

curvas de rango y abundancia (Figura 66). El análisis de las curvas de rango abundancia en todas las lagunas permite explicar mejor cómo se comportó la dominancia y la distribución de las especies en cada laguna. De acuerdo a la distribución de las especies su forma se asemeja a una distribución de Log normal.

La forma de las curvas obtenidas en todos los casos sigue un patrón semejante al de distribución Log normal, según Magurran (1989). El patrón Log normal se caracterizó por pocas especies comunes y raras y muchas especies moderadamente abundantes (Wiens, 1992). En nuestro caso la mayoría de las lagunas mostraron esa distribución excepto la curva de laguna Larga donde se observó una especie dominante y un gran número de especies raras, lo que pudiera indicar algunas diferencias con ese modelo. La curva que representa los valores de rango y abundancia de Loma del Puerto refleja un número de especies relativamente mayor que el resto.

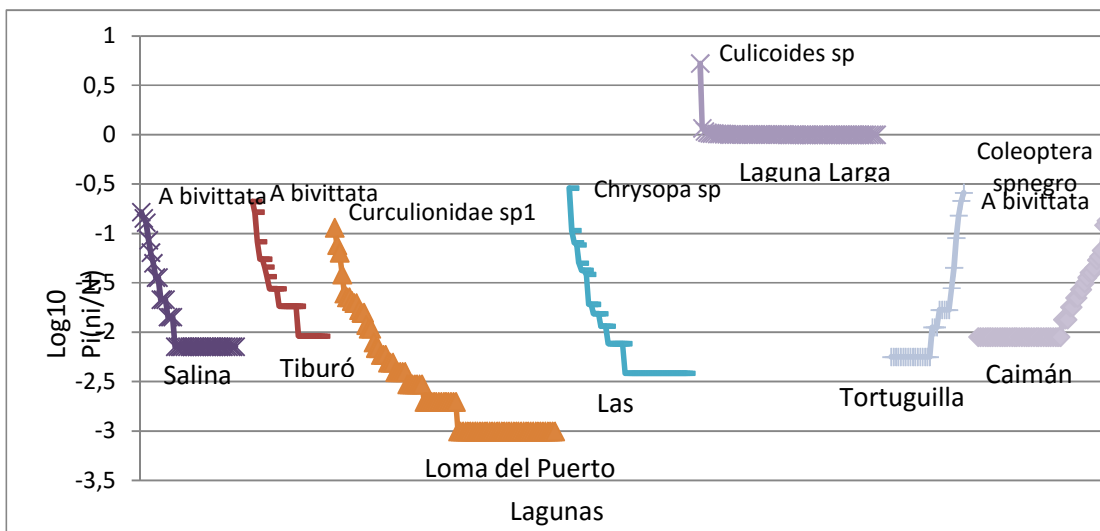


Figura 66. Curva de rango y abundancia que relaciona la composición de especies y la abundancia relativa general en las lagunas estudiadas.

Del total de especies solo el 65% se encuentra restringida a una sola laguna, sin embargo existen especies que tienen una amplia distribución, llamadas generalistas y que en este caso estuvieron presentes en cinco de las lagunas estudiadas entre las que podemos mencionar: morfoespecie sp1 de la familia

Phalacridae, *Artipus* sp, *Acanalonia bivittata*, *Acanalonia pumila*, morfoespecie sp1 de la familia Cixiidae y morfoespecie sp1 del orden Diptera.

El análisis de similitud muestra las relaciones entre las lagunas estudiadas. Según la composición de las especies se formaron tres grupos. Las lagunas Las Coloradas, Del Puerto, Los Caimanes y Tiburón constituyen un grupo independiente con niveles de similitud relativamente discretos, mientras que las lagunas Tortuguilla y La Salina forman otro grupo, laguna Larga se encuentra independiente del resto lo que indica que en cada grupo aparecen un número considerable de especies comunes entre los sitios lo cual puede ser debido a la similitud de las especies vegetales que se encuentran alrededor de las lagunas a las cuales se asocian los insectos y a la vez existen especies exclusivas de cada sitio en particular, como es el caso de laguna Larga (Figura 67).

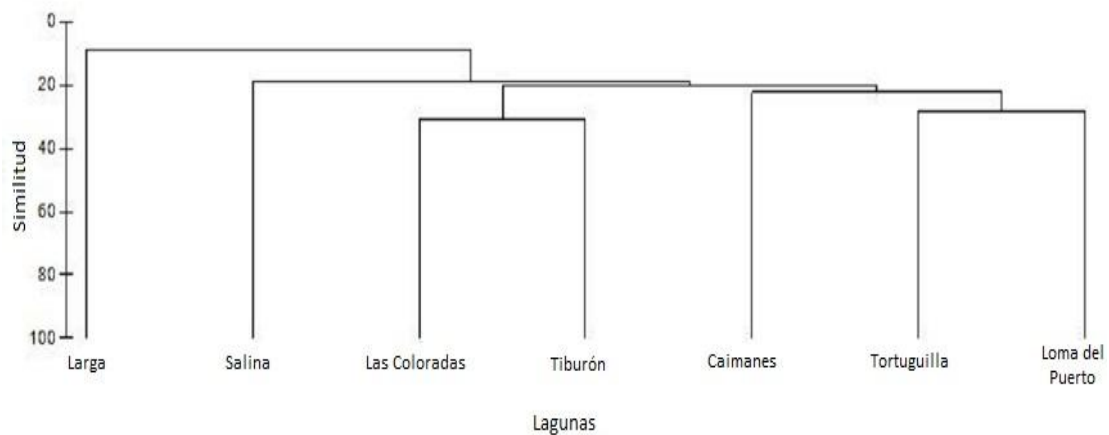


Figura 67. Similitud entre las lagunas Tiburón, Del Puerto, Laguna Larga, Las Coloradas, La Salina, Tortuguilla y Los Caimanes.

Las familias Curculionidae, Phalacridae, Acanaloniidae, Cixiidae, Cicadellidae, Formicidae, Braconidae y Chalcididae fueron las que presentaron una distribución espacial más amplia y las especies *Artipus* sp, *Acanalonia pumila*, *Acanalonia bibittata*, *Culicoides* sp y morfoespecie sp1 de Coleoptera fueron las especies de más amplia distribución.

El primer muestreo correspondiente al período poco lluvioso, registró el mayor número de organismos (63%), mientras que el segundo muestreo realizado

en periodo lluvioso presentó el menor número con 1 653 individuos (37%). Se observó que la mayoría de los taxones reaparecen de un muestreo a otro con una variación en su abundancia, lo cual sugiere cambios en las condiciones ambientales que incluyen condiciones climáticas y aspectos ecológicos.

Laguna Tiburón

La entomofauna de este sitio estuvo compuesta por seis órdenes, 28 familias y 108 especies, destacándose por su abundancia *Acanalonia bivittata* (30 individuos) y *Acanalonia pumila* (20 individuos), ambas especies pertenecientes al orden Heteroptera.

Al analizar la riqueza, la diversidad y la abundancia en los dos periodos estudiados se observa que la riqueza y la diversidad fueron mayores en el periodo poco lluvioso, sin embargo la abundancia se comportó superior en el periodo lluvioso como se muestra en la tabla 17.

Tabla 17. Comportamiento de la riqueza, la diversidad y la abundancia para el periodo lluvioso y poco lluvioso en laguna Tiburón.

Índices Ecológicos	Periodo poco lluvioso	Periodo lluvioso
S	41	25
N	137	80
Riqueza	8.13	5.477
Diversidad	2.97	2.804
Abundancia	0.9213	0.9259

En cuanto a la distribución temporal de las especies, dominaron las especies accidentales y accesorias en el periodo poco lluvioso, sin embargo las constantes fueron mayores en el periodo poco lluvioso (Figura 68).

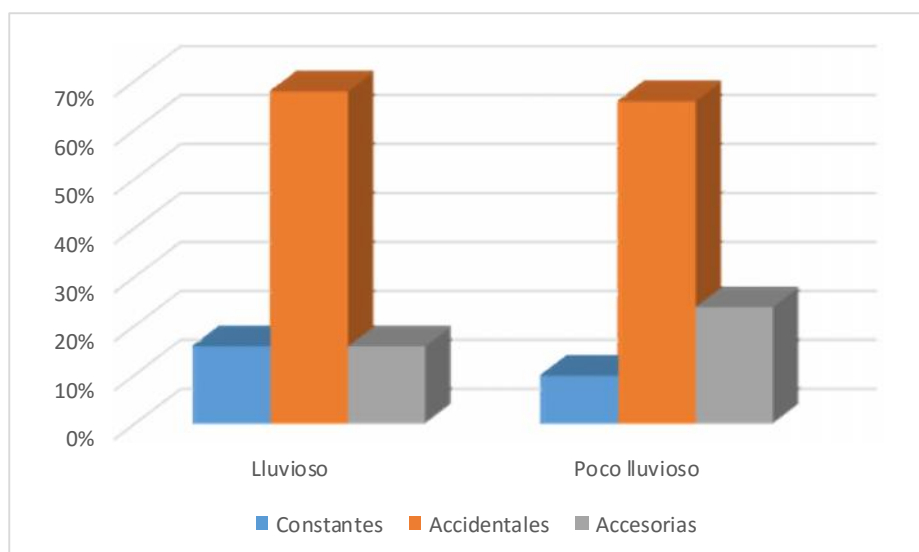


Figura 68. Distribución temporal de las especies de insectos en laguna Loma del Puerto.

Laguna Del Puerto

Asociado a esta laguna se capturaron 11 órdenes, 56 familias y 108 especies de ellas se destacó por su abundancia *Acanalonia pumila* (116 individuos).

Al comparar la riqueza, la diversidad y la abundancia en los periodos poco lluvioso y lluvioso se observa que los valores superiores se obtuvieron en el periodo poco lluvioso (Tabla 18).

Tabla 18. Comportamiento de la riqueza, la diversidad y la abundancia para el periodo lluvioso y poco lluvioso en laguna Del Puerto.

Índices Ecológicos	Periodo poco lluvioso	Periodo lluvioso
S	87	33
N	558	186
Riqueza	13.6	6.124
Diversidad	3.52	2.454
Abundancia	0.9484	0.8139

En cuanto a la distribución temporal de las especies se observa la dominancia de especies accidentales, mucho mayor en el periodo lluvioso, sin embargo en el periodo poco lluvioso el número de especies constantes y accesorias fue mayor (Figura 69).

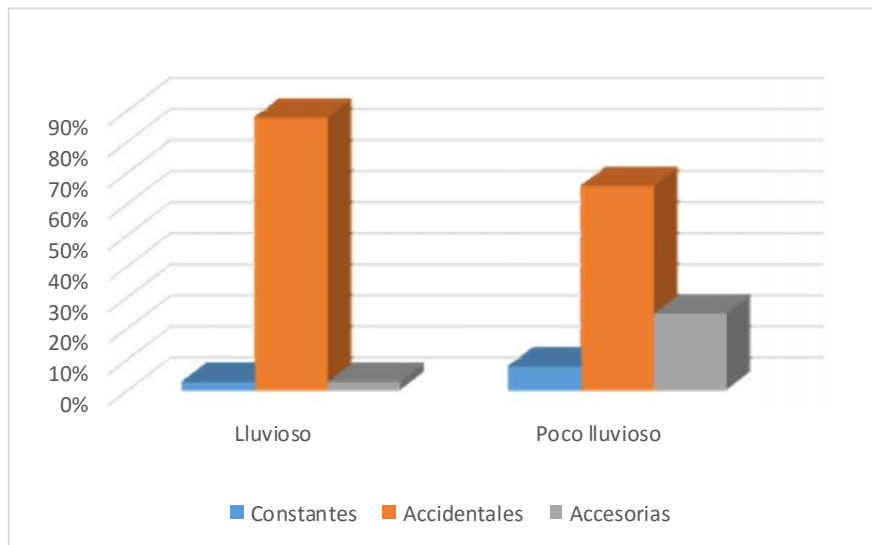


Figura 69. Distribución temporal de las especies de insectos en laguna Loma del Puerto.

Laguna Larga

Se capturaron un total de ocho órdenes, 35 familias y 74 especies de insectos asociados a esta laguna, destacándose *Culicoides* sp con 882 individuos, siendo la especie más abundante en este sitio.

La riqueza tuvo valores superiores en el periodo poco lluvioso, sin embargo la diversidad y la abundancia fue mayor en el lluvioso como se refleja en la tabla 19.

Tabla 19. Comportamiento de la riqueza, la diversidad y la abundancia para el periodo lluvioso y poco lluvioso en laguna Larga.

Índices Ecológicos	Periodo poco lluvioso	Periodo lluvioso
S	46	29
N	1210	118
Riqueza	6.339	5.869
Diversidad	1.325	2.556
Abundancia	0.4598	0.8686

La distribución temporal de las especies para esta laguna muestra que las especies accidentales fueron las predominantes, siendo ligeramente superior en el periodo poco lluvioso, las constantes y en el caso de las accesorias sucede lo contrario (Figura 70).

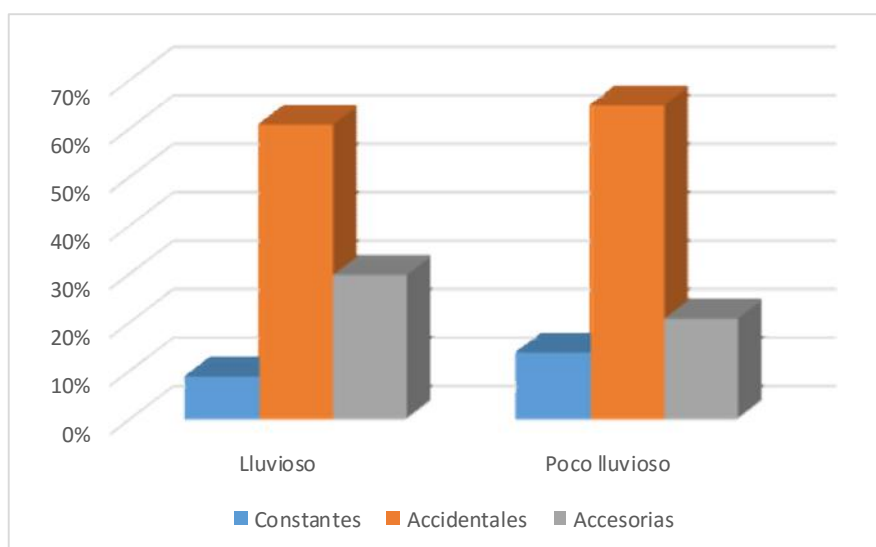


Figura 70. Distribución temporal de las especies de insectos en laguna Larga.

Laguna Las Coloradas

La fauna de insectos asociada a esta laguna estuvo representada por 11 órdenes, 44 familias y 74 especies, destacándose por su abundancia morfoespecie sp1 de la familia Curculionidae con 116 individuos.

Al comparar los periodos muestreados se observa como la riqueza, la diversidad y la abundancia fueron superiores en el periodo lluvioso (Tabla 20).

Tabla 20. Comportamiento de la riqueza, la diversidad y la abundancia para los periodos lluvioso y poco lluvioso en laguna Las Coloradas.

Índices Ecológicos	Periodo poco lluvioso	Periodo lluvioso
S	45	38
N	358	120
Riqueza	7.482	7.728
Diversidad	2.486	2.872
Abundancia	0.8376	0.8973

En cuanto a la distribución temporal de las especies en el periodo lluvioso y poco lluvioso se observa que predominan las especies accidentales, obteniéndose los valores mayores en el periodo lluvioso y ese comportamiento también ocurre con las especies accesorias y constantes (Figura 71).

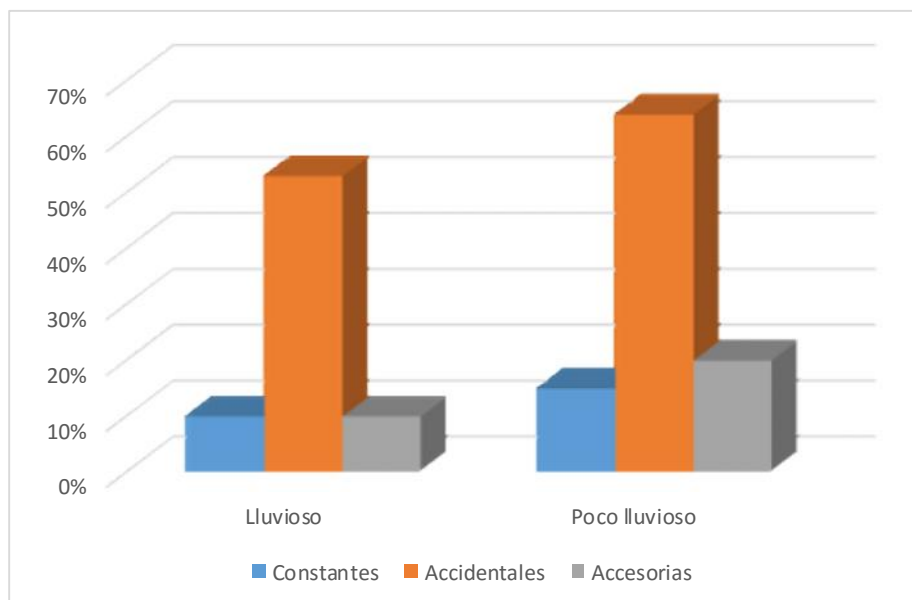


Figura 71. Distribución temporal de las especies de insectos en laguna Las Coloradas.

Laguna La Salina

En este sitio se capturaron siete órdenes, 23 familias y 48 especies, 12 de las cuales son nuevos registros para cayo Sabinal. Se destacó el orden Coleoptera con mayor número de especies y de individuos y la especie *Acanalonia bivittata* (25 individuos) como la de mayor abundancia.

En el análisis de los índices ecológicos se observa como la riqueza, la diversidad y la abundancia tuvieron valores superiores en el periodo poco lluvioso (Tabla 21).

Tabla 21. Comportamiento de la riqueza, la diversidad y la abundancia para los periodos lluvioso y poco lluvioso en laguna La Salina.

Índices Ecológicos	Periodo poco lluvioso	Periodo lluvioso
S	30	23
N	110	122
Riqueza	6.17	4.579
Diversidad	2.852	2.169
Abundancia	0.9153	0.8159

En cuanto a su distribución temporal las especies se distribuyeron en especies constantes, accesorias y accidentales y se observa para los dos periodos que hay un gran número de especies accidentales, siendo mayor en el periodo poco lluvioso y en el número de especies constantes y accesorias fue mayor en el periodo lluvioso (Figura 72).

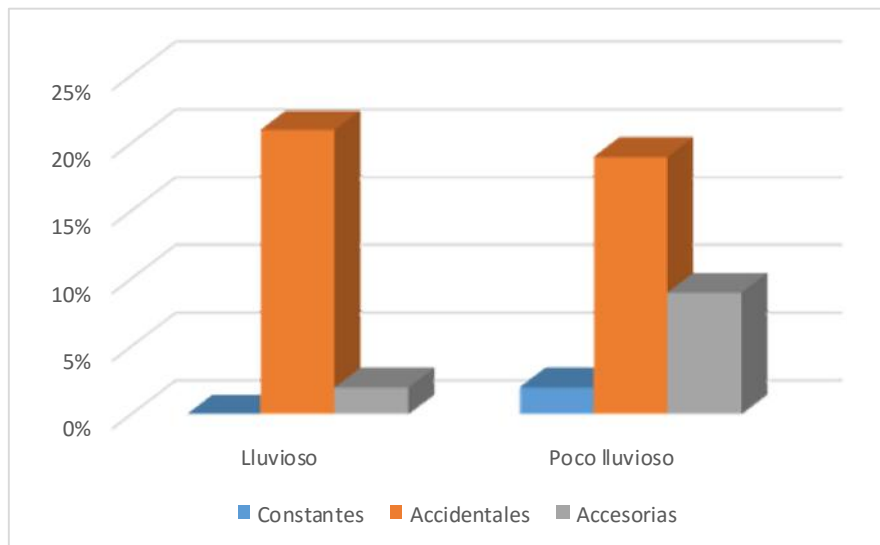


Figura 72. Distribución temporal de las especies de insectos en laguna La Salina.

Laguna Tortuguilla

La fauna de insectos asociada a esta laguna estuvo representada por ocho órdenes, 27 familias y 66 especies, de ellas la más abundante fue *Oliarus* sp con 75 individuos.

En el análisis de los índices ecológicos se observa que la riqueza, la diversidad y la abundancia son mayor en el periodo Lluvioso (Tabla 22). El 77% de las especies se capturaron en un solo periodo, el 56% en el periodo Lluvioso y el 21% en el poco lluvioso y solo el 23% coincidieron en ambos periodos.

Tabla 22. Comportamiento de la riqueza, la diversidad y la abundancia para los periodos Lluvioso y poco Lluvioso en laguna Tortuguilla.

Índices Ecológicos	Periodo poco Lluvioso	Periodo Lluvioso
S	31	55
N	176	251
Riqueza	5.415	9.773
Diversidad	2.365	2.919
Abundancia	0.8527	0.9076

Al analizar la distribución temporal de las especies se observa un mayor número de especies accidentales, siendo este superior en el periodo lluvioso, sin embargo las especies constantes y accesorias son mayores en el periodo poco lluvioso (Figura 73).

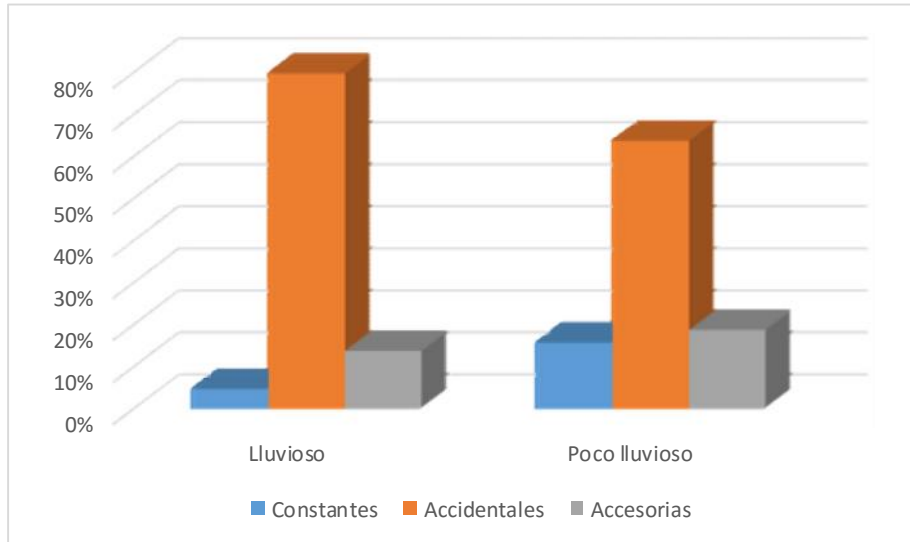


Figura 73. Distribución temporal de las especies de insectos en laguna Tortuguilla.

Laguna Los Caimanes

La fauna de insectos asociada a esta laguna estuvo representada por ocho órdenes, 61 familias y 133 especies, de ellas las más abundantes fueron *Paratrechina longicornis* y *Pseudomyrmex sp.*

En el análisis de los índices ecológicos se observa los valores mayores de riqueza en el periodo lluvioso, sin embargo la diversidad y la abundancia fueron mayores en el poco lluvioso (Tabla 23). De forma general el 87% de las especies estuvo restringida a un solo período, 68% al periodo lluvioso y 32% al periodo poco lluvioso y solo el 12% de las especies estuvieron presentes en ambos periodos.

Tabla 23. Comportamiento de la riqueza, la diversidad y la abundancia para los periodos lluvioso y poco lluvioso en laguna Caimanes.

Índices Ecológicos	Periodo poco lluvioso	Periodo lluvioso
S	54	95
N	224	719
Riqueza	9.79	14.3
Diversidad	0.8418	0.6251
Abundancia	3.358	2.847

En cuanto a su distribución temporal las especies se distribuyen en especies constantes, accesorias y accidentales y se observa para los dos periodos que hay un gran número de especies accidentales y un número pequeño de especies constantes (Figura 74).

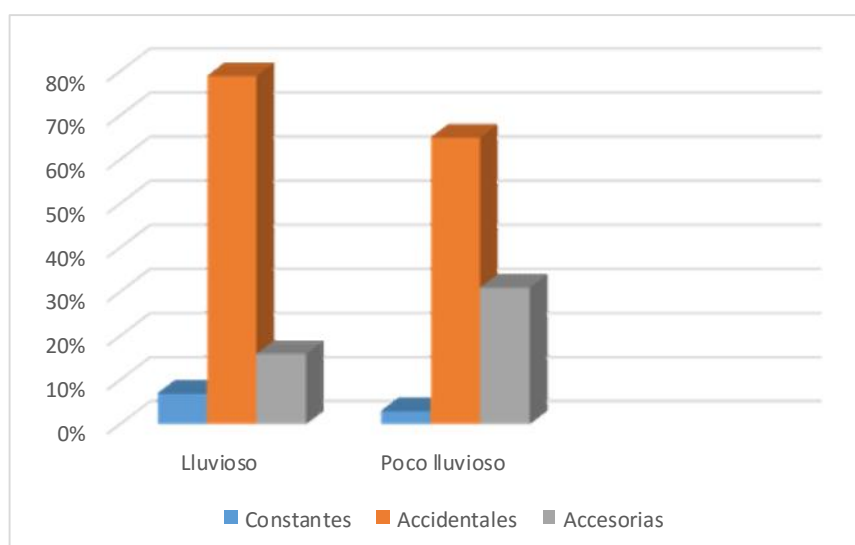


Figura 74. Distribución temporal de las especies de insectos en laguna Caimanes.

Los órdenes de insectos asociados a las lagunas estudiadas coincidió con la de otros estudios realizados en otras localidades (Viña, et al., 1998, Alcolado et al.,

1999; Viña, et al., 2000), al igual que la dominancia de los órdenes Diptera, Coleoptera e Hymenoptera (Rodríguez-León et al., 2000; Parada, et al., 2006).

La mayor riqueza, diversidad y abundancia de insectos presente en las lagunas Los Caimanes y Loma del Puerto pudiera estar relacionada con las características de la vegetación asociada a estas lagunas ya que existen estudios que señalan la existencia de una gran sensibilidad de la entomofauna a las variaciones en las características de la vegetación. Probablemente, las características de la vegetación sean tan importantes, como su sensibilidad a cambios en la temperatura, humedad, cobertura del suelo, permanencia y densidad de la vegetación (Paleologos et al., 2008).

La actividad estacional de los insectos es un fenómeno que ha sido registrado muchas veces en ecosistemas tropicales donde hay una clara alternancia de una estación seca y una húmeda (Wolda, 1978). No obstante, esta estacionalidad puede variar de acuerdo al grupo taxonómico de que se trate y en general cada patrón representa una solución diferente de cada especie a las limitaciones locales de agua, alimento, fotoperiodo, temperatura, etc. (Pescador et al., 2002), dando lugar ello a una gran variedad de patrones temporales de diversidad (Kato et al., 1995). En nuestro estudio los índices de diversidad, riqueza y abundancia entre los períodos lluvioso y poco lluvioso mostraron una diferencia significativa entre ellos, sin embargo la presencia o ausencia de algunas familias en uno u otro periodo pudiera estar determinada por diversos factores como la época de floración, la presencia de follaje en las plantas y la temporada de lluvias según otros autores (Lawton y Strong, 1981; Price, 1984; Pinheiro et al., 2002).

A pesar de ser un estudio preliminar, los datos mostraron cierta relación entre las características de la entomofauna y algunas características de la vegetación, lo que demuestra la necesidad de continuar estos estudios, que permitan profundizar los conocimientos acerca de la relación entre las lagunas, la vegetación natural existente y la fauna asociada ya que un cambio en uno de los componentes alterarán el cumplimiento de las funciones de muchas especies de insectos en estos casos puede existir una relación entre la diversidad y la función ecológica que estos realizan en el ecosistema (Paleologos et al., 2008).

Caracterización de la biodiversidad (Moluscos terrestres)

La malacofauna de las localidades estudiadas en cayo Sabinal estuvo compuesta por 20 especies, de ellas dos especies fluviales y el resto terrestre, perteneciente a la clase Gastropoda y agrupado en dos subclases, 12 familias y 16 géneros (Anexo 11). Las especies terrestres y las fluviales representan el 54.5 % y el 33.3 %, respectivamente de las especies reportadas para todo el cayo (Hernández et al., 2014; Barrio et al., 2015). Solo de 12 especies se detectaron individuos vivos, para el resto su presencia por localidades fue por medio de conchas con apariencia fresca, deteriorada o fragmentos de estas. Es de destacar la existencia de 13 especies endémicas cubanas (incluyendo las especies no identificadas de los géneros *Helicina* y *Cerion*), de estas dos endémicas locales (Anexo 11). Dos especies son amenazadas de extinción: *Cerion pretiosus* en la categoría de En Peligro Crítico y *Opisthosiphon sabinalense* En Peligro.

En la localidad de cayo Jíbaro, un parche de bosque situado en el extremo Oeste de laguna Tortuguilla uno de los integrantes de la expedición refiere haber visto un espécimen de *Caracolus sagemon*, lo cual no se pudo confirmar posteriormente, no teniéndose en cuenta en la elaboración del listado por ser un registro dudoso. En todo el archipiélago Sabana -Camagüey esta especie solo se ha reportado en cayo Sabinal (Hernández et al., 2014) y su presencia ahí se supone sea debido a una introducción accidental por apicultores. Sería importante en próximas visitas confirmar la existencia de *C. sagemon*, lo cual sería de gran interés biogeográfico.

Otro registro dudoso, que no se tuvo en cuenta, es el de conchas viejas de *Polymita muscarum* en tres puntos al Sur de laguna Tortuguilla, dos al Centro (E-5-1 y T14-SW) y uno en el extremo Este (AC-17). En los tres sitios el hábitat es un yanal, donde es raro encontrar esta especie. La presencia de conchas pudiera ser más asociada a la escorrentía del bosque siempreverde o el traslado por los cangrejos ermitaño (*Coenobitas clypeata*) que la usan como refugio.

La laguna con la mayor riqueza de taxa fue Tortuguilla (19 especies, 12 géneros y 10 familias), lo cual era de esperar por ser la de mayor superficie y longitud. Aunque la riqueza de especies en la laguna la Salina es mayor que la de Caimanes, ambas no difieren significativamente entre sí, dado que los intervalos de confianza se solapan entre sí (Figura 75).

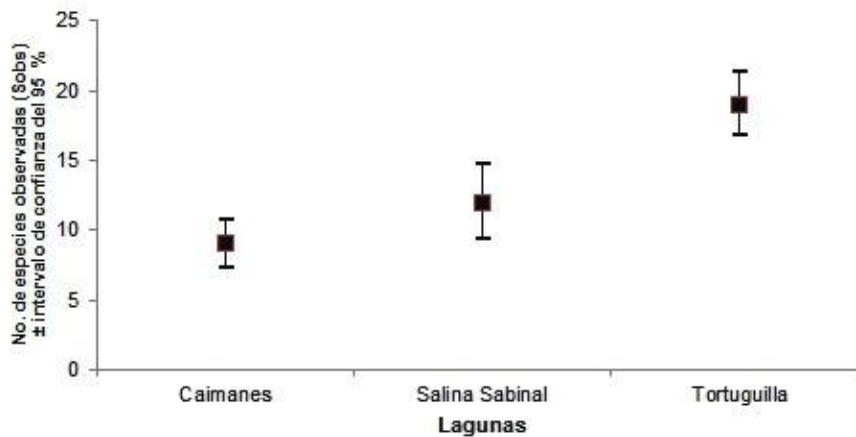


Figura 75. Número de especies observadas (Sobs) y sus intervalos de confianza (95 %, de acuerdo al modelo Mao Tau) en comunidades de moluscos terrestres y fluviátiles de tres lagunas costeras de cayo Sabinal.

Las curvas acumulativas de la riqueza observada y de la riqueza estimada por los estimadores no paramétricos en las lagunas Caimanes y Salina no tuvieron un comportamiento asintótico (Figura 76), por lo que podemos aseverar que el esfuerzo de muestreo o su calidad todavía fue insuficiente para estimar la riqueza de especies en estas comunidades. En cambio las curvas de laguna Tortuguilla se estabilizan o saturan a partir de un tamaño de muestra mayor de 25, por lo que el esfuerzo de muestreo en esta laguna fue suficiente para dar un inventario fiable. Futuros estudios deben tener en cuenta estos resultados para una mejor planificación de los inventarios.

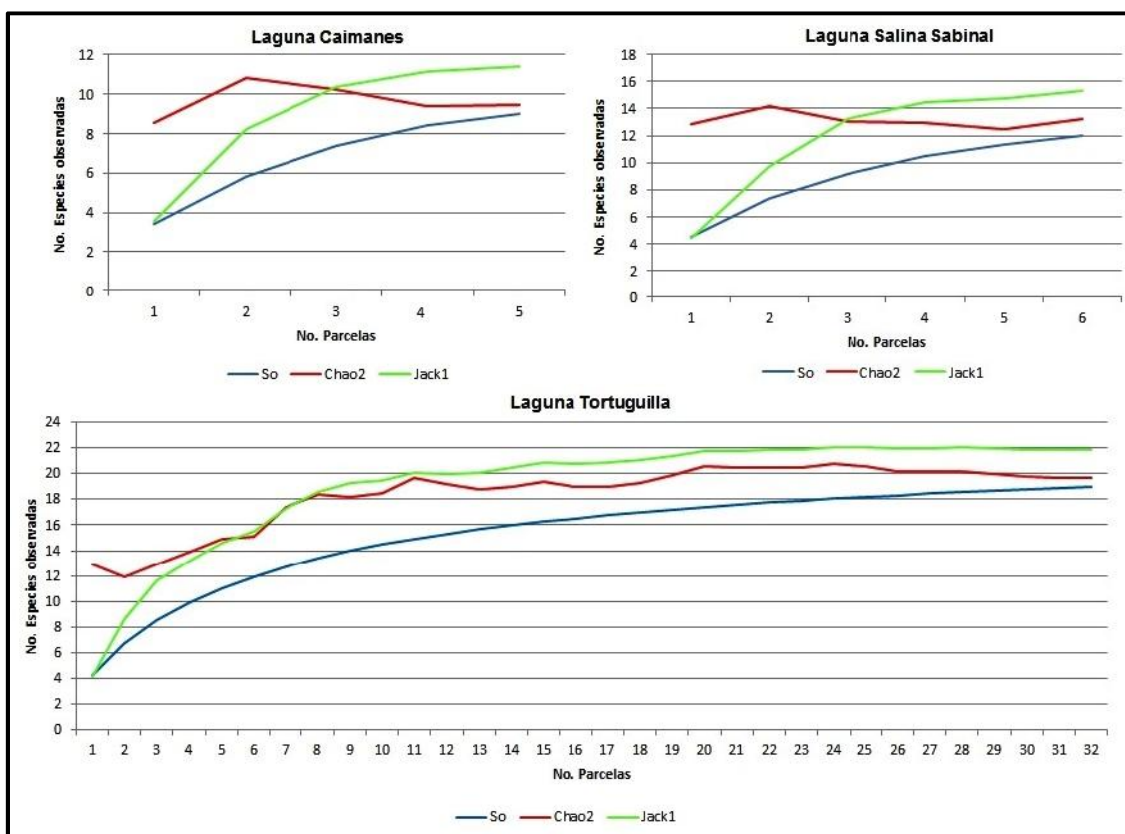


Figura 76. Curva de acumulación de especies observadas (So) y de la riqueza estimada por los estimadores no paramétricos Chao 2 y Jack 1 para las comunidades de moluscos terrestres de tres lagunas costeras de cayo Sabinal.

En las tres lagunas, la riqueza estimada por los estimadores no paramétricos fue aproximada o casi coincidente con la observada, siendo el estimador Jack 1 el que estima los mayores valores (Figura 76). Resultados similares se reportaron en comunidades evaluadas en cayo Coco y Santa María (Hernández et al., 2014).

De los tres hábitat estudiados, el Yanal, con 18 especies, fue el de mayor riqueza, seguido del matorral xeromorfo costero (12 especies), del ecotono del yanal –bosque siempreverde (8 especies) y por último del bosque siempreverde micrófilo con 7 especies (Tabla 31, Figura 77). Por laguna, el MXC y el YAN de la Laguna Tortuguilla fueron los de mayor riqueza, y el MXC de laguna Caimanes el de menor (Figura 77).

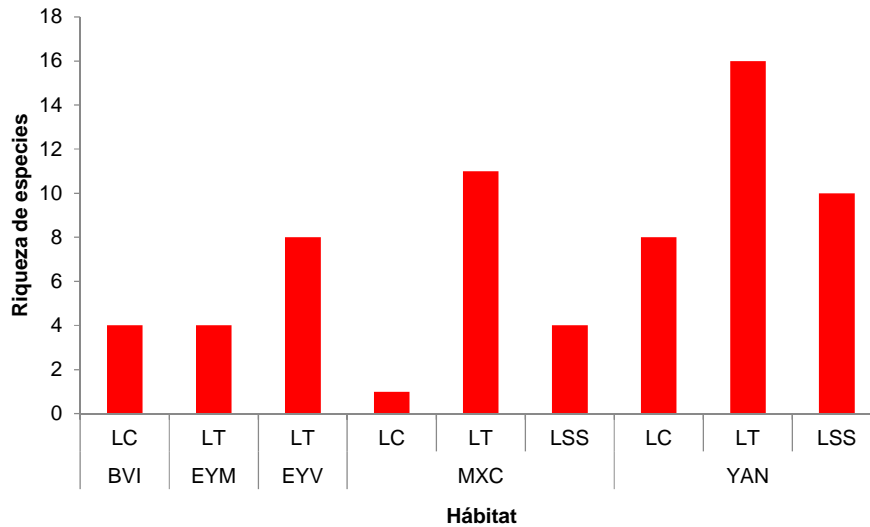


Figura 77. Riqueza de taxa de moluscos terrestres y fluviátiles por tipo de hábitat de las lagunas costeras de cayo Sabinal. Lagunas: LC: Laguna Caimanes, LT: Laguna Tortuguilla, LSS: Laguna Salina Sabinal. Hábitats: BVI: Bosque siempreverde; EYV: Ecotono de Yanal- Bosque siempreverde; MXC: Matorral xeromorfo costero; YAN: Yanal.

De manera general predominaron las especies con una frecuencia de distribución restringida o accidental (14 sp., 70 %), mientras que solo hubo dos especies con frecuencia amplia o constante: *Cysticopsis naevula* y *Cerion* sp. (Tabla 32, Figura 80). En el archipiélago Sabana-Camagüey (Hernández et al., 2014) y en las áreas secas de la provincia de Camagüey (Barrio et al., 2015) también predominaron las especies de distribución restringida.

Otras especies que destacan relativamente por su distribución fueron las accesorias *Truncatella* sp. y *Chondropoma canescens* (Tabla 24, Figura 78). Las especies accesorias predominaron en las lagunas Caimanes (44 %) y Salina (58 %), así como en el hábitat BVI (44 %). En cambio, las accidentales predominaron en laguna Tortuguilla (74 %) y en los hábitats MXC (75 %) y el YAN (53 %). Solo nueve especies se detectaron en todas las lagunas y tres en todos los hábitats, de estas *C. naevula* fue constante en dos lagunas y en dos hábitats.

Tabla 24. Frecuencia de aparición (%) de los moluscos terrestres y fluviales en general y por tipo de hábitat de las lagunas costeras de cayo Sabinal. BVI: Bosque siempreverde; MXC: Matorral xeromorfo costero; YAN: Yanal y ecotonos con el MXC y BVI. Clasificación de la frecuencia: C: Constantes (50-100%), Ae: Accesorias (25-49%) y Ai: Accidental (0-24%).

Especies	Clasificación	General	LC	LT	LSS	BVI	MXC	YAN
Cysticopsis naevula	C	77	40	84	83	33	75	89
Cerion sp.	C	56	60	61	33	-	100	32
Truncatella sp.	Ae	44	20	48	50	-	20	79
Chondropoma canescens	Ae	42	40	45	33	-	5	89
Hojeda boothiana	Ae	26	60	23	17	33	30	21
Euclastaria euclasta	Ae	26	40	23	33	100	5	37
Opisthosiphon sabinense	Ai	23	40	16	50	100	-	37
Cerion sanzi	Ai	21	-	29	-	-	-	47
Oleacina solidula	Ai	21	20	16	50	67	-	37
Succinea ochracina	Ai	19	-	23	17	-	-	42
Helicina sp.	Ai	12	-	16	-	-	15	11
Pupoides marginatus	Ai	9	20	6	17	-	10	11
Cerion gundlachi	Ai	9	-	13	-	-	5	16
Cerion pretiosus	Ai	7	-	-	50	-	15	-
Alcacia minima	Ai	7	-	10	-	-	10	5
Lacteoluna selenina	Ai	5	-	3	17	33	-	5
Drepanotrema sp.	Ai	5	-	6	-	33	-	5
Cerion acuticostatum	Ai	5	-	6	-	-	-	11
Pyrgophorus coronatus	Ai	2	-	3	-	-	5	-
Microceramus gossei	Ai	2	-	3	-	-	-	5



Figura 78. Moluscos terrestres de las lagunas costeras de cayo Sabinal. **1:** *Cerion acuticostatum*; **2-4:** *Cerion* sp. 1; **5:** *Cerion sanzı tejedori*; **6:** *Cerion pretiosus*; **7:** *Chondropoma canescens*; **8:** *Cysticopsis naevula*; **9:** *Euclastaria euclasta*, **10:** *Truncatella* sp.; **11:** *Opisthosiphon sabinalense*; **12:** *Drepanotrema* sp.; **13:** *Hojeda boothiana*

En casi el 70 % de los puntos inventariados se detectaron individuos vivos, siendo la riqueza por puntos, baja, con un promedio de 1.8 ± 1.5 especies, predominando las comunidades con solo una especie (50 %) (Tabla 24). En el resto de las comunidades la riqueza no sobrepasó de cinco especies y todas se caracterizaron por tener una dominancia numérica alta, teniendo en cuenta la inclinada pendiente de las curvas (Figura 79). Las especies de mayor densidad

fueron *C. canescens*, *Truncatella* sp. y *Cerion* sp. (Tabla 32), la primera dominante en cinco comunidades y las otras dos en tres comunidades (Figura 81).

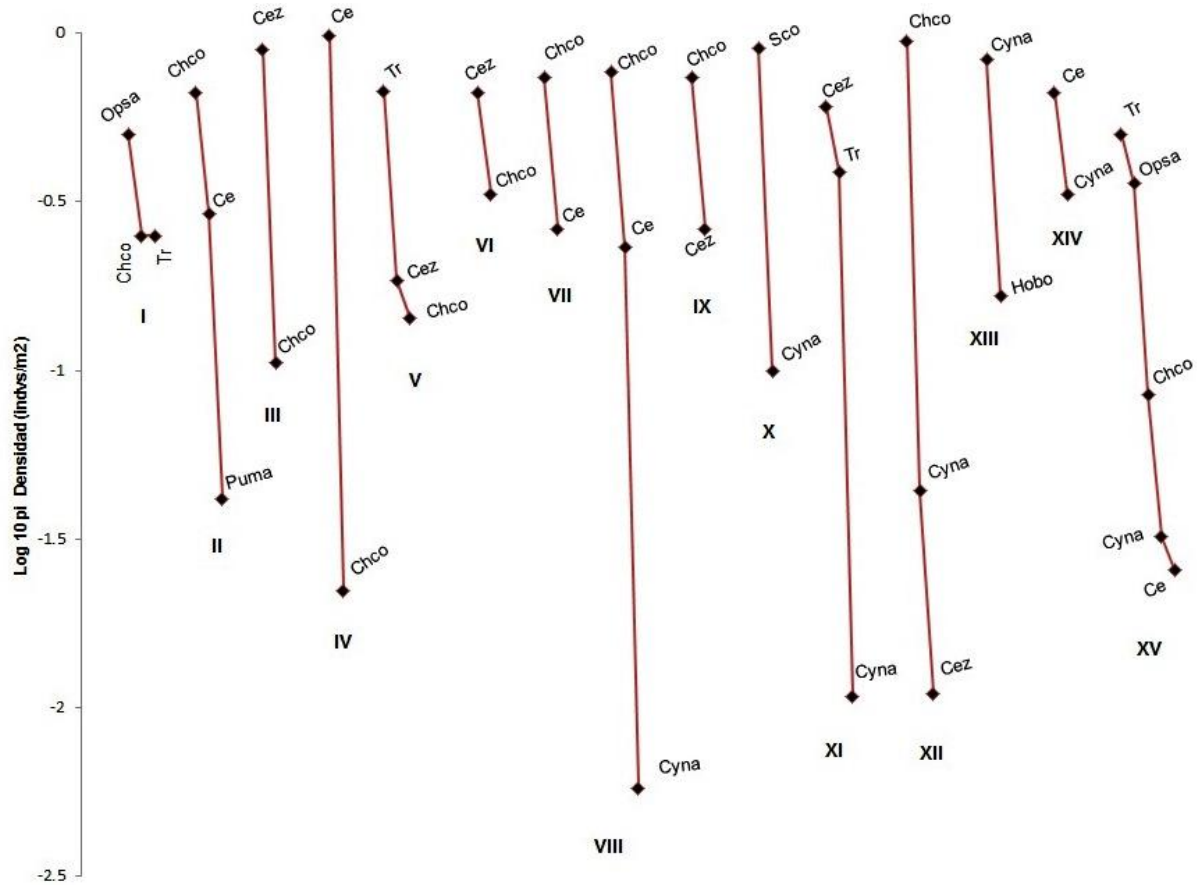


Figura 79. Curva de rango-abundancia en 15 comunidades de moluscos terrestres de las lagunas costeras de cayo Sabinal. Yanal: I: AE21-SW; II: AE20-SW; III: Q13-NW-15; IV: Z17-NE, V: R13-SE; VI: N11-NE; VII: J6-SE; VIII: K7-NW; IX: E-5-1; X: AC17; XI: Y16-NW; XII: W15-NW; Matorral xeromorfo costero XIII: X14-SW; XIV: M1; Ecotono Yanal-Bosque siempreverde microfilo XV: YAN460. Datos sobre puntos de muestreo en Tabla 1. **Especies:** **Ce:** *Cerion* sp.; **CeZ:** *Cerion sanzii*; **Chc:** *Chondropoma canescens*; **Cyna:** *Cysticopsis naevula*; **Hobo:** *Hojeda boothiana*; **Opssa:** *Opisthosiphon sabinalense*; **Puma:** *Pupoides marginatus*; **Sco:** *Succinea ochracina*; **Tr:** *Truncatella* sp.

Riqueza, composición y estructura de las comunidades de moluscos en cayo Coco

La malacofauna de las lagunas estudiadas en cayo Coco estuvo compuesta por 19 especies terrestres y dos fluviales, pertenecientes a la clase Gastropoda y agrupadas en dos subclases, 14 familias y 21 géneros (Anexo 12). Las especies terrestres representan el 51.6 % de las especies reportadas para todo el cayo (Hernández et al., 2014). Solo de siete especies se detectaron individuos, para el resto, la evidencia de su presencia por localidades fue por medio de conchas con apariencia fresca o al menos deteriorada. Es de destacar la existencia de 11 especies endémicas cubanas, de estas endémica local solo el *Cerion dorotheae*, especie amenazada de extinción en la categoría de Vulnerable (Figura 80).

El reporte de *Hojeda boothiana* es el primero para cayo Coco, al igual que para *Praticolella griseola*. En específico para esta última, su reporte es el tercero para el archipiélago Sabana-Camagüey, donde se había detectado con anterioridad en los cayos Romano y Sabinal (Hernández et al., 2014). Esta es una especie introducida en la isla de Cuba, asociada a jardines, patios y cultivos (Espinosa y Ortea, 1999), y considerada actualmente como exótica invasora (Fernández et al., 2010). Su entrada a cayo Coco pudo haber sido por medio del suelo y plantas para la jardinería. No obstante ya hoy ha rebasado los límites de las infraestructuras hoteleras y se encuentra en el bosque semideciduo.

La laguna del Puerto fue la de mayor riqueza de taxa con (16 especies, 16 géneros y 12 familias) (Anexo 12), lo cual quizás sea debido a que está enclavada en el área protegida Reserva Ecológica Centro y Oeste de cayo Coco de significación nacional y aprobada legalmente (CNAP, 2013). De los cinco hábitats estudiados el Bosque semideciduo micrófilo (BSD), con 15 especies, fue el de mayor riqueza, seguido del Yanal (14 especies), y del ecotono del yanal –bosque semideciduo (EYD) (13 especies) y por último del matorral xeromorfo costero (MXC) y el manglar mixto con solo tres y una especie, respectivamente (Anexo 12). La riqueza por tipo de hábitat varió entre lagunas, excepto en el MXC el cual se caracterizó de una baja riqueza en las tres lagunas donde se inventario. De tal manera la mayor riqueza de especies del Yanal estuvo en la laguna Del Puerto, y la del BSD y el EYD en la laguna Las Coloradas (Figura 80).

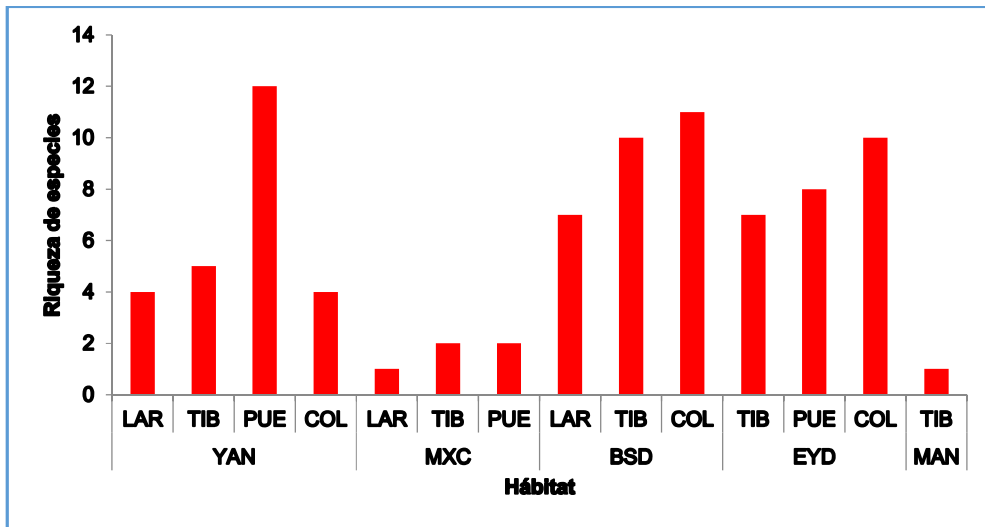


Figura 80. Riqueza de especies de Moluscos terrestres y fluviales por tipo de hábitat de las lagunas costeras de cayo Coco. Lagunas: LAR: Laguna Larga, TIB: Laguna Tiburón, PUE: Laguna del Puerto; COL: Laguna Las Coloradas. Hábitats: YAN: Yanal; MXC: Matorral xeromorfo costero; EYV: Ecotono Yanal-Bosque siempreverde, BSD: Bosque semidecuido, MAN: Manglar mixto.

Solo seis especies se pudieron detectar en las cuatro lagunas estudiadas en cayo Coco: *C. dorotheae*, *Truncatella pulchella*, *Cysticopsis naevula*, *Succinea* sp., *Hojeda boothiana* y *Zachrysia auricoma* (Figura 81), de las cuales solo la primera hizo uso de los cinco hábitats inventariados.



Figura 81. Moluscos terrestres de las lagunas costeras de cayo Coco. **1-3:** *Cerion dorotheae*; **4:** *Succinea* sp.; **5:** *Hemitrochus amplecta*; **6:** *Liguus fasciatus*; **7:** *Microceramus gossei*; **8:** *Zachrysia auricoma*; **9:** *Opisthosiphon quinti*; **10:** *Macroceramus gundlachi*

Las tres comunidades estudiadas, por lo inclinado de la pendiente de la curva de rango-abundancia, se caracterizan por una baja riqueza y baja equitatividad, siendo el caso más extremo en la comunidad al Sur de Punta Tiburón, en laguna Tiburón donde solo se detectó una especie (Figura 82).

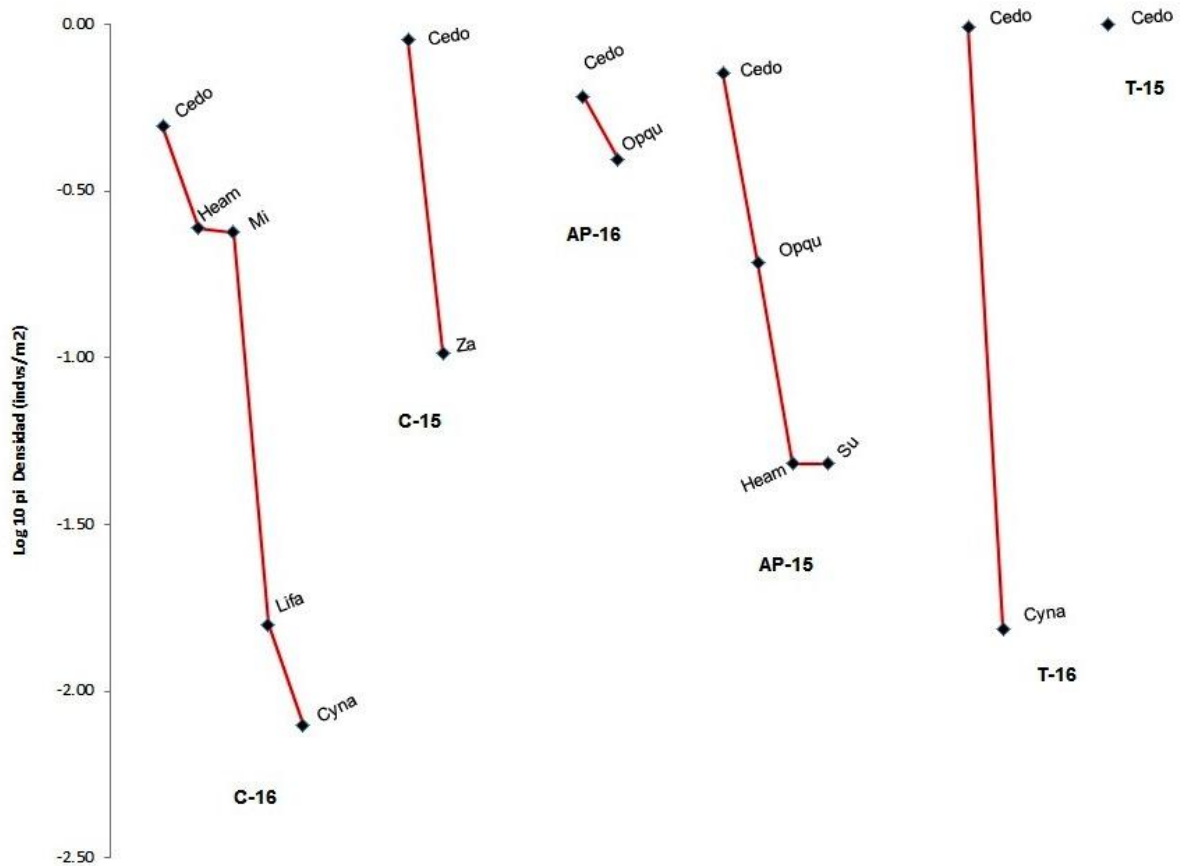


Figura 82. Curva de rango-abundancia en tres comunidades de moluscos terrestres de las lagunas costeras de Cayo Coco en septiembre del 2015. Comunidades: Laguna Las Coloradas: **C-16**: Transecto de SE al SW Bosque semidecidual-Manglar 2016, **C-15**: Transecto al SW Manglar-Bosque semidecidual 2015; Laguna Tiburón: **T-15**: Sur de Punta Tiburón (Matorral xeromorfo costero-Manglar Mixto) 2015; **T-16**: Este de Punta Tiburón (Matorral xeromorfo costero) 2016. **Especies:** **Ceddo**: *Cerion dorotheae*; **Cyna**: *Cysticopsis naevula*; **Heam**: *Hemirochus amplexa*; **Opqu**: *Opisthosiphon quinti*; **Su**: *Succinea* sp.; **Mi**: *Microceramus gossei*; **Lifa**: *Liguus fasciatus*; **Za**: *Zachrysia auricoma*

La especie dominante en todas las comunidades fue el *C. dorotheae*, cuyas poblaciones más densas estaban en los alrededores de Punta Tiburón tanto en el

2015 como en el 2016 (Tabla 25). Según las categorías de abundancia de Woodruff, (1978) modificadas por Suárez et al. (2012) la población del *C. dorotheae* en las lagunas costeras de cayo Coco se puede considerar como localmente común al tener un valor promedio superior a 2 individuos/m². Por primera vez se reporta el uso de esta especie de hábitats que no sean el matorral costero y la vegetación de costa arenosa (Hernández, 2016), al detectarse individuos en el bosque semideciduo y el manglar cercanos a las lagunas.

Tabla 25. Densidad (individuos/m²± desviación estándar) de moluscos terrestres por estación de muestreo de las lagunas costeras de cayo Coco.

Especies	Coloradas		Del Puerto		Tiburón	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Opisthosiphon quinti			0.40±1.26	0.70±0.82		
Cerion dorotheae	2.60±2.76	0.52±1.50	2.95±6.99	1.08±2.61	14.22±24.0	7.00±10.35
Liguus fasciatus		0.02±0.04				
Microceramus gossei		0.25±0.87				
Succinea sp.			0.10±0.32			
Hemitrochus amplecta			0.10±0.32			0.22±0.44
Cysticopsis naevula	0.01±0.03					
Zachrysia auricoma	0.30±0.67					

Análisis de la Riqueza Beta entre lagunas costeras

Para el análisis de la diversidad Beta de los moluscos terrestres y fluviales de las lagunas costeras el análisis de correspondencia utilizado para la ordenación de estos cayos da como resultado que los tres primeros ejes explican más del 75 % de la varianza, por lo que se decidió estudiar solo estos.

El resultado del eje I (41.4 %) con el eje II (19.42 %) revela la existencia de tres grandes grupos (Figura 83). Uno formado por las lagunas de cayo Coco, el otro por las de Caimanes y Salina y el tercer grupo integrado solo por la laguna Tortuguilla. Al tener en cuenta la relación de los ejes anteriores con el eje III (15.7 %) se visualiza la formación de un cuarto grupo a partir de la división de las lagunas de cayo Coco en dos grupos, teniendo en cuenta la cercanía geográfica de estas: las lagunas más al Oeste y las del Este. Los resultados de este análisis refuerzan más la importancia conservacionista de la malacofauna asociada a la laguna Tortuguilla, dado que presenta especies exclusivas de su malacofauna.

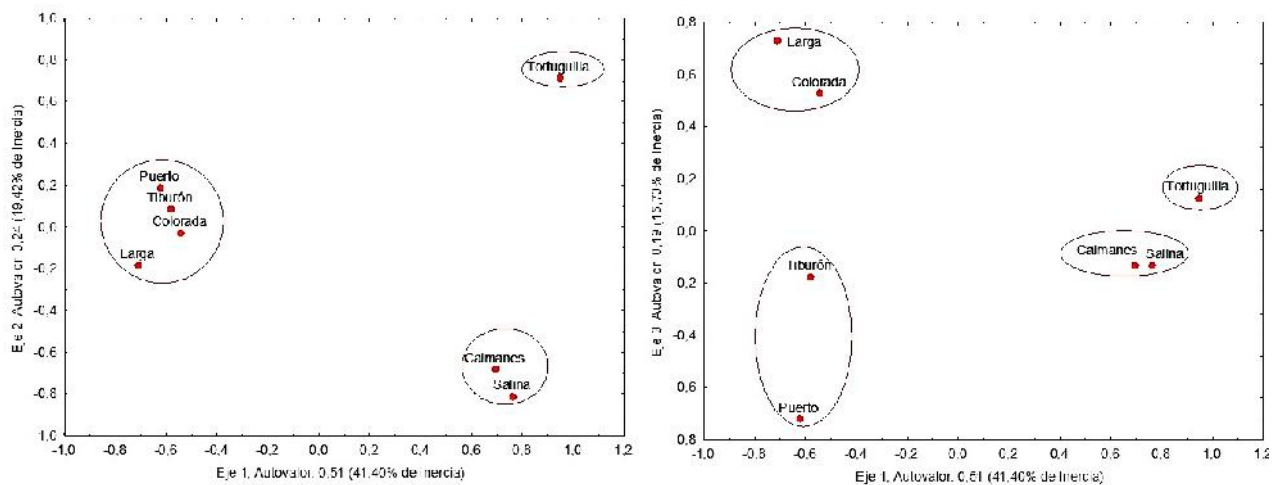


Figura 83. Análisis de la Diversidad Beta de los moluscos terrestres y fluviales de las lagunas costeras de los cayos Coco y Sabinal. Diagramas de la ordenación basada en el análisis de correspondencia de los datos de presencia - ausencia de especies en cada una de las lagunas.

Caracterización de la biodiversidad (Reptiles terrestres)

En las formaciones vegetales asociadas a las lagunas de cayo Coco se han encontrado 12 especies de reptiles mientras que en las de Sabinal 11, todas pertenecientes al Orden Squamata. La familia mejor representada es Polychrotidae con seis especies del género *Anolis*. Este grupo constituye uno de los más diversos con aproximadamente 400 especies de las cuales, 150 están presentes en el Caribe y 64 en Cuba (Losos y Schneider, 2009; Rodríguez- Schettino et al., 2013).

En ambos cayos están presentes casi las mismas especies, pero en el caso de *Anolis jubar*, *Leiocephalus stictigaster* y *Ameiva auberi* los cayos se diferencian en las subespecies encontradas, debido al proceso de subespeciación dado por el aislamiento geográfico. Las diferencias entre ambos cayos se debe a la presencia de *Anolis allisoni* especie introducida en cayo Coco y que se asocia a hábitats antropizados (Martínez y Arias, 2014). El matorral xeromorfo sobre arena de laguna Larga donde se reportó la especie está asociado a varias instalaciones hoteleras. Otras especies como *Nerodia clarki*, aunque solo ha sido vista en Laguna Larga como parte de los muestreos realizados, ha sido reportada también para cayo Sabinal por Martínez y Arias (2014). Esta especie proviene del sur de Estados Unidos y se asocia a manglares (Henderson y Powell, 2009). *Chilabothrus angulifer* (Majá de Santa María) y *Cyclura nubila nubila* (Iguana Cubana) han sido reportadas también para cayo Sabinal (Martínez y Arias, 2014) pero como no fueron observadas no se incluyeron en el listado de especies aunque el área de estudio incluye las formaciones vegetales donde estos autores reportaron la presencia de estas especies. Según el Libro Rojo de los Vertebrados de Cuba (González et al., 2012), *Chilabothrus angulifer* se encuentra Casi Amenazada, *Cyclura nubila nubila*, Vulnerable y *Anolis equestris sabinalensis* En Peligro Crítico principalmente debido a la pérdida de hábitats.

A partir del análisis de los índices de diversidad para las lagunas se pudo constatar que según los índices de Shannon y Simpson la laguna más diversa es Tortuguilla, si se tiene en cuenta que el primero de estos índices brinda mayor peso a las especies abundantes y el segundo a las especies raras. Laguna Tortuguilla es la más extensa y con mayor heterogeneidad de hábitats, pues se muestrearon tres

formaciones vegetales y una zona de ecotono. El índice de dominancia fue mayor para laguna Tiburón debido a la abundancia de *Anolis sagrei* con respecto a la de otras especies. Contrario a esto, el índice de equidad es mayor en el resto de las lagunas en especial laguna del Puerto y Los Caimanes donde las especies corredoras de suelo (*Ameiva auberi* y *Leiocephalus stictigaster*) fueron abundantes también (Tabla 26).

Tabla 26. Índices de diversidad de reptiles diurnos para las lagunas de cayo Coco y cayo Sabinal, archipiélago de Sabana - Camagüey, Cuba.

	Lagunas de cayo Coco				Lagunas de cayo Sabinal		
	Tiburón	Del Puerto	Larga	Las Coloradas	Los Caimanes	Tortuguilla	La Salina
Taxa_S	5	4	4	5	4	6	5
Dominancia	0.52	0.33	0.38	0.39	0.37	0.28	0.36
Simpson	0.47	0.67	0.62	0.61	0.63	0.72	0.64
Shannon	0.89	1.22	1.10	1.19	1.18	1.39	1.18
Equidad	0.55	0.88	0.79	0.74	0.85	0.78	0.73

Las formaciones vegetales con mayor riqueza de especies fueron el bosque semideciduo y el matorral xeromorfo sobre arena (Anexo 13). Los hábitats que rodean estas lagunas presentan la particularidad de ser muy heterogéneos debido a que existe en su mayoría mezcla de formaciones vegetales que crean condiciones de ecotono, por lo que se pueden encontrar especies típicas de cada uno de los hábitats.

Las especies más abundantes fueron *Anolis sagrei*, *Leiocephalus stictigaster* y *Anolis jubar* (Figura 84). *A. sagrei* y *L. stictigaster* son heliófilas, es decir toleran elevada radiación solar y se encuentran por lo general en formaciones vegetales de menor cobertura o espacios abiertos (Figuras 85 y 86). *A. jubar* es umbrófila por lo que es muy abundante en los hábitats de bosque (Socarrás, 1994) y zonas de ecotono con el Matorral Xermorfo sobre Arena (Figura 87). Estas formaciones vegetales se encontraron principalmente en las lagunas de cayo Sabinal, pues en cayo Coco la construcción de hoteles en las inmediaciones de las lagunas, han provocado la pérdida de hábitats.

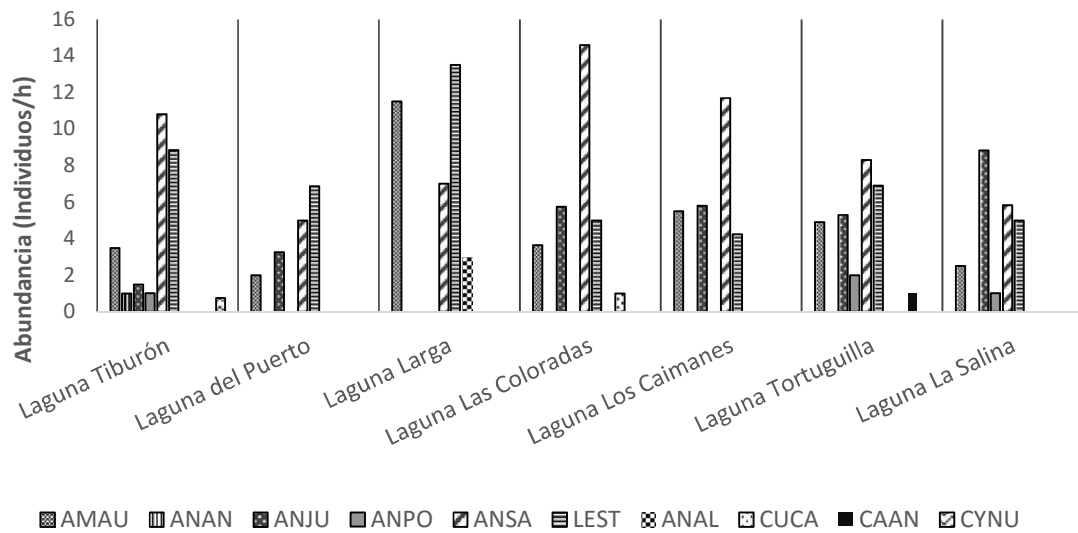


Figura 84. Abundancia relativa de reptiles diurnos en cuatro lagunas de cayo Coco y tres de cayo Sabinal, archipiélago de Sabana- Camagüey, Cuba, 2015-2016. AMAU: *Ameiva auberi*, ANAN: *Anolis angusticeps*, ANJU: *Anolis jubar*, ANPO: *Anolis porcatus*, ANSA: *Anolis sagrei*, LEST: *Leiocephalus stictigaster*, ANAL: *Anolis allisoni*, CUCA: *Cubophis cantherigerus*, CAAN: *Caraiba andreae*, CYNU: *Cyclura nubila*.



Figura 85. *Anolis sagrei*, Matorral Xeromorfo sobre Arena, laguna de Loma del Puerto, cayo Coco, archipiélago de Sabana - Camagüey.



Figura 86. *Leiocephalus stictigaster paraphlex*, Matorral Xeromorfo sobre Arena, laguna Tortuguilla, cayo Sabinal, archipiélago de Sabana- Camagüey



Figura 87. *Anolis jubar cuneus* en Bosque Semidecuido, Laguna La Salina, cayo Sabinal, archipiélago de Sabana- Camagüey.

Anolis porcatius es una especie que se encontró siempre asociada a las hojas de *Coccothrinax littoralis*, del matorral xeromorfo sobre arena (Figura 88). Según Arias (1997) *A. porcatius* no solo utiliza esta planta como percha sino que sus frutos forman parte de la dieta. En este caso también se encuentra *Anolis angusticeps*, especie poco abundante y coloración críptica que fue avistada en varios sitios pero siempre sobre ramas, esto corresponde con las características ecomorfológicas de la especie citadas por Schwartz y Henderson (1991).



Figura 88. *Anolis porcatius* en Matorral Xeromorfo sobre Arena, laguna Tiburón, cayo Coco, archipiélago de Sabana- Camagüey.

Cambios estacionales en la abundancia de reptiles

Al comparar las lagunas por época del año, no se observó el patrón esperado de aumento de los valores de abundancia relativa en la época de lluvia, este comportamiento fue encontrado también por Martínez y Arias (2014), para algunos cayos del ASC entre ellos cayo Coco. Para una misma época entre años diferentes, se observaron cambios en la abundancia. Según Galindo - Leal (2002) las

poblaciones faunísticas pueden cambiar de un año a otro de forma natural. No obstante, estos cambios deben ser interpretados con cuidado cuando existen cambios de origen antrópico en el hábitat.

Se pudo observar que en laguna Tiburón durante la etapa lluviosa de 2015 la densidad de *Leiocephalus stictigaster* y *Ameiva auberi* aumentó apreciablemente, esto se debe a que los muestreos en este periodo fueron realizados entre las 10:00 y 13:00 periodo de mayor actividad de estas especies. Para el caso de *Anolis sagrei* se observó una disminución en su abundancia en la etapa lluviosa, este patrón también se observó en el resto de las lagunas, Martínez y Arias (2014) refieren que esto se deba a la coexistencia con *A. jubar* (Figura 89).

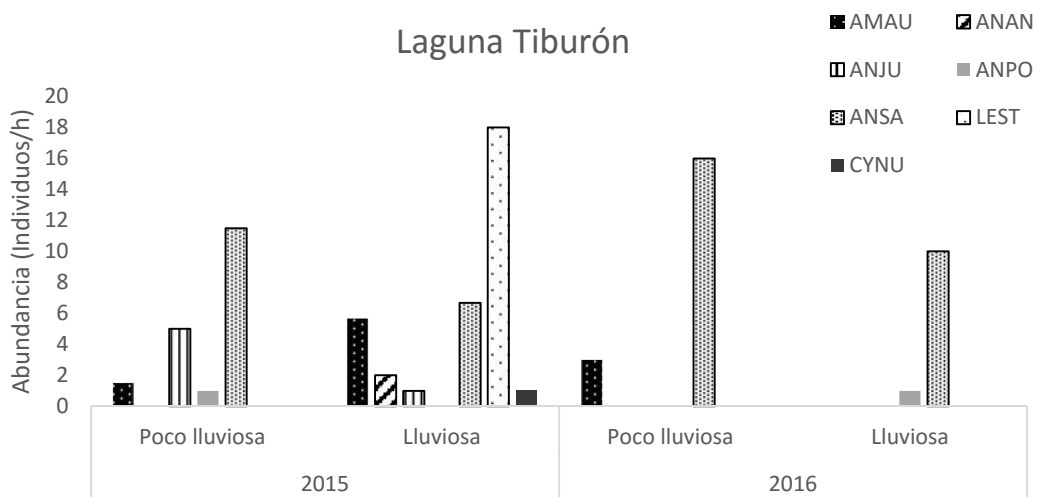


Figura 89. Abundancia relativa de reptiles diurnos en laguna Tiburón de cayo Coco, archipiélago de Sabana- Camagüey, Cuba, 2015- 2016. AMAU: *Ameiva auberi*, ANAN: *Anolis angusticeps*, ANJU: *Anolis jubar*, ANPO: *Anolis porcatatus*, ANSA: *Anolis sagrei*, LEST: *Leiocephalus stictigaster*, CYNU: *Cyclura nubila*

Para el caso de laguna del Puerto *Anolis jubar* aumentó su abundancia relativa en la etapa lluviosa (Figuras 90 y 91). En este periodo, los machos de esta especie se hacen conspicuos, colocándose en perchas visibles donde realizan continuas extensiones del pliegue gular y movimientos de la cabeza. También en esta etapa se incorporan a la población los individuos juveniles por lo que aumenta el tamaño de la población. Esta especie comparte el ecomorfo tronco- suelo con *A. sagrei* y

aunque pueden ser encontrados en el mismo hábitat por lo general difieren en el uso del mismo como grado de iluminación y altura de percha.

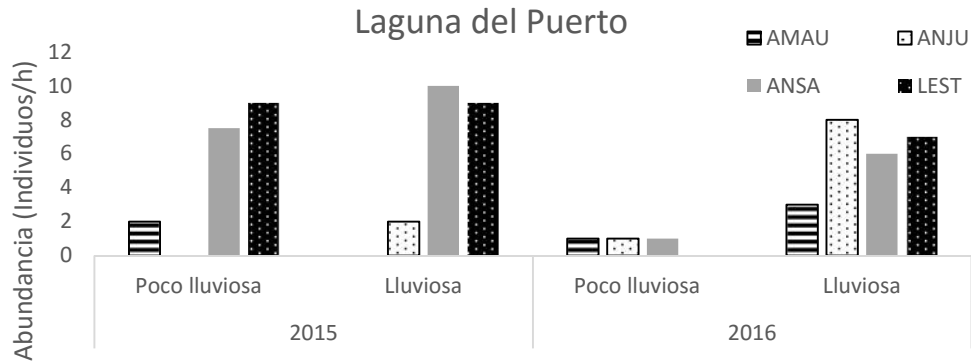


Figura 90. Abundancia relativa de reptiles diurnos en laguna del Puerto de cayo Coco, archipiélago de Sabana - Camagüey, Cuba, 2015 - 2016. AMAU: *Ameiva auberi*, ANJU: *Anolis jubar*, ANSA: *Anolis sagrei*, LEST: *Leiocephalus stictigaster*.

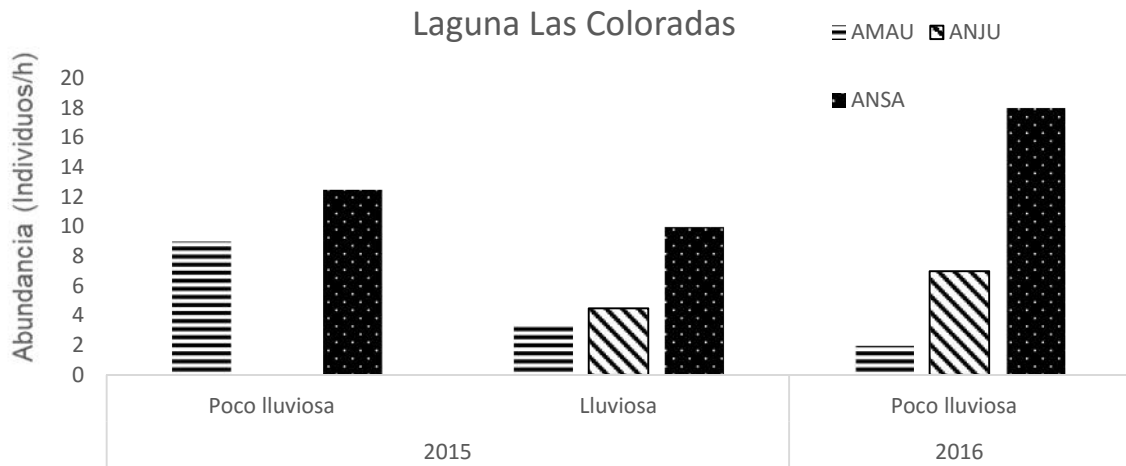


Figura 91. Abundancia relativa de reptiles diurnos en laguna Las Coloradas de cayo Coco, archipiélago de Sabana - Camagüey, Cuba, 2015- 2016. AMAU: *Ameiva auberi*, ANJU: *Anolis jubar*, ANSA: *Anolis sagrei*.

En laguna Las Coloradas aunque *A. sagrei* fue la especie más abundante, esta se distribuyó principalmente en el Manglar y zonas ecotonales, mientras que en el Bosque Semideciduo la más abundante fue *Anolis jubar* (Figura 92).

Al comparar la etapa poco lluviosa de los años 2015 y 2016 en laguna Los Caimanes se observó, con la excepción de *Anolis sagrei*, una disminución en la abundancia de las especies, esto puede deberse a la fuerte sequía que caracterizó el 2016 (Figura 93). La abundancia de los reptiles puede cambiar entre años de acuerdo a las condiciones climáticas, estas pueden no solo influir de manera directa en el ciclo reproductivo de las especies sino también en la disponibilidad de alimentos para las especies insectívoras.

En laguna Tortuguilla por su parte, se observó una disminución en la abundancia de las especies en el periodo lluvioso de 2016 con relación a la etapa menos lluviosa de ese mismo año. Esto puede estar dado a que se muestrearon diferentes formaciones vegetales. En el primer caso el muestreo se realizó en una zona de ecotono entre Matorral Xeromorfo sobre Arena y un área con casuarinas, donde las especies corredoras son abundantes. Sin embargo, el muestreo correspondiente al periodo lluvioso se realizó en un ecotono de Manglar con Bosque Siempreverde donde las condiciones de hábitat no son óptimas para estas especies (Figura 94). En laguna La Salina en la etapa lluviosa de 2016 se incluyeron muestreos a zonas de ecotono de Manglar con Bosque Siempreverde, lo que permite explicar la elevada abundancia de *A. jubar* (Figura 94).

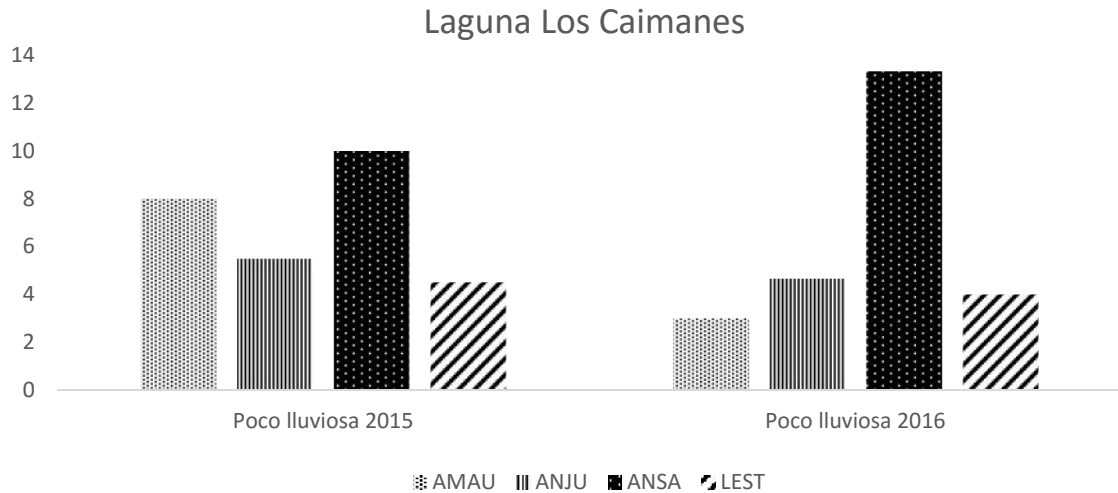


Figura 92. Abundancia relativa de reptiles diurnos en laguna Los Caimanes de cayo Sabinal, archipiélago de Sabana - Camagüey, Cuba, 2015- 2016. AMAU: *Ameiva auberi*, ANJU: *Anolis jubar*, ANSA: *Anolis sagrei*, LEST: *Leiocephalus stictigaster*.

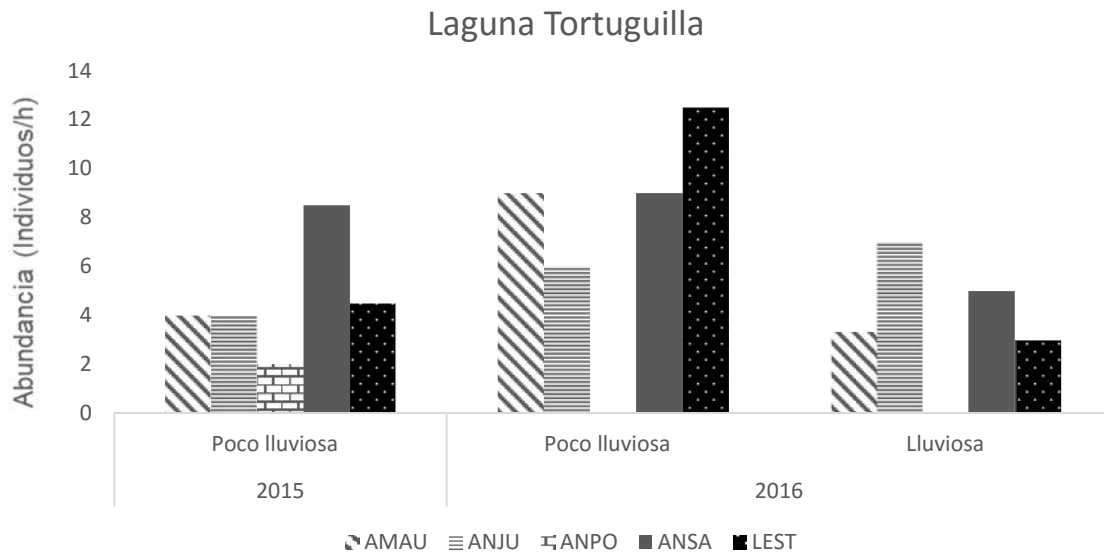


Figura 93. Abundancia relativa de reptiles diurnos en laguna Tortuguilla de cayo Sabinal, archipiélago de Sabana - Camagüey, Cuba, 2015- 2016. AMAU: *Ameiva auberi*, ANAN: *Anolis angusticeps*, ANJU: *Anolis jubar*, ANPO: *Anolis porcatus*, ANSA: *Anolis sagrei*, LEST: *Leiocephalus stictigaster*.

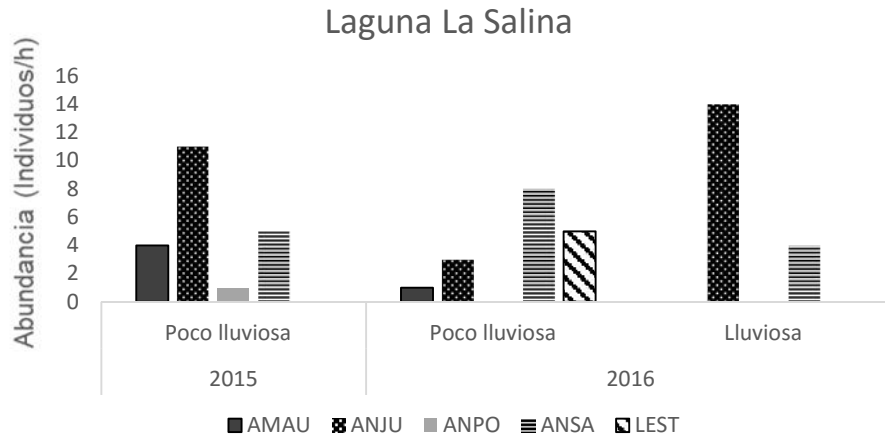


Figura 94. Abundancia relativa de reptiles diurnos en laguna La Salina de cayo Sabinal, archipiélago de Sabana - Camagüey, Cuba, 2015- 2016. AMAU: *Ameiva auberi*, ANJU: *Anolis jubar*, ANPO: *Anolis porcatus*, ANSA: *Anolis sagrei*, LEST: *Leiocephalus stictigaster*.

Aunque la diversidad de reptiles diurnos de las formaciones vegetales asociadas a lagunas costeras no es elevada, estos sitios tienen especial relevancia pues en su mayoría presentan ecotonos. Estos sitios incorporan cambios florísticos y estructurales significativos que tienen una fuerte influencia en los ensamblajes de fauna (Conroy, 1999). La variación en la composición y abundancia de los reptiles en las lagunas puede deberse a la fuerte asociación de los reptiles con las características del hábitat, en especial la estructura de la vegetación.

Caracterización de la biodiversidad (Aves)

Se registraron 108 especies de aves entre todas las lagunas costeras trabajadas (excluyendo a Laguna Larga) (Anexo 14). En el caso de Laguna Larga el total fue de 83 (Anexo 15). En general, el número de especies entre lagunas fue similar, excepto para las lagunas Los Caimanes y La Salina que presentaron los menores valores (Figura 95). Sin embargo, es necesario resaltar que estos resultados requieren de mayores esfuerzos de muestreo debido a la variación estacional que tipifica a gran parte de la avifauna asociada a ecosistemas lacustres. Además, existe un sesgo importante debido a que Laguna Larga ha sido intensamente muestreada durante años. Esto hace que su lista de especies esté más completa que las del resto.

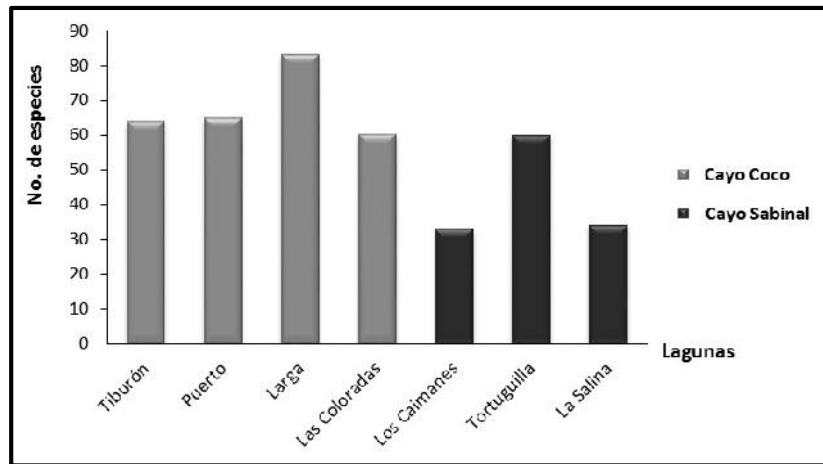


Figura 95. Riqueza de especies de aves registradas en siete lagunas costeras de los cayos Coco y Sabinal, pertenecientes al archipiélago de Sabana - Camagüey, Cuba.

Sánchez y Rodríguez (2000) realizaron un muestreo exhaustivo en varias lagunas costeras de cayo Coco y encontraron un gran número de aves asociadas a estas. Esto se corresponde con la información disponible sobre laguna Larga y corrobora la necesidad de realizar muestreos estacionales que incluyan los datos dentro y fuera de las temporadas migratoria y reproductiva. No obstante, cuando se analizan las cantidades de aves entre lagunas con igual esfuerzo de muestreo es posible encontrar diferencias esperadas. Por ejemplo, el número de aves registradas en la propia laguna Larga fue superior al de las demás (Figura 95). Esto podría esperarse debido a la gran extensión superficial que posee dicho acuatorio y por tanto, su capacidad para albergar un gran número de aves. Al respecto es válido señalar que las lagunas costeras de cayo Sabinal poseen áreas extensas y un buen estado de conservación con disturbios menores. Sin embargo, no se conocen antecedentes que traten sobre la avifauna de las mismas, pues el trabajo de Primelles et al. (2009) está centrado en colonias reproductivas de la Sevilla ubicadas al sur de cayo Sabinal.

De las especies registradas, nueve son endémicas, con destaque para el Gavilán Batista (*Buteogallus gundlachi*) por presentar la categoría de Casi Amenazado (NT) (Rodríguez y Viña, 2012). La mayoría de estas especies estuvieron asociadas a los hábitats circundantes a los cuerpos de agua (bosques, manglares y matorrales). La mayoría de las especies registradas es residente permanente en

estos cayos, y en el caso de laguna Larga, el 57,8 % de los registros corresponde a dichas especies.

En cuanto al uso del hábitat, se detectó un predominio de las especies presentes exclusivamente en los cuerpos de agua de las lagunas, bosques, manglares y la combinación de estas últimas (Figura 96). Esto se corresponde con la ecología básica de las especies, pues las lagunas costeras son ecosistemas mayormente acuáticos que pueden estar rodeados por varias formaciones vegetales. Por eso, es lógico encontrar mayor cantidad de aves acuáticas asociadas a estos acuatorios. También hay que incluir otras especies con uso facultativo de estos ecosistemas y las que están limitadas a formaciones vegetales terrestres aledañas al agua. En estos casos se encuentran el Canario de Manglar (*Setophaga petechia*) y el Bobito Chico (*Contopus caribbaeus*).

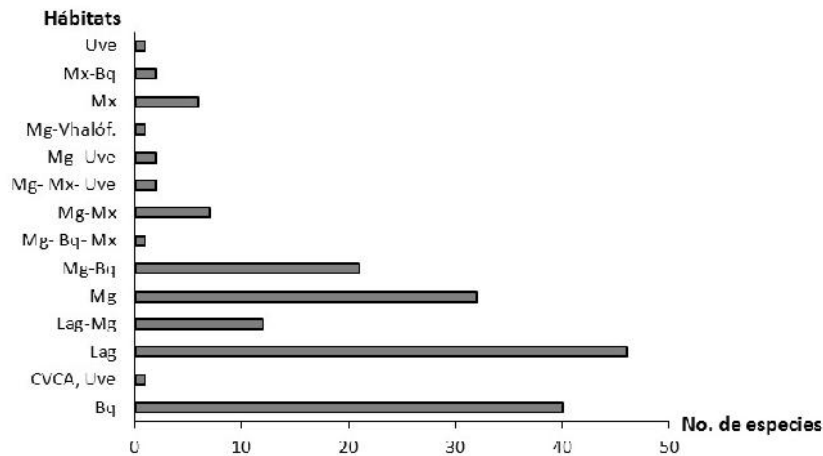


Figura 96. Riqueza de especies de aves registradas en los hábitats asociados a siete lagunas costeras de los cayos Coco y Sabinal, pertenecientes al archipiélago de Sabana - Camagüey, Cuba. Uve=Uveral, Mx=Matorral xeromorfo, Bq=Bosque, Mg=Manglar, VHalóf.=Vegetación halófila, Lag=Agua de laguna, CVCA=Complejo de vegetación de costa arenosa.

En general, los resultados obtenidos sostienen la importancia de las lagunas costeras como hábitats claves para las aves acuáticas y otras más independientes de estos ecosistemas. Acosta et al. (2011) y Mugica et al. (2012) realizaron una compilación y análisis detallado de los trabajos cubanos relacionados con el conocimiento y conservación de las aves acuáticas y sus hábitats. Sin embargo, a pesar de que el archipiélago de Sabana - Camagüey resultó ser la zona mejor estudiada, no existen trabajos importantes sobre los ecosistemas lagunares. Esto

resalta la necesidad e importancia de caracterizar exhaustivamente las comunidades de aves presentes en las lagunas costeras de los cayos de Cuba, y así definir pautas esenciales para la conservación de dichos ecosistemas acuáticos. Además, la evaluación de las comunidades avifaunísticas en estos acuatorios naturales constituye información ecológica necesaria para la evaluación de impactos ambientales negativos tales como el desarrollo turístico o los eventos hidrometeorológicos extremos.

Caracterización de la biodiversidad (Vegetación marina)

Se registraron un total de 28 especies del macrofitobentos; 22 especies de macroalgas (22 clorofíceas (algas verdes), dos heterocontofíceas (algas pardas) y dos rodofíceas (algas rojas) y tres especies de angiospermas marinas; pertenecientes a 14 familias y 17 géneros, distribuidos en tres *phyla* que se relacionan en la lista taxonómica (Anexo 16).

En las lagunas se localizaron tres especies de angiospermas con una alta frecuencia (*Ruppia marítima* Linnaeus, *Thalassia testudinum* Banks ex König y *Halodule wrightii* Ascherson); las especies de macroalgas más frecuentes fueron las pertenecientes al género *Batophora*. Varias macroalgas verdes del orden Bryopsidales (géneros *Caulerpa*, *Halimeda* y *Udotea*) fueron encontradas en sustratos areno-rocosos; con excepción de la especie *Caulerpa verticillata* que se encontró epifitando las raíces de raíces de *Rizhophora mangle*. No se evidenció la presencia de la angiosperma *Syringodium filiforme* Kützing in Hohenaker los muestreos y en todos los sectores muestreados se observó gran sedimentación sobre el macrofitobentos.

Lagunas de cayo Coco

En las lagunas de cayo Coco se registraron un total de 21 especies del macrofitobentos; la de mayor diversidad de especies fue laguna Larga con la máxima representación (21 especies); mientras que en Tiburón se evidenció un menor número de especies (6). La angiosperma marina con mayor representatividad fue la especie *R. marítima*, distribuida en todas las lagunas en ambas épocas climáticas (Anexo 16).

En 2015, en laguna Larga hubo *R. marítima* en el sector Oeste con parches bien tupidos, mientras que en 2016 hubo *H. wrightii* con parches muy dispersos. La angiosperma *T. testudinum* predominó en el sector Centro con parches aislados y de poca abundancia par el 2015. En 2016 hubo también en este sector *H. wrightii* con menor abundancia y distribución. En el sector Este dominó también *T. testudinum*; se encontraba de manera aislada y asociada a ella, la clorofícea *Caulerpa mexicana* con gran abundancia.

Por otra parte, en laguna Las Coloradas la angiosperma que predominó tanto para el 2015 como para el 2016 fue *R. marítima* con parches aislados y de poca abundancia. En 2016 apareció también asociado *H. wrightii* en menor abundancia; asociado a los parches de dichas angiospermas con gran abundancia y parches bien tupidos, las macroalgas del género *Batophora* con gran abundancia y parches bien tupidos.

En laguna Tiburón la angiosperma marina que predominó en 2015 y 2016 fue *H. wrightii* con parches aislados y de poca abundancia y asociadas a ésta angiosperma con gran abundancia y parches bien tupidos, las macroalgas *B. occidentalis*, *B. oerstedii*, *Dasycladus vermicularis* y pocos ejemplares que se encontraban aislados de *Acetabularia* sp. En 2016 apareció también *R. marítima* cercana al manglar con parches dispersos y poco densos y asociadas a ésta se encontraron macroalgas de los géneros *Acetabularia*, *Batophora* y *Chaetomorpha*.

En laguna Del Puerto para el 2015 no se evidenció la presencia de especies del macrofitobentos. En 2016 estuvo presente la especie *H. wrightii* con parches aislados y poco densos y en menor medida *R. marítima*; y asociados a estas angiospermas se encontraron parches dispersos de las macroalagas de los géneros *Halimeda*, *Penicillus*, *Caulerpa* y *Batophora*.

En cuanto a los valores de biomasa, *T. testudinum*, observada sólo en laguna Larga, presentó mayor biomasa en 2016 con respecto al año anterior, tanto para Sector Centro (345,8 g PS m⁻²) como para Sector Este (602,3 g PS m⁻²) (Figura 97).

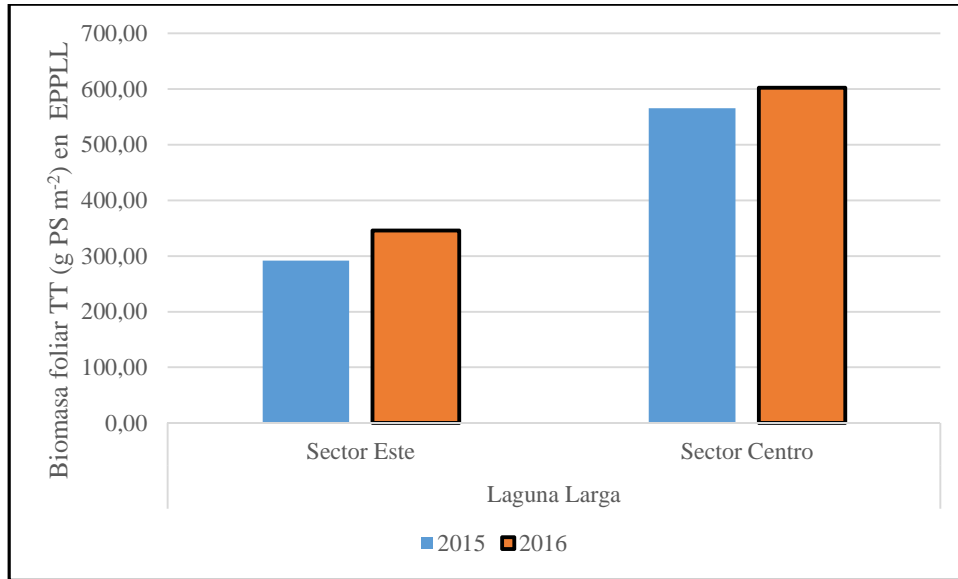


Figura 97. Biomasa seca foliar de *Thalassia testudinum* recolectada en Laguna Larga

R. marítima se observó en laguna Tiburón en 2015, en laguna Las Coloradas tanto para el 2015 como en el año siguiente y en el Sector Oeste de laguna Larga solo en 2016, éste último, mostrando el mayor valor de biomasa seca (602,3 g PS m⁻²), no así para laguna Tiburón donde se evidenciaron los menores valores en el 2015 (18,2 g PS m⁻²) (Figura 98).

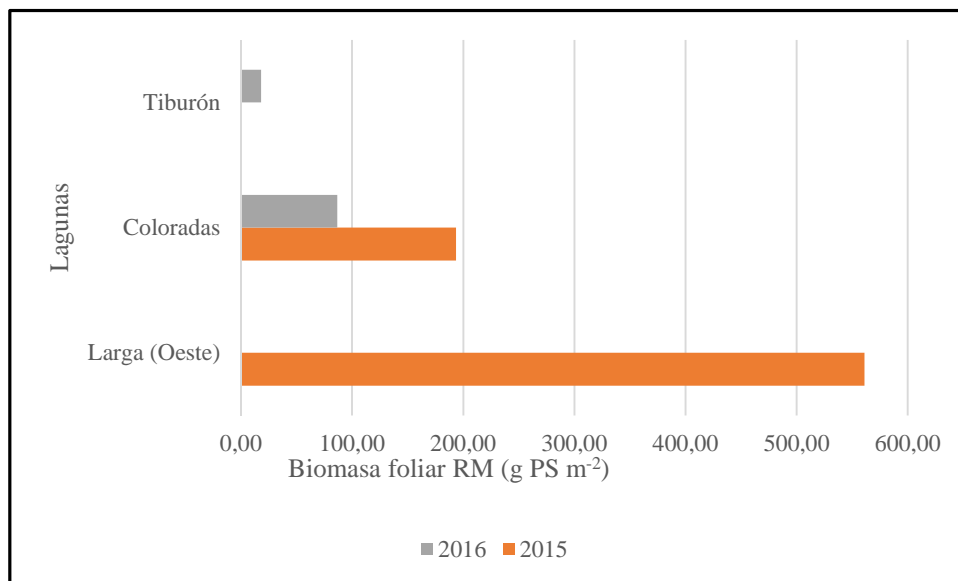


Figura 98. Biomasa seca foliar de *Ruppia maritima* colectada en Lagunas de cayo Coco.

La angiosperma *H. wrightii* se comportó con niveles bajos de biomasa; fue observada en el periodo poco lluvioso de 2016 para las tres lagunas muestreadas. En 2015, solo se presentó en laguna Tiburón con altos valores de biomasa seca (412,5 g PS m⁻²) (Figura 99)

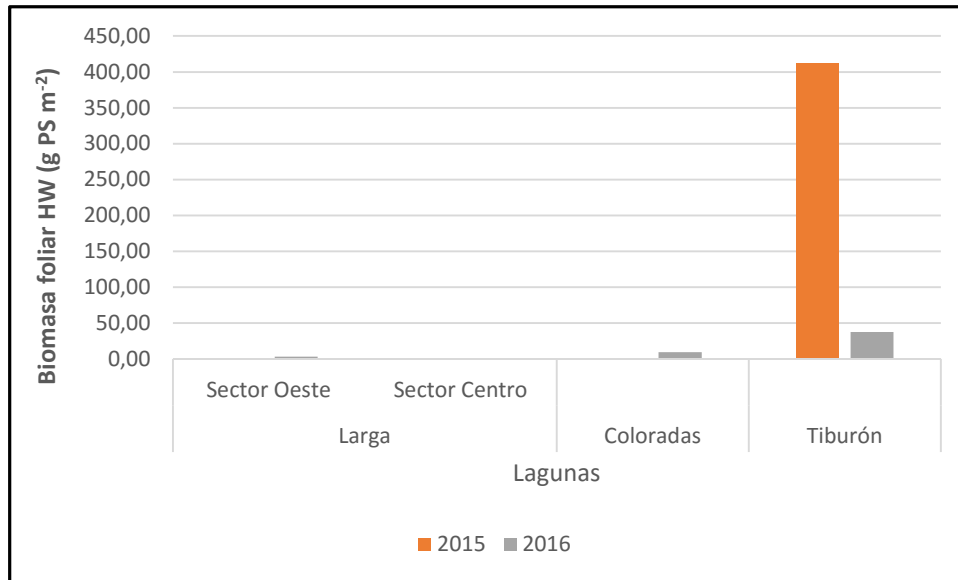


Figura 99. Biomasa seca foliar de *Halodule wrightii* recolectada en lagunas de cayo Coco.

Lagunas costeras de cayo Sabinal

De las lagunas muestreadas en cayo Sabinal solo se colectaron muestras de macrofitobentos en laguna Tortuguilla. Se registraron un total de ocho especies del macrofitobentos. La angiosperma marina con mayor representatividad fue la especie *R. maritima*, distribuida en todos los sectores de la laguna en ambas épocas climáticas (Anexo 17).

En laguna Tortuguilla, tanto para 2015 y 2016, hubo *R. maritima* en el sector Oeste con parches dispersos, y asociado a esta angiosperma las macroalgas *Batophora* y *D. vermicularis*. En el sector Centro predominó también la angiosperma *R. maritima* con parches aislados y de poca abundancia y la macroalga *D.vermicularis* mientras que en el sector Este, en la boca de la laguna, se encontró la angiosperma marina *Thalassia testudinum* con parches aislados, y asociados las verdes calcáreas del género *Halimeda* y *Caulerpa*.

En cuanto a los valores de biomasa, *T. testudinum*, observada sólo en el Sector Este de esta laguna, presentó mayor biomasa en 2015 (388,3 g PS m⁻²) con respecto al año siguiente (312,5 g PS m⁻²) (Figura 100).

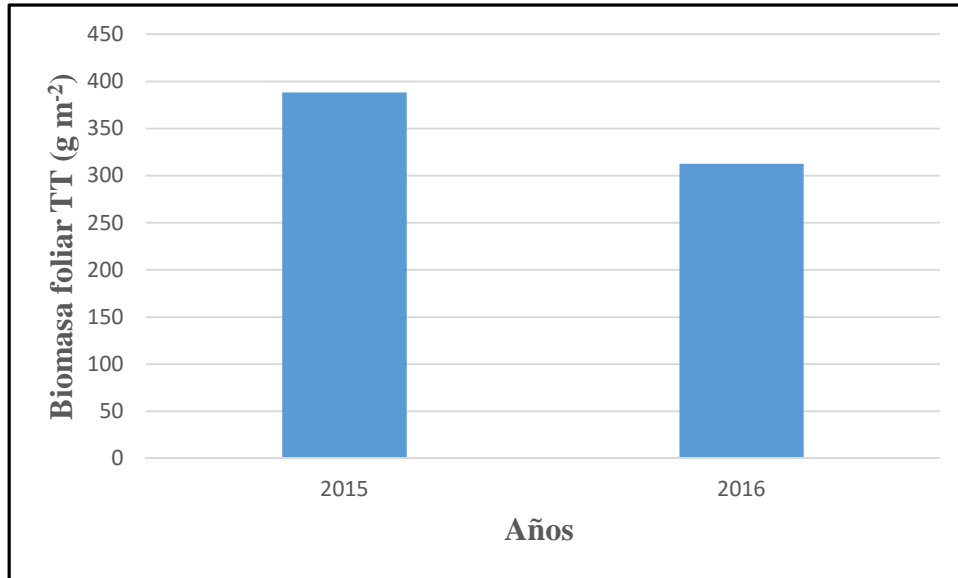


Figura 100. Biomasa seca foliar de *T. testudinum* colectada en Sector Este de laguna Tortuguilla.

Todas las especies identificadas durante el estudio fueron reportadas por Martínez-Daranas et al (2008) en su inventario de la flora marina del archipiélago Sabana-Camagüey como características de biotopos lagunares costeros excepto la especie *Boodleopsis* sp.

El número de taxones de macroalgas identificados representó el 7,3 % de los registrados para el archipiélago Sabana-Camagüey (Suárez et al., 2015), mostrando poca diversidad de especies de macroalgas para estas lagunas. De acuerdo a estos autores los sustratos rocosos y duros son los de mayor diversidad, donde la competencia con los invertebrados sésiles es menor; probablemente debido a que los fondos que predominaron en las lagunas fueron los areno-fangosos. Esto asociado también al poco esfuerzo de muestreo durante las temporadas y al evidente estrés ecológico originado por el efecto sinérgico de cambios de marea, asociados a la gran extensión de estos cuerpos de agua y la poca profundidad. Esta situación se refleja en la poca riqueza de especies y en la distribución de las macroalgas durante los muestreos.

Las especies de angiospermas marinas *H. wrightii* y *R. martima* se desarrollaron en zonas donde el régimen de circulación fue débil y el intercambio con el océano resultó limitado, precisamente donde son más altos los niveles de eutrofización en estas lagunas. De acuerdo a Martínez-Daranas (2007), donde comprueba las tolerancias de estas especies, demuestra que son capaces de colonizar zonas con cierto grado de impacto ambiental; mientras que la especie clímax *T. testudinum* estuvo presente en los sectores de las lagunas donde se hacía más evidente la circulación del agua (boca de las lagunas o canales de intercambio). Tomasko et al. (1996) plantean que *T. testudinum* es una especie que vive mejor en un medio oligotrófico, que compite con efectividad por la explotación de los nutrientes, sin embargo no es abundante o desaparece en aguas con altas cargas orgánicas. La especie *S. filiforme* no estuvo presente en ningún punto muestreado; de acuerdo a Phillips y Meñez (1988) esta angiosperma constituye la especie de menor intervalo de tolerancia a las condiciones de estrés.

Por otra parte, el total de siete especies del macrofitobentos identificadas por Guimerais y González (2011) determinadas en los sectores de laguna Larga quedan por debajo de las 22 identificadas durante este estudio para esta misma zona. Esto demuestra que ha ocurrido un aumento relativo de la diversidad de individuos, lo que pudiera estar asociado al aumento del intercambio con el mar adyacente y la mejora de las condiciones físico-químicas del agua y el sedimento.

La presencia de especies pertenecientes a los géneros *Caulerpa*, *Halimeda*, *Udotea* y *Penicillus* demuestra el intercambio que existe entre los propágulos del manglar y los de los parches de pastizales adyacentes. Estas especies se encontraron asociadas fundamentalmente en los parches de *T. testudinum* cercanos a manglar; de acuerdo a Suárez et al.(2015) en los biotopos con pastos marinos dominados principalmente por la angiosperma *T. testudinum* dominan las macroalgas verdes del orden Bryopsidales.

Las especies del género *Batophora* que se mantuvieron con mayor frecuencia en los muestreos para las lagunas de cayo Coco y cayo Sabinal son frecuentes de zonas hipersalinizadas y donde existen gradientes de contaminación de acuerdo a Quan-Young (2006), como resultado de estudios en una laguna costera contaminada en la región mexicana.

Los mayores valores de biomasa seca foliar de *T. testudinum* que se obtuvieron para los sectores de laguna Larga pudieron deberse a que en la época

poco lluviosa de 2016 hubo mayores valores de precipitaciones (16,8 mm) con respecto a la misma época de 2015 (Base de datos de Meteorología, CIEC, 2015). Esto pudo propiciar el incremento en los aportes de nutrientes y la disminución de la salinidad, variable característica de períodos de seca, dando oportunidad de crecimiento de estas angiospermas. En el Sector Oeste de laguna Larga los bajos valores de biomasa seca de *H. wrightii* para 2016 pueden deberse a que las condiciones de esta laguna no fueran favorables, fundamentalmente por cambios en su recirculación, para que colonice esta especie pionera, al igual que para la laguna Las Coloradas, teniendo en cuenta que para el 2015 no se observó dicha especie. Para laguna Tiburón hubo en 2016 valores bajos de biomasa de *R. maritima*, esto pudiera estar asociado a que en esta época la boca de la laguna se encuentra cerrada y no existe intercambio ni recirculación del agua de la laguna, por lo que esta especie recoloniza los ambientes con altos valores de salinidad.

Caracterización de la biodiversidad (Moluscos marinos)

En las siete lagunas costeras estudiadas en cayo Coco y cayo Sabinal se identificaron 62 especies de moluscos marinos, de las clases Scaphopoda, Gastropoda y Bivalvia (Anexo 18, Anexo 19). Scaphopoda solo estuvo representada por una familia y una especie, Gastropoda con 24 familias y 43 especies y Bivalvia con ocho familias y 18 especies. Las familias con más especies fueron Neritidae, Cerithiidae, Rissoidae, Tellinidae y Veneridae, todas con cuatro. Se encontraron cuatro nuevos registros para el archipiélago de Sabana-Camagüey (Anexo 19).

La mayor cantidad de especies se registró en laguna Larga (42), seguida de laguna Tiburón (28) y Tortuguilla (26) (Figura 101). Los valores de distinción taxonómica promedio de las lagunas mostró valores similares, aunque ligeramente más bajos en La Salina (Figura 102A). La representación gráfica de este indicador evidencia que los valores estimados están dentro del 95 % del intervalo de confianza, por lo que no hay diferencias significativas entre las lagunas. No obstante, la variación de la distinción taxonómica (VarTD) indica la existencia de una varianza taxonómica significativamente mayor en las lagunas Tiburón, Coloradas y Puerto (Figura 102B), ubicadas fuera del límite superior del 95 % de intervalo de confianza. El resto de las lagunas se encuentra dentro de este rango, aunque se observa que el valor de VarTD de la laguna Los Caimanes es alto comparado con las demás y con el valor de la media esperada (Figura 102B).

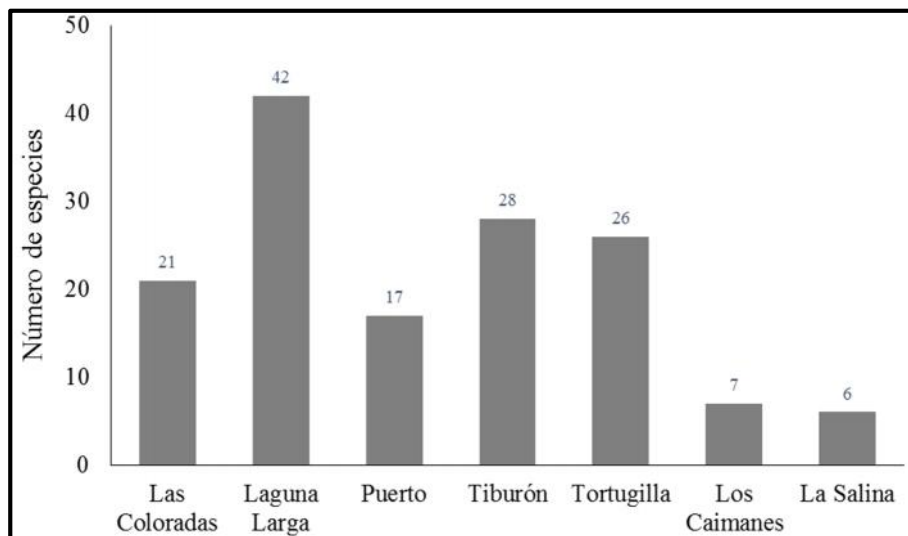


Figura 101. Número de especies de moluscos marinos encontradas en siete lagunas costeras del archipiélago de Sabana-Camagüey, Cuba, en 2016.

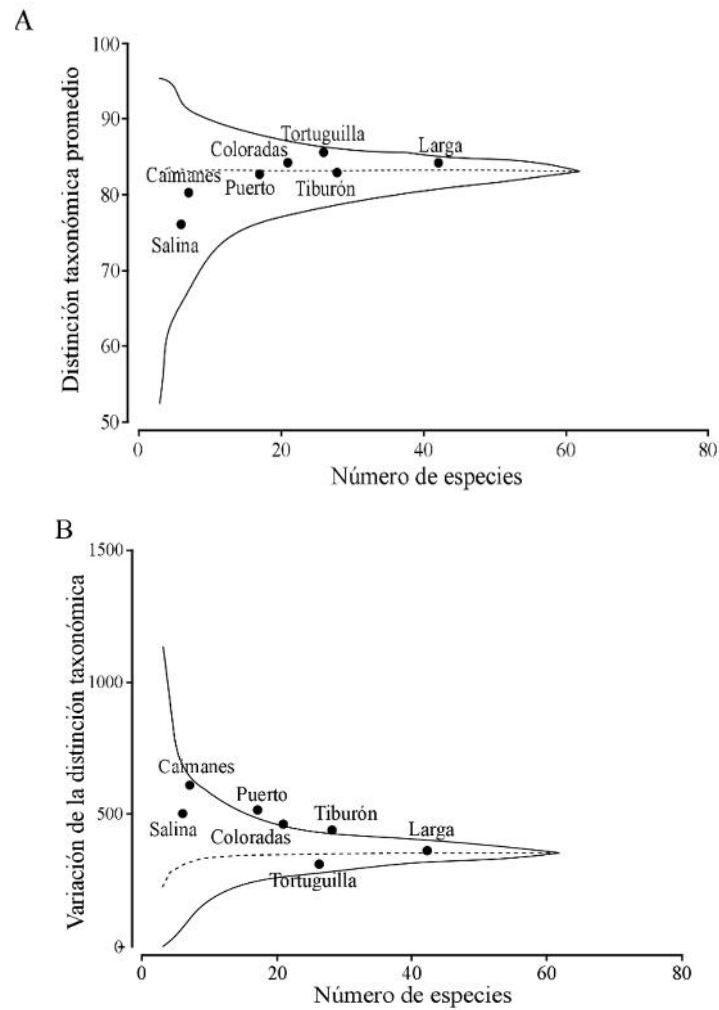


Figura 102. Distinción taxonómica promedio (A) y variación de la distinción taxonómica (B) de las comunidades de moluscos marinos de siete lagunas costeras del archipiélago de Sabana-Camagüey. Los puntos representan la distribución de las comunidades basándose en el número de especies en cada laguna. La línea horizontal punteada representa la media esperada para toda la comunidad y las líneas continuas indican el 95 % de los límites de confianza.

La diversidad beta entre las lagunas costeras fue baja, como lo muestra el índice de Harrison (β) (Tabla 27). Los valores más altos de disimilitud se observaron entre Tiburón y Tortuguilla y entre Los Caimanes y La Salina.

Tabla 27. Diversidad beta de moluscos marinos en cinco lagunas costeras de cayo Sabinal y cayo Coco.

	Coloradas	Larga	Del Puerto	Tiburón	Tortuguilla	Caimanes
Larga	0.02					
Puerto	0.14	0.07				
Tiburón	0.18	0.19	0.11			
Tortuguilla	0.27	0.14	0.23	0.46		
Caimanes	0.05	0.02	0.06	0.00	0.08	
Salina	0.1	0.05	0.18	0.07	0.08	0.43

Las lagunas con mayor diversidad de especies son también las de mayor extensión espacial, los que posiblemente se traduce una mayor disponibilidad de hábitats para los moluscos. La elevada riqueza de especies en laguna Larga puede estar condicionada por el gradiente ambiental que se extiende desde el canal de comunicación hasta el interior de la laguna (González de Zayas et al., 2013). Estas condiciones permiten la presencia de especies con diversos requerimientos ecológicos, que se distribuyen a lo largo del gradiente (Olivera, 2014).

Si se compara con otros estudios realizados en Cuba, la riqueza de especies de moluscos marinos encontrada en este estudio fue alta, excepto en las lagunas La Salina y Los Caimanes. Lalana (1989) en las lagunas El Ciego y Manatí del sistema lagunar Tunas de Zaza (sur de Sancti Spíritus), registró solo seis especies de moluscos en la primera y ninguna en la segunda. Por otro lado, Lalana et al. (1994) encontraron nueve especies en la laguna Guanaroca (Cienfuegos), mientras que Guardia et al. (2003) registraron 18 especies en la laguna costera El Guanal (cayo Largo). En un estudio reciente, Olivera y Guimaraes (2012) registraron cuatro especies en una laguna en Ciénaga de Zapata (Matanzas), ocho en cayo Carahatas (Villa Clara) y 12 en Santa Lucía (Camaquëy); aunque solo registraron los moluscos asociados a la fanerógama sumergida *Ruppia maritima* Linnaeus.

A pesar de las diferencias en la riqueza de especies entre las comunidades, la diversidad taxonómica no difirió significativamente entre una comunidad a otra. Los valores de la distinción taxonómica promedio evidencian que los árboles filogenéticos en cada laguna poseen arreglos similares, resultado esperado debido a las similitudes ambientales entre estos ecosistemas. No obstante, la variación de la distinción taxonómica (VarTD) sugiere que algunas superfamilias de moluscos están favorecidas, como Veneroidea y Cerithioidea en las lagunas Larga, Tiburón, Del Puerto y Coloradas. Este resultado refleja el éxito adaptativo de dos estrategias de alimentación completamente diferentes. Los bivalvos veneroideos son suspensívoros infaunales superficiales, que abundan en zonas con circulación de agua media a alta y fondos con pocos restos de conchas. Por otro lado los gasterópodos ceritioideos son sedimentívoros epifaunales, que habitualmente ocupan sustratos por encima del fondo de la laguna, e.g. rocas y raíces aéreas de mangle prieto. Este tipo de moluscos son comunes en zonas con alta acumulación de conchas y poca circulación del agua. Esta diversidad funcional puede deberse a la variedad de sustrato que brindan las lagunas costeras y a los patrones de corrientes no uniformes que se pueden crear cerca de los límites de las lagunas.

De modo general, las lagunas compartieron un alto número de especies, expresado en una baja diversidad beta. Evidentemente, es muy probable que la composición de especies coincida entre ecosistemas similares si se encuentran en la misma región. Sin embargo, existen particularidades que se pueden analizar. La alta disimilitud entre Tiburón y Tortuguilla puede deberse a las condiciones de baja salinidad común en la segunda laguna. Tiburón presenta valores de salinidad similares a los de mar adyacente debido al alto intercambio de agua por las corrientes de marea. Otro valor alto de disimilitud se observó entre Los Caimanes y La Salina, lo que podría estar dado por el tipo de sustrato, ya que en la primera hay fondos areno-fangosos y pedregosos, mientras que en la segunda predominan en los fondos areno-fangosos. De acuerdo con varios autores, el tipo de sustrato es un factor importante en la estructuración de las comunidades de moluscos (Chessa et al., 2007, Aneiros et al., 2014). No obstante, este resultado contradice los planteamientos de Hewitt et al. (2005), quien argumenta que, aunque la acumulación de fragmentos de conchas (lo cual puede verse como el aumento de la granulometría) en ecosistemas marinos puede aumentar la diversidad beta del

bentos, este efecto es despreciable en sistemas donde la diversidad alfa es usualmente baja, como las lagunas costeras.

Las comunidades de moluscos marinos estudiadas estuvieron dominadas por especies adaptadas a ambientes con escasa circulación de agua, valores de salinidad variables y gran acumulación de sedimentos, típicas de lagunas costeras de intercambio limitado. Este aspecto, sumado a las similitudes en la composición de especies de las lagunas de los cayos Sabinal y Coco, apoya la hipótesis de que, a escala regional, las comunidades son estructuradas fundamentalmente por filtros ambientales (Weiher y Keddy, 1995).

Caracterización de la biodiversidad (Peces)

En las cinco lagunas del archipiélago de Sabana - Camagüey, se capturaron 379 ejemplares, siendo las especies *Gerres cinereus* (Walbaum 1792) (29.6 %), *Eucinostomus havana* (Nichols 1912) (20.6 %) y *Bathygobius soporator* (Valenciennes 1837) (17.4 %) las más abundantes (Anexo 20). Las únicas especies presentes en al menos cuatro de las cinco lagunas estudiadas fueron *G. cinereus* y *Sphyraena barracuda* (Walbaum 1792). En 2016, las lagunas con mayor riqueza y abundancia de peces fueron Laguna Larga y Coloradas, mientras que, en 2017, lo fueron laguna Larga y laguna Del Puerto (Anexo 20, Figura 103). Los valores de heterogeneidad fueron bajos en general, aunque sobresalen los valores de Larga y Del Puerto. En todas las lagunas, los registros de 2016 fueron superiores a los de 2017 (Figura 103).

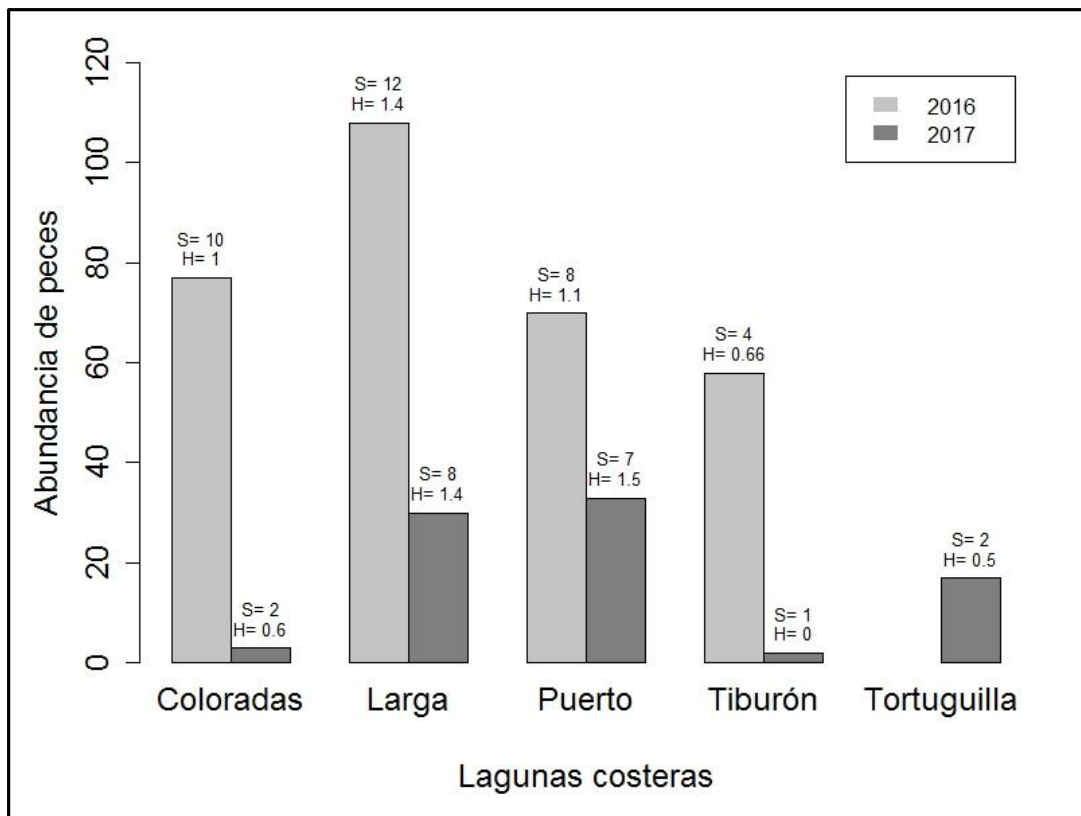


Figura 103. Abundancia y diversidad de peces en cinco lagunas costeras del archipiélago de Sabana - Camagüey, Cuba, en 2016 y 2017. S: número de especies; H: heterogeneidad de Shannon.

Las tallas de los peces mostraron una gran variabilidad en las lagunas Coloradas y Larga, a diferencia de las restantes (Figura 104). Aunque la talla promedio más alta se registró en laguna Tiburón, los peces de mayor tamaño se capturaron en laguna Larga (*Megalops atlanticus* Valenciennes 1847; 51.7 cm) y Coloradas (*S. barracuda*; 25.8 cm). La estructura por tallas de las comunidades fue similar entre las lagunas, con un predominio de peces de pequeño tamaño, de entre 10 y 30 cm (Figura 105).

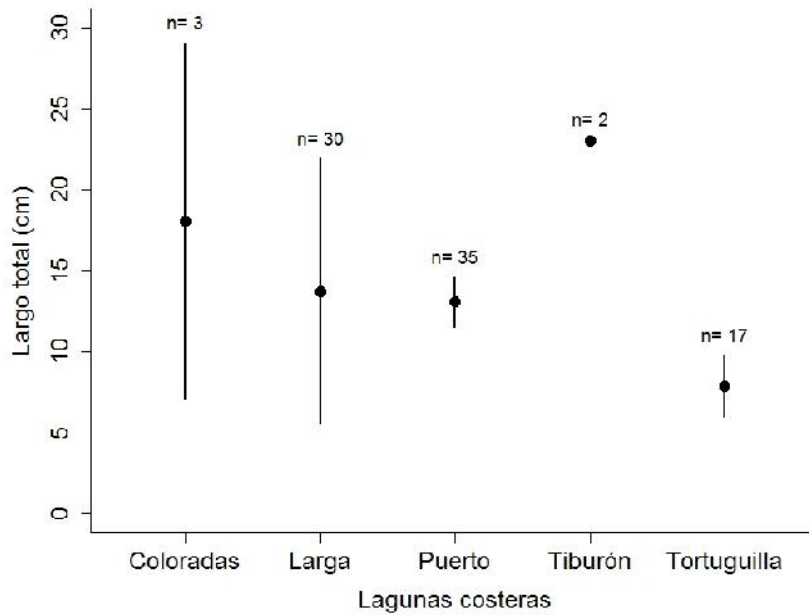


Figura 104. Talla de los peces de cinco lagunas costeras del archipiélago de Sabana -Camaquëy, Cuba, en 2017. Los puntos representan la media y las líneas verticales la desviación estándar. n: número de peces medidos.

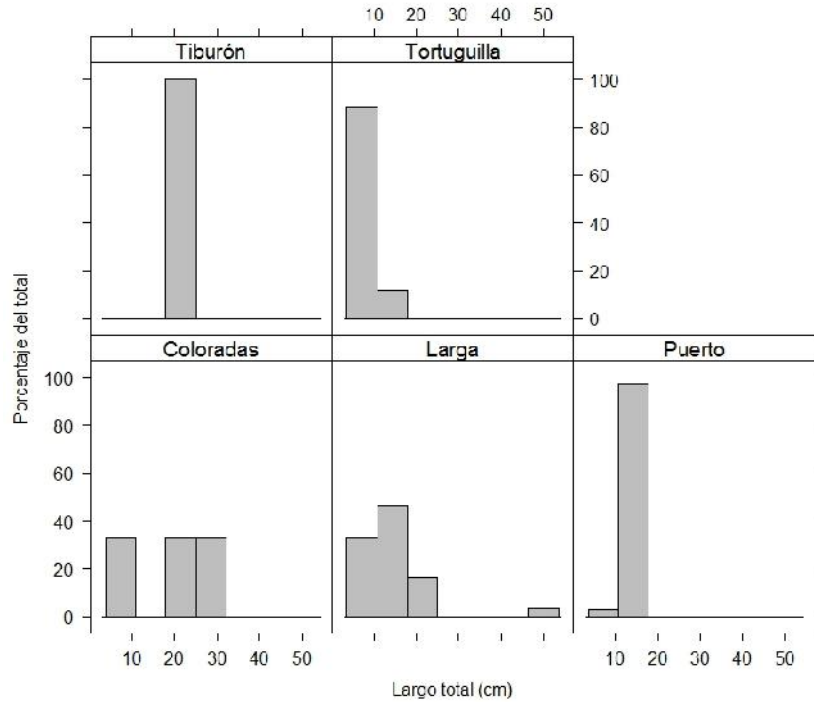


Figura 105. Frecuencia de tallas de peces de cinco lagunas costeras del archipiélago de Sabana-Camaquëy, Cuba, en 2017.

La riqueza de especies y la abundancia de peces encontrada en las lagunas estudiadas se corresponde a la ictiofauna característica de ambientes lagunares cubanos (Claro et al., 2001). La fauna de peces estuvo dominada por especies bentófagas, de hábitos demersales y escasa movilidad. Ello refleja adaptaciones al medio predominante en las lagunas costeras, dígase flujos lentos de agua, gran productividad primaria y abundancia de invertebrados que sirven de base alimentaria para consumidores secundarios. Específicamente, la alta abundancia de la especie *G. cinereus* coinciden con los resultados encontrados en las lagunas de la región suroriental de Cuba, donde presentó abundancias relativamente altas (González-Sansón y Aguilar-Betancourt, 1984).

La mayor abundancia registrada en laguna Larga se debe al predominio de la especie *B. saporator*, es una especie de movilidad limitada, capacitada para adaptarse a varios tipos de hábitats (Lawson-Emmanuel y Thomas-Ajibola, 2010). La abundancia de esta especie coincide con lo encontrado por Machado et al. (2015) que la registraron entre las tres más abundantes en pocetas intermareales al noroeste de Brasil. Las diferencias observadas entre años en cada laguna pueden deberse a pequeñas diferencias en el esfuerzo de muestreo. Durante 2016 se

tomaron más de una muestra por lagunas con el fin de evaluar el tamaño de muestra necesario para obtener una representación adecuada de la ictiofauna de cada ecosistema. Ya en 2017 las maestras se tomaron una sola vez en un área ligeramente mayor que en 2016.

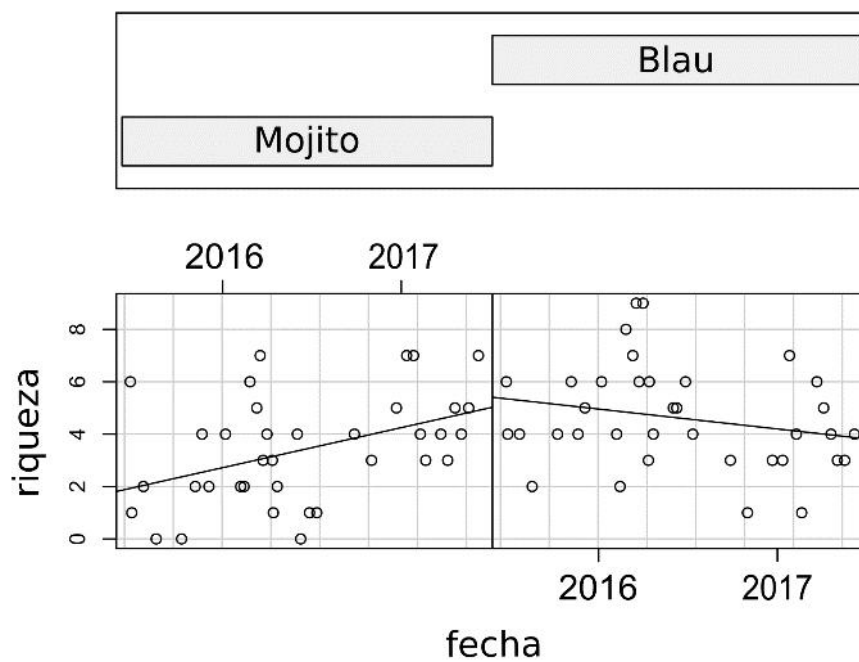
En las lagunas también se observó una baja diversidad, reflejada en los valores de heterogeneidad. Ello se debe al predominio de especies bien adaptadas a las condiciones de estos ecosistemas. Predominaron tallas pequeñas, que se corresponde con peces juveniles. Ello ratifica las lagunas como áreas de crianza para peces. Aunque las especies *M. atlanticus* y *S. barracuda* exhibieron las mayores tallas, las mediciones indican que fueron juveniles, ya que en estado adulto pueden alcanzar 1 m o más de longitud. Sin embargo, que no se hayan registrado grandes tallas no descarta la posibilidad que especies de gran tamaño visiten la laguna (Lladó-Cabrera, 2016).

En laguna Larga se encontraron en total 1261 peces pertenecientes a 34 especies y 18 familias. El Blau tuvo la mayor diversidad de peces (25 especies y 15 familias) y abundancia (947 peces), comparado con la diversidad y abundancia del Mojito (21 especies, 11 familias y 314 peces). No obstante, la heterogeneidad de Shannon fue más alta en el Mojito (2.31) y hubo más dominancia de unas pocas especies en el Blau (1.78). La especie más abundante en el Mojito fue *E. havana* (67 individuos) y en el Blau fueron *B. saporator* (346 individuos) y *Eugerres brasilianus* (Cuvier, 1830) (324 individuos).

El GLM Poisson ajustado con las co-variables del estudio (Tabla 28) explicó el 40.6 % de la varianza de la riqueza de especies. El sitio con mayor eutrofización (Blau) tuvo una riqueza significativamente mayor que la del sitio menos eutrofizado (Mojito). Además, los cambios temporales mostraron un ligero incremento en general, aunque marginalmente significativo. Dichos cambios temporales fueron más marcados cuando se observan en cada sitio por separado en la interacción sitioxfecha (Figura 106). El número de especies disminuye significativamente cuando aumenta la temperatura, aunque la respuesta es diferente en cada sitio de acuerdo con la significación de la interacción sitioxtemperatura (Figura 106). La inspección de los residuales indicó un buen ajuste y no se observó autocorrelación temporal.

Tabla 28. Coeficientes de regresión, errores estándar, valores de z y valores de P para un GLM Poisson de riqueza de especies de peces en Laguna Larga.

	Coeficiente	Error estándar	z	P
Intersecto	-17.900	11.480	-1.558	0.119
Blau	35.540	14.570	2.440	0.015
Fecha	0.001	0.001	1.999	0.046
Temperatura	-0.139	0.044	-3.122	0.002
BlauxFecha	-0.002	0.001	-2.671	0.008
BlauXTemperatura	0.131	0.057	2.284	0.022



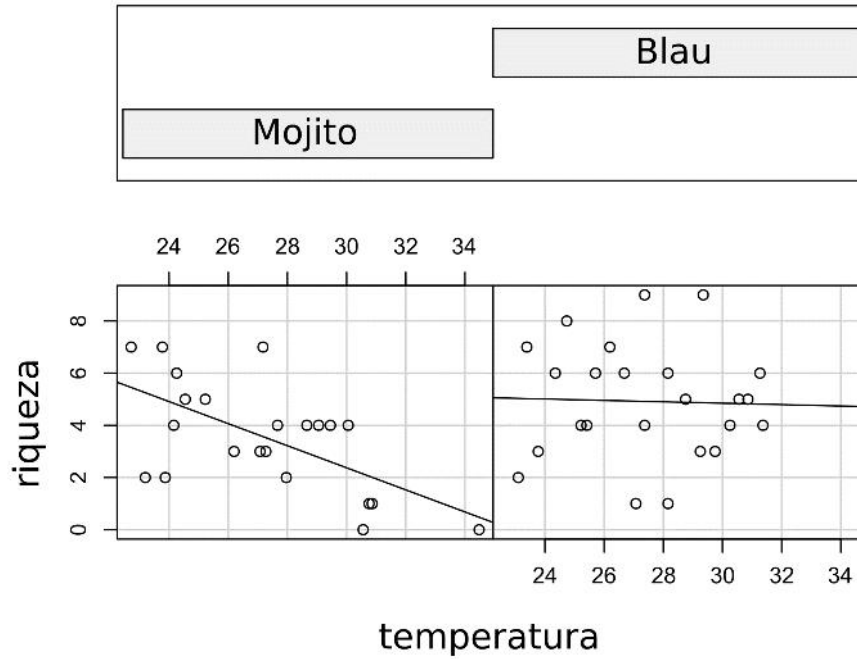
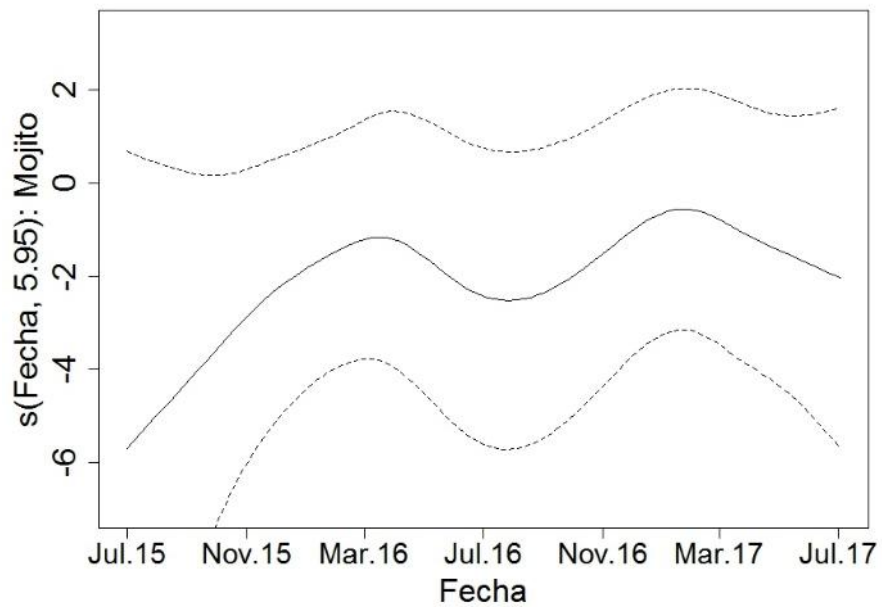


Figura 106. Relación entre la riqueza de especies, la fecha (izquierda) y la temperatura (derecha) por sitio, en laguna Larga.

El GAM binomial negativo ajustado con las co-variables del estudio (Tabla 29) explicó el 75.8 % de la varianza de la abundancia de peces. Los cambios temporales en la abundancia fueron significativamente diferentes en los dos sitios de estudio. En el Mojito, hubo incrementos durante los meses de invierno durante los dos años de estudio, seguido de descensos en el número de peces durante los meses de verano. Por otro lado, en el Blau, los cambios fueron menos marcados, con un aumento de la abundancia hasta abril de 2016, seguido de un descenso hasta enero de 2017, para luego aumentar ligeramente hasta el final del estudio. La abundancia también mostró una relación negativa con la temperatura en toda la laguna. La inspección de los residuales indicó un buen ajuste y no se observó autocorrelación temporal (Figura 107).

Tabla 29. Coeficiente de regresión, error estándar, valor de z y valor de P , así como grados efectivos de libertad (edf), valor de Chi cuadrado y valor de P para los términos de suavizado de un GAM binomial negativo de abundancia de peces en laguna Larga.

	Coeficiente	Error estándar	z	P
Intersecto	6.519	0.000		<2e-16
Temperatura	-0.114	0.050	-2.264	0.024
Significación de los términos de suavizado				
	edf		Chi cuadrado	P
s(Fecha:Blau)	5.947		17.510	0.015
s(Fecha:Mojito)	4.555		23.260	4.82e-04



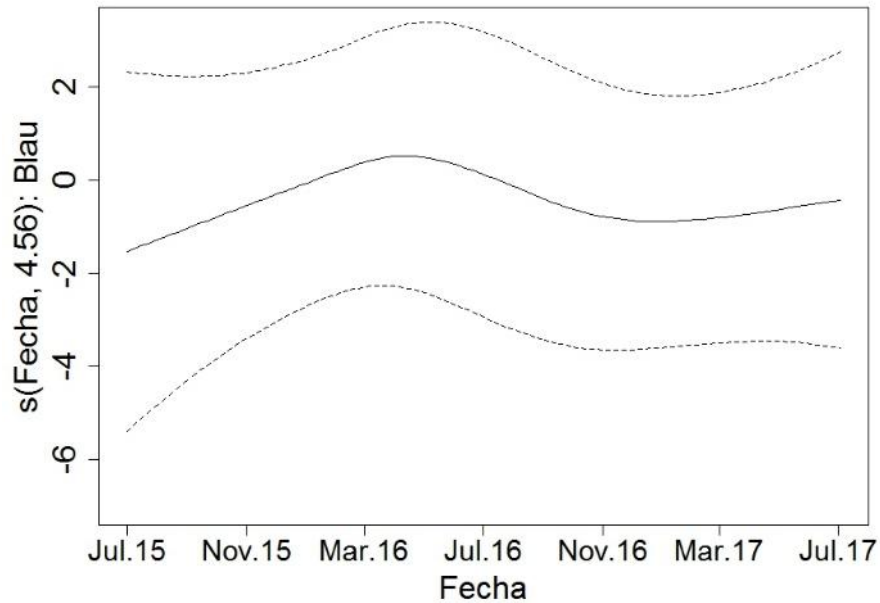


Figura 107. Variación temporal de la abundancia de peces en dos sitios de Laguna Larga, La línea continua representa la tendencia suavizada obtenida con un GAM binomial negativo, las líneas discontinuas son el 95 % del intervalo de confianza. La etiqueta del eje y es el parámetro suavizado y los grados de libertad estimados en el GAM.

La riqueza de especies encontrada en el Blau fue superior al Mojito, resultado que podría estar relacionado con el tipo de sustrato. En el Mojito el fondo es poco consolidado; mientras que en el Blau está conformado por al menos dos tipos de sustrato, fondo fangoso y fondo con abundantes restos de conchas (Lladó-Cabrera, 2016). Estos resultados coinciden con Rodríguez-Romero et al. (2011), quienes plantean que localidades con varios tipos de hábitats aumentan la riqueza de especies, dado que presentan una alta variedad de presas que son consumidas por peces.

A su vez, los cambios temporales de la riqueza de especies fueron diferentes en ambos sitios. El ascenso en el número de especies del Mojito puede deberse a la cercanía al canal de comunicaciones de la laguna, un área con alta diversidad y movilidad de peces. El descenso en el Blau refleja las consecuencias de extracciones continuas de peces en un sitio con poco intercambio con otras secciones de la laguna. El Blau está dominado por especies residentes de poca movilidad (Lladó-Cabrera, 2016), lo que hace a la comunidad más susceptible a perturbaciones. No

obstante, la baja pendiente de la recta de regresión sugiere que los impactos podrían revertirse en un corto período de tiempo.

La temperatura también tuvo una influencia significativa en la laguna, aunque diferente en cada sitio. La comunidad de peces del Mojito es más sensible al aumento de la temperatura del agua, evidenciado tanto en la composición de especies como en la abundancia. En cambio, se observó una elevada resistencia de los peces del Blau. Esta observación se corresponde con las adaptaciones de esta última a condiciones de poco intercambio y la baja cobertura de manglares en las orillas de dicha sección de la laguna.

La mayor abundancia de peces en el Blau, comparado con Mojito, puede deberse a la disponibilidad de alimentos. Según Nixon y Buckley (2002) y Rodríguez-Romero et al. (2011), existe una fuerte correlación entre la producción primaria, el bentos marino y los peces. De acuerdo con Lladó-Cabrera (2016) esto explica las diferencias en la abundancia entre las secciones de Laguna Larga. En el Blau la productividad primaria es mayor (Guimaraes y González de Zayas, 2011) y existe una mayor diversidad y abundancia de moluscos (Olivera, 2014). La abundancia en el Blau se debe sobre todo al predominio de *B. soporator* y *E. brasilianus*, ambas especies eurihalinas que consumen invertebrados pequeños, los cuales abundan en esa sección de la laguna.

El GAM binomial negativo para la abundancia mostró oscilaciones periódicas posiblemente relacionadas con el ciclo reproductivo de las especies. El aumento en los meses de invierno puede deberse al reclutamiento de juveniles, lo que provoca un aumento en la abundancia de peces (Lladó-Cabrera, 2016). Seguidamente en los meses de verano ocurren migraciones reproductivas o desplazamientos hacia otros hábitats, que en su conjunto provocan una disminución en el número de peces. La posición de los sitios de muestreo dentro de la laguna explica que las oscilaciones temporales hayan sido marcadas cerca del canal de comunicación (Mojito). En cambio, en la sección interior de la laguna (Blau) el poco intercambio provoca que la comunidad de peces responda con más lentitud al proceso de reclutamiento de juveniles (Lladó - Cabrera, 2016).

Comunicación de las lagunas costeras estudiadas con los ecosistemas marinos adyacentes

Todas las lagunas estudiadas tienen un nivel de conexión de medio a alto con ecosistemas marinos adyacentes, lo que condiciona que las afectaciones ambientales que puedan sufrir estas lagunas deberían repercutir (en cualquier momento) en estos ecosistemas vecinos.

Laguna La Salina

Esta laguna situada al Este de cayo Sabinal es una laguna hipersalina (en época de escasas lluvias), de hecho en su parte sur estuvo asentada una salina. La laguna tiene dos canales de intercambio con el mar (Figura 108) comunicación con el mar adyacente: uno que da directamente a la costa norte y el otro situado al oeste y que realiza el intercambio a través de una obra de fábrica ya que la comunicación está interrumpida por un via (Figura 108)



Figura 108. Vista de los canales de comunicación con el mar adyacente que presenta laguna La Salina.

Estos canales de comunicación juegan un papel fundamental en la dinámica de funcionamiento ecológico de la laguna costera ya que permiten el intercambio

de agua y el aporte de agua fresca y oligotrófica del mar adyacente hacia la laguna. Por esta vía además entran larvas de organismos marinos que tienen alguna de las etapas de su ciclo de vida en la laguna costera. Sin embargo, en las visitas realizadas a La Salina, hubo, en la boca del canal que da directamente al mar una estacionalidad evidente relacionada directamente con la época climática. Durante la época de escasas lluvias la boca permaneció prácticamente sin intercambio con el mar (Figura 109) y durante la época de lluvias el intercambio fue efectivo (Figura 110). Esta dinámica condicionó que los niveles de salinidad y oxígeno disuelto, por ejemplo, tuvieran cambios bruscos entre estas épocas. Niveles de salinidad por encima de 100 y anoxia, condicionaron que en ese período la vida acuática en casi toda el área de la laguna fuera nula.



Figura 109. Vista parcial del canal de comunicación entre la laguna La Salina y el mar en abril de 2015.



Figura 110. Vista parcial del canal de comunicación entre la laguna La Salina y el mar en noviembre de 2015.

No se detectaron evidencias de que la exportación, desde laguna La salina hacia el mar y el manglar adyacente, de agua con elevada salinidad y bajos niveles de oxígeno, sin embargo esta es uno de los aspectos a tener en cuenta en caso de que se vaya a intervenir antropicamente sobre el área.

Laguna Tortuguilla

Laguna Tortuguilla es la más extensa de todas las lagunas estudiadas (9.7 Km²) y al parecer, en realidad es un complejo lagunar de dos lagunas (Tortuguilla y Maternillo) que se extiende por 20 Km de Este a Oeste. La laguna tiene dos canales de comunicación con el mar que mantienen abiertos durante todo el año (Figura 111). Estos canales no tienen más de 50 m de ancho lo que, por la extensión de la laguna, no garantizan un intercambio eficiente. Unido a esto, Tortuguilla está seccionada en cinco partes debido a la existencia de cuatro viales (en dos de ellos no existen obras de fábrica que permitan el intercambio de agua) que enlazan el margen interno de la laguna con el margen externo (más cercano al mar). Esta división por secciones y las restricciones en el intercambio con el mar condiciona que en algunas zonas dentro de la laguna haya condiciones de hipersalinidad y anoxia.

La diversidad de especies (sobretudo marinas) observada en esta laguna costera deben tener un alto grado de conectividad con el mar adyacente y las especies terrestres con los ecosistemas costeros que la colindan. Esta laguna se encuentra en la parte posterior a los mayores valores de playas arenosas de cayo Sabinal, por lo que todas las acciones antrópicas que se lleven a cabo en sus márgenes repercutirá definitivamente en la calidad de las aguas de estas playas y las de la zona de crestas arrecifales cercanas a 1 Km de la costa. Laguna Tortuguilla es hoy la laguna más afectada por la acción del hombre dentro de cayo Sabinal.



Figura 111. Vista de los canales de comunicación con el mar adyacente que presenta laguna Tortuguilla.

Laguna Los Caimanes

Laguna Los Caimanes, al igual que todas las lagunas estudiadas, está asociada a una playa arenosa de buena calidad y es la única que tiene intercambio prácticamente nulo con aguas adyacentes. Esta laguna con condiciones extremas de salinidad, anoxia y elevado contenido de nutrientes en época de escasas lluvias y con variaciones bruscas en las condiciones ambientales contiene una riqueza