

Comunidades de aves de las islas del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano

Bird communities of the Veracruz Reef System National Park islands

Cynthia Carmona-Islas^{1*}, Jordi Toto-Cobix¹, Jacobo Santander-Monsalvo², Citlalli Galicia-García¹ y Tania Fernanda Hernández-Tamay²

Recibido: 31 de octubre de 2022.

Aceptado: 27 de abril de 2023.

Publicado: agosto de 2023.

RESUMEN

Antecedentes. Estudios previos en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) han reportado que 48 % de las aves son migratorias de invierno y 52 % son residentes. Sin embargo, no se ha analizado previamente la estructura de las comunidades de aves de sus islas. **Objetivos.** Analizar la estructura de las comunidades de aves de las islas Sacrificios, Verde, Salmedina, Polo, de Enmedio y Santiaguillo. **Métodos.** Se realizaron seis censos de aves en cada isla de abril de 2021 a abril de 2022. Con los datos obtenidos se determinó la riqueza específica, la abundancia y la diversidad alfa mediante los índices de Shannon, Margalef y Simpson. Adicionalmente, luego de clasificar a las aves en marinas, acuáticas o costeras, rapaces y terrestres, se calculó el número de especies y la suma de máximos de estos grupos para cada isla. Con toda la información se analizó la conformación de las comunidades de aves para cada isla y sus variaciones en cuanto a la diversidad a lo largo del año de estudio. **Resultados.** La isla de Enmedio presentó los mayores valores de diversidad (abril y octubre 2021). Octubre 2021 fue el mes de mayor diversidad para Sacrificios, Verde y Santiaguillo. Salmedina y Polo presentaron mayor diversidad en julio 2021 y en enero 2022, en estas dos islas solo se observaron aves marinas y costeras, en las demás islas predominaron especies terrestres. En Polo, las aves marinas presentaron una elevada abundancia a pesar del reducido tamaño de la isla. **Conclusiones.** Parece existir una gran presión antrópica sobre los hábitats de reposo y reproducción de las aves marinas. Existe poca información de las islas, generarla es relevante para un manejo integral del PNSAV.

Palabras clave: Aves migratorias, islas arrecifales, Sistema arrecifal veracruzano.

ABSTRACT

Background. Bird studies in the Sistema Arrecifal Veracruzano National Park (PNSAV) have reported previously that 48 % of the birds are winter migrants and 52 % are residents. However, the structure of the bird communities of its islands has yet to be previously analyzed. **Objectives.** To analyze the bird communities' structure of Sacrificios, Verde, Salmedina, Polo, de Enmedio, and Santiaguillo islands. **Methods.** From April 2021 to April 2022, six bird censuses were conducted on each island. With the data obtained, species richness, abundance, and alpha diversity using the Shannon, Margalef, and Simpson indices, were determined. Additionally, birds were classified into marine, aquatic or coastal, hawks, and terrestrial, and the number of species and the sum of maxima of these groups were calculated for each island. Finally, with all the information, the conformation of each island's bird communities and their diversity variations throughout the study year were analyzed. **Results.** De Enmedio Island had the highest diversity values (April and October 2021). October had the highest diversity values for Sacrificios, Verde, and Santiaguillo islands. Salmedina and Polo showed the highest diversity in July 2021 and January 2022; only marine and coastal birds were observed on these two islands; in the other islands, terrestrial species predominated. On Polo Island, marine birds were highly abundant despite the island's small size. **Conclusions.** There appears to be great anthropogenic pressure on seabirds' resting and breeding habitats. There needs to be more information about the islands, and generating it is relevant for the integrated management of the PNSAV.

Keywords: Migratory birds, reef islands, Veracruz reef system.

¹ Licenciatura en Biología, Instituto Tecnológico de Boca del Río, Tecnológico Nacional de México. Km. 12 Carr. Veracruz-Córdoba, Boca del Río, Veracruz, 94290. México.

² Maestría en Ciencias en Biología, Instituto Tecnológico de Boca del Río, Tecnológico Nacional de México. Km. 12 Carr. Veracruz-Córdoba, Boca del Río, Veracruz, 94290. México.

***Corresponding author:**

Cynthia Carmona-Islas: e-mail: ccarmona@bdelrio.tecnm.mx

To quote as:

Carmona-Islas, C., J. Toto-Cobix, J. Santander-Monsalvo, C. Galicia-García & T. F. Hernández-Tamay. 2023. Comunidades de aves de las islas del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. *Hidrobiológica* 33 (2): 87-96.

DOI:10.24275/YFVZ8539

INTRODUCCIÓN

México presenta una elevada diversidad de aves, con cerca del 11 % del total mundial, la mayoría correspondiendo a especies residentes, pero con un alto porcentaje de aves migratorias a lo largo de las costas y playas ribereñas (Navarro-Sigüenza *et al.*, 2014). Particularmente, Veracruz es uno de los estados con las mayores riquezas, debido en parte a su ubicación, pues las costas del estado (principalmente la zona costera central) son zona de paso para las aves que se reproducen en verano en Estados Unidos o Canadá y que migran a Centro y Sudamérica para pasar el invierno (Rappole & Ramos, 1994; Gauthreaux & Belser, 1999; Ruelas-Insunza, 2006; Martínez-Leyva *et al.*, 2009; Hernández-Ramírez & Landgrave-Ramírez, 2020).

El Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) ha sido reconocido por varios autores como una zona importante para las aves, principalmente para las migratorias (Velarde-González *et al.*, 2007, 2015; Velarde & Martínez-Villasis, 2020). Velarde-González *et al.* (2007) estudiaron las aves del PNSAV y de la zona de playa de Boca del Río, encontrando que el 48 % de ellas son migratorias de invierno y que las aves terrestres representan un elevado porcentaje (52 %). Velarde-González *et al.* (2015) encontraron que el 10 % de las aves marinas acuáticas y playeras del PNSAV está en alguna categoría de riesgo. Se reportan 60 especies con una diversidad de $H' = 1.0044$ en la zona costera del PNSAV (Velarde & Martínez-Villasis, 2020); este valor, de acuerdo con Shannon (1948) corresponde a una diversidad baja.

Las islas del PNSAV son distintas entre sí, lo que las diferencia en cuanto a las aves presentes en cada una. La estructura de la comunidad de aves en las islas depende de diversos factores, entre ellos, la diversidad de hábitats, la distancia a la costa, el tipo de sustrato y de vegetación, la presencia de depredadores y el disturbio antrópico al que son expuestas (Carrascal & Palomino, 2002, 2005; Vilca-Taco *et al.*, 2021). Aunado a lo anterior, algunas especies de aves marinas tienen hábitos oceánicos y no se acercan a la costa (Velarde-González *et al.*, 2015), por lo que las especies presentes en cada isla pueden variar dependiendo de su ubicación en relación al continente.

Las aves es un grupo poco estudiado en este ecosistema, no habiendo ningún trabajo publicado con relación a las especies de aves para cada una de las islas del PNSAV. En este trabajo se estudiaron las comunidades de aves de las islas Sacrificios, Verde, de Enmedio, Salmedina, Polo y Santiaguillo de abril de 2021 a abril de 2022. Conocer las comunidades de aves de las islas del PNSAV es una herramienta necesaria para el establecimiento de planes de manejo o conservación que involucren también la parte terrestre de este sistema arrecifal.

MATERIALES Y MÉTODOS

El Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) se ubica sobre la plataforma continental de Veracruz de Ignacio de la Llave, México. Se trata de un sistema con más de 60 elementos insulares coralinos, cuya fisiografía y topografía está dividida por la pluma del río Jamapa y determinada por arrecifes, bajos de arena, cayos e islas, distribuidos frente a los municipios de Alvarado (Antón Lizardo), Boca del Río y Veracruz. Es un área natural protegida con una extensión de aproximadamente 65 516 ha, que fue declarada Parque Nacional (DOF, 2000, 2012). Cuenta además, con dos reconocimientos internacionales, uno de ellos como sitio Ramsar por ser hábitat de aves acuáticas (sitio

RAMSAR 1346, el 2 de febrero de 2004; Ramsar, 2004) y el otro como Reserva de la Biósfera (el 27 de octubre de 2006; UNESCO, 2006).

Las islas del PNSAV son formaciones coralinas, construidas por exoesqueletos calcáreos de corales muertos y emergidos del mar que al erosionarse crean suelos (Perry *et al.*, 2011). La superficie insular emergida del PNSAV está conformada por un cayo (adyacente a isla Sacrificios), tres bajos de arena (sobre los arrecifes Blanquilla, Pájaros y Cabezo, en su parte sureste) y seis islas (Sacrificios, Verde, Polo, Salmedina, de Enmedio y Santiaguillo) (Fig. 1).

Las seis islas se dividen en dos grupos separados por la desembocadura del río Jamapa; en el grupo ubicado al norte se encuentran las islas Sacrificios y Verde, y en el grupo ubicado al sur están las otras cuatro islas (Polo, Salmedina, de Enmedio y Santiaguillo). La isla Sacrificios, de acuerdo con el Plan de Manejo del PNSAV, es la más grande de las seis islas (5.25 ha; SEMARNAT, 2017) y la más cercana a la costa; en ella se encuentra asentado un destacamento de la Marina, por lo que cuenta con varias edificaciones. Presenta parches de vegetación arbórea y arbustiva y también de vegetación herbácea; hacia el noreste se encuentra un pequeño islote de roca y arena con mangle y hacia el este presenta una saliente rocosa que es utilizada de posadero por aves marinas. La isla Verde (3.02 ha de extensión) presenta parches de vegetación arbórea de talla mediana y arbustiva que incluyen mangles en su porción sureste y una casuarina (*Casuarina equisetifolia* Linnaeus, 1759; especie introducida) de gran tamaño en el suroeste de la isla; entre los mangles se encuentra una pequeña laguna interna, también presenta parches de vegetación herbácea y una saliente rocosa hacia el noreste. En el grupo de islas del Sur, la isla Polo (0.44 ha) presenta sustrato arenoso, no cuenta con vegetación y no siempre se encuentra emergida. La isla Salmedina (0.84 ha) es la más cercana a la costa, presenta un parche de vegetación herbácea en su porción este y el resto es sustrato arenoso. La isla de Enmedio (2.45 ha) presenta un gran parche de vegetación herbácea en su extremo norte con una pequeña área aleada de sustrato arenoso, presenta también parches de vegetación arbórea y arbustiva, un par de edificaciones y se encuentra abierta al público por ser parte de la subzona de uso público. La isla Santiaguillo (0.24 ha) es la más alejada de la costa, presenta sustrato conformado por pedacera de coral, una edificación, un faro en su extremo sur y no cuenta con vegetación.

En la región se consideran tres temporadas principales: secas (de marzo a mayo), lluvias (julio a septiembre) y "Nortes" (noviembre a enero), considerando a febrero como mes de transición entre "Nortes" y secas, junio como transición entre secas y lluvias y octubre como transición entre lluvias y "Nortes" (Rodríguez-Gómez *et al.*, 2013); estas temporadas tienen efectos en la circulación oceánica. En la temporada de secas se forma una estratificación térmica, en temporada de lluvias la estratificación es halina y en la temporada de "Nortes" los vientos rompen las estratificaciones y provocan la mezcla de la columna de agua (Salas-Monreal *et al.*, 2015). Las corrientes superficiales son predominantemente del sur, a excepción de la temporada de "Nortes" en la que provienen del norte como respuesta a los vientos (Salas-Pérez *et al.*, 2012; Salas-Monreal *et al.*, 2015). La presencia de los arrecifes e islas provoca en su cercanía, la formación de giros que de mayo a agosto producen surgencias y mayor productividad (Mateos-Jasso *et al.*, 2012; Salas-Monreal *et al.*, 2015).

Estas islas sirven de zonas de alimentación, anidación, reposo y refugio de diversas especies de aves (Vilca-Taco *et al.*, 2021) que cumplen a su vez, un rol importante en el ciclo de nutrientes y el control de plagas a través de las cascadas tróficas, dispersan semillas y contribuyen al valor científico y económico (Tàbara, 2006; Latta, 2012; Hammerschlag *et al.*, 2019). Además, involuntariamente en sus patas o plumas transportan algas, crustáceos, huevos y estructuras reproductivas de diferentes organismos (Martínez, 1993).

Para conocer la composición de las comunidades de aves presentes, se recorrieron a pie las seis islas del PNSAV, sumando seis desembarques en cada isla, de abril de 2021 a abril de 2022. Las islas Sacrificios y Verde se visitaron en los meses de mayo, julio, octubre y noviembre de 2021 y en febrero y abril de 2022; las islas Santiaguillo, de Enmedio, Salmedina y Polo se visitaron en abril (de Enmedio y Santiaguillo), mayo (Salmedina y Polo), julio, octubre y diciembre de 2021 y enero y abril de 2022. La salida de la costa de Veracruz fue a las 8:00 a.m., visitando en un día todas las islas de cada grupo (islas del sur o islas del norte); el tiempo del recorrido en cada una variaba dependiendo de su tamaño. Los censos de aves en las islas se llevaron a cabo basándose en la técnica de “trayectos de línea sin estimar distancias” (González-García, 2011), recorriendo lentamente las veredas y caminos ya existentes en las islas y bordeando los parches de vegetación, identificando y contando las aves que se observaban.

En el caso de las aves que se encontraban en la playa o el mar, se recorrió el perímetro de la isla, tratando de causar el mínimo de perturbación a las aves, anotando las especies avistadas en la playa y también las especies que se encontraban en el mar, a una distancia no mayor a 100 m del borde de la isla. En el caso de parvadas menores a 50 individuos se hicieron conteos directos, pero en el caso de parvadas más grandes, se realizaron estimaciones de acuerdo con la técnica estipulada por Martínez *et al.* (2004). En isla Polo, la cual es pequeña y en la que comúnmente se observan especies marinas, los conteos se realizaron desde la embarcación a una distancia que no provocara que las aves volaran (aproximadamente 100 m).

Para los censos se utilizaron binoculares Vortex Crossfire 10x42 y cámaras fotográficas Cannon Eos Rebel T7 y Sony Alpha 58, ambas con lentes de hasta 300 mm. Para las identificaciones taxonómicas se utilizaron las guías Kaufman (2005), Dunn & Alderfer (2011) y Sibley (2014). Para la clasificación taxonómica y nomenclatural de los listados de especies y bases de datos, se consultó la página de The American Ornithological Society's (AOS) Checklist (Chesser *et al.*, 2022).

Para cada una de las visitas realizadas por isla, se estimó la riqueza específica, la abundancia de individuos y la diversidad alfa mediante los índices de Shannon (basado en la equidad), de Margalef (basado en la riqueza específica) y de Simpson (basado en la dominancia; Moreno, 2001), utilizando el programa Past (Versión 3.16; Hammer *et al.*, 2001).

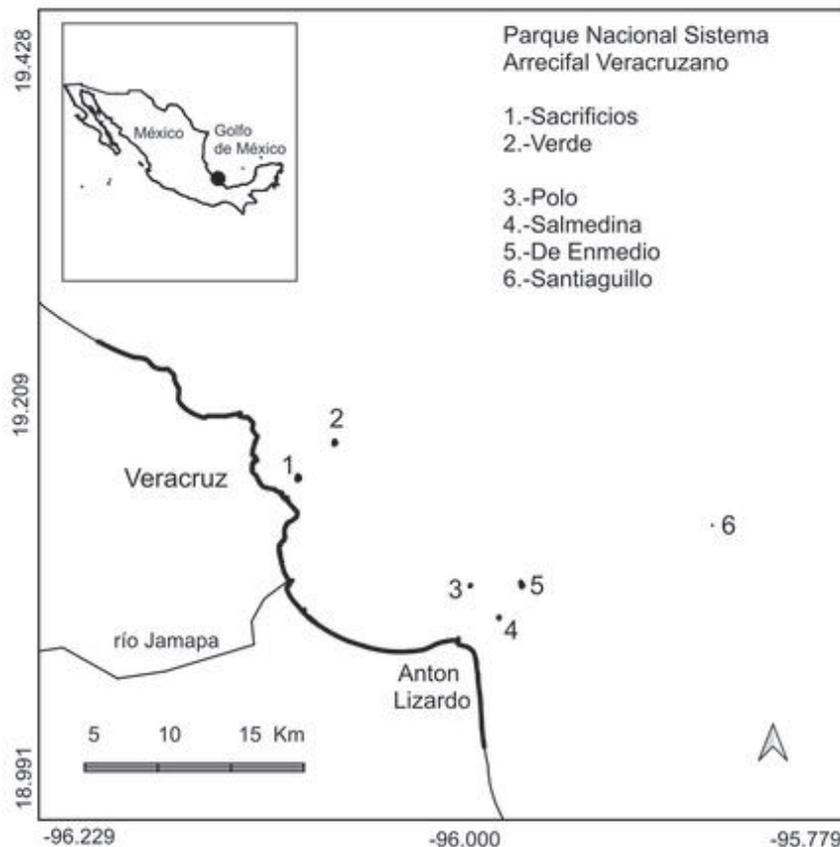


Figura 1. Área de estudio, islas del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV).

Adicionalmente, las especies identificadas se clasificaron en marinas (familias: Stercorariidae, Laridae, Fregatidae, Sulidae, Phalacrocoracidae y Pelecanidae), acuáticas o costeras (familias: Rallidae, Scolopacidae, Ardeidae y Threskiornithidae), rapaces (familias: Cathartidae, Pandionidae y Falconidae; Dunn & Alderfer, 2011) y terrestres no rapaces, basándose en las categorías y criterios de categorización de Velarde-González *et al.* (2007), pero separando a las aves rapaces del resto de aves terrestres y considerando al martín pescador norteño (*Megasceryle alcyon* Linnaeus, 1758) como ave acuática por alimentarse de peces.

Se analizó la composición de aves de las islas considerando el número de especies y la suma de máximos para cada uno de los grupos en los que se clasificó previamente a las aves.

RESULTADOS

Las islas en las que se observó mayor número de especies de aves fueron Sacrificios, Verde y de Enmedio; éstas son también las que cuentan con mayor número de especies terrestres (Fig. 2). Los meses en que se registró el mayor número de especies fueron octubre de 2021 (Sacrificios, Verde y Santiaguillo), abril de 2021 (de Enmedio) y julio de 2021 (Polo); en Salmedina se registró el mayor número de especies por igual en julio, octubre y diciembre de 2021 (Tabla 1). En el censo de octubre de 2021 en Santiaguillo, se encontraron varias aves terrestres muertas y se observaron halcones peregrinos (*Falco peregrinus tundrius* White, 1968) posados en el faro. En el caso de isla Polo se observó la anidación de rayadores (*Rynchops niger* Linnaeus, 1758) durante mayo de 2021.

Las mayores abundancias se observaron en los meses de octubre de 2021 (en Sacrificios, Verde, Salmedina y Santiaguillo), abril de 2021 y 2022 (de Enmedio) y julio de 2021 (Polo). La isla de Enmedio fue la que mostró la mayor abundancia de especies terrestres, mientras que, Sacrificios y Polo la mayor abundancia de especies marinas.

Los valores más altos de los índices de diversidad basados en la riqueza específica (Margalef) y en la equidad (Shannon), se observaron en los meses de octubre de 2021 y abril de 2021 y 2022 para las islas Sacrificios, Verde, de Enmedio y Santiaguillo; y en el caso de Salmedina y Polo se observaron en julio de 2021 y en enero de 2022. Los valores más bajos del índice de dominancia se observaron también en esos meses, en concordancia con los índices de Margalef y de Shannon (Tabla 1).

Analizando el número de especies por grupo, se observó que en la isla Polo se registró el mayor número de especies marinas (11 especies); en esta isla y en Salmedina únicamente se observaron especies marinas y costeras. En la isla Sacrificios se observó el mayor número de especies costeras (siete especies) y de rapaces (cuatro especies), mientras que en la isla de Enmedio se observó el mayor número de especies terrestres (44 especies; Fig. 2).

La suma de máximos representaría la cantidad verificable de aves por especie de un grupo en particular, que hacen uso de las islas. Considerando esto, la isla Sacrificios fue utilizada por 236 aves marinas y Polo por 168. Para las aves costeras, la isla Polo fue utilizada por 44 individuos. En el caso de las aves rapaces, la isla Verde fue utilizada por ocho individuos, por último, considerando a las terrestres, la isla de Enmedio fue utilizada por 127 individuos (Fig. 3).

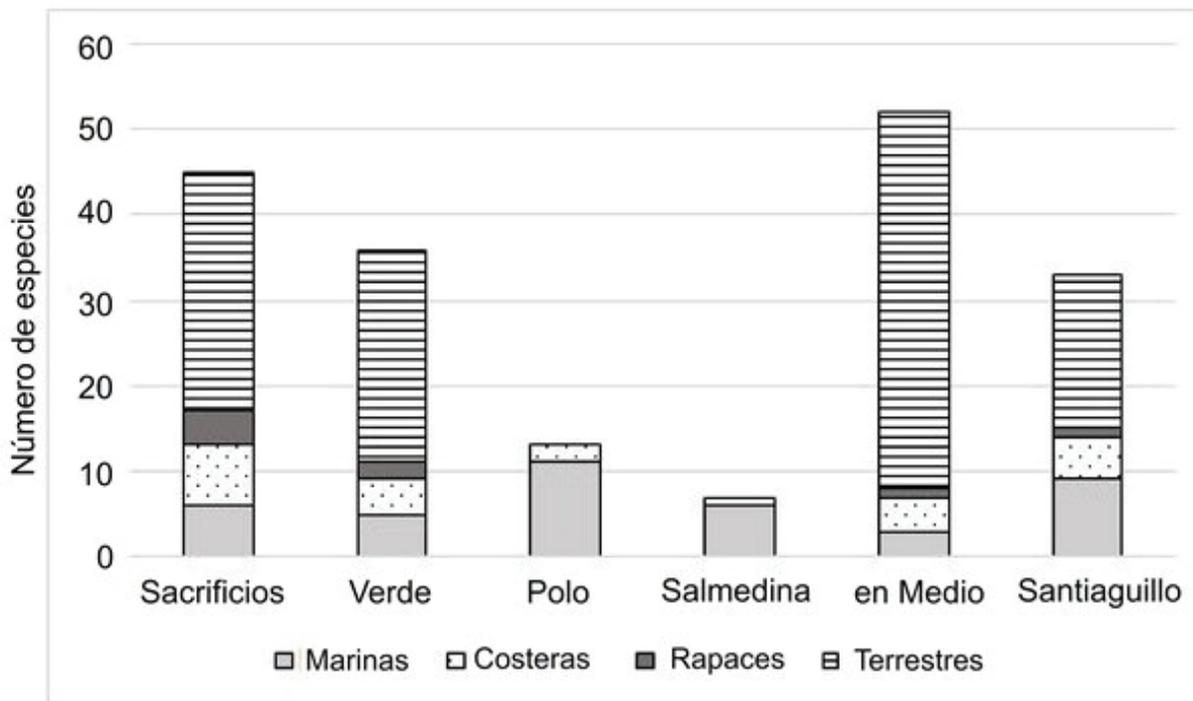


Figura 2. Número de especies por grupo y por isla.

Tabla 1. Número de especies, abundancia y diversidad alfa por censo y para cada isla.

	Sacrificios					
	24/05/2021	26/07/2021	11/10/2021	09/11/2021	01/02/2022	22/04/2022
No. de especies	7	10	25	10	12	14
Abundancia	14	115	222	45	48	28
Shannon H	1.77	1.68	1.19	1.50	1.73	2.36
Margalef	2.27	1.90	4.44	2.36	2.84	3.90
Dominancia D	0.20	0.24	0.60	0.32	0.27	0.12
	Verde					
	24/05/2021	26/07/2021	11/10/2021	09/11/2021	01/02/2022	22/04/2022
No. de especies	4	5	24	4	7	12
Abundancia	8	45	66	7	9	17
Shannon H	1.21	0.98	2.72	1.28	1.89	2.40
Margalef	1.44	1.05	5.49	1.54	2.73	3.88
Dominancia D	0.34	0.48	0.10	0.31	0.16	0.10
	Polo					
	24/05/2021	12/07/2021	20/10/2021	15/12/2021	31/01/2022	
No. de especies	5	7	4	3	6	
Abundancia	37	129	31	27	94	
Shannon H	1.06	1.21	0.61	0.63	1.31	
Margalef	1.11	1.24	0.87	0.61	1.10	
Dominancia D	0.49	0.37	0.71	0.64	0.32	
	Salmedina					
	24/05/2021	12/07/2021	20/10/2021	15/12/2021	31/01/2022	21/04/2022
No. de especies	2	3	3	3	2	2
Abundancia	7	8	10	9	2	7
Shannon H	0.41	1.08	0.94	0.94	0.69	0.60
Margalef	0.51	0.96	0.87	0.91	1.44	0.51
Dominancia D	0.76	0.34	0.42	0.43	0.50	0.59
	de Enmedio					
	12/04/2021	12/07/2021	20/10/2021	15/12/2021	31/01/2022	21/04/2022
No. de especies	25	3	24	7	3	17
Abundancia	95	14	37	7	3	46
Shannon H	2.29	1.08	2.95	1.95	1.10	2.20
Margalef	5.27	0.76	6.37	3.08	1.82	4.18
Dominancia D	0.22	0.35	0.07	0.14	0.33	0.21
	Santiaguillo					
	12/04/2021	12/07/2021	20/10/2021	15/12/2021	31/01/2022	21/04/2022
No. de especies	8	5	18	4	5	4
Abundancia	10	17	24	6	18	10
Shannon H	2.03	0.87	2.77	1.24	1.53	0.94
Margalef	3.04	1.41	5.35	1.67	1.38	1.30
Dominancia D	0.14	0.60	0.07	0.33	0.23	0.52

* En negritas los valores mayores para cada variable.

Adicionalmente, se observaron volando sobre el mar en los trayectos hacia las islas: pelicanos blanco americano (*Pelecanus erythrorhynchos* Gmelin, 1789), salteador parásito (*Stercorarius parasiticus* Linnaeus, 1758), bobos café (*Sula leucogaster* Boddaert, 1783), ibis ojos rojos (*Plegadis chihi* Vieillot, 1817), vencejos collar blanco (*Streptoprocne zonaris* Shaw, 1796) y parvadas de hasta 70 ibis blanco (*Eudocimus albus* Linnaeus, 1758) y de 170 gaviotas de Franklin (*Leucophaeus pipixcan* Wagler, 1831).

DISCUSIÓN

Las islas en las que se observó el mayor número de especies (Sacrificios, Verde y de Enmedio) son también las que cuentan con mayor diversidad de hábitats, como vegetación arbórea y arbustiva, vegetación herbácea, islotes o salientes rocosas cercanas, y de acuerdo con Carrascal & Palomino (2002), en una comunidad de aves, una mayor diversidad de hábitats favorece el que haya mayor número de especies.

La mayor abundancia y el mayor número de especies observados en las islas Sacrificios, Verde y Santiaguillo en octubre de 2021 y en la isla de Enmedio en abril de 2021, puede ser reflejo del fenómeno migratorio, ya que las costas veracruzanas son parte de la ruta migratoria de diversas especies de aves terrestres, rapaces y acuáticas (Martell *et al.*, 2001; Ruelas-Insunza, 2006; Martínez-Leyva *et al.*, 2009). Para las aves rapaces y las acuáticas se ha registrado que las costas veracruzanas son más relevantes durante la migración de otoño en comparación con la migración de primavera (Gauthreaux & Belser, 1999; Ruelas-Insunza, 2006). Revisando la plataforma eBird (<https://ebird.org/home>) se observó que para los municipios aledaños al PNSAV (Veracruz, Boca del Río y Alvarado), en algunas especies de aves rapaces y de costeras o acuáticas, los registros son mayores en otoño que en primavera. Anali-

zando nuestros datos, las mayores abundancias de estos grupos fueron en los meses de otoño e invierno, lo cual coincide con lo observado por los otros autores y con los registros de eBird. En el caso de las aves terrestres, también se ha registrado su paso a través de tierras veracruzanas en primavera (Rappole & Ramos, 1994; Gauthreaux & Belser, 1999; Martínez-Leyva *et al.*, 2009). En la plataforma eBird, para algunas especies de aves terrestres hay más observaciones en primavera que en otoño; en nuestros registros de los meses de abril de 2021 y de octubre de 2021 se tuvieron las mayores abundancias de aves terrestres, y en el caso de la isla de Enmedio que tuvo el mayor número de especies terrestres, se observó en el mes de abril (que correspondería a la migración de primavera), tanto el mayor número de especies como la mayor abundancia de aves, lo cual podría ser indicio de la relevancia de esta zona para las aves terrestres durante la migración de primavera.

El porcentaje de especies migratorias que se ha registrado en el PNSAV está por encima del 50 %, lo cual resalta la importancia de la región para las aves migratorias. Sin embargo, en la zona también se encuentran especies residentes, algunas de las cuales se reproducen en el área; este sería el caso específico de las aves marinas y costeras que anidan en la zona en primavera y verano (Velarde-González *et al.*, 2007, 2015). En el caso de la isla Polo, que fue utilizada básicamente por aves marinas (Fig. 2), se registró el mayor número de especies y la mayor abundancia en julio de 2021. Las aves registradas con mayor abundancia en julio son especies residentes, como el Pelicano café (*Pelecanus occidentalis* Linnaeus, 1766; 61 individuos) o bien, que se reproducen en el área, como sucede con el Charrán mínimo (*Sterna antillarum* Lesson, 1847; 49 individuos), que está catalogado en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo la categoría de sujeta a protección especial (DOF, 2019).

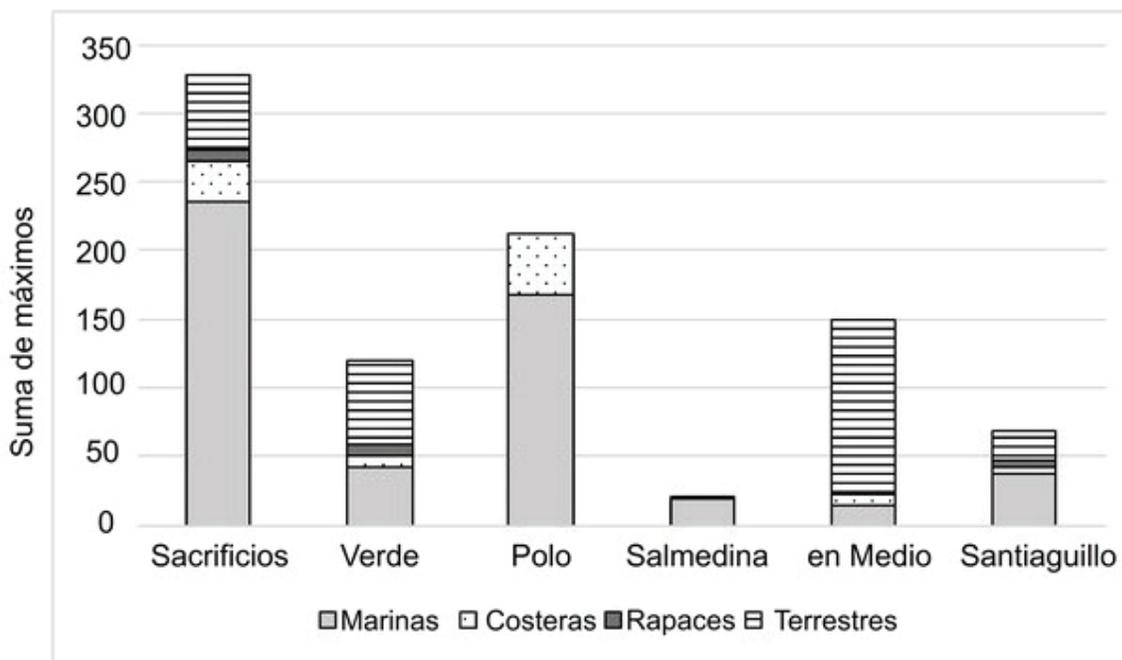


Figura 3. Suma de máximos por grupo y por isla.

Los valores de los índices de diversidad utilizados son congruentes con lo observado en el número de especies y la abundancia, pues en las islas Sacrificios, Verde, de Enmedio y Santiaguillo, se obtuvieron valores que indican una diversidad moderada o alta (valores mayores a 2 para el índice de Shannon; Shannon, 1948, y cercanos a 5 para el índice de Margalef; Margalef, 1951) y en general, una baja dominancia en los meses de octubre de 2021 y abril de 2021 y 2022, meses que corresponden a las temporadas migratorias de otoño y de primavera, respectivamente; en el caso de la isla Sacrificios, el valor de dominancia elevado obtenido en octubre de 2021 puede deberse al registro de 107 pelícanos café (*Pelecanus occidentalis*) observados en la saliente rocosa ubicada al este de la isla. En el caso de las islas Salmedina y Polo, los valores para estos índices fueron bajos (menores a 2 tanto para el índice de Shannon como para el de Margalef), sin embargo, sus valores más elevados se obtuvieron en julio de 2021 y enero de 2022, relacionados con las aves marinas residentes y reproductoras (julio) y también con aves costeras migratorias (enero), como el playerito blanco (*Calidris alba* Pallas, 1764) del cual se observaron 41 individuos. Los valores de dominancia del índice de Shannon tuvieron sus menores valores también en esos meses.

Con relación a las especies de aves por grupo, las islas que presentaron el mayor número de especies marinas fueron aquellas cuyo sustrato no presenta vegetación (Polo, Salmedina y Santiaguillo); estas tres islas son también las de menor extensión del PNSAV. En el caso de la isla Polo, las especies que se observaron en mayor abundancia (charranes, playeros y pelícanos café) suelen preferir hábitats con sustratos sin vegetación (Burger & Gochfeld, 1990; Mellink *et al.*, 1998). En la isla Salmedina, a pesar de contar con áreas de sustrato sin vegetación, fue escasamente utilizada por las aves pues la mayoría se observaron en el agua o usaban las boyas de amarre cercanas a la isla como posaderos, y en la isla solo se observó un par de ocasiones a una garza morena (*Ardea herodias* Linnaeus, 1758) y algunos cadáveres de aves. En el caso de Santiaguillo, las aves marinas que se observaron utilizaban la isla o el faro que hay en ella como posadero, como el Bobo Enmascarado (*Sula dactylatra* Lesson, 1831) en la isla y la Fragata Tijereta (*Fregata magnificens* Mathews, 1914) en el faro, o bien se encontraban alimentándose en el agua cerca de la isla (charranes, pelícanos café, fragatas tijeretas y bobos café *Sula leucogaster*). Esta isla es la más alejada de la costa y en ella se registró especies que no se observaron en las otras islas, esto se debe a que, de acuerdo con Velarde-González *et al.* (2015) algunas especies de aves marinas no se acercan a los continentes por lo que no se les observa cerca de la costa.

En el caso de la isla Sacrificios, donde se registró el máximo de aves marinas, la mayoría de éstas se observó en la saliente rocosa cercana a la isla, pues la utilizaron como posadero (en el caso de los pelícanos) o bien, se alimentaban en el agua entre la isla y la saliente rocosa (principalmente charranes). La presencia de esta saliente rocosa ofreció un posadero y zona de protección del oleaje para las aves marinas, favoreciendo así la diversificación de hábitats y por consiguiente, de especies para la isla, pues de acuerdo con Blanco (1999) una mayor heterogeneidad ambiental y un mayor número de hábitats favorece la abundancia y riqueza de especies de aves.

En el caso de la isla Polo, la presencia de 11 especies de aves marinas, con una suma de máximos de 177 individuos y el registro de 139 aves en el censo de julio de 2021, considerando el tamaño de la isla (0.44 ha; SEMARNAT, 2017) de alguna manera puede indicar la falta

de hábitats para este grupo de aves, ocasionado en parte por la presión antrópica debida al turismo no regulado y regulado. Vilca-Taco *et al.* (2021) estudiaron la composición, abundancia y uso de hábitat de aves marinas en Punta la Metalera, Perú y encontraron que el principal disturbio en la comunidad de aves es debido al turismo. En abril de 2022 no se realizó el censo en la isla Polo por la presencia de turistas (y su consecuente ausencia de aves), a pesar de estar prohibido el descenso y de tener la isla un letrero que indica que el paso está prohibido por ser zona de anidación de Charrán mínimo (*Sternula antillarum*).

En el caso de Salmedina, a pesar de que actualmente está prohibido el descenso en la isla, si está permitido acercarse a ella a pie o a bordo de alguna embarcación, registrándose en ocasiones más de 50 embarcaciones cercanas a la misma. Esto evidencia la presión antrópica hacia los hábitats requeridos por las aves marinas. Probablemente, la escasa presencia de aves en esta isla pueda deberse a lo anteriormente descrito.

En referencia al charrán mínimo, los principales factores que amenazan sus poblaciones son el disturbio y la pérdida de hábitat en sus zonas de anidación (Mellink *et al.*, 1998). En 2021, se observaron algunos individuos de esta especie anidando en un pequeño cayo formado en el arrecife Cabezo, en el cual el sustrato es de fragmentos grandes de coral muerto. En julio de 2022, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) reportó 13 nidos de esta especie en el extremo norte de la isla de Enmedio; esta isla está abierta al público lo que dificulta la protección de los nidos, indicando la falta de áreas protegidas para la anidación del charrán mínimo.

Considerando a las aves costeras y las rapaces, en Sacrificios se registró el mayor número de especies de estos grupos, algunas aves costeras se observaron en la saliente rocosa (distintas especies de garzas), otras en el islote aldeaño a la isla (playeros) y otras en los árboles (Garza Nocturna Corona Clara; *Nyctanassa violacea* Linnaeus, 1758). En el caso de las aves rapaces, se observaron perchadas en los árboles; los distintos hábitats utilizados por estas aves están relacionadas directamente con la alimentación y el reposo (Hernández-Vázquez *et al.*, 2000). La isla Sacrificios es la más grande y cercana a la costa del continente, lo cual podría facilitar la inmigración de algunas especies desde el continente.

Considerando la suma de máximos, la isla Verde fue utilizada por al menos ocho rapaces entre las que destacan siete halcones peregrinos (*Falco peregrinus* Tunstall, 1771) observados en el mes de octubre de 2021 perchados en la casuarina de la isla; la presencia de este árbol, a pesar de ser una especie introducida, incrementa la heterogeneidad paisajística de la isla, favoreciendo la presencia de las aves rapaces en ella. De acuerdo con Blanco (1999), una mayor heterogeneidad ambiental y de hábitats favorece la presencia de distintas especies de aves. Por otra parte, las rapaces en esta isla representarían un depredador para las otras especies de aves. Aquí se observó a dos boas constrictoras (*Boa constrictor* Linnaeus, 1758), las cuales se sabe se alimentan también de aves (Reed & Rodda, 2009; Herrera & Aparicio, 2019), por lo que podrían estar depredando también a otras aves que hacen uso de la isla.

En la isla Santiaguillo, la mayoría de las aves terrestres registradas se encontraron muertas o débiles (probablemente por falta de alimento o por cansancio). La visita en la que se encontró el mayor número de aves muertas (13 individuos pertenecientes a 11 especies en octubre

de 2021) corresponde al período migratorio de otoño y a la presencia de eventos climáticos conocidos localmente como “Nortes”, por lo que podría tratarse de aves que en su recorrido migratorio se vieron afectadas por estos eventos, pues de acuerdo a Rappole & Ramos (1994), la probabilidad de encontrar grandes zonas de turbulencia en esta temporada es baja, pero de suceder, las aves migratorias pueden verse fuertemente afectadas. Otra posibilidad es que se trate de aves que durante su migración se fatigan y utilizan la isla como zona de descanso, una situación similar sucede en la isla Farallón de San Ignacio, Sinaloa, donde Guevara-Medina *et al.* (2008) reportaron la presencia de diversas especies de aves terrestres a pesar de no tener hábitats adecuados para su permanencia, aparentemente debido a la cercanía de la isla a la costa; sin embargo, en el caso de la isla Santiaguillo muchas de estas aves mueren posiblemente por la falta de agua y alimento pues la isla no está cerca de la costa.

Existe poca información en relación a las aves marinas del Golfo de México, específicamente en la zona que corresponde a México (Gallardo-Del Ángel *et al.*, 2004). En el caso del PNSAV, las aves son uno de los grupos de los que existen menos trabajos (Jiménez-Hernández *et al.*, 2007), no existen estudios previos que aborden la composición de las comunidades de aves de las distintas islas arrecifales, lo cual es relevante desde el punto de vista del manejo de estas áreas. Aunado a lo anterior, hacen falta trabajos que evalúen la relevancia de las especies de aves del PNSAV en el transporte involuntario de semillas, organismos o estructuras reproductivas entre los distintos arrecifes e islas, lo cual puede tener impacto en la conectividad de estos ecosistemas. Es necesario generar información referente a las islas del PNSAV para lograr una comprensión holística de este ecosistema y poder elaborar opciones de manejo integrales.

AGRADECIMIENTOS

Al Director y al personal de las oficinas del PNSAV (CONANP) por el permiso y apoyo otorgado. A Dorado Buceo por la amabilidad y el apoyo. A la Dra. Rebeca Granja Fernández y los revisores anónimos del manuscrito por su tiempo, interés y valiosas aportaciones.

REFERENCIAS

- Blanco, D. E. 1999. Los humedales como hábitat de aves acuáticas. *In: Malvárez, A. (Ed.). Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica.* ORCYT-UNESCO, pp. 219-228.
- BURGER, J. & M. GOCHFELD. 1990. Nest site selection in Least Terns (*Sterna antillarum*) in New Jersey and New York. *Colonial Waterbirds* 13 (1): 31-40. DOI: 10.2307/1521418
- CARRASCAL, L. M. & D. PALOMINO. 2002. Determinantes de la riqueza de especies de aves en las islas Selvagem y Canarias. *Ardeola* 49 (2): 211-221.
- CARRASCAL, L. M. & D. PALOMINO. 2005. Preferencias de hábitat, densidad y diversidad de aves en Tenerife (Islas Canarias). *Animal Biodiversity and Conservation* 28 (2): 101-119. DOI: 10.32800/abc.2005.28.0101
- CHESSER, R. T., S. M. BILLERMAN, K. J. CICERO, J. L. DUNN, B. E. HERNÁNDEZ-BANOS, R. A. JIMÉNEZ, A. W. KRATTER, N. A. MASON, P. C. RASMUSSEN, J. V. REMSEN JR., D. F. STOTZ & K. WINKER. 2022. Check-list of North American Birds (online). American Ornithological Society. Disponible en línea en: <https://checklist.americanornithology.org/taxa/> (consultado el 2 mayo 2022).
- DOF (DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN). 2000. Acuerdo que tiene por objeto dotar con una categoría acorde con la legislación vigente a las superficies que fueron objeto de diversas declaratorias de áreas naturales protegidas emitidas por el Ejecutivo Federal. Miércoles 7 de junio de 2000. Disponible en línea en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2055674&fecha=07/06/2000#gsc.tab=0 (consultado el 16 abril 2023).
- DOF (DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN). 2012. Decreto que modifica al diverso por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de Parque Marino Nacional, la zona conocida como Sistema Arrecifal Veracruzano, ubicada frente a las costas de los municipios de Veracruz, Boca del Río y Alvarado del Estado de Veracruz Llave, con una superficie de 52,238-91-50 hectáreas, publicado los días 24 y 25 de agosto de 1992. Jueves 29 de noviembre de 2012. Disponible en línea en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5280548&fecha=29/11/2012#gsc.tab=0 (consultado el 27 octubre 2022).
- DOF (DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN). 2019. Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010. Disponible en línea en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5578808&fecha=14/11/2019#gsc.tab=0 (consultado el 16 abril 2023).
- DUNN, J. L. & J. ALDERFER. 2011. *Field guide to the birds of North America*. 6ª ed. National Geographic Society. Washington, D.C. 574p.
- GALLARDO-DEL ÁNGEL, J. C., E. VELARDE-GONZÁLEZ & R. ARREOLA-ALEMÓN. 2004. Aves del Golfo de México y las áreas prioritarias para su conservación. *In: Caso, M. I. Pisanty & E. Ezcurra (Eds.). Diagnóstico ambiental del Golfo de México.* Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Instituto de Ecología A. C., Harte Research Institute, pp. 301-322.
- GAUTHREUX, S. A. & C. G. BELSER. 1999. Bird migration in the region of the Gulf of Mexico. *In: Adams, N. J. & R. H. Slotow (Eds.). Proceedings of the 22 International Ornithological Congress.* BirdLife South Africa, pp. 1931-1947.
- GONZÁLEZ-GARCÍA, F. 2011. Capítulo 4. Métodos para contar aves terrestres. *In: Gallina-Tessaro, S. & C. López-González (Eds.). Manual de técnicas para el estudio de la fauna.* Volumen I. Universidad Autónoma de Querétaro, Instituto de Ecología A. C., pp. 86-123.
- GUEVARA-MEDINA, M. A., J. A. CASTILLO-GUERRERO & M. A. GONZÁLEZ-BERNAL. 2008. Presencia y abundancia de aves de la isla Farallón de San Ignacio, Sinaloa. *Huitzil* 9 (2): 20-28. DOI: 10.28947/hrmo.2008.9.2.75

- HAMMER, Ø., D. A. T. HARPER & P. D. RYAN. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Disponible en línea en: https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm (consultado el 27 octubre 2022).
- HAMMERSCHLAG, N., O. J. SCHMITZ, A. S. FLECKER, K. D. LAFFERTY, A. SIH, T. B. ATWOOD, A. J. GALLAGHER, D. J. IRSCHICK, R. SKUBEL & S. J. COOKE. 2019. Ecosystem function and services of aquatic predators in the Anthropocene. *Trends in Ecology & Evolution* 34 (4): 369-383. DOI: 10.1016/j.tree.2019.01.005
- HERNÁNDEZ-RAMÍREZ, A. M. & R. LANDGRAVE-RAMÍREZ. 2020. Golfo de México y mar Caribe: Zona de tránsito para las aves migratorias neárticas-neotropicales. In: Pérez-Morales, A., J. A. Aké-Castillo & C. A. Poot-Delgado (Coords.). *Investigaciones marinas en el golfo de México y mar Caribe mexicano*. Universidad de Colima, pp. 286-309.
- Hernández-Vázquez, S., B. C. Durand-Martínez, R. Esparza-Salas & C. Valadez-González. 2000. Distribución temporal de aves rapaces diurnas en la Reserva "Playón de Mismaloya", Jalisco, México. *Revista de Biología Tropical* 48 (4): 1015-1018. DOI: 10.15517/rbt.v48i4.18994
- HERRERA, J. M. & K. APARICIO. 2019. Reporte de un ataque de *Boa constrictor* (Serpientes: Boidae) a un individuo de *Tyto furcata* (Aves: Tytonidae) en Pacora, Panamá. *Huitzil* 20 (2): 1-4. DOI: 10.28947/hrmo.2019.20.2.403
- JIMÉNEZ-HERNÁNDEZ, M. A., A. GRANADOS-BARBA & L. ORTÍZ-LOZANO. 2007. Análisis de la información científica en el sistema arrecifal veracruzano. In: Granados-Barba, A., L. G. Abarca-Arenas & J. M. Vargas-Hernández (Eds.). *Investigaciones científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano*. Universidad Autónoma de Campeche, pp. 1-16.
- KAUFMAN, K. 2005. *Guía de campo de las aves de Norteamérica*. Houghton Mifflin Harcourt, New York, 379 p.
- LATTA, S. C. 2012. Avian research in the Caribbean: past contributions and current priorities. *Journal of Field Ornithology* 83 (2): 107-121. DOI: 10.1111/j.1557-9263.2012.00361.x
- MARGALEF, R. 1951. *Diversidad de especies en las comunidades naturales*. Publicación del Instituto de Biología Aplicada 9: 5-27.
- MARTELL, M. S., C. J. HENNY, P. E. NYE & M. J. SOLENSKY. 2001. Fall migration routes, timing, and wintering sites of North American Ospreys as determined by satellite telemetry. *The Condor* 103 (4): 715-724. DOI: 10.1093/condor/103.4.715
- MARTÍNEZ, I. A., D. A. ALVARADO & L. G. NARANJO. 2004. *Manual para el monitoreo de aves migratorias*. Asociación Red Colombiana de Reservas Naturales de la sociedad civil, Asociación para el estudio y la conservación de las aves acuáticas en Colombia-Calidris, World Wildlife Fund Colombia, 54 p.
- MARTÍNEZ, M. 1993. Las aves y la limnología. In: Boltovskoy, A. & H. L. López (Eds.). *Conferencias de limnología*. Instituto de Limnología "Dr. R. A. Ringuelet", pp. 127-142.
- MARTÍNEZ-LEYVA, E., E. RUELAS-INSUNZA, O. CRUZ-CARRETERO, J. L. BARR, E. PERES-BARBOSA-ROJAS, I. CHÁVEZ-DOMÍNGUEZ, G. RAMÓN-LARA, R. RODRÍGUEZ-MESA, A. GARCÍA-MIRANDA & N. F. DOMÍNGUEZ. 2009. Dynamics of Passerine migration in Veracruz, México. In: *Proceedings of the Fourth International Partners in Flight Conference: Tundra to Tropics*, pp. 62-70.
- MATEOS-JASSO, A., J. ZAVALA-HIDALGO, R. ROMERO-CENTENO & M. E. ALLENDE-ARANDÍA. 2012. Variability of the thermohaline structure in the northern Veracruz Coral Reef System, Mexico. *Continental Shelf Research* 50-51: 30-40. DOI: 10.1016/j.csr.2012.10.001
- MELLINK, E., J. LUÉVANO & I. ZURIA. 1998. Nota sobre los pelecaniformes, ciconiformes, gallitos Marinos (Sterninae) y rayadores (Rynchopinae) de la Costa Chica de Oaxaca, México. *Ciencias Marinas* 24 (4): 367-388. DOI: 10.7773/cm.v24i4.767
- MORENO, C. E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T-Manuales y Tesis SEA. Volumen 1. Zaragoza, 83 p.
- NAVARRO-SIGÜENZA, A. G., M. F. REBÓN-GALLARDO, A. GORDILLO-MARTÍNEZ, A. TOWNSEND-PETERSON, H. BERLANGA-GARCÍA & L. A. SÁNCHEZ-GONZÁLEZ. 2014. Biodiversidad de aves en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: S476-S495. DOI: 10.7550/rmb.41882
- PERRY C. T., P. S. KENCH, S. G. SMITHERS, B. RIEGL, H. YAMANO & M. J. O'LEARY. 2011. Implications of reef ecosystem change for the stability and maintenance of coral reef islands. *Global Change Biology* 17 (12): 3679-3696. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2011.02523
- RAMSAR. 2004. Servicio de información sobre Sitios Ramsar. Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Disponible en línea en: <https://rsis.ramsar.org/es/ris/1346?language=es> (consultado el 16 abril 2023).
- RAPPOLE, J. H. & M. A. RAMOS. 1994. Factors affecting migratory bird routes over the Gulf of Mexico. *Bird Conservation International* 4 (2-3): 251-262. DOI: 10.1017/s095927090000280x
- REED, R. N. & G. H. RODDA. 2009. *Giant constrictors: biological and management profiles and an establishment risk assessment for nine large species of phytons, anacondas, and the boa constrictor*. U.S. Geological Survey Open-File Report 2009-1202, Virginia, 302 p. DOI: 10.3133/ofr20091202
- Rodríguez-Gómez, C. F., J. A. Aké-Castillo & G. Campos-Bautista. 2013. Productividad primaria bruta y respiración planctónica en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. *Hidrobiológica* 23 (2): 143-153.
- Ruelas-Inzunza, E. 2006. La migración de las aves. In: Moreno-Casasola, P. (Ed.) *Entornos veracruzanos: La costa de La Mancha*. Instituto de Ecología A.C., Xalapa, pp. 449-460.
- Salas-Monreal, D., J. J. Salas-Pérez, M. Marín-Hernández, I. C. Chacón-Gómez & J. O. Avendaño-Álvarez. 2015. Dinámica marina del Sistema Arrecifal Veracruzano. In: Granados-Barba, A., L. D. Ortiz-Lozano, D. Salas-Monreal & C. González-Gándara (Eds.). *Aportes al conocimiento del Sistema Arrecifal Veracruzano: hacia el corredor arrecifal del suroeste del Golfo de México*. Universidad Autónoma de Campeche, pp. 25-50.
- Salas-Pérez, J. J., D. Salas-Monreal, M. A. Monreal-Gómez, M. L. Riveron-Enzastiga & C. Llasat. 2012. Seasonal absolute acoustic intensity, atmospheric forcing and currents in a tropical coral reef system. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 100: 102-112. DOI: 10.1016/j.ecss.2012.01.002

- SEMARNAT. 2017. *Programa de Manejo Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano*. Semarnat/CONANP, Ciudad de México, 347 p.
- Shannon, C. 1948. The mathematical theory of communication. In: Shannon, C.E. & Weaver, W. (Eds). *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press Urbana, pp. 29-125.
- Sibley, D. A. 2014. *The Sibley guide to birds*. 2a ed. Knopf Publishing Group, New York, 583 p.
- Tàbara, J. D. 2006. Las aves como naturaleza y la conservación de las aves como cultura. *Papers* 82: 57-77. DOI: 10.5565/rev/papers.2049
- UNESCO. 2006. Sistema Arrecifal Veracruzano, México. Disponible en línea en: <https://en.unesco.org/biosphere/lac/sistema-arrecifal-veracruzano> (consultado el 16 abril 2023).
- Velarde-González, M. E., A. Martínez-Villasis & J. C. Gallardo-Del Ángel. 2007. Las aves del sistema arrecifal veracruzano. In: Grados-Barba, A., L. G. Abarca-Arenas & J. M. Vargas-Hernández. (Eds.). *Investigaciones Científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano*. Universidad Autónoma de Campeche, pp. 27-50.
- Velarde-González, E., F. D. Ruz-Rosado & E. Priego-Hernández. 2015. Lista anotada de las aves marinas, acuáticas y playeras del Sistema Arrecifal Veracruzano, México. *Revista Digital E-BIOS* 2 (8): 53-81.
- Velarde, E. & A. Martínez-Villasis. 2020. Análisis comparativo de las comunidades de aves en la región marina-costera del Sistema Arrecifal Veracruzano y Alvarado. In: Pérez-Morales, A., J. A. Aké-Castillo & C. A. Poot-Delgado (Coords.). *Investigaciones marinas en el golfo de México y mar Caribe mexicano*. Universidad de Colima, Colima, pp. 310-329.
- Vilca-Taco, L.M., T. E. Mamani & C. R. Luque-Fernández. 2021. Seabird temporal composition, abundance and habitat use in Punta La Metalera (Arequipa, Southern Perú). *Arxius de Miscel·lània Zoològica* 19: 161-181. DOI: 10.32800/amz.2021.19.0161