversa entre la temperatura y duración del período de incubación, siendo significativamente menor en los meses con mayores temperaturas (48 días) que en los que estas fueron más bajas (53 días) (Fig. 3). Estos resultados pueden estar relacionados con la presencia de 2 huracanes en territorio guatemalteco (ETA-31 oct al 14 nov y IOTA-13 nov al 18 nov), los cuales influyeron en las temperaturas de los nidos debido al incremento de precipitaciones y disminución de temperatura en el área. También se registró una anomalía de 2°C más fríos durante 7 días (08 nov – 14 nov) en la superficie marina frente a la Costa del Pacífico de Guatemala. En cuanto a las temperaturas letales reportadas (< 25 y $> 35^{\circ}\text{C}$), se registraron en meses de julio y agosto en Hawaii en el nido posicionado cerca de la línea de marea (37.7°C) durante 107 horas, y en el Banco en el nido más alejado de la línea de marea (36.2°C) durante 102 horas. Sin embargo, aunque el éxito de eclosión fue menor que el de los otros nidos para los cuales las temperaturas registradas no fueron tan elevadas, el 46% y 73% de los huevos eclosionaron respectivamente. No se registró ninguna temperatura por debajo del límite inferior letal, siendo la temperatura más baja registrada de 25.9°C en Candelaria, no obstante, el éxito de eclosión del nido fue de 97%.

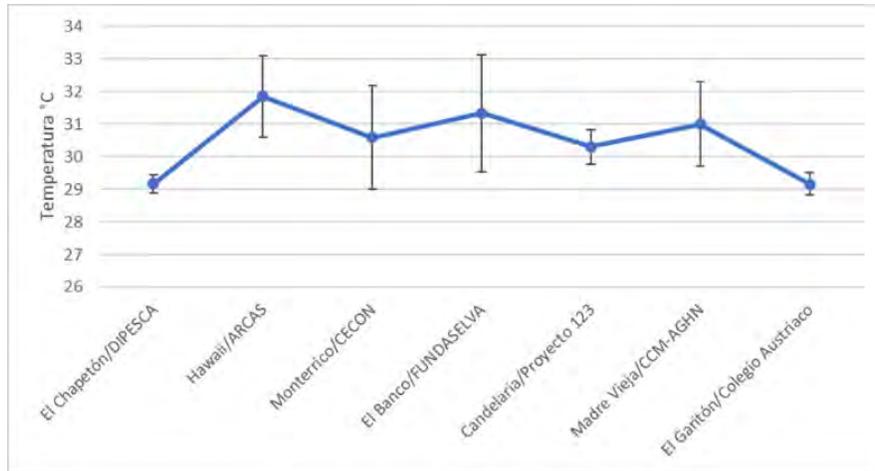


Figura 2. Temperaturas promedio de incubación de huevos de parlama en tortugarios de las áreas protegidas de Hawaii y Monterrico durante la temporada de anidación del 2020.

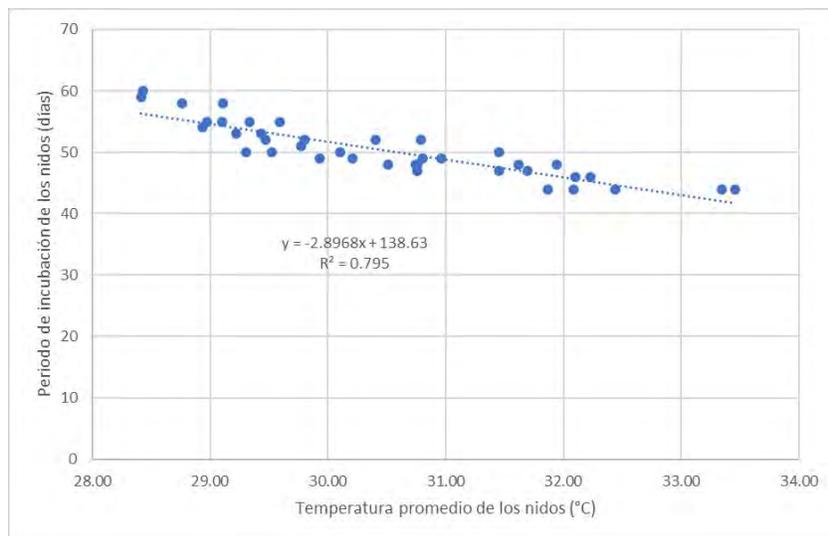


Figura 3. Relación entre la temperatura promedio de incubación y la duración del período de incubación de huevos de parlama en los tortugarios de las áreas de Hawaii y Monterrico, durante la temporada de anidación 2020.

De los huevos no eclosionados, 67% no presentaron desarrollo embrionario y 33% si presentaron cierto grado de desarrollo. En cuanto a la relación entre la temperatura de incubación y el porcentaje de eclosión, se pudo observar que existe una relación inversa entre ambas variables (Fig. 4). Se observó que los huevos que no eclosionaron pero que presentaron desarrollo embrionario, fueron incubados en nidos que registraron temperaturas letales (>35°C) justamente durante la fase de desarrollo embrionario observada en los neonatos muertos. Sin embargo, cuando la temperatura se encuentra fuera de los límites letales, otros factores afectan el porcentaje de eclosión, siendo el manejo de los huevos previo a su siembra uno de los más importantes. Un ejemplo de ello es el porcentaje diferencial de eclosión observado en un mismo nido (B- al centro del recinto) del tortugario Monterrico, en dos rondas de monitoreo (jul/ago y

sept/nov) en las cuales se registró la misma temperatura promedio (31.5°). En la primera ronda se obtuvo un 57% de éxito de eclosión de huevos que provenían de un área localizada a más de 20km de distancia y que fueron manipulados varias veces, mientras que en la segunda ronda eclosionaron el 94% de los huevos que provenían de la playa de Monterrico. Las temperaturas promedio de incubación durante el período termosensible variaron entre nidos, meses y tortugarios. De los 39 nidos monitoreados, 51% registraron temperaturas superiores a la pivotal determinada (30.5°C) en el período termosensible, sugiriendo que los neonatos podrían ser predominantemente hembras, y 49% registraron temperaturas inferiores, sugiriendo que los neonatos podrían ser predominantemente machos. El 75% de los nidos en los cuales se registró temperaturas superiores a la pivotal en el período termosensible, fueron monitoreados en la primera ronda (entre julio e inicios de septiembre), y el 73% de los nidos en los cuales se registró temperaturas inferiores a la pivotal en el período termosensible, fueron monitoreados en la segunda ronda (entre finales de septiembre y diciembre). Tomando como referencia la temperatura pivotal mencionada, todos los tortugarios monitoreados estarían produciendo machos y hembras, y las proporciones sexuales serían aproximadamente de 1:1 (Tabla 1). Es importante tomar en cuenta que es muy probable que la temperatura pivotal de Guatemala sea diferente a la reportada en Costa Rica, sin embargo, a la fecha, es la referencia más cercana disponible.

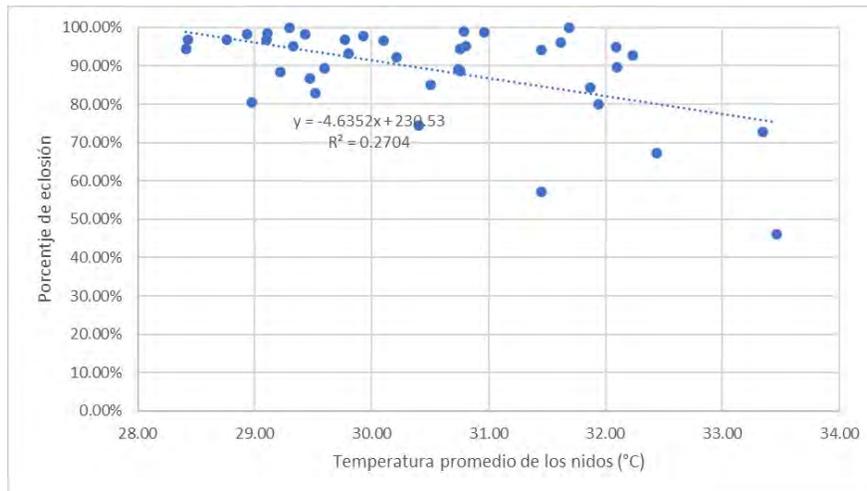


Figura 4. Relación entre la temperatura promedio de incubación y el éxito de eclosión de huevos de parlama en los tortugarios de las áreas de Hawaii y Monterrico, durante la temporada de anidación 2020.

Tabla 1. Resultados del monitoreo de temperatura de incubación de 39 nidos de parlama en 7 tortugarios de las áreas protegidas de Monterrico y Hawaii, durante la temporada de anidación 2020. (En rosa se muestran los nidos que de acuerdo con la temperatura pivotal determinada podrían ser hembras, y en celestes machos.

Tortugarios	ID	1 Ronda (jun - sept)								
		Fechas de incubación	Duración del período de incubación (días)	Temperatura promedio (°C)			T° promedio de incubación	T° mas baja	T° más alta	% de eclosión
				1er tercio	2do tercio	3er tercio				
El Chapetón	A-51	13 jul/ 03 sep	52	29.4	30.1	28.9	29.5	27.0	31.5	87%
	B-52	13 jul/ 03 sep	52	29.8	30.5	29.1	29.8	27.1	32.0	93%
	C-53	13 jul/ 04 sep	53	29.0	30.0	28.7	29.2	26.5	31.4	88%
Hawaii	A-54	16 jul/ 29 ago	44	32.7	34.0	33.7	33.5	26.8	37.7	46%
	B-55	16 jul/ 29 ago	44	32.0	32.9	32.4	32.4	26.8	34.6	67%
	C-56		s/r	s/r	s/r	s/r	s/r	s/r	s/r	0%
Monterrico	A-57	13 jul/ 28 ago	46	31.9	32.7	32.1	32.2	29.1	34.7	93%
	B-58	13 jul/ 29 ago	47	31.4	31.9	31.0	31.5	29.0	33.5	57%
	C-59	13 jul/ 06 sep	55	28.7	29.8	30.2	29.6	27.9	32.2	89%
El Banco	A-66	14 jul/ 27 ago	44	31.4	32.4	32.5	32.1	27.1	34.9	95%
	B-67	14 jul/ 27 ago	44	31.1	32.0	32.5	31.9	26.7	34.2	84%
	C-68	14 jul/ 27 ago	44	32.9	33.9	33.3	33.3	27.1	36.2	73%
Candelaria	A-69	16 jul/ 02 sep	48	30.7	31.8	30.1	30.9	27.7	30.8	89%
	B-70	16 jul/ 03 sep	49	29.7	30.6	29.7	30.0	26.8	29.9	98%
	C-22	16 jul/ 02 sep	48	30.8	31.7	29.5	30.7	27.9	30.5	85%
Madre Vieja	A-23	15 jul/ 31 ago	47	31.0	32.5	31.6	31.7	26.9	34.0	100%
	B-24	15 jul/ 01 sep	48	31.5	32.6	31.8	31.9	26.9	33.7	80%
	C-25	15 jul/ 30 ago	46	31.3	32.9	32.1	32.1	27.4	34.9	90%
El Garitón	A-26	16 jul/ 04 sep	50	30.0	30.7	29.7	30.1	28.1	31.6	97%
	B-27	16 jul/ 08 sep	54	28.9	29.1	28.8	28.9	27.2	30.4	98%
	C-28	16 jul/ 07 sep	53	29.3	29.8	29.2	29.4	27.9	30.9	98%

Tortugarios	ID	2 Ronda (sept - dic)								
		Fechas	Duración del período de incubación (días)	Temperatura promedio (°C)			T° promedio de incubación	T° mas baja	T° más alta	% de eclosión
				1er tercio	2do tercio	3er tercio				
El Chapetón	A-51	24 sep/ 22 nov	59	28.1	28.5	28.6	28.4	27.0	29.4	94%
	B-52	24 sep/ 20 nov	57	s/r	s/r	s/r	s/r	s/r	s/r	89%
	C-53	24 sep/ 18 sep	55	28.9	29.2	28.8	29.0	27.3	30.4	81%
Hawaii	A-54	13 oct/ 29 nov	47	30.7	30.2	31.4	30.7	27.4	32.4	94%
	B-55	13 oct/ 01 dic	49	31.2	30.3	31.3	31.0	28.7	32.5	99%
	C-56	14 oct/ 01 dic	48	31.9	30.9	32.0	31.6	28.7	32.9	96%
Monterrico	A-57	25 sep/ 14 nov	50	29.4	29.3	29.1	29.3	27.9	30.7	100%
	B-58	25 sep/ 14 nov	50	30.3	30.3	29.9	30.2	28.3	31.3	94%
	C-59	25 sep/ 14 nov	50	29.5	30.0	29.7	29.7	28.1	31.1	83%
El Banco	A-66	25 sep/ 12 nov	48	30.1	31.2	30.9	30.7	28.0	32.9	89%
	B-67	25 sep/ 15 nov	51	29.8	29.6	29.9	29.8	27.9	32.2	97%
	C-68	25 sep/ 13 nov	49	30.3	30.6	29.8	30.2	27.7	32.3	92%
Candelaria	A-69	30 sep/ 18 nov	49	30.4	30.8	31.3	30.8	27.5	33.4	95%
	B-70	30 sep/ 24 nov	55	28.7	28.8	29.9	29.1	25.9	31.7	97%
	C-22	s/r	s/r	s/r	s/r	s/r	s/r	s/r	s/r	s/r
Madre Vieja	A-23	28 sep/ 19 nov	52	30.3	30.4	30.5	30.4	27.3	31.7	74%
	B-24	28 sep/ 19 nov	52	30.1	30.6	31.7	30.8	26.3	33.0	99%
	C-25	28 sep/ 26 nov	58	28.7	28.7	30.0	29.1	27.5	30.9	99%
El Garitón	A-26	29 sep/ 23 nov	55	29.6	29.2	29.2	29.3	27.4	30.5	95%
	B-27	29 sep/ 28 nov	60	28.4	28.2	28.8	28.4	27.1	29.7	97%
	C-28	29 sep/ 26 nov	58	28.7	28.6	29.0	28.8	27.4	29.7	97%

3.3.2. Drones para el monitoreo de rastros de anidación de tortugas

Los monitoreos de nidos en playas de anidación han sido una de las técnicas más utilizadas a nivel mundial para evaluar las tendencias poblacionales de las tortugas marinas a través de la estimación de frecuencias de anidación. Una estrategia para realizar este monitoreo en playas arenosas es el conteo de rastros que dejan las tortugas al momento de emerger del mar para anidar. Este conteo regularmente se realiza a través de observaciones en caminatas sistemáticas a lo largo de las playas de anidación. Sin embargo, es una estrategia costosa y que representa un alto esfuerzo de monitoreo, debido a que se requiere de personal en cada playa para realizar estos recorridos diariamente durante toda la temporada. Actualmente en Guatemala, el único programa de monitoreo de tortugas marinas lo realiza ARCAS, a través de conteos de rastros en 7 playas índices, recorriendo transectos de 4km. Este conteo se realiza durante el periodo de mayor frecuencia de anidación (jun – dic). No obstante, cada año ARCAS requiere de financiamiento externo para contratar al personal que lo realiza, por lo que no es una estrategia sostenible. Es por lo que surge la necesidad de evaluar el uso de herramientas alternativas eficientes y menos costosas, para realizar estos monitoreos.

Los avances recientes en la tecnología de drones aéreos han permitido que sean costo-efectivos, fácil de operar y accesibles para realizar monitoreos. Actualmente existen varios estudios de referencia que han utilizado drones para el monitoreo de tortugas marinas, enfocándose principalmente en estimados de abundancia poblacional, distribución y densidad, utilizando imágenes para el conteo de nidos, hembras anidando, sus rastros, o tortugas en el agua. Estos estudios se han realizado principalmente en áreas de anidación donde las tortugas se reúnen en grandes números en zonas costeras. Incluso se han utilizado para realizar estudios más especializados como determinación de proporción sexual.

Durante la temporada de anidación del 2020, el Proyecto de Biodiversidad evaluó por primera vez el uso de drones para el conteo de rastros de tortugas marinas en Guatemala, con el objetivo de proponer una estrategia alternativa de monitoreo a través de esta tecnología para fortalecer los esfuerzos actuales. Se utilizó un dron DJI modelo Mavic 2 Pro con sistema de visión omnidireccional que cuenta con una cámara estabilizadora en 3 ejes, permite grabar videos de 4K, y hacer fotos de 20 megapíxeles. El dron cuenta con un sistema de detección de obstáculos y modos de vuelo inteligente los cuales facilitan la captura de fotos complejas. Este dron puede ser utilizado a través del control remoto el cual tiene tecnología de transmisión de largo alcance; alcanza una velocidad de hasta 72 km/h, un tiempo de vuelo de 31 minutos (varía dependiendo las condiciones del entorno), una distancia recorrida de hasta 8000 m desde el punto de partida y una altura de 6000 m. Los dispositivos DJI cuentan con una aplicación para teléfonos móviles (DJI GO 4), que permite la visualización el video al momento del vuelo y la descarga rápida del material capturado. Todas estas características permiten realizar vuelos eficientes y de alta resolución para la correcta identificación de rastros de anidación en las playas de la Costa del Pacífico.

Para establecer los parámetros de vuelo ideales para el monitoreo de huellas de tortugas marinas (Tabla 1), se realizaron 3 vuelos piloto a diferentes horarios, alturas, velocidades y distancias. Se

establecieron transectos de 2.5kms hacia el Este y Oeste del tortugario de El Banco/FUNDASELVA (punto de partida), para realizar un recorrido aéreo de 5kms sobre la playa de anidación en cada transecto, simulando la metodología que utiliza ARCAS para realizar los monitoreos a través de caminatas. Los vuelos se realizaron de forma manual y continua, y se identificaron los rastros de tortugas a través de la pantalla de video de la aplicación DJI GO 4.

Fue importante asegurar que la imagen cubriera la zona de anidación y que su resolución fuera adecuada para el posterior análisis, por lo que es necesario que el piloto del dron tenga conocimiento sobre las características locales de anidación y mareas, para determinar en cual franja de la playa debe realizarse el vuelo y como identificar los rastros adecuadamente. Por ejemplo, en la figura 1 se puede observar un rastro de anidación el cual llego hasta la vegetación, un vuelo más dirigido hacia la zona de marea no hubiera permitido detectarlo. Para la identificación de rastros durante del vuelo también se debe diferenciar entre rastros frescos y rastros/nidos de días anteriores (Fig. 2), y descartar los rastros falsos - todos aquellos en los que se identifica que la tortuga se desplazó por la playa, pero no colocó huevos y retorno al mar-. Durante el ejercicio fue posible identificar y geoposicionar 12 rastros de parlama durante tres días (Fig.3).

Tabla 1. Parámetros de vuelo establecidos para el conteo de huellas de anidación de tortugas marinas en la Costa del Pacífico de Guatemala.

Parámetros	Valor
Modo de vuelo	P
Altura	50 metros
Velocidad	30 min - 50 km/h máx.
Distancia desde punto de partida	2, 500 metros
Horario (varia depende de la época del año)	0 a 60 min (aprox) después de la salida del sol
Posición del dron en la playa	Centro



Figura 1. Ejemplo de posición de vuelo del dron sobre playa y rastro de anidación de parlama sobre la duna



Figura 2. Ejemplo de nidos observados en vuelo pero que fueron puestos días anteriores ya que el rastro fue borrado por la marea.

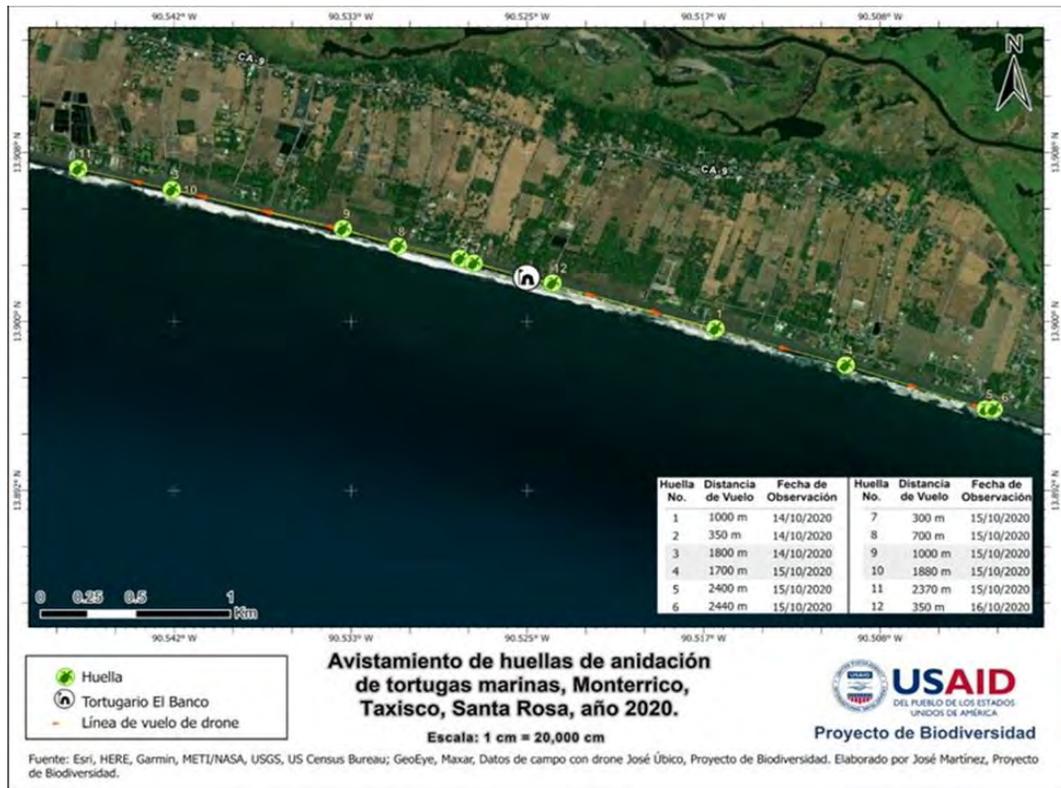


Figura 3. Rastros de tortugas identificadas en los vuelos con dron en el tortugario del Banco.

4. MANGLARES Y HUMEDALES

4.1. Reserva Natural de Usos Múltiples de Monterrico (RNUMM)

4.1.1. Inventarios forestales

Con el objetivo de generar información sobre el potencial productivo maderable del bosque manglar de la RNUMM, se realizó un inventario forestal estratificado con distribución de parcelas de medición de manera sistemática. Previo a la realización de los inventarios, se caracterizó a partir de trabajo de campo y análisis cartográficos, la estratificación de las comunidades vegetales. Las mediciones fueron realizadas a través de cuadrillas formadas por personal de CONAP y CECON, cuantificando por cada unidad de muestreo los árboles de las diferentes especies de mangle, para los cuales se registraron las siguientes variables: diámetro normalizado o diámetro a la altura del pecho según corresponda por especie, densidad, altura, estado físico y fitosanitario.

Se cubrió un total de 1.25 ha, que corresponden al 0.11 % del total del área de cobertura forestal de mangle del área protegida (1097.01ha), a través del levantamiento de 25 parcelas rectangulares de 500m² (25m de largo x 20m de ancho) distribuidas sobre 3 estratos forestales (Fig. 1). Este tipo de muestreo reduce el error al agrupar características similares del bosque, en comparación con otros métodos de muestreo estadístico. El bosque presentó 8 especies vegetales que presentaron diferentes magnitudes en sus diámetros y alturas. Para el primer estrato denominado “Comunidad bosque de mangle” que ocupa una superficie de 885ha -equivalente a 80.71% de la extensión total efectiva-, se estimó un total de 791 árboles, un área basal de 11.36m²/ha, y un volumen de 70.21m³/ha como carga maderable en leño. Para el segundo estrato denominado “Mangle blanco con poblaciones definidas y en crecimiento” que ocupa una superficie de 174.80Ha -equivalente a 15.73% de la extensión total efectiva-, se estimó un total de 816 árboles, un área basal de 24.57m²/ha, y un volumen de 164.8m³/ha. Y para el tercer estrato denominado “Comunidad vegetal de otras especies y mangle” que ocupa una superficie de 36.91ha -equivalente a 3.36% de la extensión total efectiva-, se estimó un total de 221 árboles, un área basal de 39.23m²/ha, y un volumen de 288.93m³/ha (Tabla1).

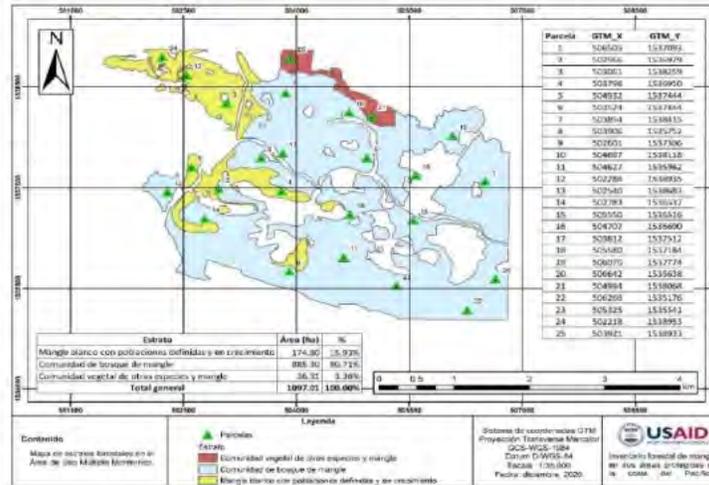


Figura 1. Mapa de distribución de parcelas y estratos forestales en la RNUMM

El estrato caracterizado como “Comunidad de bosque de mangle” corresponde a espacios de distribución de árboles de mangle de uno o más géneros en cuanto su composición, con respecto a otras poblaciones o grupos de especies adaptadas a condiciones de inundación y/o especies de desarrollo en suelos firmes, que coexisten según el grado de dominancia dentro del humedal. El mangle rojo (*Rizophora mangle*) domina la comunidad vegetal de este estrato en la RNUMM, y con un perfil de menor altura el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) se observa como especie codominante. A través del análisis de la distribución dasométrica en el cual se clasificaron las especies dentro de clases diametrales, fue posible observar que la mayoría de los árboles de este estrato presentan diámetros pequeños, pero al aumentar el diámetro fustal disminuye la abundancia total acumulada, lo que indica que el bosque es dinámico y capaz de mantener su estructura en condiciones naturales sin alteraciones o agentes de degradación significativo y recurrente (Fig. 2A). El mangle rojo reporta el mayor porcentaje de volumen forestal con corteza por clase diametral. Un poco más de la mitad de la población posee tallos sinuosos o torcidos, e inclinados, y en su mayoría no bifurcados. Se observó una mortalidad del 2% de los árboles de este estrato. De la proporción de árboles vivos, 91% presentan condiciones de equilibrio ante los posibles agentes patógenos presentes en el ecosistema, 8% posee algún tipo de enfermedad en las secciones vitales de desarrollo, y 1% presentan presencia de plagas (insectos o agentes de degradación de leño) (Fig. 3A).

Tabla 1. Resumen del inventario forestal para la Reserva Natural de Usos Múltiples de Monterrico.

Estratos	Clase diamétrica/ especies	Árboles/ ha	AB/ha (m ²)	Vol (m ³ /ha)	Proporción del estrato
Comunidad de bosque de mangle	Subtotal	791	11.36	70.21	80.71%
	≥40	3	0.46	2.85	
	<i>Rhizophora mangle</i> L.	3	0.46	2.85	

Estratos	Clase diamétrica/ especies	Árboles/ ha	AB/ha (m ²)	Vol (m ³ /ha)	Proporción del estrato
	30 a <40	13	1.27	8.72	
	<i>Rhizophora mangle</i> L.	13	1.27	8.72	
	20 a <30	79	4.01	28.71	
	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) CF Gaertn	3	0.14	1.74	
	<i>Rhizophora mangle</i> L.	76	3.87	26.97	
	10 a <20	188	3.49	19.88	
	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) CF Gaertn	63	0.90	7.34	
	<i>Rhizophora mangle</i> L.	120	2.50	12.04	
	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	5	0.09	0.51	
	5 a <10	508	2.13	10.06	
	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) CF Gaertn	340	1.41	7.16	
	<i>Rhizophora mangle</i> L.	162	0.70	2.80	
	<i>Ficus</i> sp.	1	0.00	0.02	
	<i>Sideroxylon celastrinum</i> (Kunth) TD Penn	3	0.01	0.05	
<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	2	0.01	0.02		
Mangle blanco con poblaciones definidas y en crecimiento: Área del estrato 174.80, # de parcelas 5	Subtotal	816	24.57	164.28	15.93%
	20 a <30	13	2.02	24.83	
	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) CF Gaertn	12	1.86	23.68	
	<i>Rhizophora mangle</i> L.	1	0.17	1.15	
	10 a <20	252	13.13	97.85	
	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) CF Gaertn	242	12.43	94.97	
	<i>Rhizophora mangle</i> L.	9	0.64	2.63	
	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	1	0.05	0.24	
	5 a <10	551	9.42	41.60	
	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) CF Gaertn	540	9.20	40.75	
	<i>Rhizophora mangle</i> L.	7	0.15	0.56	
	<i>Sideroxylon celastrinum</i> (Kunth) TD Penn	1	0.02	0.10	
	<i>Simarouba glauca</i> DC.	2	0.02	0.09	
	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	1	0.03	0.10	
Comunidad vegetal de otras especies y mangle: Área del estrato 36.91, # parcelas 2	Subtotal	221	39.23	288.93	3.36%
	≥40	2	2.90	25.51	
	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	2	2.90	25.51	
	30 a <40	8	7.78	61.77	
	<i>Rhizophora mangle</i> L.	1	1.05	6.98	
	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	5	4.70	36.55	
	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	2	2.03	18.24	
	20 a <30	29	14.38	117.08	
<i>Rhizophora mangle</i> L.	3	1.70	12.16		

Estratos	Clase diamétrica/ especies	Árboles/ ha	AB/ha (m ²)	Vol (m ³ /ha)	Proporción del estrato
	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	11	5.12	41.30	
	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	15	7.56	63.62	
	10 a <20	67	9.19	60.53	
	<i>Rhizophora mangle</i> L.	2	0.45	2.03	
	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	33	4.81	26.94	
	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	32	3.93	31.56	
	5 a <10	115	4.99	24.06	
	<i>Rhizophora mangle</i> L.	3	0.12	0.50	
	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	65	2.59	10.66	
	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	47	2.27	12.90	
Total general		1828	75.17	523.42	100%

El estrato caracterizado como “Mangle blanco con poblaciones definidas y en crecimiento” hace referencia a espacios zonales con crecimiento y dominancia forestal de mangle blanco, cuyo material de regeneración domina el estrato desde las clases de desarrollo iniciales con el establecimiento del ciclo de la sucesión. Dentro de este estrato forestal pueden coexistir en menor abundancia otros géneros distintos a *Laguncularia racemosa*, sean estos otros árboles adaptados a condiciones recurrentes de sustratos inundables o bien especies de desarrollo en suelos firmes. La figura 2B representa la distribución de abundancia de especies en ese estrato en la RNUMM, en donde la mayor cantidad de individuos según su desarrollo de la sucesión se encuentran contenidos en la primera clase diametral. Esta condición es típica en comunidades vegetales en crecimiento o en áreas de repoblación de especies luego de disturbios. El mangle blanco presenta el mayor porcentaje de volumen forestal con corteza por clase diametral. La mayor cantidad de árboles presentan los tallos o fustes torcidos o sinuosos, inclinados, y no son bifurcados. Se observó una mortalidad del 4% de los árboles de este estrato. En lo que respecta a la fitosanidad de los árboles vivos, 71% se encuentran sanos o en condiciones de equilibrio ante los posibles agentes patógenos, y 29% presentan algún tipo de enfermedad (hongos, pudriciones, entre otros) en secciones vitales de desarrollo (Fig. 3B).

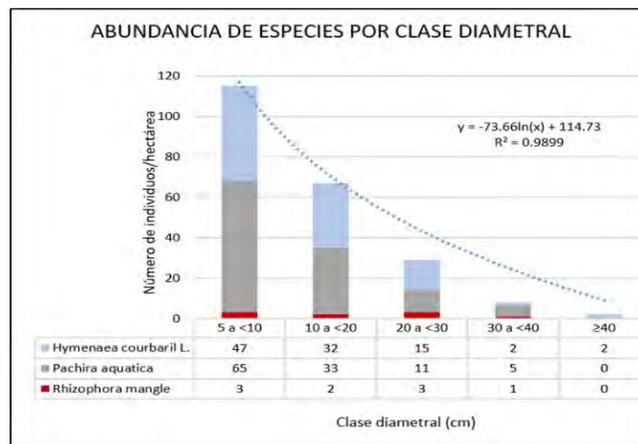
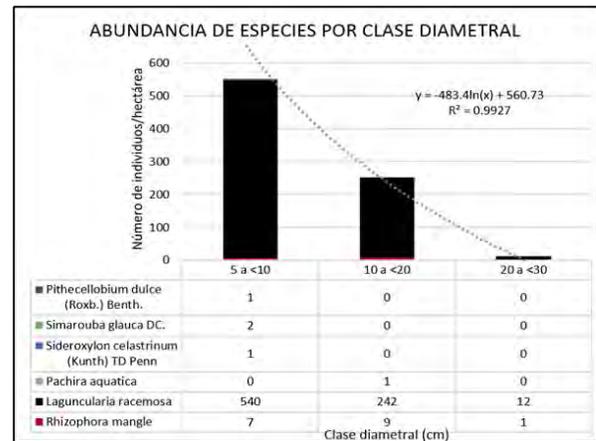
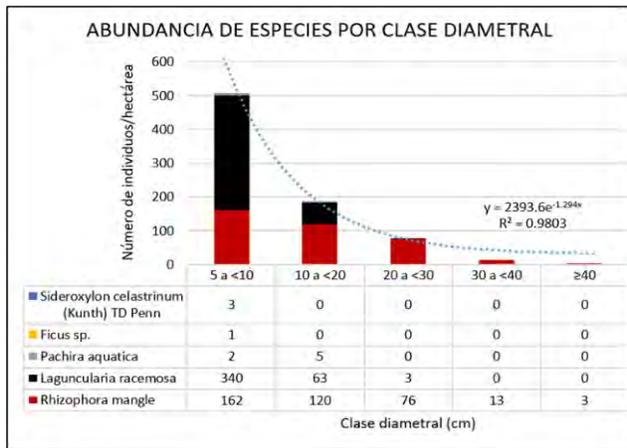


Figura 2. Abundancia de especies forestales de los estratos: a) “Comunidad vegetal de mangle”, b) “Mangle blanco con poblaciones definidas y en crecimiento”, y c) “Comunidad vegetal de otras especies y mangle, en la RNUMM.

La comunidad forestal del estrato caracterizado como “Comunidad vegetal de otras especies y mangle” está compuesta por árboles u otras plantas que generalmente se desarrollan en sustratos de suelo conformados a niveles de tierra firme, con especies representativas de la zona de vida del Bosque Seco Subtropical. Si bien, este tipo de vegetación regularmente se desarrolla en los espacios y tierras de transición entre bosques y manglares, algunos géneros se han adaptado a los humedales, ya sea por semillación, cambios en los regímenes de la frecuencia y de los niveles de inundación, alteraciones en el sustrato, y otros posibles disturbios que crean condiciones favorables para el establecimiento de este tipo de sucesión vegetal. La figura 2C representa la distribución de abundancia de especies en ese estrato en la RNUMM, representada por 6 especies entre las cuales *Hymenaea courbaril*, *Pachira Aquatica* y *Rhizophora mangle* son las más abundantes. Al igual que en el primer estrato, la distribución poblacional indica que el bosque es dinámico y capaz de mantener su estructura en condiciones naturales sin alteraciones o agentes de degradación significativo y recurrente. *Hymenaea courbaril* reporta el mayor porcentaje de volumen forestal con corteza por clase diametral. Un poco más de la mitad de la población posee tallos sinuosos o torcidos, e inclinados, y en su mayoría no bifurcados. Se reporta que el 100 % del total de los árboles están vivos, en donde 91% de los árboles se encuentran sanos o en condiciones de equilibrio ante posibles agentes patógenos, y 9% presentan algún tipo de enfermedad en las secciones vitales de desarrollo (Fig. 3C).

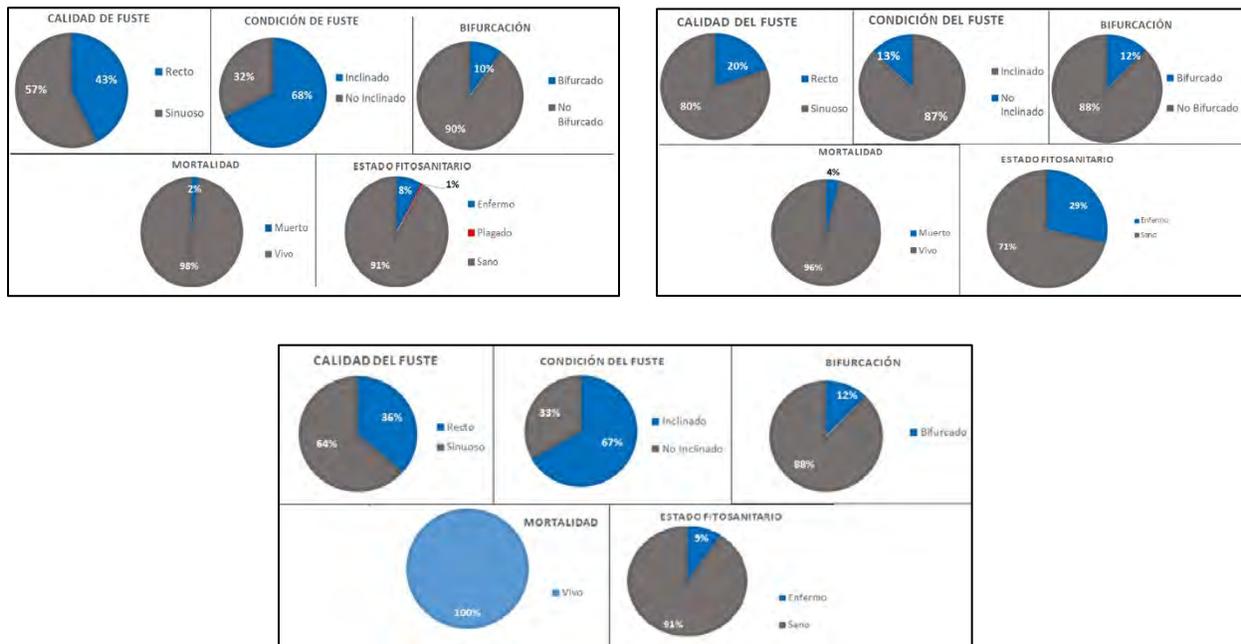


Figura 3. Calidad, condición, bifurcación del fuste, estado fitosanitario y mortalidad por hectárea en los árboles de los estratos: a) “Comunidad vegetal de mangle”, b) “Mangle blanco con poblaciones definidas y en crecimiento”, y c) “Comunidad vegetal de otras especies y mangle, en la RNUMM.

4.1.2. Plan de manejo forestal de mangle

Con el objetivo de definir las cuotas de producción en metros cúbicos del volumen de aprovechamiento forestal sostenible del bosque de mangle de la RNUMM, se elaboró un plan de manejo forestal con base en los resultados del inventario forestal y de los criterios de crecimiento de los árboles. El plan contiene los parámetros de ordenación de la corta, sobre los cuales se determinaron escenarios de manejo con fines de aprovechamiento en un primer ciclo de corta (CC) de 20 años. Además, incluye aspectos relacionados a la reducción y control de incendios forestales, control y regulación de las actividades de manejo forestal, medidas de recuperación del bosque, medidas de protección del bosque, medidas de monitoreo sobre sanidad forestal y un sistema de monitoreo forestal.

Considerando la estructura disetánea de las comunidades vegetales que conforman el bosque de mangle como área efectiva de manejo, y con el objetivo de mantener el equilibrio ecológico, así como de la continuidad de una cubierta sana y estable en el tiempo, se ajustó el diseño para la ordenación forestal a un “sistema de manejo policíclico diferenciado para las especies de mangle clasificadas en el grupo de aprovechamiento grupo mangle”. Este tipo de sistema se fundamenta en cuotas de aprovechamiento anual del volumen en metros cúbicos, con respeto al crecimiento, las características de las especies de árboles presentes, y su desarrollo en función de la curva de distribución diamétrica en tipo comunidad o estrato.

Para la estimación de la corta periódica permisible en el bosque de mangle es importante contextualizar el alcance de este instrumento. Si bien este Plan de Manejo Forestal corresponde con base en la técnica dasométrica aplicada a sistemas de ordenación y guías del aprovechamiento forestal para la RUMM, este no corresponde a una gestión de solicitud de licencias forestales a escala individual, de proponente o usuarios que soliciten según un formato, el aprovechamiento de la flora maderable para sus terrenos. Sino más bien deberá considerarse como un nivel de referencia en el máximo volumen total forestal expresado en metros cúbicos por año, que puede ser sujeto a uso o aprovechamiento sostenible dadas las condiciones de sitio y las características de las especies que en el área objetivo se desarrollan; sirviendo al CONAP, para que, en coordinación con el administrador del área protegida, CECON-USAC, conduzcan de una manera regulada los aprovechamientos locales.

Con base en la abundancia y área basal existente, se establecieron 20cm como diámetro mínimo de corta (DMC), bajo el supuesto de promover que las menores clases diametrales se vean beneficiadas en la apertura del dosel, incentivando el crecimiento y el reclutamiento de los árboles que al cabo de los años mejorarán tanto la calidad como la carga maderable disponible en el volumen forestal total en el bosque de mangle. Se estimó también la intensidad de corta (IC) con base en la distribución diamétrica del área basal por grupo de manejo a nivel de estrato, tomando como referencia los DMC y CC establecidos en el diseño del sistema de manejo citados. La programación de la carta anual permisible (CAP) para los estratos de mangle presentes en la RNUMM, por grupo de especies de manejo o prioritarias, en función del IC y el DMC, se presenta en la tabla 1. El CONAP podrá gestionar la carga maderable total disponible en cada uno de los 3 estratos, o reservar alguno de estos como medida conservadora hacia el aprovechamiento futuro

al cabo de un segundo ciclo de rotación. Se pretende que los planteamientos y propuestas técnicas sean evaluadas al cabo de la finalización de los primeros 5 años de ejecución del plan.

Tabla 1. Resumen de la corta permisible por especie en cada estrato del bosque de mangle de la RNUMM.

Estrato	Especie	Menores al DMC			DMC - 40 cm/ha			IC	Extraer/ha			> 40 cm/ha			IC >40	Extraer/ha			Total Extraer/ha			Reserva/ha		
		Arb.	AB	Vol	Arb.	AB	Vol		Arb.	AB	Vol	Arb.	AB	Vol		Arb.	AB	Vol	Arb.	AB	Vol	Arb.	AB	Vol
1	<i>Lasuncularia racemosa</i>	448	2.3064	14.4927	3	0.1990	1.7413	64%	2	0.0889	1.1144	0	0.0000	0.0000	65%	0	0.0000	0.0000	2	0.0889	1.1144	449	2.3604	15.1195
	<i>Rhizophora mangle</i>	315	3.2015	14.8391	99	5.1422	35.6835	64%	63	3.2910	22.8374	3	0.4600	2.8300	65%	2	0.3026	1.8525	65	3.5956	24.6399	350	5.2114	28.6826
	Total 1	761	5.5100	29.3318	102	5.2811	37.4247	64%	65	3.3799	23.9518	3	0.4600	2.8300	65%	2	0.3026	1.8525	67	3.6825	25.8043	719	7.99	43.8022
2	<i>Lasuncularia racemosa</i>	3,128	21.6347	135.7241	48	1.8586	23.6788	64%	31	1.1895	15.1545	0	0.0000	0.0000	65%	0	0.0000	0.0000	31	1.1895	15.1545	3,145	22.0000	144.2485
	<i>Rhizophora mangle</i>	64	0.7911	3.1911	4	0.1650	1.1502	64%	3	0.1056	0.7361	0	0.0000	0.0000	65%	0	0.0000	0.0000	3	0.1056	0.7361	65	0.8240	3.6052
	Total 2	3,192	22.4267	138.9152	52	2.0236	24.8290	64%	33	1.2951	15.8906	0	0.0000	0.0000	65%	0	0.0000	0.0000	33	1.2951	15.8906	401	3.211	147.8537
3	<i>Rhizophora mangle</i>	50	0.5710	2.5229	40	2.7504	19.1414	16%	6	0.4401	3.0626	20	2.9000	25.510	65%	13	1.8850	16.5815	19	2.9251	19.6441	91	2.8800	27.5302
	Total 3	50	0.5710	2.5229	40	2.7504	19.1414	16%	6	0.4401	3.0626	20	2.9000	25.510	65%	13	1.8850	16.5815	19	2.9251	19.6441	91	91	27.5302

Se estimaron las cuotas de producción forestal sostenible en metros cúbicos anuales a un ciclo de corta de 20 años, asignando una CAP para el estrato forestal “Comunidad Bosque de mangle” de 1,504.37m³ anuales distribuidos en 44.27ha como área anual de aprovechamiento, sobre una IC de 64% para las clases diametrales a partir del DMC y hasta los 40 cm, y una IC de 65% para los árboles mayores a 40 cm. Para el estrato “Mangle blanco con poblaciones definidas y en crecimiento” se propone una CAP de 405.60 m³ anuales distribuidos en 8.74ha, sobre una IC de 64% para las clases diametrales a partir del DMC y hasta los 40 cm, y una IC de 65% para los árboles mayores a 40 cm. Y para el estrato “Comunidad Vegetal de otras especies y mangle” una CAP de 62.26 m³ anuales distribuidos en 1.85ha, sobre una IC de 16% para las clases diametrales a partir del DMC y hasta los 40 cm y una intensidad de la corta del 65% para los árboles mayores a 40 cm (Tabla 1 y Tabla 2).

Tabla 2. Proyección de intervenciones anuales en los tres estratos del bosque de mangle de la RNUMM.

Comunidad vegetal de mangle						
Extensión Efectiva (ha)	Total >DMC			Extraer		
	Arb.	AB	Vol	Arb.	AB	Vol
44.27	4,658	254.38	1,782.76	2,982	163.01	1,142.23

Mangle blanco con poblaciones definidas y en crecimiento						
Extensión Efectiva (ha)	Total >DMC			Extraer		
	Arb.	AB	Vol	Arb.	AB	Vol
8.74	454	17.69	217.01	291	11.32	138.88

Comunidad vegetal de otras especies y mangle						
Extensión Efectiva (ha)	Total >DMC			Extraer		
	Arb.	AB	Vol	Arb.	AB	Vol
1.85	111	10.43	82.40	36	4.29	36.25

En la práctica, dichas magnitudes podrán variar según sean aprovechadas las áreas de aprovechamiento anual. De presentarse variaciones sobre los totales poblacionales, podrían resultar cosechas menores o superiores al valor de disponibilidad por área normalizada o promedio. Esto se debe a que, en las comunidades y poblaciones vegetales, regularmente existen cambios en la disponibilidad de carga maderable, al estar sujetas constantemente a las dinámicas del entorno sean estas ambientales o físicas, el efecto natural de las tasas de mortalidad para cada una de las especies y de las posibles modificaciones del bosque derivado de las acciones humanas como afectación directa o indirecta hacia este ecosistema de mangle.

La figura 1 describe una propuesta para la sistematización de las actividades de manejo forestal del bosque de mangle dentro del área protegida. Para el control en la regulación comercial con fines de aprovechamiento del bosque de mangle, El CONAP, con base a las asignaciones o cuotas de aprovechamiento anual podrá dar trámite y procedencia a solicitudes comerciales mediante instrumentos específicos como los planes de manejo, de conformidad a lo establecido en el “Manual para la Administración Forestal en Áreas Protegidas” y en atención a los criterios y formatos homologados del “Manual de Lineamientos Técnicos para el Aprovechamiento Sostenible del Recurso Forestal del Ecosistema Manglar de Guatemala”. Como medidas de recuperación del bosque, según sean las condiciones sobre las aprobatorias de solicitudes de manejo forestal con fines de aprovechamiento comercial, el CONAP, deberá autorizar y facilitar los lineamientos técnicos para garantizar los compromisos de repoblación de mangle; atendiendo lo dispuesto en la Resolución 10-15-2014 del Consejo Nacional de Áreas Protegidas CONAP “Normativo de garantías de recuperación forestal”.

La nucleación en tipo Chinamas es una de las técnicas sugeridas como método para la recuperación de la masa aprovechada, sin limitarse a considerar arreglos de repoblación forestal para las especies de mangle que contemplen espaciamientos y densidades definidas típicas de las plantaciones. Como medidas de protección del bosque se propone: 1) fortalecer las acciones de control y vigilancia a partir de la coordinación interinstitucional para la reducción de la tala ilegal; 2) definir acciones concretas y factibles para la protección contra incendios forestales, como ubicar e identificar puestos de control y realizar recorridos programados, identificar y monitorear áreas críticas o susceptibles a la ocurrencia de incendios forestales (p.e. en donde ocurre operación de salineras, caza de fauna silvestre, actividad agropecuaria), conformar y capacitar brigadas de combate de incendios, y realizar campañas de sensibilización y educación ambiental; y 3) realizar acciones de monitoreo de sanidad forestal para la detección temprana de enfermedades y plagas, siendo CONAP el responsable de atender las solicitudes de salvamento y saneamiento forestal de manera pronta y efectiva.

Además, se propone un sistema de monitoreo forestal adaptado a la “Metodología para el Establecimiento y Mantenimiento de Parcelas Permanentes de Medición Forestal -PPMF- en Bosque Natural de Ecosistema Manglar”, que incluye mantenimiento y/o demarcación de PPMF, registro de la información de las mediciones, y evaluación del estado de conservación de las PPMF, en un compilado de cuanto menos seis ciclos de medición según intervalos de evaluación objetivos (Fig. 2).

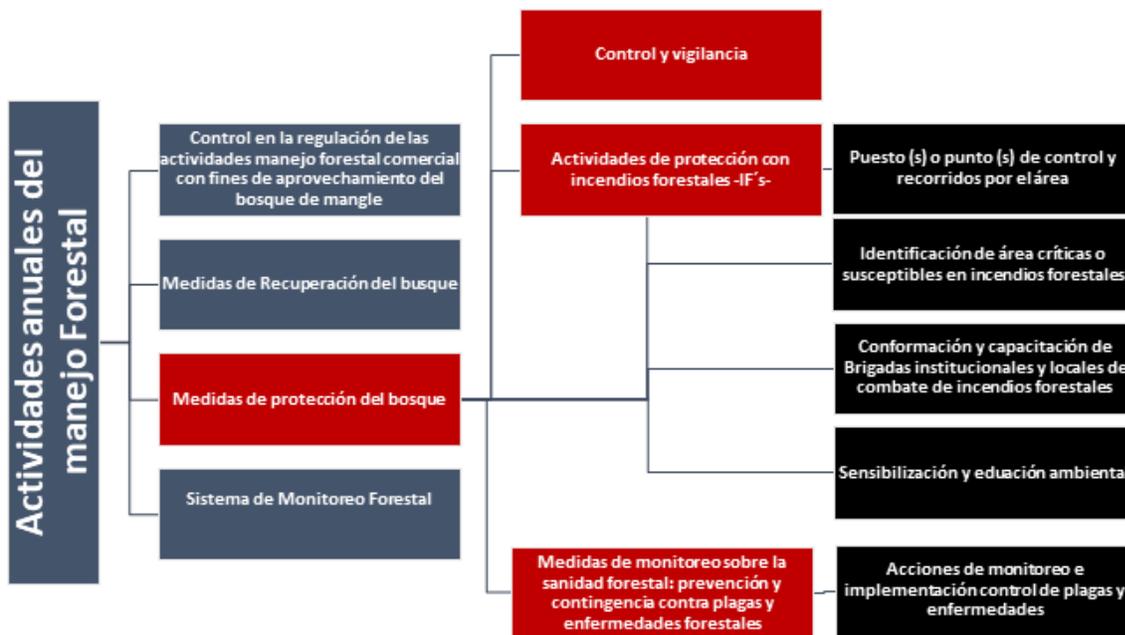


Figura 1. Propuesta de actividades anuales para el manejo forestal del bosque de mangle en la RNUMM.

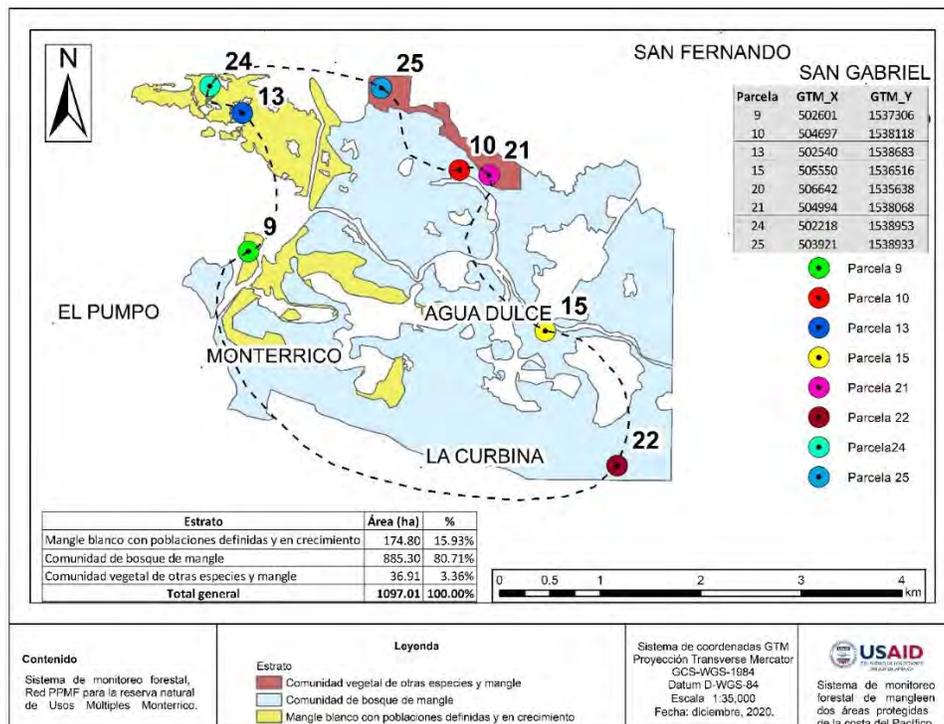


Figura 2. Propuesta de sistema de monitoreo forestal para el bosque de manglar de la RNUM.

4.1.3. Uso de suelo y cobertura forestal

El Proyecto de Biodiversidad contrató servicios profesionales para elaborar mapas de cobertura forestal y uso de la tierra a través del sensor remoto Sentinel-2 de la ESA, para los años 2019-2021. Esta información se validó a través de recorridos en campo a partir de los cuales se levantó puntos de información de uso actual de la tierra en base a 12 categorías definidas. Se definió un área de influencia de 1,000 metros como zona de amortiguamiento de los polígonos de la Reserva Natural de Usos Múltiples de Monterrico (RNUMM) y el Área de Usos Múltiples de Hawaii, que fueron trabajadas juntas, con un total de 11,935ha.

La cobertura de manglares actual en la RNUMM es de 1,220.63ha (43.66% del total del área protegida). De acuerdo con los resultados, del año 2019 al 2020 se perdieron 12.1ha de mangle, pero en el 2021 se ganaron 31.2Ha. Sin embargo, se han perdido tulares, bosque latifoliado y seco. En cuanto los usos de la tierra, el área de uso acuícola y agrícola se ha incrementado en la actualidad (Tabla 1).

Con respecto a la distribución espacial de los usos del suelo, existen grandes grupos de usos del suelo observándose al sur la zona de habitación, al centro y al este la cobertura de manglares, al oeste la cobertura de tulares y al norte la agricultura. Otros usos importantes en términos de conservación son las áreas identificadas como bosque seco y bosque latifoliado, cuya mayor cobertura se encuentra dentro de la zona de habitación y en los bordes de los manglares (Fig. 1).

Tabla 1. Uso de suelo entre los años 2019 al 2021 en la Reserva Natural de Usos Múltiples de Monterrico.

USO DE SUELO	2021 (ha)	2020 (ha)	2019 (ha)
Acuicultura	6.48	6.50	4.72
Agricultura	229.63	237.49	224.24
Bosque Latifoliado	38.27	33.19	40.84
Bosque seco	15.42	15.26	15.77
Cuerpos de agua	252.90	259.48	200.51
Manglares	1,220.63	1,189.33	1,201.43
Océano Pacífico	285.68	279.64	279.45
Playas y dunas	20.53	26.80	23.49
Tulares	360.41	341.92	394.91
Zona habitacional	263.63	265.77	274.96
Zona inundable	102.38	140.58	135.65
TOTAL	2,795.96	2,795.96	2,795.96

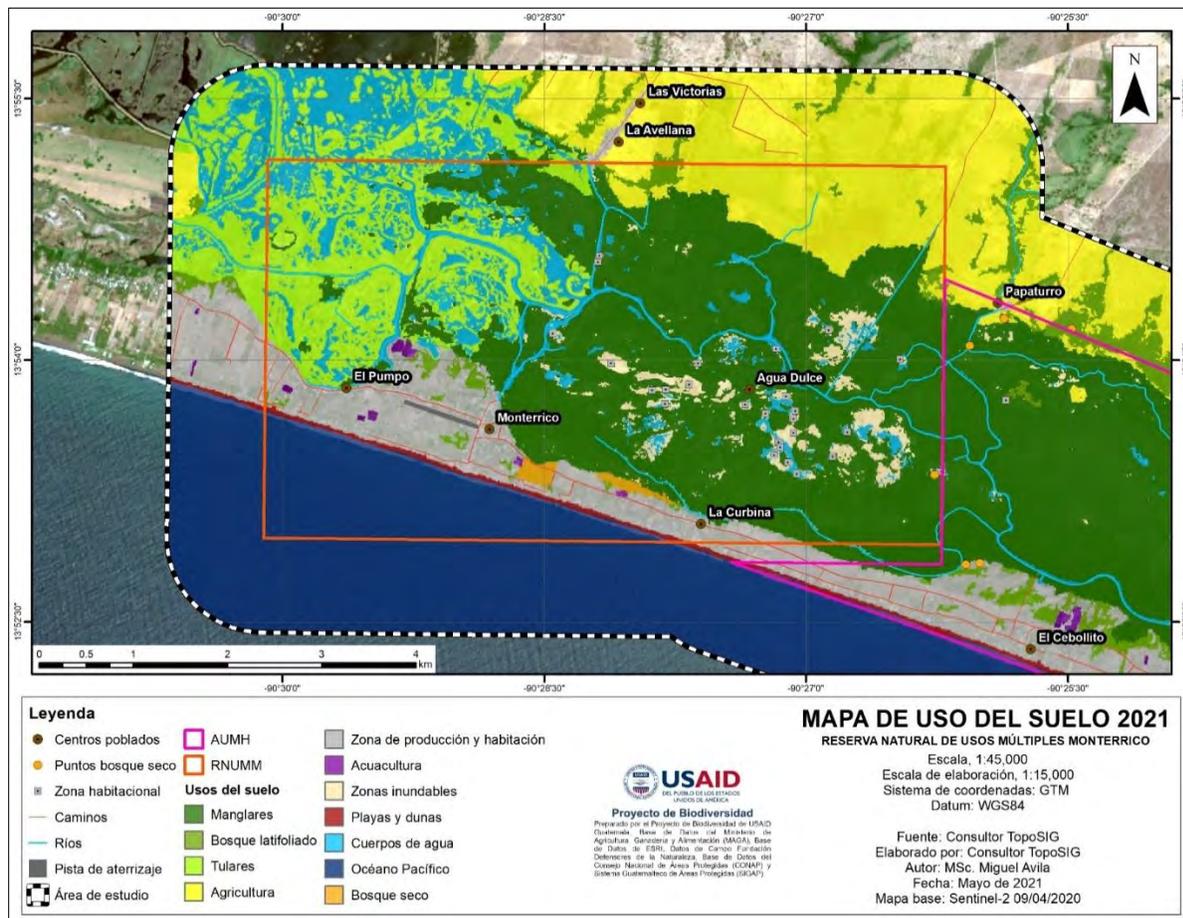


Figura 1. Mapa de uso de suelo 2021 para la Reserva Natural de Usos Múltiples de Monterrico

4.2. Área de Usos Múltiples Hawaii (AUMH)

4.2.1. Inventarios forestales

Con el objetivo de generar información sobre el potencial productivo maderable del bosque manglar del AUMH, se realizó un inventario forestal estratificado con distribución de parcelas de medición de manera sistemática. Previo a la realización de los inventarios, se caracterizó a partir de trabajo de campo y análisis cartográficos, la estratificación de las comunidades vegetales. Las mediciones fueron realizadas a través de cuadrillas formadas por personal de CONAP, ARCAS y comunitarios contratados por el proyecto, cuantificando por cada unidad de muestreo los árboles de las diferentes especies de mangle, para los cuales se registraron las siguientes variables: diámetro normalizado o diámetro a la altura del pecho según corresponda por especie, densidad, altura, estado físico y fitosanitario.

Se cubrió un total de 1.3 ha, que corresponden al 0.07 % del total del área de cobertura forestal de mangle del área protegida (1982.55ha), a través del levantamiento de 26 parcelas rectangulares de 500m² (25m de largo x 20m de ancho) distribuidas sobre 3 estratos forestales (Fig. 1). Este tipo de muestreo reduce el error al agrupar características similares del bosque, en comparación con otros métodos de muestreo estadístico. El bosque presentó 9 especies vegetales que presentaron diferentes magnitudes en sus diámetros y alturas. Para el primer estrato denominado “Comunidad vegetal bosque de mangle” que ocupa una superficie de 1059.72ha -equivalente a 53.45% de la extensión total efectiva-, se estimó un total de 812 árboles, un área basal de 16.72m²/ha, y un volumen de 115.85m³/ha como carga maderable en leño. Para el segundo estrato denominado “Comunidad vegetal bosque mangle blanco en crecimiento sucesional” que ocupa una superficie de 607.15ha -equivalente a 30.62%% de la extensión total efectiva-, se estimó un total de 572 árboles, un área basal de 29.78m²/ha, y un volumen de 284.71m³/ha. Y para el tercer estrato denominado “Bosque de mangle negro con poblaciones definidas y en crecimiento” que ocupa una superficie de 315.68ha -equivalente a 15.93% de la extensión total efectiva-, se estimó un total de 69 árboles, un área basal de 27.95m²/ha, y un volumen de 254.93m³/ha (Tabla1).

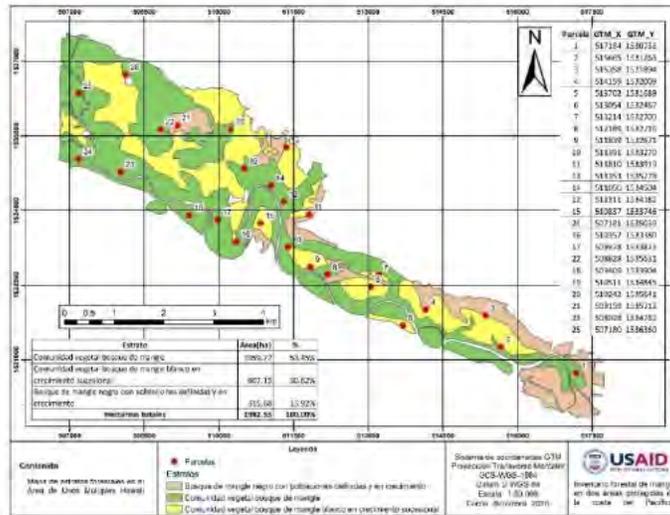


Figura 1. Mapa de distribución de parcelas y estratos forestales en el Área de Usos Múltiples de Hawaii.

Tabla 1. Resumen del inventario forestal para el Área de Usos Múltiples Hawaii.

Estrato	Clase diametral (cm) / especies	Árboles/ha	AB/ha (m ²)	Volumen/ha (m ³)	Porcentaje superficial del estrato
Comunidad vegetal bosque de mangle: Área del Estrato 1059.72 ha, # parcelas 14	Subtotal	812	16.72	115.85	53.45%
	≥40	10	2.42	15.44	
	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F. Gaertn,	2	0.47	4.09	
	<i>Rhizophora mangle</i> L.	8	1.95	11.35	
	30 a <40	30	3.95	29.67	
	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F. Gaertn,	6	0.73	7.90	
	<i>Rhizophora mangle</i> L.	24	3.22	21.77	
	20 a <30	65	4.46	38.68	
	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F. Gaertn,	21	1.33	16.64	
	<i>Rhizophora mangle</i> L.	44	3.13	22.04	
	10 a <20	124	2.85	18.76	
	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F. Gaertn,	56	1.19	10.77	
	<i>Rhizophora mangle</i> L.	68	1.66	7.99	
	5 a <10	583	3.03	13.30	
	<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	2	0.01	0.09	
	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	1	0.00	0.01	
<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F. Gaertn,	404	2.03	9.35		
<i>Rhizophora mangle</i> L.	175	0.98	3.85		
<i>Sideroxylon celastrinum</i> (Kunth) TD Penn	1	0.00	0.01		
Subtotal	572	29.78	284.71	30.62%	

Estrato	Clase diametral (cm) / especies	Árboles/ha	AB/ha (m ²)	Volumen/ha (m ³)	Porcentaje superficial del estrato
Bosque de mangle negro con poblaciones definidas y en crecimiento:	≥40	19	6.03	46.95	15.93%
	<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	3	1.08	10.12	
	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F. Gaertn,	8	2.52	22.18	
	<i>Rhizophora mangle</i> L.	8	2.43	14.65	
	30 a <40	41	7.41	71.67	
	<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	4	0.65	7.23	
	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F. Gaertn,	27	4.77	51.13	
	<i>Rhizophora mangle</i> L.	10	1.99	13.31	
	20 a <30	88	8.49	97.55	
	<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	2	0.21	2.39	
	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F. Gaertn,	73	6.91	85.43	
	<i>Rhizophora mangle</i> L.	13	1.37	9.73	
	10 a <20	160	5.65	57.62	
	<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	3	0.09	0.25	
	<i>Pithecellobium dulce</i>	2	0.06	0.30	
	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F. Gaertn,	139	4.98	54.43	
	<i>Pachira aquatica</i>	1	0.03	0.07	
	<i>Rhizophora mangle</i> L.	14	0.47	2.51	
	<i>Spondias Mombin</i> L.	1	0.02	0.06	
	5 a <10	264	2.21	10.92	
	<i>Annona muricata</i>	2	0.02	0.07	
	<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	8	0.05	0.27	
	<i>Pithecellobium dulce</i>	2	0.01	0.05	
	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	2	0.01	0.03	
	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F. Gaertn,	179	1.54	8.01	
	<i>Pachira aquatica</i>	2	0.01	0.04	
<i>Rhizophora mangle</i> L.	66	0.53	2.37		
<i>Spondias Mombin</i> L.	3	0.03	0.07		
Subtotal	69	27.95	254.93		
≥40	2	6.61	47.19		
<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	1	4.93	32.63		
<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F. Gaertn,	1	1.67	14.56		
30 a <40	10	9.95	105.90		
<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	7	6.77	73.55		
<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F. Gaertn,	3	3.18	32.35		
20 a <30	18	8.79	88.22		

Estrato	Clase diametral (cm) / especies	Árboles/ha	AB/ha (m ²)	Volumen/ha (m ³)	Porcentaje superficial del estrato
	<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	5	2.81	31.37	
	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F. Gaertn,	6	2.84	34.91	
	<i>Rhizophora mangle</i> L.	7	3.14	21.94	
	10 a <20	9	1.45	8.42	
	<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	2	0.44	2.55	
	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F. Gaertn,	5	0.64	3.78	
	<i>Rhizophora mangle</i> L.	2	0.38	2.09	
	5 a <10	30	1.16	5.19	
	<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	11	0.47	2.19	
	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F. Gaertn,	8	0.30	1.56	
	<i>Rhizophora mangle</i> L.	11	0.39	1.44	
	Total general		1453	74.45	

El estrato caracterizado como “Comunidad vegetal bosque de mangle” corresponde a espacios de distribución de árboles de mangle de uno o más especies en cuanto su composición, con respecto a otras poblaciones o grupos de especies adaptadas a condiciones de inundación y/o especies de desarrollo en suelos firmes, que coexisten según el grado de dominancia dentro del humedal. Predominan en abundancia, área basal y volumen, el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y con un perfil de menor altura el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), que conviven con otras especies típicas del bosque. A través del análisis de la distribución dasométrica en el cual se clasificaron las especies dentro de clases diametrales, fue posible observar que la mayoría de los árboles de este estrato presentan diámetros pequeños, y al aumentar el diámetro fustal disminuye la abundancia total acumulada, lo que indica que el bosque es dinámico y capaz de mantener su estructura en condiciones naturales sin alteraciones o agentes de degradación significativo y recurrente (Fig. 2A). El mangle blanco reporta el mayor porcentaje de volumen forestal en las primeras clases diametrales, y en las clases diametrales intermedias y altas, el mangle rojo. La mayor parte de la población posee tallos sinuosos o torcidos, inclinados, y no bifurcados. Se reporta que el 99% de los árboles de este estrato se encuentran vivos, de esta proporción, 93.42% presentan condiciones de equilibrio ante los posibles agentes patógenos presentes en el ecosistema, 6.21% posee algún tipo de enfermedad en las secciones vitales de desarrollo, y 0.37% presentan presencia de plagas (insectos o agentes de degradación de leño) (Fig. 3A).

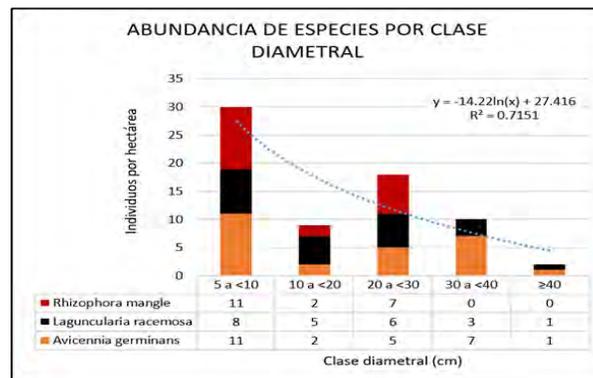
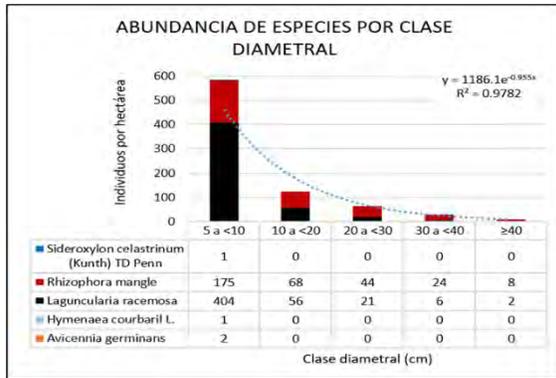


Figura 2. Abundancia de especies forestales de los estratos: a) “Comunidad vegetal bosque de mangle”, b) “Comunidad vegetal mangle blanco en crecimiento sucesional”, y c) “Bosque de mangle negro con poblaciones definidas y en crecimiento”, en el AUMH.

El estrato caracterizado como “Comunidad vegetal mangle blanco en crecimiento sucesional” hace referencia a espacios zonales con crecimiento y dominancia forestal de mangle blanco, cuyo material de regeneración domina el estrato desde las clases de desarrollo iniciales con el establecimiento del ciclo de la sucesión. *Laguncularia racemosa* crece en un amplio rango de condiciones del suelo, pero principalmente en sustratos blandos de terrazas menor conformadas y con materia orgánica. Es pionera en áreas con claros recientemente perturbadas o tierras abiertas posterior a inundaciones, incendios o quemas, descombros por tormentas u otros, en donde se propicia rápidamente la propagación en considerables densidades para la recuperación natural propia del humedal. La figura 2B representa la distribución de abundancia de especies en ese estrato en el AUMH, en donde la mayor cantidad de árboles se encuentran contenidos en la primera clase diametral. Esta condición es típica en comunidades vegetales en crecimiento o en áreas de repoblación de especies luego de disturbios. Dentro de este estrato forestal pueden coexistir en menor abundancia *Avicennia germinans*, cuyos fustes se encuentran dentro de las primeras clases diametrales de desarrollo, por lo que se refiere a espacios de comunidades de mangle en crecimiento. El mangle blanco presenta el mayor porcentaje de volumen forestal en cada una de las clases diametrales presentes en el estrato. La mayor cantidad de árboles presentan los tallos o fustes torcidos o sinuosos, no inclinados, y no son bifurcados. Se observó una mortalidad del 4% de los árboles de este estrato. En lo que respecta a la fitosanidad de los árboles vivos, 87.27% se encuentran sanos o en condiciones de equilibrio ante los posibles

agentes patógenos, y 12.55% presentan algún tipo de enfermedad (hongos, pudriciones, entre otros) en secciones vitales de desarrollo (Fig. 3B).

La comunidad forestal del estrato caracterizado como “Bosque de mangle negro con poblaciones definidas y en crecimiento” se encuentra representada por el desarrollo y abundancia del *Avicennia germinans*, conocido comúnmente como mangle negro, el cual posee mayor capacidad de adaptación a un mayor nivel de salinidad y a las condiciones de inundación. Regularmente se desarrolla en espacios compuestos también por mangle rojo y blanco, según sean las características del sitio. La figura 2C representa la distribución de abundancia de especies en ese estrato en el AUMH, en donde puede notarse que el mangle rojo está presente en las primeras clases diametrales y ausente en las más altas, mientras que el mangle negro y blanco se encuentra en todas sus clases diametrales.

Sin embargo, la mayor magnitud de área basal de las tres especies se encuentra en clases diametrales intermedias con respecto a los rangos específicos del desarrollo en el bosque, lo que corresponde a comunidades forestales medianas cuyo ciclo y desarrollo tenderá a completar su sucesión en el tiempo. El mangle negro reporta el mayor porcentaje de volumen forestal en la clase diametral más baja (5-10cm) y en las dos más altas (30-40cm y >40cm), seguido por el mangle blanco como especie codominante respecto al volumen reportado por hectárea. La mayor parte de la población posee tallos sinuosos o torcidos, inclinados, y bifurcados. Se observó una mortalidad del 3% de los árboles de este estrato. En lo que respecta a la fitosanidad de los árboles vivos, 93% se encuentran sanos o en condiciones de equilibrio ante los posibles agentes patógenos, 6% presentan algún tipo de enfermedad (hongos, pudriciones, entre otros) en secciones vitales de desarrollo, y 1% se encontraban tumbados (Fig. 3C).

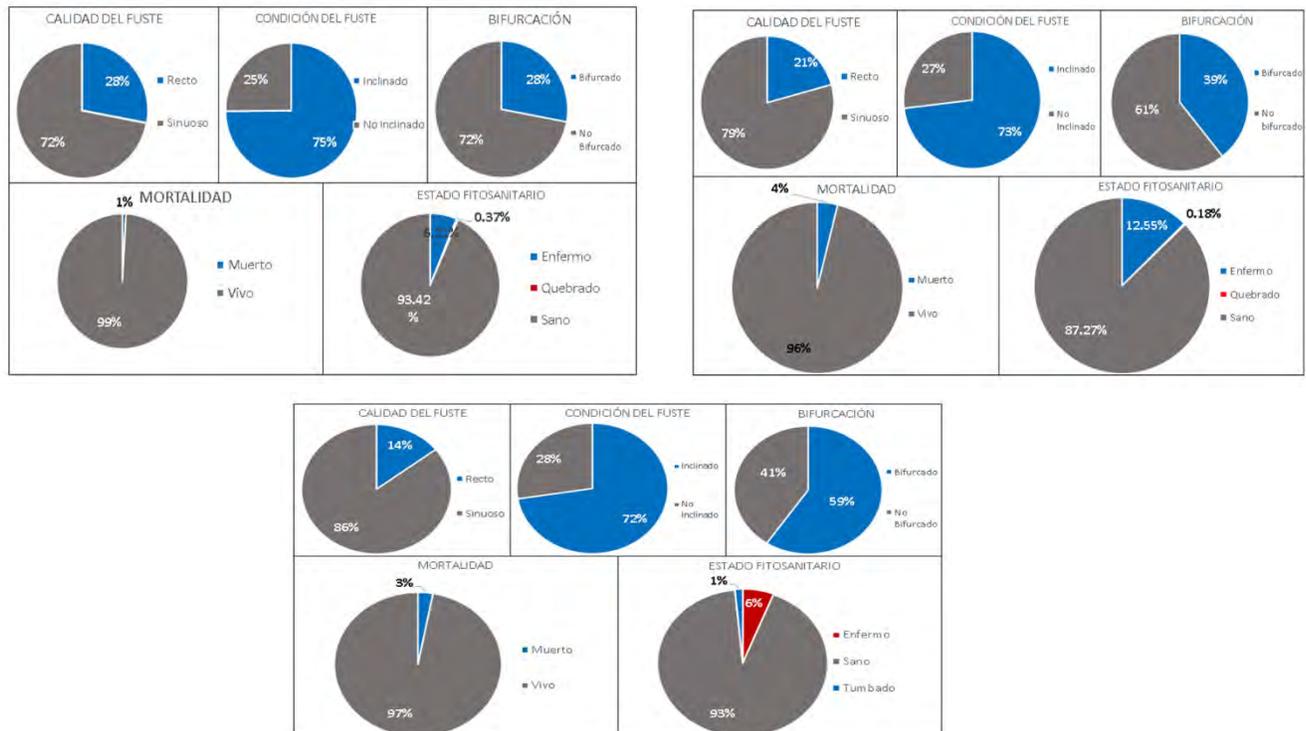


Figura 3. Calidad, condición, bifurcación del fuste, estado fitosanitario y mortalidad por hectárea en los árboles de los estratos: a) “Comunidad vegetal bosque de mangle”, b) “Comunidad vegetal mangle blanco en crecimiento sucesional”, y c) “Bosque de mangle negro con poblaciones definidas y en crecimiento”, en el AUMH.

De los 3 estratos, el que presenta mayor volumen por hectárea es el segundo (comunidad vegetal mangle blanco en crecimiento sucesional) con 284.71 m³. El estrato que posee mayor número de árboles/ha es el primero (comunidad vegetal bosque de mangle) con 812, sin embargo, se ve superado en volumen y área basal por los otros estratos por tener a individuos en clases diametrales intermedias y altas. El tercer estrato (bosque de mangle negro con poblaciones definidas y en crecimiento) presenta la menor densidad (69 árboles/hectárea) respecto a los otros estratos, pero la mayor proporción de sus individuos se encuentran en clases diametrales intermedias y altas, promoviendo un área basal de 27.95 m²/ha y un volumen de 254.93 m³/ha, indicativo que es un bosque maduro que, si bien posee pocos individuos, estos cuentan con dimensiones en altura y diametrales significativas.

4.2.2. Plan de manejo forestal de mangle

Con el objetivo de definir las cuotas de producción en metros cúbicos del volumen de aprovechamiento forestal sostenible del bosque de mangle del AUMH, se elaboró un plan de manejo forestal con base en los resultados del inventario forestal y de los criterios de crecimiento de los árboles. El plan contiene los parámetros de ordenación de la corta, sobre los cuales se determinaron escenarios de manejo con fines de aprovechamiento en un primer ciclo de corta (CC) de 20 años. Además, incluye aspectos relacionados a la reducción y control de incendios forestales, control y regulación de las actividades de manejo forestal, medidas de recuperación del bosque, medidas de protección del bosque, medidas de monitoreo sobre sanidad forestal y un sistema de monitoreo forestal.

Considerando la estructura disetánea de las comunidades vegetales que conforman el bosque de mangle como área efectiva de manejo, y con el objetivo de mantener el equilibrio ecológico, así como de la continuidad de una cubierta sana y estable en el tiempo, se ajustó el diseño para la ordenación forestal a un “sistema de manejo policíclico diferenciado para las especies de mangle clasificadas en el grupo de aprovechamiento grupo mangle”. Este tipo de sistema se fundamenta en cuotas de aprovechamiento anual del volumen en metros cúbicos, con respeto al crecimiento, las características de las especies de árboles presentes, y su desarrollo en función de la curva de distribución diamétrica en tipo comunidad o estrato.

Para la estimación de la corta periódica permisible en el bosque de mangle es importante contextualizar el alcance de este instrumento. Si bien este Plan de Manejo Forestal corresponde con base en la técnica dasométrica aplicada a sistemas de ordenación y guías del aprovechamiento forestal para el AUMH, este no corresponde a una gestión de solicitud de licencias forestales a escala individual, de proponente o usuarios que soliciten según un formato,

el aprovechamiento de la flora maderable para sus terrenos. Sino más bien deberá considerarse como un nivel de referencia en el máximo volumen total forestal expresado en metros cúbicos por año, que puede ser sujeto a uso o aprovechamiento sostenible dadas las condiciones de sitio y las características de las especies que en el área objetivo se desarrollan; sirviendo al CONAP, para que, en coordinación con ARCAS, conduzcan de una manera regulada los aprovechamientos locales.

Con base en la abundancia y área basal existente, se establecieron 25cm como diámetro mínimo de corta (DMC), bajo el supuesto de promover que las menores clases diametrales se vean beneficiadas en la apertura del dosel, incentivando el crecimiento y el reclutamiento de los árboles que al cabo de los años mejorarán tanto la calidad como la carga maderable disponible en el volumen forestal total en el bosque de mangle. Se estimó también la intensidad de corta (IC) con base en la distribución diamétrica del área basal por grupo de manejo a nivel de estrato, tomando como referencia los DMC y CC establecidos en el diseño del sistema de manejo citados. La programación de la carta anual permisible (CAP) para los estratos de mangle presentes en el AUMH, por grupo de especies de manejo o prioritarias, en función del IC y el DMC, se presenta en la tabla 1. El CONAP podrá gestionar la carga maderable total disponible en cada uno de los 3 estratos, o reservar alguno de estos como medida conservadora hacia el aprovechamiento futuro al cabo de un segundo ciclo de rotación. Se pretende que los planteamientos y propuestas técnicas sean evaluadas al cabo de la finalización de los primeros 5 años de ejecución del plan.

Tabla 1. Resumen de la corta permisible por especie en cada estrato del bosque de mangle del AUMH.

Estrato	Especie	Menores al DMC			DMC - 40 cm/ha			IC	Extraer/ha			> 40 cm/ha			IC > 40	Extraer/ha			Total Extraer/ha			Reservar/ha		
		Árb.	AB	Vol.	Árb.	AB	Vol.		Árb.	AB	Vol.	Árb.	AB	Vol.		Árb.	AB	Vol.	Árb.	AB	Vol.	Árb.	AB	Vol.
1	<i>Avicennia germinans</i>	3	0.0135	0.0859	0	0.0000	0.0000	55%	0	0.0000	0.0000	0	0.0000	0.0000	65%	0	0.0000	0.0000	0	0.0000	0.0000	3	0.0135	0.0859
	<i>Laguncularia racemosa</i>	677	3.9759	29.8007	19	1.3098	14.8569	55%	10	0.7204	8.1713	3	0.4655	4.0878	65%	2	0.3026	2.6571	12	1.0229	10.8284	687	4.7282	37.9171
	<i>Rhizophora mangle</i>	379	3.9391	20.8114	66	5.0554	34.8434	55%	36	2.7805	19.1639	11	1.9506	11.3486	65%	7	1.2679	7.3766	44	4.0484	26.5405	412	6.8968	40.4630
Total 1		1.059	7.9285	50.6980	84	6.3652	49.7004	55%	46	3.5009	27.3352	14	2.4161	15.4364	65%	9	1.5705	10.0337	56	5.0714	37.3689	1.102	11.6385	78.4659
2	<i>Avicennia germinans</i>	24	0.2431	1.5683	10	0.7649	8.5654	60%	6	0.4589	5.1392	6	1.0846	10.1239	65%	4	0.7050	6.5806	10	1.1639	11.7198	30	0.9287	8.5379
	<i>Laguncularia racemosa</i>	724	9.9889	106.8793	112	8.2015	92.1237	60%	67	4.9209	55.2742	16	2.5162	22.1787	65%	10	1.6355	14.4162	78	6.5564	69.6904	774	14.1501	151.4913
	<i>Rhizophora mangle</i>	168	1.3215	7.1204	38	3.0406	20.8008	60%	23	1.8243	12.4805	16	2.4290	14.6466	65%	10	1.5788	9.5203	33	3.4032	22.0008	189	3.3879	20.5671
Total 2		916	11.5535	115.5680	160	12.0070	121.4899	60%	96	7.2042	72.8939	38	6.0298	46.9493	65%	25	3.9194	30.5170	121	11.1236	103.4110	993	18.4667	180.5962
3	<i>Avicennia germinans</i>	140	1.2433	8.0913	110	9.2393	101.5719	26%	29	2.4022	26.4087	10	4.9339	32.6296	65%	7	3.2070	21.2092	35	5.6092	47.6179	225	9.8072	94.6748
	<i>Laguncularia racemosa</i>	160	1.9917	18.9724	60	4.9633	53.6310	26%	16	1.2905	13.9441	10	1.6731	14.5620	65%	7	1.0875	9.4653	22	2.3780	23.4093	208	6.2502	63.7561
	<i>Rhizophora mangle</i>	180	2.7562	17.2344	20	1.1501	8.2338	26%	5	0.2990	2.1408	0	0.0000	0.0000	65%	0	0.0000	0.0000	5	0.2990	2.1408	195	3.6072	23.3274
Total 3		480	5.9912	44.2981	190	15.3526	163.4367	26%	49	3.9917	42.4935	20	6.6070	47.1916	65%	13	4.2946	30.6745	62	8.2862	73.1680	628	19.6646	181.7583

Se estimaron las cuotas de producción forestal sostenible en metros cúbicos anuales a un ciclo de corta de 20 años, asignando una CAP para el estrato forestal “Comunidad vegetal bosque de mangle” de 1,980 m³ anuales distribuidos en 52.99ha como área anual de aprovechamiento, sobre una IC de 55% para las clases diametrales a partir del DMC y hasta los 40 cm, y una IC de 65% para los árboles mayores a 40 cm. Para el estrato “Comunidad vegetal mangle blanco en crecimiento sucesional” se propone una CAP de 3,139.30 m³ anuales distribuidos en 30.36ha como área anual de aprovechamiento, sobre una IC de 60% para las clases diametrales a partir del DMC y hasta los 40 cm, y una IC de 65% para los árboles mayores a 40 cm. Y para el estrato “Bosque de mangle negro con poblaciones definidas y en crecimiento” una CAP de 1,154 m³ anuales distribuidos en 15.78ha como área anual de aprovechamiento, sobre una IC de 26% para

las clases diametrales a partir del DMC y hasta los 40 cm y una intensidad de la corta del 65% para los árboles mayores a 40 cm (Tabla 1 y Tabla 2).

Tabla 2. Proyección de intervenciones anuales en los tres estratos del bosque de mangle del AUMH.

Comunidad vegetal bosque de mangle						
Extensión Efectiva (ha)	Total >DMC			Extraer		
	Arb.	AB	Vol	Arb.	AB	Vol
52.99	5,223	465.29	3,451.34	2,948	268.71	1,980.03

Comunidad vegetal mangle blanco en crecimiento sucesional						
Extensión Efectiva (ha)	Total >DMC			Extraer		
	Arb.	AB	Vol	Arb.	AB	Vol
30.36	6,011	547.55	5,113.39	3,664	337.68	3,139.30

Bosque de mangle negro con poblaciones definidas y en crecimiento						
Extensión Efectiva (ha)	Total >DMC			Extraer		
	Arb.	AB	Vol	Arb.	AB	Vol
15.78	3,315	346.61	3,324.56	985	130.79	1,154.88

En la práctica, dichas magnitudes podrán variar según sean aprovechadas las áreas de aprovechamiento anual. De presentarse variaciones sobre los totales poblacionales, podrían resultar cosechas menores o superiores al valor de disponibilidad por área normalizada o promedio. Esto se debe a que, en las comunidades y poblaciones vegetales, regularmente existen cambios en la disponibilidad de carga maderable, al estar sujetas constantemente a las dinámicas del entorno sean estas ambientales o físicas, el efecto natural de las tasas de mortalidad para cada una de las especies y de las posibles modificaciones del bosque derivado de las acciones humanas como afectación directa o indirecta hacia este ecosistema de mangle.

La figura 1 describe una propuesta para la sistematización de las actividades de manejo forestal del bosque de mangle dentro del área protegida. Para el control en la regulación comercial con fines de aprovechamiento del bosque de mangle, El CONAP, con base a las asignaciones o cuotas de aprovechamiento anual podrá dar trámite y procedencia a solicitudes comerciales mediante instrumentos específicos como los planes de manejo, de conformidad a lo establecido en el “Manual para la Administración Forestal en Áreas Protegidas” y en atención a los criterios y formatos homologados del “Manual de Lineamientos Técnicos para el Aprovechamiento Sostenible del Recurso Forestal del Ecosistema Manglar de Guatemala”. Como medidas de recuperación del bosque, según sean las condiciones sobre las aprobatorias de solicitudes de manejo forestal con fines de aprovechamiento comercial, el CONAP, deberá autorizar y facilitar los lineamientos técnicos para garantizar los compromisos de repoblación de mangle; atendiendo lo dispuesto en la Resolución 10-15-2014 del Consejo Nacional de Áreas Protegidas

CONAP “Normativo de garantías de recuperación forestal”. La nucleación en tipo Chinamas es una de las técnicas sugeridas como método para la recuperación de la masa aprovechada, sin limitarse a considerar arreglos de repoblación forestal para las especies de mangle que contemplen espaciamientos y densidades definidas típicas de las plantaciones. Como medidas de protección del bosque se propone: 1) fortalecer las acciones de control y vigilancia a partir de la coordinación interinstitucional para la reducción de la tala ilegal; 2) definir acciones concretas y factibles para la protección contra incendios forestales, como ubicar e identificar puestos de control y realizar recorridos programados, identificar y monitorear áreas críticas o susceptibles a la ocurrencia de incendios forestales (p.e. en donde ocurre operación de salineras, caza de fauna silvestre, actividad agropecuaria), conformar y capacitar brigadas de combate de incendios, y realizar campañas de sensibilización y educación ambiental; y 3) realizar acciones de monitoreo de sanidad forestal para la detección temprana de enfermedades y plagas, siendo CONAP el responsable de atender las solicitudes de salvamento y saneamiento forestal de manera pronta y efectiva.

Además, se propone un sistema de monitoreo forestal adaptado a la “Metodología para el Establecimiento y Mantenimiento de Parcelas Permanentes de Medición Forestal -PPMF- en Bosque Natural de Ecosistema Manglar”, que incluye mantenimiento y/o demarcación de PPMF, registro de la información de las mediciones, y evaluación del estado de conservación de las PPMF, en un compilado de cuanto menos seis ciclos de medición según intervalos de evaluación objetivos (Fig. 2).

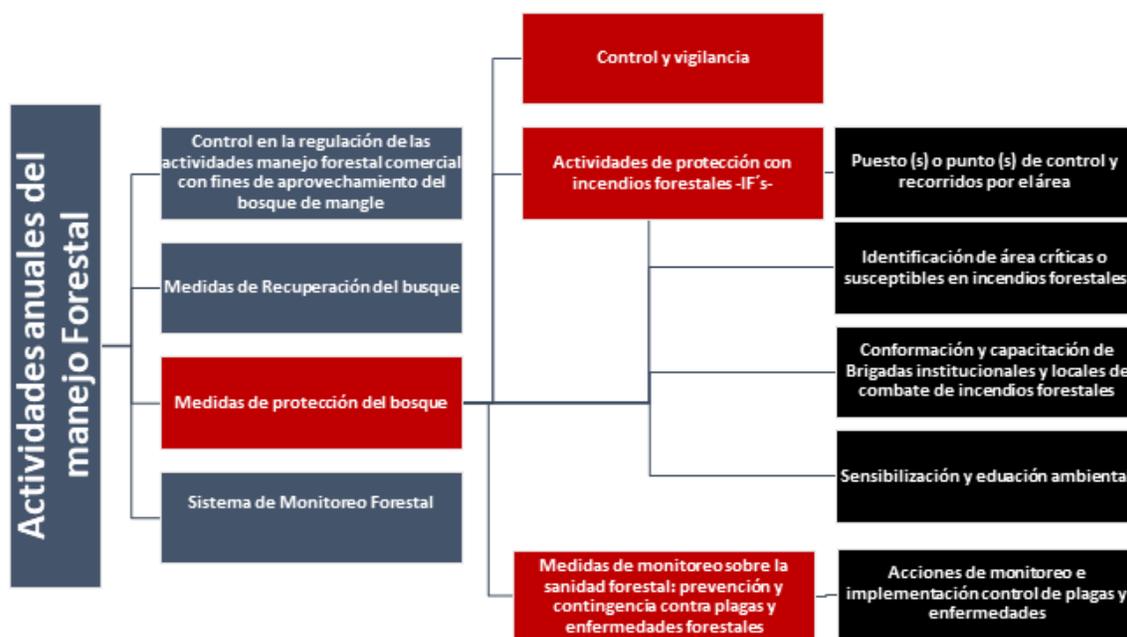


Figura 1. Propuesta de actividades anuales para el manejo forestal del bosque de mangle en la AUMH.

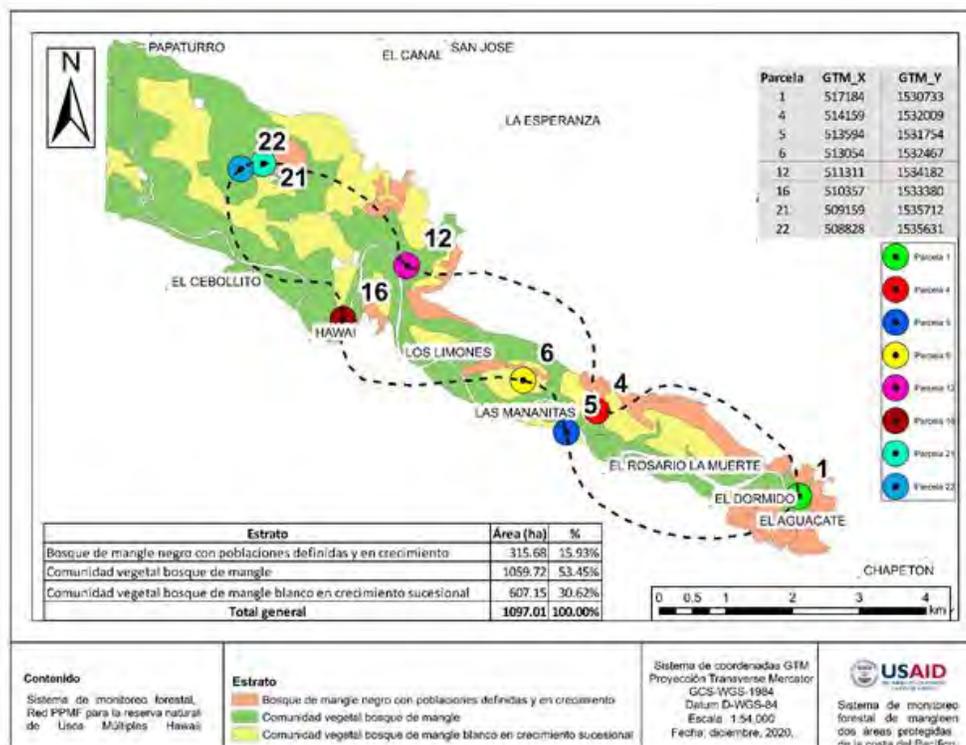


Figura 2. Propuesta de sistema de monitoreo forestal para el bosque de manglar de la AUMH.

4.2.3. Uso de suelo y cobertura forestal

El Proyecto contrató servicios profesionales para elaborar mapas de cobertura forestal y uso de la tierra a través del sensor remoto Sentinel-2 de la ESA, para los años 2020 y 2021. Esta información se validó a través de recorridos en campo a partir de los cuales se levantó puntos de información de uso actual de la tierra en base a 12 categorías definidas. Se definió un área de influencia de 1,000 metros como zona de amortiguamiento de los polígonos de la Reserva Natural de Usos Múltiples de Monterrico y el Área de Usos Múltiples de Hawaii (AUMH), que fueron trabajadas juntas, con un total de 11,935ha.

La cobertura de manglares actual en el AUMH es de 2,032.10ha (49.58% del total del área protegida). De acuerdo con los resultados, del año 2020 al 2021 se ganaron 77.8ha de mangle. También se ha ganado bosque latifoliado. En cuanto los usos de la tierra, el área de uso acuícola y agrícola se ha incrementado (Tabla 1).

Con respecto a la distribución espacial de los usos del suelo, existen grandes grupos de usos del suelo observándose al sur la zona de habitación, al centro y al este la cobertura de manglares, y al norte la agricultura. Otros usos importantes en términos de conservación son las áreas identificadas como bosque latifoliado, cuya mayor cobertura se encuentra dentro de la zona de habitación y en los bordes de los manglares (Fig. 1).

Tabla 1. Uso de suelo entre los años 2019 al 2021 en el Área de Usos Múltiples de Hawaii.

USO DE SUELO	2021 (ha)	2020 (ha)
Acuicultura	12	11.83
Agricultura	1,056.59	1,145.19
Bordos	6.40	7.42
Bosque latifoliado	388.51	297.18
Cuerpos de agua	124.30	115.18
Manglares	2,032.10	1,954.22
Océano Pacífico	18.86	8.23
Playas y dunas	38.31	51.89
Zona habitacional	396.68	428.16
Zona inundable	24.68	79.16
TOTAL	4,098.42	4,098.42

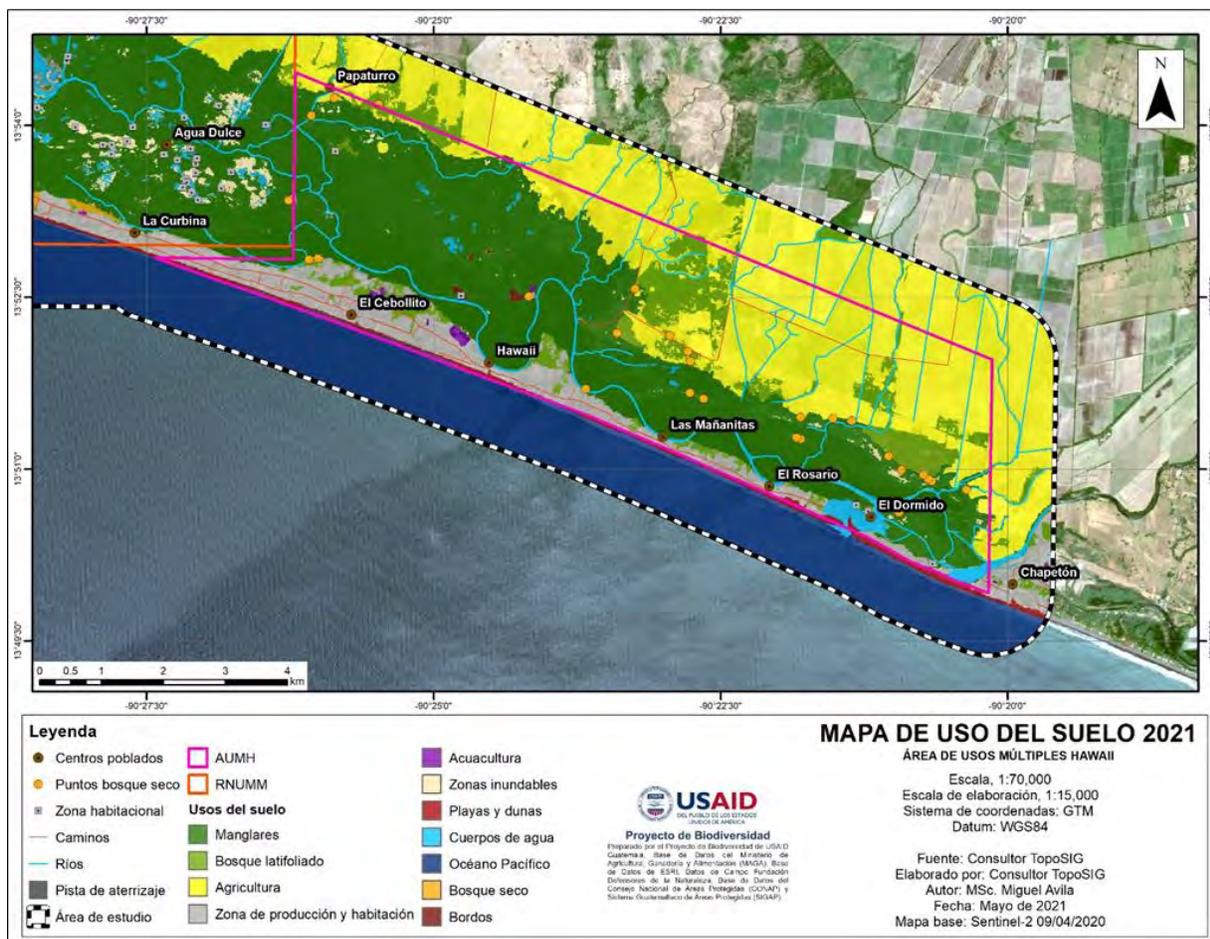


Figura 1. Mapa de uso de suelo 2021 para El Área de Usos Múltiples Hawaii.

4.3. Sitio Ramsar Manchón Guamuchal

1.1.1. Modelación Hidráulica y transporte de sedimentos en el área de desembocadura aledaña al área RAMSAR en Manchón Guamuchal

A partir un subcontrato, el Proyecto evaluó la dinámica de inundaciones en la parte baja de la cuenca del Río Ocosito y sus impactos. Se realizó una modelación hidráulica que permitió definir los patrones de conducta natural del río y de las corrientes de agua, e identificar el grado de afectación y áreas susceptibles a inundaciones. Se utilizó el modelo digital de elevación del terreno generado por el Proyecto, información oficial de cuencas y ríos, hojas cartográficas, los resultados del estudio hidrológico existente de la cuenca del río Ocosito, e información de las estaciones meteorológicas y de la estación hidrométrica del río Ocosito. Se definieron los tiempos de retorno en un periodo de 2 y 5 años, siendo los de mayor probabilidad de impacto. Además, se integró el conocimiento local a través de un taller de análisis de percepción de riesgo, realizado con los pobladores de las comunidades aledañas a la zona de estudio y de personal de finca Tamaxán y

Las Pampas. Se generó un mapa general de riesgo a través de un perfil histórico de 40 años. Esta información fue validada por recorridos en campo y a través de sobrevuelos de dron.

Según la ficha informativa de los humedales de Ramsar, las cuencas de Ocosito y El Naranjo, tienen influencia dentro de Manchón-Guamuchal. El área presenta una red hidrográfica compleja compuesta de innumerables corrientes de agua primaria y secundaria, en su mayoría tributarias del río Ocosito. Una red de quíneles -con más de 40 años desde su construcción-, fue elaborada para liberar presión y caudal de río Ocosito (Fig. 1A). La superficie de inundación abarca el 90% del área, mientras que el abanico aluvial del río Samalá y la planicie aluvial de los ríos Naranjo-Ocosito representan el 10%. Las elevaciones son menores a los 200m, con un drenaje deficiente o muy escaso, presentando características únicas como lo son los pantanos de mangle y esteros. Las superficies de inundación tienen un micro relieve con pequeñas ondulaciones y contienen áreas de comunicación directa al mar, haciendo esta región susceptible a inundaciones (Fig.1B).

La carga sedimentaria que se transporta por las diferentes corrientes de agua se debe a que la zona se encuentra dentro del drenaje de la cadena volcánica de la costa del Pacífico. Su recurrente actividad, ha permitido la conformación de esta región por medio del constante depósito de material proveniente de la erosión en las zonas altas de la cuenca, y por los depósitos dispersos de material de la explosión del complejo Santa María en el año 1902. Los suelos *Aquolls* abarcan 80% del área de estudio. Estos suelos presentan un horizonte superficial oscuro con alto contenido de materia orgánica y buenas características para la producción agrícola. Es común encontrarlos en zonas planas o casi planas, presentando una acumulación de agua en su interior por algún tiempo, con tendencia a excesos de agua, generando inundaciones y saturación de los suelos por periodos superiores a los 90 días. Los suelos *Usterts* abarcan el 5% del territorio. Estos presentan un alto contenido de arcillas expandibles y se mantiene húmedos, por lo que presentan una gran plasticidad. Es común encontrarlos en zonas planas principalmente utilizados para actividades agrícolas, presentando una deficiencia en capacidad de humedad. Los suelos *Psammments* representan el 2% del área. Estos se encuentran en zonas de mucha planicie en las cuales predominan arenas (Fig. 1C). La textura de los suelos es franco arcilloso, presentando conglomerados en forma de terrón con gran cohesión en la composición de sus partículas que favorecen la formación de pequeñas lagunetas de inundación en sus partes más planas (Fig. 1D).

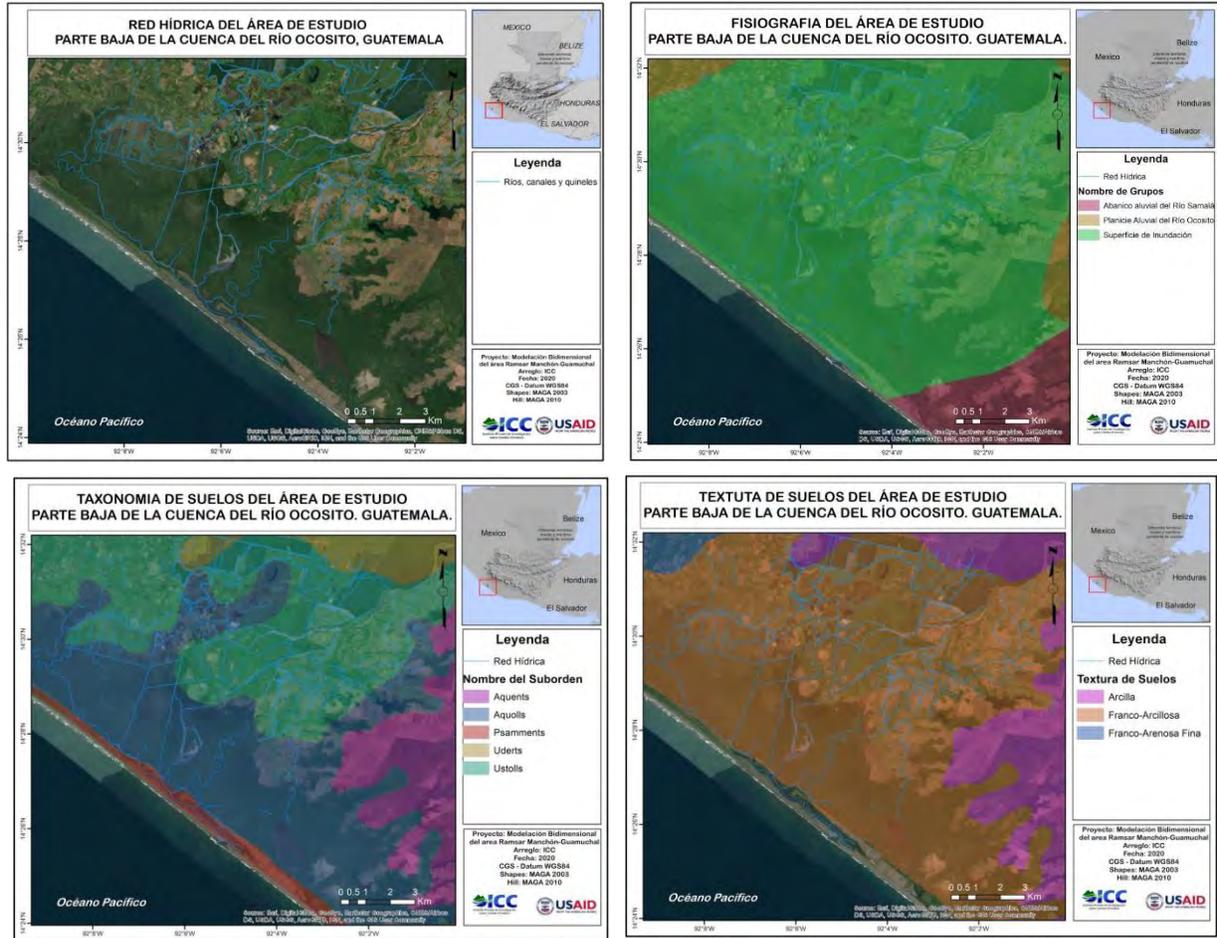


Figura 1. Red hídrica (A), fisiografía (B), taxonomía (C) y textura (C) de suelos de la cuenca baja del Río Ocosito.

Dentro del área de estudio se presenta una topografía prevalentemente plana con elevaciones promedio respecto al nivel del mar de 5m. Estas zonas presentan pequeños cambios altitudinales y ondulaciones del terreno que lo hace propenso a la acumulación de agua y la formación de ciénagas, con un porcentaje de pendiente de 1.5 %. La precipitación pluvial promedio anual se encuentra entre los 1200- 2000 mm anuales. Los meses con mayor precipitación son agosto, septiembre y octubre. En las partes altas, se registran precipitaciones de más de 3000mm anuales, siendo un factor que incide en las partes bajas.

Manchón Guamuchal tiene una extensión de 13,942 ha con diversos ecosistemas entre los cuales se encuentran las dunas costeras, bosque seco, bosque de palma, bosque de sauce, lagunas de agua dulce y salobres, humedales de agua dulce, zonas de pantano, vegetación secundaria, y bosque de mangle integrado por 4 especies: rojo (*Rhizophora mangle*), blanco (*Laguncularia racemosa*), botoncillo (*Conocarpus erectus*), y Negro o Madre sal (*Avicennia germinans*). En cuanto al uso de la tierra y medios de vida, en Manchón-Guamuchal predomina el cultivo extensivo de camarón y ganadería, que se han visto afectadas por la recurrencia de inundaciones en época de lluvia, que ocasionan taponamientos en los cauces de los ríos, canales y quineles. En las áreas colindantes a

la zona de amortiguamiento, se encuentran zonas de cultivo de banano y palma de aceite, que también son fuentes de empleo que ven afectadas por las inundaciones ocasionadas por el constante cambio en el cauce del río y la saturación de los suelos. La pesca según la percepción a nivel comunitario, también se ha visto afectada debido al taponamiento interrumpe el flujo de agua hacia las lagunas, especialmente hacia la Laguna La Colorada.

La cuenca del río Ocosito debido a sus condiciones topográficas es un área de inundación con poca capacidad de drenaje superficial, lo que genera no solo inundaciones de tipo fluvial, sino también de tipo pluvial. La parte baja es un área con amenaza de inundaciones de medio a muy alta, y Manchón-Guamuchal se encuentra en una zona de mayor riesgo que puede ser afectada recurrentemente por el incremento de lluvia y caudales de los principales ríos. El aumento en los sedimentos y basura ha cambiado los cauces y flujos de agua, ocasionando inundación y aumentando el riesgo en zonas donde antes no existía. Debido a las características físicas del territorio existe una alta carga sedimentaria, que, junto al cambio de pendiente, altas precipitaciones, y cambio de uso de la tierra, favorecen la erosión de los suelos y el transporte de sedimentos por medio de escorrentía.

Debido a las condiciones de topografía y las fuertes precipitaciones, el material transportado se deposita en diferentes puntos, ocasionando el azolvamiento del lecho del río y red de canales de la zona. Esto sumado al transporte de basura en el cauce del río, aumenta el azolvamiento y taponamiento. Asimismo, al no ser corrientes definidas y ser canales artificiales, se logra observar por medio de la modelación que no es una zona natural de desfogue del cauce, lo que provoca mayor deposición de material, y por la falta de mantenimiento hace que estos vayan cerrándose naturalmente. Los sedimentos se han depositado a lo largo del tiempo, lo que ha ocasionado el aumento de las probabilidades de inundaciones y cambios drásticos en la dirección de los diferentes afluentes, tanto principales como secundarios al río Ocosito.

La sedimentación de los canales y cauce del río ha ocasionado la obstaculización de la corriente continua de agua hacia el área Ramsar Manchón- Guamuchal teniendo efectos en el ecosistema. Ocasionalmente la pérdida de flora y fauna de la zona, así como de actividades productivas. Con el paso del tiempo puede llegar a alterar el hábitat de las especies de este territorio. A través de un análisis temporal, se logra evidenciar el cambio morfológico en el cauce del río y quinceles por la acumulación de sedimentos provenientes de las partes media y alta de la cuenca (Fig.2). Sin embargo, la deposición de sedimentos en esta área es un proceso natural debido a la pérdida de energía del agua, ocasionado por la pérdida total o parcial de la pendiente en el terreno.

El modelo hidráulico para un tiempo de retorno de dos años estima un caudal promedio de $236\text{m}^3/\text{s}$, con velocidades que oscilan entre $3.5\text{-}6.4\text{m/s}$, dando como resultado un área de inundación de 27.81 km^2 que puede alcanzar hasta una altura de entre $1\text{-}4.5\text{m}$, afectando todas las fincas ubicadas en la parte norte y sur del cauce natural (Fig.3A). Mientras que el modelo hidráulico para un tiempo de retorno de cinco años estima un caudal de $395\text{ m}^3/\text{s}$, con velocidades que oscilan entre $5.3\text{-}7.8\text{m/s}$, proyectando inundaciones en un área de 35.56 km^2 que puede alcanzar hasta una altura de entre $3.8\text{-}6.4\text{m}$, aumentando el área de afectación en las fincas ubicadas en la parte norte (Fig.3B). En ninguno de los modelos que se hizo con el trazo de

quineles existente y que en la actualidad se encuentran azolvados, se logró obtener una modelación adecuada y que corriera agua dentro de lo quineles de manera natural. El agua siempre tuvo el mismo desplazamiento hacia las áreas más de mayor depresión topográfica. Además, aunque se sabe que la dinámica del bosque manglar representa un rol de barrera ante inundaciones disipando la energía del agua, la tecnología que se utilizó para el levantamiento de información no logro atravesar la densidad del manglar, por lo cual en los modelos que se generaron existe una barrera densa de cobertura vegetal que hace que el desplazamiento de agua en ese punto no logre pasar en el modelo.



Figura 2. Cambios morfológicos en el cauce del río Ocosito y en los quineles de Manchón Guamuchal entre los años 2013-2020.

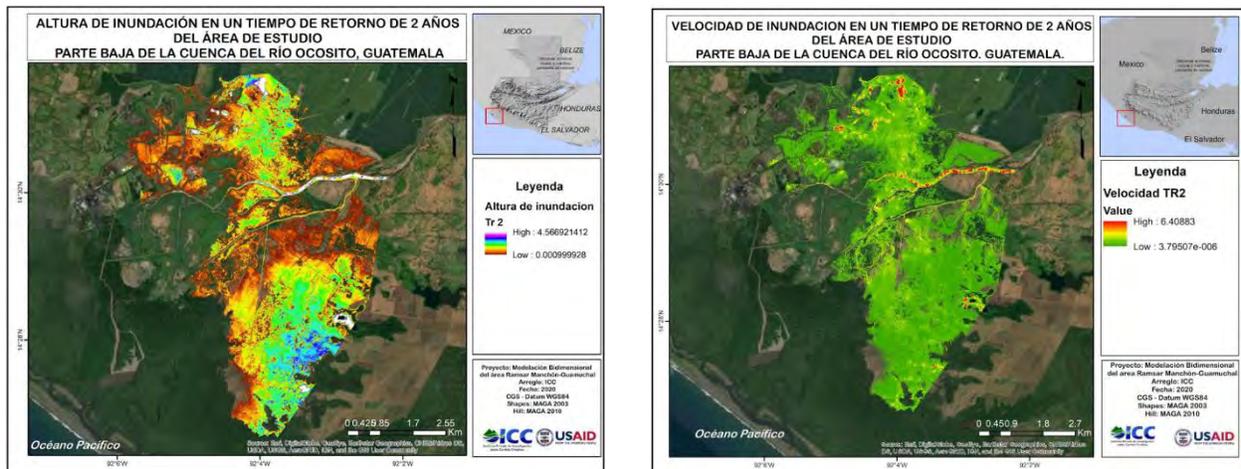


Figura 3. Área y altura de inundación en un tiempo de retorno de A) dos, y B) cinco años, en la cuenca baja del río Ocosito.

La problemática actual se basa en dos escenarios, según la percepción local. El primero es durante la época de estiaje, donde de acuerdo con los comunitarios y finqueros, los niveles del agua del río Ocosito descienden a causa de la extracción para riego en las fincas que se encuentran al norte de las comunidades. Adicionalmente, el taponamiento de los canales provoca que la poca agua que llega de manera superficial se vea interrumpida en su paso y no llegue hasta la zona manglar, lo que provoca que desciendan los niveles de agua en la laguna La Colorada. El segundo escenario es durante la época lluviosa, cuando incrementan los caudales de los ríos y al estar los quineles llenos de sedimentos, no tienen la capacidad de evacuar o conducir el agua hasta la desembocadura con el mar. Lo que provoca mayor impacto por la pérdida de cultivos, ganado y la muerte de camarón por el ingreso en exceso de agua dulce a las zonas de cultivo. Los dos escenarios tienen en común la preocupación del taponamiento de los quineles, lo que conlleva a realizar la pregunta: ¿Es necesario dragar dichos quineles para que el agua fluya nuevamente y llegue hasta la desembocadura? o bien, ¿Realizar un nuevo canal para conducir el río y garantizar la conducción del caudal?

A través de este estudio, se identificaron las condiciones que inciden en las inundaciones del territorio, comprobando que forman parte de un comportamiento natural de una zona sumamente compleja y cambiante en cuanto a su dinámica. Factores como la alta carga sedimentaria y una planicie de inundación, definen las características geofísicas de la parte baja del río Ocosito.

A partir de la modelación hidráulica se simuló por medio de modelos numéricos una situación real que se puede producir a causa del incremento del caudal principal del río, para conocer el comportamiento, fluidez y puntos de posible desbordamiento del cauce, y determinar algunas obras de mitigación que disminuyan el impacto de las inundaciones en la zona. Los resultados de esta indican que la naturaleza de la zona (condiciones fisiográficas, geológicas y edafológicas) la caracterizan como zona inundable y como un área natural de depósito de sedimentos. El modelo

hidráulico bidimensional permitió conocer cómo es la dinámica de una inundación de tipo fluvial (desbordamiento de río). Además de las condiciones naturales, la creación de quineles y falta de mantenimiento ha disminuido la capacidad de escurrimiento de agua, influyendo a las inundaciones. Aunado a esto, el arrastre de sedimentos en ríos derivado de los cambios de uso de la tierra, actividades agrícolas, y otros elementos contaminantes hace que pierda la capacidad de evacuación el río y disminuye su profundidad. Además, de acuerdo con la modelación del área evaluada, esta no tiene una conexión directa con la laguna La Colorada, en donde el mayor aporte de agua no depende del agua superficial, estimándose que el aporte proviene del agua subterránea. Por lo que la merma en la pesca percibida, no se relaciona con el problema del taponamiento e inundaciones, si no seguramente a un uso no sostenible de los recursos. Se recomienda hacer un estudio hidrogeológico en el área para conocer el aporte de agua subterránea a los cuerpos de agua superficial.

Por lo que las posibles alternativas propuestas (dragado o realizar un nuevo canal) para mitigar la problemática de inundaciones, pueden no ser adecuadas además de ocasionar alteraciones dentro del área Ramsar Manchón-Guamuchal. Es importante mencionar que toda acción que se realice en la zona de amortiguamiento puede provocar daños irreversibles en la zona de protección o tener impactos negativos en el ecosistema. Abrir nuevos canales no necesariamente es la solución más viable, ya que depende de un costo inicial y de mantenimiento a lo largo de los años, el cual se ha dejado de hacer y no garantiza evitar el desbordamiento del río y que este llegue a la laguna o desembocadura del canal, ya que este buscará su cauce natural o depresiones donde desplazarse. Se recomienda evitar la creación o expansión de canales para re-direccionar y liberar presión de la corriente del río dentro de la zona de estudio. El tratar de eliminar escombros, basura, sedimentos de los canales/quineles actuales, no garantiza que solucione el problema de inundaciones y que llegue agua hasta la laguna, según lo verificado por medio de los modelos estos quineles no logran evacuar el río de manera natural. Como un siguiente paso se recomienda la elaboración de un plan de manejo integrado a nivel de cuenca, que permita establecer un proceso donde se integre a todos los actores, con un enfoque de gobernanza donde se creen y apliquen normativas que persigan el uso racional y la conservación de los recursos naturales, acciones que pueden repercutir de manera positiva en la parte baja de la cuenca.

1.1.1. Modelación de la Erosión Hídrica en la cuenca del Río Ocosito

Manchón-Guamuchal es el humedal marino costero más grande del Pacífico de Guatemala (13,941 hectáreas), forma parte de las cuencas de los ríos Ocosito y Naranjo, y tiene un papel importante para la retención de sedimentos que transportan los afluentes de estas cuencas. El río Ocosito aporta la mayoría del recurso hídrico por lo que es el que tiene una mayor influencia sobre la dinámica del recurso en el área. A través de este producto incluido en el subcontrato del ICC, se elaboró un mapa de sedimentos que permita proveer de modelaciones, escenarios y recomendaciones técnicas sobre la dinámica del flujo hídrico y de sedimentos que del río Ocosito llegan al humedal. La modelación se realizó bajo tres escenarios de cobertura vegetal: 1) actual, 2) pesimista (se sustituyó toda el área de bosque por agricultura), y 3) optimista (utilizando el uso actual de la tierra con prácticas de conservación de suelo), para identificar las áreas más

vulnerables a erosión hídrica que estén aportando mayor cantidad de sedimentos anualmente y con esto proponer estrategias que contribuyan a reducir la cantidad de sedimentos que puedan ser transportados a los afluentes de la cuenca del río Ocosito. Se dividió la cuenca del río Ocosito en alta, media y baja (Fig.1A) de acuerdo con la altura sobre el nivel del mar y a la distribución de la red hídrica superficial.

La parte alta de la cuenca comprende una extensión de 47,206 ha (24 % del área total de la cuenca), a una altura máxima de 3,369 metros sobre el nivel del mar (msnm) y una altura mínima de 300 msnm, además es en esta parte se presentan las precipitaciones más elevadas de la cuenca y donde nace el cauce principal. La parte media se extiende a 79,129 ha (41% del área total de la cuenca), comprende un rango de altitud de 25 hasta 300 msnm, es en esta zona es donde se juntan las aguas de las partes altas y dónde empieza el río principal a tener un cauce definido. Finalmente, la parte baja comprende un área de 66,563 ha (35% del área total de la cuenca) y corresponde a una altitud menor de 25 msnm y donde el río termina desembocando a ríos mayores, humedales y al mar. Se utilizó la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE, por sus siglas en inglés), asociada a un sistema de información geográfica ArcGis10.5.1[®] para predecir el riesgo potencial a erosión hídrica de los suelos en la cuenca del río Ocosito. Para obtener la energía erosiva de las lluvias se utilizó información meteorológica de 28 estaciones de la Red de Estaciones Meteorológicas del ICC. Se trabajó con la capa de uso de la tierra 2012 actualizada con información de bosques del año 2016 (Fig. 1B).

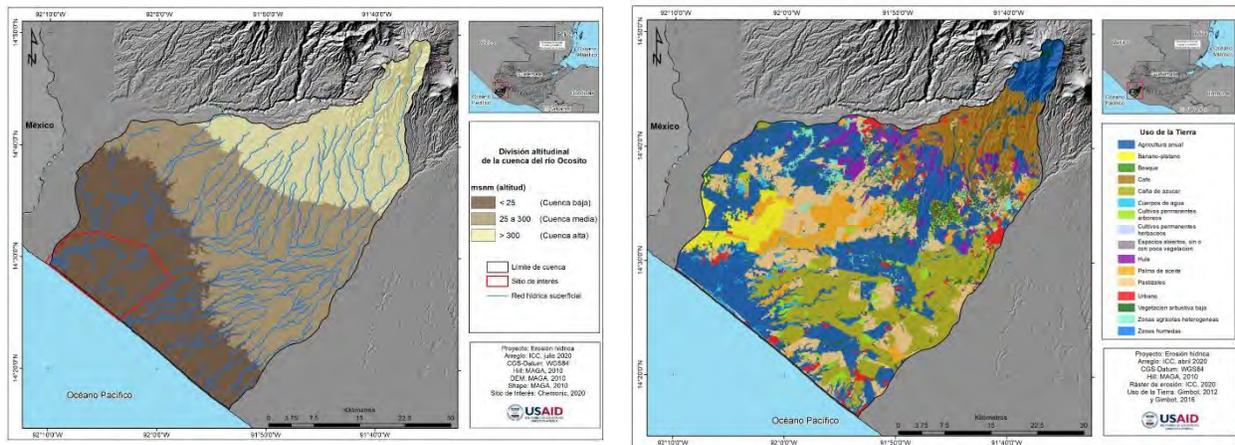


Figura 1. División altitudinal (A) y uso del suelo (B) en la cuenca del río Ocosito.

Los resultados obtenidos muestran que el 28% del área (54 mil ha en la parte superior de la cuenca) presenta lluvias extremadamente severas; 47% (91 mil ha en la parte media y cuenca baja) presenta lluvias de severas a altas; y el 25% restante del área (48 mil ha) presenta lluvias moderadas. Este factor contribuye fuertemente en el proceso de erosión hídrica de la cuenca, principalmente en la parte alta (Fig. 2A). La erodabilidad del suelo indica que las condiciones edafológicas permiten una buena permeabilidad del agua de lluvia en suelo en gran parte de la cuenca, así como una buena resistencia a los procesos de erosión (Fig. 2B). De acuerdo con el

factor topográfico, la erosión hídrica podría magnificarse 5 veces si no existiera cobertura vegetal ni prácticas de conservación de suelos.

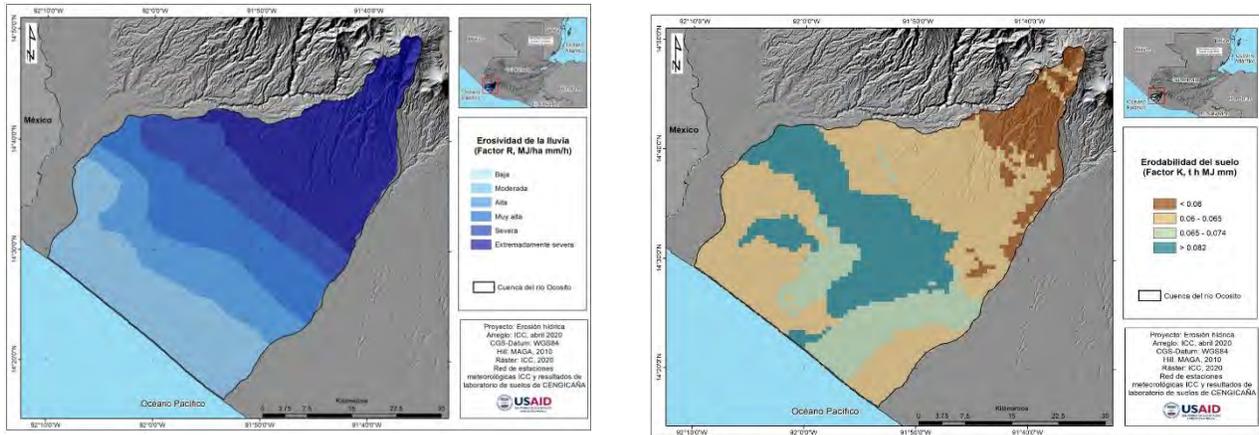


Figura 2. Distribución espacial de las lluvias de acuerdo con su agresividad sobre el suelo (A), y erodabilidad del suelo (B) en la cuenca del río Ocosito.

Dentro del escenario actual se identificaron 100,169 ha (55%) con cobertura agrícola, 33,600 ha (18%) de cobertura arbórea y 49,025 ha (27%) con cobertura de otros usos (Fig. 1B, y Fig.3A). El potencial de erosión hídrica es 33.12 millones/t/año, con una tasa promedio de 181.16 t/ha/año de suelo erosionado. Los niveles de erosión fuerte y muy fuerte se ubican desde la parte media hacia la parte alta de la cuenca, abarcando el 46% del área total. Los niveles de erosión moderada a ligera o nula se concentran en la parte baja y parte media de la cuenca, representando el 54% del área de la cuenca (Fig. 3B). En escenario pesimista se sustituyó toda el área de bosque y zonas húmedas por agricultura anual, identificándose 139 mil ha (76%) del área bajo cobertura agrícola y 43.4 mil ha (24%) de cobertura de otros usos (Fig. 3C). La cuenca tendría un potencial de erosión hídrica de 96.33 millones/t/año, con una tasa promedio de 527 t/ha/año de suelo erosionado.

Las áreas con niveles de erosión muy fuerte se concentrarían en la parte alta y media de la cuenca, mientras que las áreas con niveles de erosión fuerte se ubicarían desde la parte baja a la parte media, abarcando 58% del área total. Los niveles de erosión moderada a ligera o nula se concentrarían en la parte baja y media de la cuenca, representando el 52% del área (Fig. 3D). Para el escenario optimista, se trabajó con base en el uso actual de la tierra, sustituyendo 9,453 ha de café, 1,470 ha de hule, 1,190 ha de vegetación arbustiva baja, 406 ha de agricultura anual y 880 ha de otros usos, con bosque, principalmente donde existen pendientes superiores al 25%, niveles de erosión fuertes a muy fuertes y terrenos con vocación forestal, sumando un total de 14,072 ha. Además, se propuso la implementación de prácticas de conservación de suelos en 83,000ha, enfocadas a reducir la erosión. Bajo este escenario se encontrarían 88,416ha (48%) bajo cobertura agrícola, 47,672 ha (26%) de cobertura forestal y 46,705 ha (26%) de cobertura de otros usos (Fig. 3E). La cuenca tendría un potencial de erosión hídrica de 5.3 millones t/año,

con una tasa promedio de 29t/ha/a de suelo erosionado. El nivel de erosión fuerte se concentraría en la parte alta y media de la cuenca, extendiéndose en el 15% del área total de la cuenca, mientras que los niveles de erosión moderada a ligera o nula se concentran en la parte baja y parte media de la cuenca, representando el 85% del área (Fig. 3F). La restauración forestal es la estrategia que aporta mayor beneficio en la conservación de los suelos, reduciendo la erosión en 38%. Bajo el escenario optimista, la subcuenca Ocosito tiene el potencial de producir el 69% de la erosión hídrica (3.6 millones/ton/año).

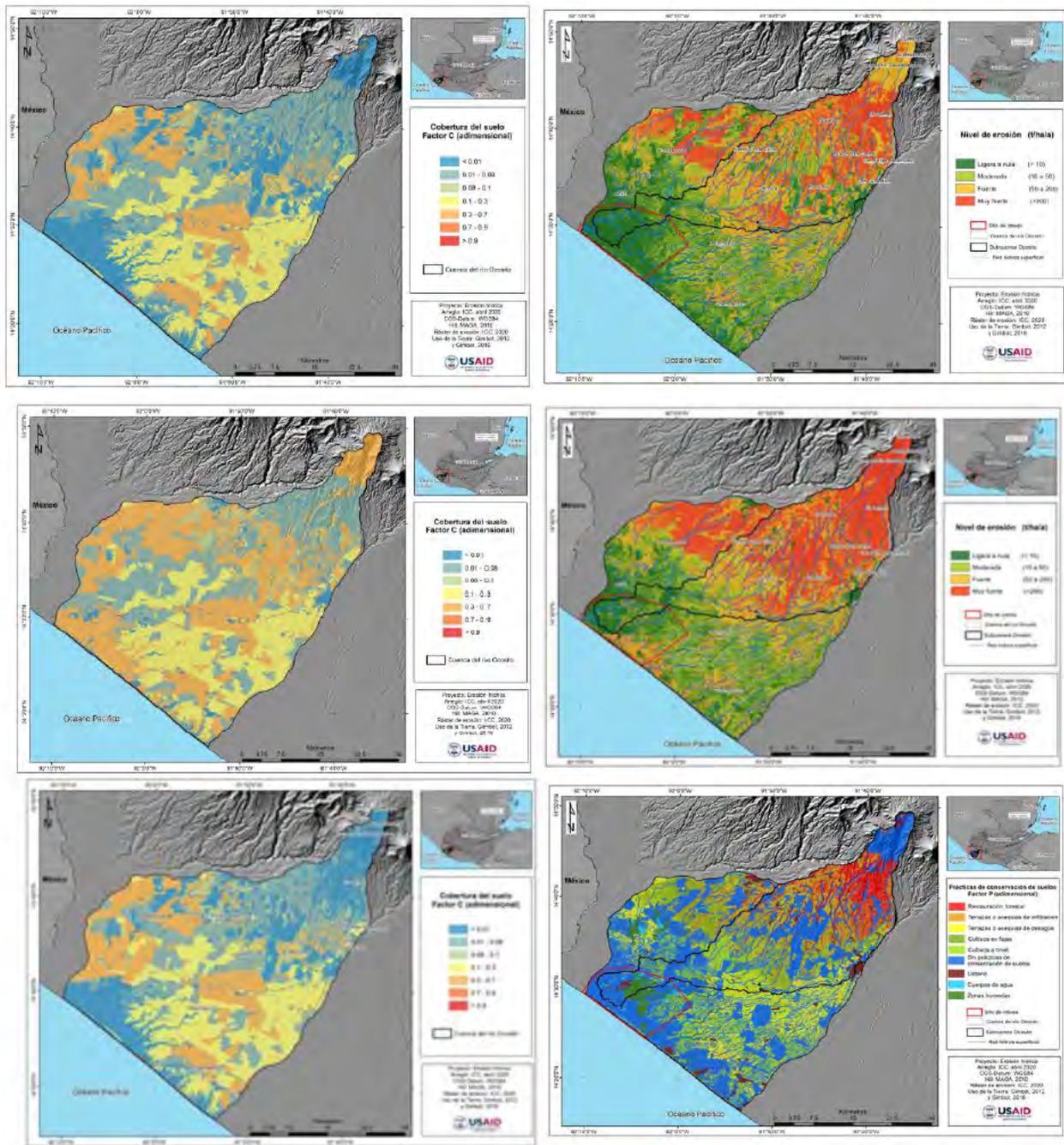


Figura 3. Cobertura del suelo y erosión hídrica en la cuenca del río Ocosingo, bajo el escenario actual (A y B), pesimista (C y D) y optimista (E y F).

Los resultados indican que, si la cuenca no contara con cobertura forestal -como es el caso bajo el escenario pesimista-, los niveles de erosión fuerte a muy fuerte (> 50 t/ha/a) se presentarían en 111,000ha (1.3 veces más que en el escenario actual). Además, la erosión pasaría de 33.2 millones de t en el escenario actual, a 96.4 millones de t de suelo erosionado al año en el escenario pesimista, con un aumento de la erosión de 190%. Este aumento de erosión hídrica se debe a la sustitución del área boscosa y zonas húmedas de la cuenca por agricultura anual (39 mil ha). Bajo el escenario optimista, al aumentar el área forestal en 14,000ha respecto al escenario actual e implementar prácticas de conservación de suelos en 83,000 hectáreas, la erosión hídrica en la cuenca se reduce a 5.3 millones de t/año (84% menos del escenario actual). La actividad humana en el territorio será determinante, ya sea para mejorar las condiciones de conservación de suelos (y lograr llegar al escenario optimista), o para empeorar la situación (incluso llegar al escenario pesimista).

Dentro de un plan de manejo y conservación de suelos en la cuenca del río Ocosito, se proponen las siguientes estrategias de conservación: a) cultivos a nivel y cultivos en fajas en 29mil y 10,713 ha respectivamente, siendo su función cortar la pendiente de forma que cada surco o cada planta representan un obstáculo al avance del agua, aumentando la retención o infiltración del agua de lluvia, b) terrazas o acequias de infiltración y desagüe en 20,015ha, que consisten en canales que se construyen a nivel, en dirección transversal a la pendiente, para retener, conservar y ayudar a infiltrar el agua de lluvia que cae sobre las laderas, y c) áreas de restauración forestal en 14 mil ha.

Los resultados de la modelación de la erosión hídrica muestran que la agricultura de la cuenca produce el 63% de la erosión hídrica actual. Sin embargo, con un buen manejo de cobertura vegetal y la implementación de prácticas de conservación de suelos, la erosión hídrica en toda la cuenca podría estar reduciéndose en 84%. Cabe resaltar que el reforzamiento de áreas forestales y la restauración forestal, principalmente en áreas ribereñas, es la estrategia de manejo sostenible de la cuenca con mayor efecto en la reducción de la erosión hídrica, resultando en una reducción del 38%.

Además, la implementación de terrazas o acequias de infiltración, principalmente en áreas agrícolas de la parte alta y media de la cuenca, estarían reduciendo 26% de la erosión, además de contribuir en el manejo de la escorrentía producida en las áreas con precipitaciones extremadamente severas, por su impacto sobre los suelos. Por lo tanto, el manejo integral de los recursos de la cuenca estaría contribuyendo a la sostenibilidad de sistemas productivos presentes en este territorio, así como en su área de influencia; cuyo reto requerirá la organización y diálogo a todos los niveles para que de manera voluntaria se pueda implementar las medidas que se proponen en el presente estudio. Las áreas protegidas albergan el 30% de los bosques de la cuenca, por lo que se recomienda que su preservación sea de las acciones prioritarias, especialmente los bosques ubicados en la parte alta de la cuenca en lo que corresponde al "volcán Chicabal" y al "volcán Siete Orejas" donde la erosión podría ser severa sin esta cobertura arbórea. Se recomienda la articulación de instituciones y sociedad civil para la preservación de los bosques que están presentes en la cuenca, cuya cobertura está evitando la erosión de 70 millones de toneladas de suelo cada año, así como enfocar esfuerzos de desarrollo de

capacidades, económicos y de apoyo técnico para la conservación de los recursos naturales de la cuenca, principalmente en los usos con niveles de erosión fuerte a muy fuerte.

1.1.1. Estudio del Agua Subterránea del Acuífero Superficial en el área de Manchón Guamuchal

A través de este estudio, el Proyecto produjo una línea base del estado de los acuíferos cercanos a Manchón-Guamuchal, con el objetivo de medir de niveles y otros parámetros de campo en pozos comunitarios del acuífero superior para identificar áreas sensibles a contaminación por intrusión salina, e interacciones con cuerpos de agua superficial y otros ecosistemas. Se monitorearon 66 pozos en 6 comunidades del área (Fig. 1) haciendo una medición de niveles freáticos y varios parámetros fisicoquímicos (pH, conductividad eléctrica, concentración de oxígeno disuelto, salinidad, temperatura). Para el monitoreo realizado entre el 1 y el 4 de septiembre de 2020, los niveles freáticos oscilaron entre los -2 y 8.5 metros sobre el nivel del mar. Los valores más altos se encontraron en las aldeas Tamashán, El Mango y El Chico, mientras que los valores más bajos se encontraron en la región occidental de Tilapa y las aldeas El Manchón y Tres Cruces. Se aprecia entonces un sistema que muestra dos altos y tres bajos freáticos que podría revelar una posible relación con algunos cuerpos de agua superficiales. Esto parece verse reforzado por el contraste marcado entre los puntos al oriente y occidente del río Ocosito en la región de Tilapa, en donde los puntos ubicados al occidente del río muestran niveles más bajos con respecto a los pozos ubicados al oriente de este cauce (Fig.1).

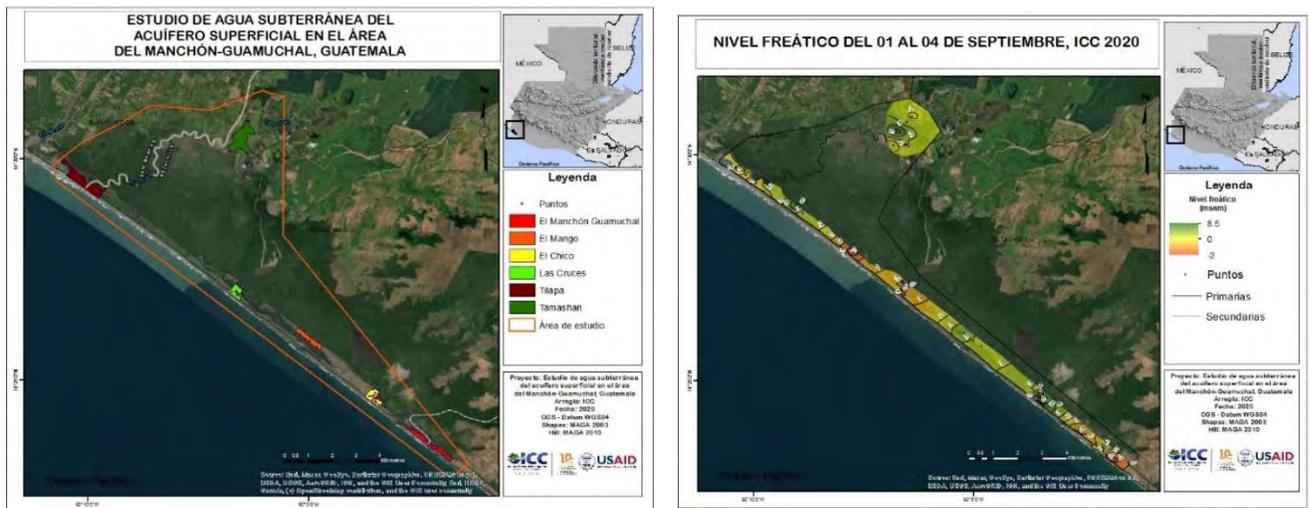


Figura 1. Comunidades de muestreo (A), y nivel freático de los pozos (B) de Manchón-Guamuchal.

El análisis de la temperatura muestra que a medida que los pozos se acercan a la costa, empieza a haber fuentes de alteraciones que aumentan la dispersión de los datos (Fig. 2A). Si consideramos el acuífero como un sistema cerrado, la temperatura del agua subterránea sería

relativamente estable siguiendo una tendencia. En el caso del área de estudio, las variaciones de temperatura evidencian una serie de interacciones con otros cuerpos de agua con temperaturas diferentes a la del acuífero regional.

Una tendencia similar se observa al analizar las concentraciones de oxígeno disuelto (OD) (Fig.2B) y pH (Fig. 2C). Para el caso del OD, los valores esperados en acuíferos con poca interacción con otros cuerpos de agua suelen ser bajos debido al consumo de oxígeno en varias reacciones de oxidación (por ejemplo, la oxidación de materia orgánica en el suelo durante la infiltración). Un río en condiciones naturales, por ejemplo, los valores de OD suelen ser altos debido a la constante interacción con la atmósfera y la precipitación. Los valores altos observados, entonces, son posibles indicadores de mezcla de agua subterránea con agua superficial. El caso es similar para el pH (Figura 19.C), en el cual la mayoría de los puntos se encuentran entre la banda de 7 a 8, con un sesgo hacia valores altos. En este caso, una potencial fuente de alcalinidad es la disolución de calcita (CaCO_3). Los sedimentos marinos suelen tener abundancia de fragmentos de conchas y otros restos biológicos compuestos principalmente de este mineral. El aumento de pH que se observa en la sería consistente con esta teoría, ya que se observa una tendencia al aumento con la disminución de la distancia a la costa.

Por otra parte, las mediciones de sólidos disueltos totales (STD) (Fig. 2D) y salinidad (Fig.2E), son derivadas de la medición de conductividad eléctrica (CE) (Fig. 2F). Estas mediciones muestran que no parece haber un proceso de salinización a gran escala, aunque las mediciones se llevaron a cabo durante los meses más lluviosos del año. El momento de la medición puede ser de gran relevancia, ya que la variación de niveles descrita parece indicar que el acuífero costero responde rápidamente ante eventos de precipitación. Para determinar con precisión los posibles fenómenos de intrusión salina, se necesitarían más mediciones de niveles y perfiles iónicos completos de las muestras para poder tener un panorama de la hidroquímica del agua.

La distribución espacial de la EC muestra que los valores más altos se encuentran en Tamashán, así como también de salinidad. En comparación a mediciones realizadas en otros acuíferos de la costa sur, en donde los valores de CE más altos están alrededor de $2000 \mu\text{S}/\text{cm}$, los valores observados son extremadamente altos. Otra región de interés es la aldea Tres Cruces, debido a que la parte norte se encuentra separada de la parte sur por un canal. En esta región, el canal separa dos grupos de CE distintos, con la sección norte presentando valores mayores de CE y salinidad a la sección sur. Esta división podría ser un indicador de que las dos secciones tienen fuentes de recarga diferentes, así como una posible conexión con el agua del canal.

Existen múltiples formas en las que el agua puede alcanzar valores altos de CE, como por ejemplo fuentes naturales de sal en el suelo o fuentes de contaminación antropogénica como aguas negras, además de posibles interacciones con agua de mar. A pesar de que la causa más común de aumento de CE es debido a intrusión de agua de mar en el acuífero, usualmente es un problema de extensión regional, y no localizado. Por otra parte, de manera general un aumento en el nivel freático indica un aumento del flujo subterráneo hacia el área desde la región circundante siguiendo la dirección de flujo regional. Por lo tanto, el aumento en

conductividad eléctrica con un aumento en el nivel freático presente en el área de Tamashán, posiblemente provenga de una fuente diferente a intrusión marina debido a que el agua con alta conductividad eléctrica parece provenir del acuífero en la dirección del flujo regional, que en este caso es del continente hacia el mar, o una fuente superficial de agua salobre.

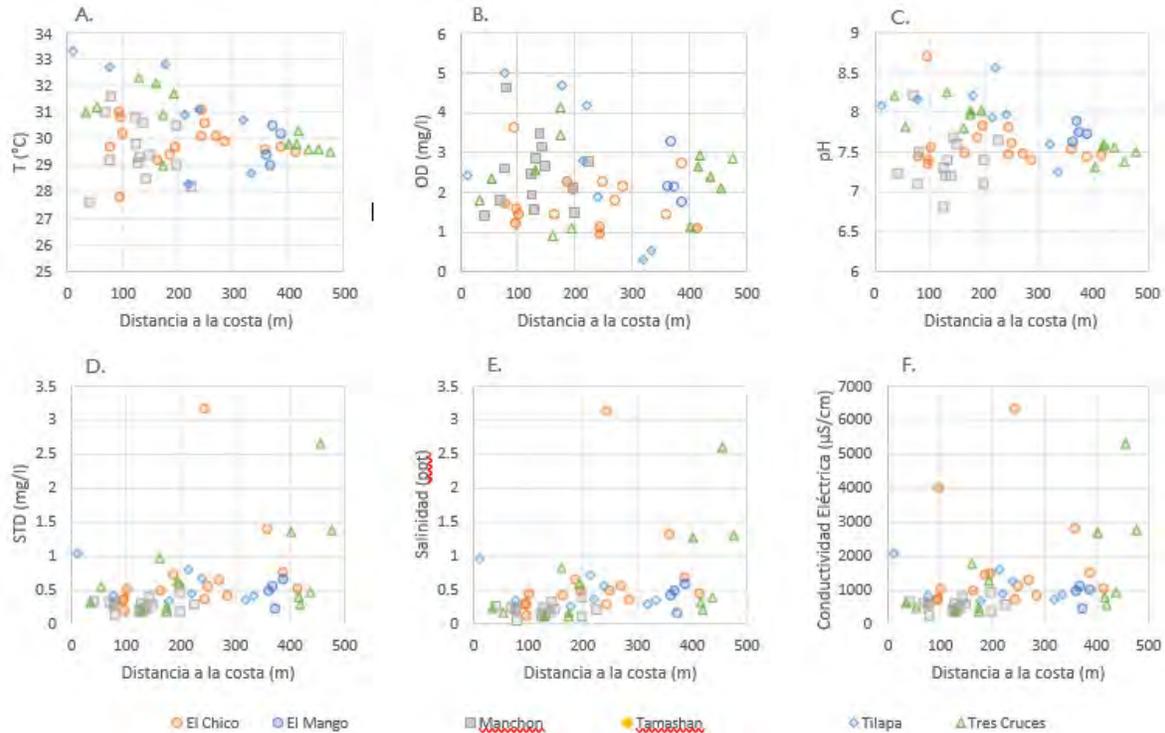


Figura 2. Temperatura (A), concentración de oxígeno disuelto (B), pH (C), sólidos totales disueltos (D), Salinidad (E) y conductividad eléctrica (F) en función de la distancia a la costa, en los pozos de Manchón-Guauchal.

Los resultados muestran una heterogeneidad importante en los materiales de los acuíferos del área, con una respuesta diferente ante los fenómenos estresantes en el sistema subterráneo. Las mediciones permitieron aproximar las direcciones de flujo subterráneo, identificándose dos direcciones regionales. Para la región más alejada de la costa, el flujo subterráneo es principalmente hacia la costa, en dirección NNE a SSO, mientras que en el cordón litoral el flujo predominante es paralelo a la costa con variaciones en la dirección de flujo dependiendo del momento de medición. En cuanto a los parámetros fisicoquímicos, se observó una región con niveles de salinidad altos, que no se pudieron vincular de manera directa a procesos de intrusión marina. Por otra parte, los procesos involucrados en las variaciones fisicoquímicas del agua subterránea en el área de estudio parecen mostrar regiones con importantes interacciones con otros cuerpos de aguas superficiales.

La información presentada en este informe fue limitada por la cantidad de información levantada, así como por el marco temporal en el que se llevó a cabo. De manera general se observó una

independencia en la respuesta de los niveles freáticos ante los eventos de precipitación que se presentaron en el área. Esto es importante, ya que puede indicar diferencias en la susceptibilidad ante contaminación, intrusión marina y disminución de niveles por sobreexplotación. Esta independencia hidráulica parece venir acompañada de una independencia de algunos procesos hidroquímicos para la región oriental (El Manchón) del resto del área. A escala regional no se encontraron indicaciones claras de intrusión marina. En cambio, hay algunas indicaciones de que los valores altos de salinidad encontrados en el área puedan estar relacionados a fuentes superficiales o geogénicas de contaminación. Se requieren perfiles completos de la composición iónica del agua subterránea, así como más información de los niveles freáticos para poder determinar la fuente de la salinidad. La información recolectada no permite cuantificar el vínculo entre los acuíferos estudiados y el bosque de manglar en la región. Sin embargo, la muestra que el agua subterránea se encuentra a profundidades tales que permite la interacción entre el bosque y el manto freático. Para realizar una cuantificación de estas interacciones, es necesario hacer estudios detallados de niveles freáticos a una menor escala, así como análisis de isótopos estables, entre otros.

1.1.1. Plan de Restauración de Bosques de Ribera del Río Ocosito

El presente plan es una herramienta que tiene como objetivo determinar las áreas de restauración y reforestación de los bosques de ribera del río Ocosito, para lograr una conectividad de la parte alta de la cuenca con el sitio Ramsar Manchón-Guamuchal y propiciar así un corredor biológico. Los bosques de ribera son áreas naturales de vegetación que se extienden del borde del río hacia afuera de este. Entre sus servicios ecosistémicos se encuentran: regulan la forma y dinámica del río por el efecto radicular y de propagación de las especies vegetales, actúan como zona de amortiguamiento de contaminantes que entran al río por escorrentía superficial y subterránea, contribuyen a regular el microclima del río suavizando la temperatura durante la evaporación lo cual aumenta la humedad ambiental y edáfica, estabilizan las orillas del cauce y reducen los riesgos de erosión, proporcionan un hábitat a muchas especies vegetales y animales, fijan materia y energía, aportan y retiene nutrientes, funcionan como zona de recarga hídrica, y presentan importantes valores paisajísticos.

Para elaborar el plan de manejo, se determinaron las áreas potenciales de restauración en una longitud del río de 63.10 km, definiendo un buffer o zona de influencia de 30m de cada lado del río desde el límite del cauce mayor para determinar los usos actuales del suelo de la ribera del río. Se utilizaron fotografías aéreas y aplicando la técnica de la fotogrametría, se generó un mapa de usos del suelo y las áreas potenciales para restauración. Los usos del suelo se clasificaron en áreas con cobertura forestal, áreas con cultivos anuales y permanentes, áreas sin uso, árboles dispersos, pastizales, áreas con infraestructura, vegetación arbustiva baja y cuerpos de agua (Fig. 1A). Con base en esta clasificación se identificaron áreas potenciales de restauración forestal clasificando la zona ribereña en 4 categorías: 1) área potencial compuesta por cultivos anuales y permanentes, pastizal, vegetación arbustiva baja y áreas sin uso, 2) área potencial con árboles dispersos, 3) área con cobertura forestal, y 4) áreas no potenciales (infraestructura y cuerpos de agua).

Se identificó que el mayor uso del suelo en la ribera del río Ocosito es la cobertura forestal con 131.48 ha, seguido de los cultivos permanentes (palma de aceite, caña de azúcar, banano-plátano, cítricos y coco) con 101.94 ha, áreas con árboles dispersos con 58.14 ha, cultivos anuales (maíz y ajonjolí) con 36.38 ha, pastizales (potreros) con 21.67 ha, vegetación arbustiva baja con 11.44ha, áreas sin uso (zonas de arena y zonas sin cultivos) con 7.35 ha, infraestructura (asentamientos humanos, puentes y carreteras) con 7.11 ha, y cuerpos de agua (unión de ríos) con 0.53 ha (Fig. 1B). La clasificación del uso del suelo determinó que existen 131.48 ha de cobertura forestal y 236.92 ha potenciales para la restauración de bosques de ribera.

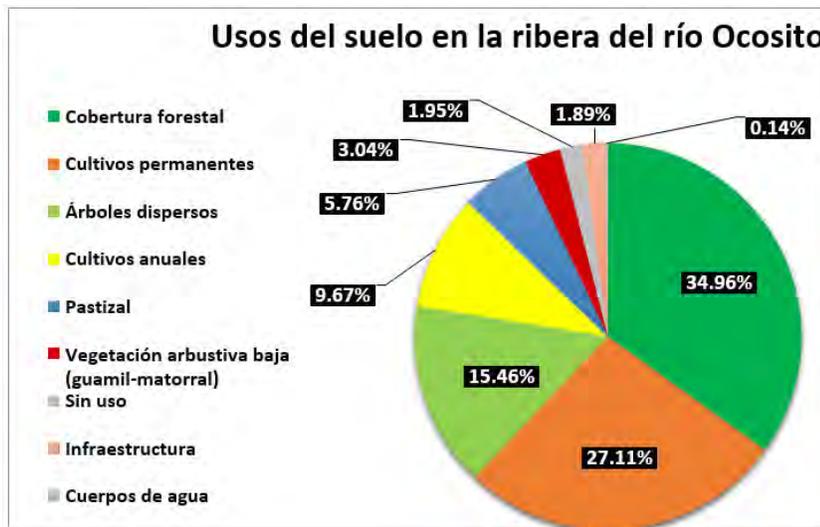


Figura 1. Clasificación de usos del suelo (A) y porcentaje de usos de suelo en la ribera del río Ocosito.

El área de uso actual y las áreas potenciales para reforestación se presentan en la figura 2A y 2B respectivamente. Se determinó que de las 376.04 ha de la zona de influencia, 131.48 ha tienen cobertura forestal y 7.64 ha son áreas no potenciales para restauración. Por lo tanto, existen 236.92 ha potenciales para la restauración de bosques de ribera en el río Ocosito.

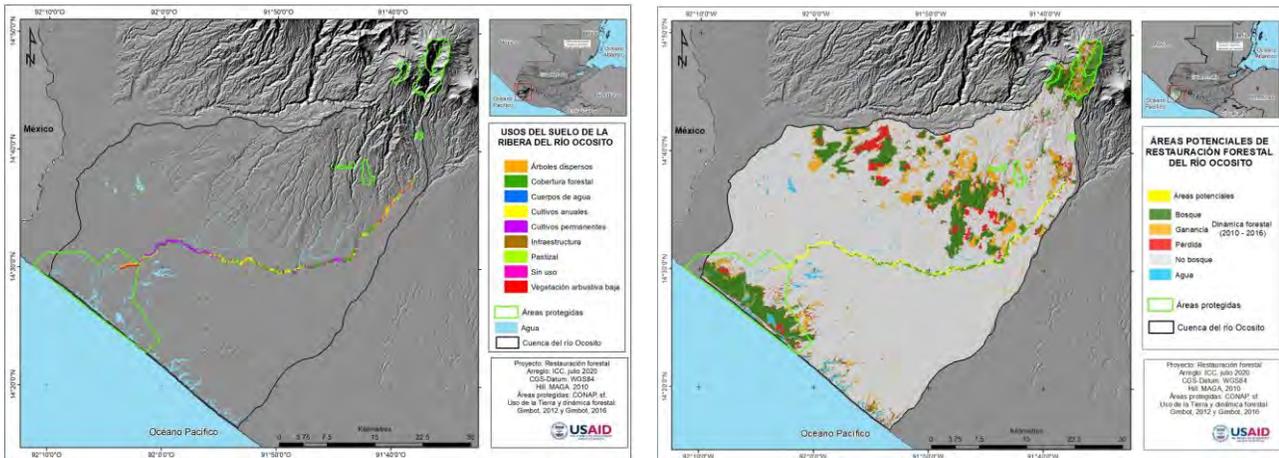


Figura 2. Mapa actual de usos de suelo y áreas potenciales de restauración forestal en la ribera del río Ocosito.

Dentro del plan de restauración se consideran varias propuestas para implementación, las cuales incluyen: 1. metodología de INAB para acceder a los incentivos forestales, 2. metodología de ICC, 3. una metodología complementaria, y 4. enriquecimiento y manejo de regeneración natural.

La primera propuesta de restauración en la cual se propone acceder a incentivos forestales de PROBOSQUE, sería bajo la modalidad de restauración de tierras forestales degradadas en bosques riparios. Dentro de esta modalidad se pueden implementar tres prácticas de restauración, donde se incluye plantación forestal, enriquecimiento y manejo de regeneración natural. Los criterios y parámetros para esta modalidad son: a) área basal menor o igual a 4m², b) cuando exista vegetación arbórea, presentar inventario de cobertura forestal, c) para plantación forestal, una densidad mínima inicial de 1,111 árboles/ha, d) para enriquecimiento, una densidad mínima inicial de 400 árboles/ha, e) para manejo de regeneración natural, una densidad mínima inicial de 1,111 árboles/ha (se consideraran los árboles existentes con DAP hasta 5cm), f) mínimo 10 especies nativas, g) se puede incentivar un máximo de 250m a partir de dos metros de la zona de estabilización del talud del borde del cauce, y h) el área debe de contar con un plan de manejo forestal.

La segunda propuesta de utilizar la metodología de ICC, se basa en realizar franjas de bosque a orilla de cauce de río o borda, distribuidos en varias hileras de árboles nativos, con un distanciamiento de 4 x 4m entre cada una, plantados al tresbolillo (con fines de conservación de suelos). La plantación se plantea ser establecida con una separación mínima de 2m de la borda para no desestabilizar los taludes naturales del cauce o borda, y unabrecha cortafuego de 5m de

ancho para evitar daños durante las actividades de quema de la caña u otros. No deberá eliminarse la vegetación natural en estado de sucesión ecológica o bosque secundario. Además, durante el desarrollo de la plantación, se propiciará el manejo de las especies arbóreas que naturalmente se vayan regenerando dentro de la misma, permitiendo así una complementación en la composición florística de las áreas en proceso de restauración. Asimismo, en áreas de árboles dispersos y áreas con vegetación baja arbustiva, se recomienda propiciar el enriquecimiento o el manejo de regeneración natural con la utilización de especies nativas, tratando de que se tenga un distanciamiento de 4 X 4 m entre planta.

La tercera propuesta se basa en una estrategia de diseño y tipo de arreglo complementario, diseñada por ICC y UICN, se basa en buscar la sostenibilidad del área a restaurar, y por ende, la perpetuidad de los beneficios ecológicos, económicos y sociales del bosque restaurado. Este diseño puede complementarse con los dos anteriores, pues se enfoca en delimitar dos áreas de manejo. Se propone una fracción de bosque a restaurar con fines de protección y uso especial, la cual constituirá un ancho de 25 m, con una densidad de 1,111 árboles/ha (diseño y arreglo 1) o 625 árboles/ ha (diseño y arreglo 2) y un área adyacente de 50m con una densidad ed 1,111 árboles/ha.

La cuarta propuesta se basa en enriquecer y manejar la sucesión natural o restauración pasiva. Sin embargo, como este tipo de restauración depende del estado del banco de semillas, el grado de conectividad de paisajes, la lluvia de semillas, el tamaño del área perturbada, la fuente de semillas y los agentes dispersores, no es apropiada para todos los casos. En situaciones donde la degradación no es extensa y existe una buena proporción de fragmentos de bosques residuales con buenas condiciones de biodiversidad que favorecerá los procesos de colonización y sucesión natural, esta estrategia sería la estrategia más adecuada. La intervención consiste en retirar o eliminar los factores tensionantes o los disturbios que causan la degradación del sistema para que se regenere por sí solo. Como complemento se puede considerar la dispersión o lluvia de semillas de especies nativas en estas zonas. Esta práctica puede implementarse en las áreas de árboles dispersos y vegetación arbustiva baja. Asimismo, puede ser viable en aquellos usos del suelo que estén cercanos a los remanentes de bosque.

Para las primeras tres propuestas, las plantas serían obtenidas de viveros forestales implementados en cada finca o comunidad cercana a la zona de restauración. Para estas acciones se debe utilizar especies nativas con el fin de recuperar y propiciar la conservación de los ecosistemas ribereños. En la tabla 1 se muestra el listado de especies nativas para la restauración de bosques de ribera del río Ocosito. Asimismo, se describen algunas actividades a realizar para la producción de las plantas en vivero; dentro de éstas, la colecta de la semilla y la recolección de regeneración natural para su posterior manejo en los viveros forestales.

El plan de restauración se podría implementar durante 1 año, incluyendo: establecimiento y mantenimiento del vivero, limpieza del terreno, trazado, ahoyado, siembra, control de malezas, fertilización, prevención, control y cuidado de plagas, prevención de incendios forestales, monitoreo de áreas en restauración. Y durante 5 años deberían realizarse actividades de mantenimiento que incluyen: resiembra, fertilización, control de malezas, prevención, control

y cuidado contra plagas, prevención de incendios forestales, y monitoreo en áreas de restauración. Se determinó que, para las actividades de establecimiento y mantenimiento de las acciones de restauración, para un período de cinco años y una densidad inicial de 625 árboles/ha, el presupuesto es de Q23,945.30 por hectárea. Se recomienda iniciar la restauración del paisaje forestal en las zonas arbustivas bajas o de guamil, áreas sin uso y áreas con árboles dispersos.

Se recomienda además, fomentar la conservación de los remanentes de bosque de la ribera del río Ocosito, pues un tercio del uso actual de la ribera corresponde a cobertura forestal, realizar un mapeo de actores para propiciar la implementación voluntaria del plan de restauración, involucrar al INAB para promover los incentivos forestales, y priorizar la restauración en áreas sin uso, áreas de vegetación arbustiva baja y las áreas de árboles dispersos, pues son áreas que no están siendo aprovechadas económicamente lo que facilita la gestión de la restauración. ■

Tabla 1. Listado de especies nativas propuestas para el plan de restauración forestal de la cuenca del río Ocosito.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	ACTIVIDAD
Conacaste	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	Colecta de semilla y producción en vivero
Aripón	<i>Caesalpinia velutina</i> (Britton & Rose) Standl.	Colecta de semilla y producción en vivero
Caulote	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Colecta de semilla y producción en vivero
Matiliguate	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A.D.C.	Colecta de semilla y producción en vivero
Cenícero	<i>Albizia saman</i> (Jacq.) Merr.	Colecta de semilla y producción en vivero
Madre cacao	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp.	Colecta de semilla y producción en vivero
Laurel	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz y Pav.) Oken.)	Colecta de semilla y producción en vivero
Sauce	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Colecta de regeneración natural, trasplante y producción en vivero
Pumpo/Lijuste	<i>Bachica aquaticus</i> Aub.	Colecta de semilla y producción en vivero
Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Colecta de semilla y producción en vivero