

# CARACTERIZACIÓN DEL MICROHÁBITAT DE *CHELONIA MYDAS* (CHELONIDAE) EN LA COSTA CENTRAL DE VERACRUZ, MÉXICO

## MICROHABITAT CHARACTERIZATION OF *CHELONIA MYDAS* (CHELONIDAE) OFF THE CENTRAL COAST OF VERACRUZ, MEXICO

FERNÁNDEZ-GARCÍA PERLA DAYANA<sup>1</sup>, EMILIO ALFONSO SUÁREZ-DOMÍNGUEZ<sup>1\*</sup>, IBIZA MARTÍNEZ-SERRANO & PASCUAL LINARES-MÁRQUEZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Biología-Xalapa, Universidad Veracruzana. Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona universitaria, C.P. 91090 Xalapa, Veracruz, México.

Correspondence: :emisuaréz@uv.mx

Received: 2021-01-26. Accepted: 2021-04-28.

**Abstract.**— The microhabitat of *Chelonia mydas* at Cabezo reef is composed by seven bottom types of coral reef. Oceanographic parameters consisting of shallow water less than 2.4 m deep, water temperature fluctuating between 24.8 and 30.3 °C, dissolved oxygen concentrations ranging from 3.6 to 7.7 mg/L and salinity ranging from 25.4 to 38.1 ppt were recorded. Temperature was the parameter that showed significant variation associated with the coral reef bottom. Greater turtle abundance was observed in the rainy season.

**Keywords.**— Priority habitat, Sistema Arrecifal Veracruzano National Park, Green turtle.

**Resumen.**— El microhábitat de *Chelonia mydas* en el arrecife Cabezo está compuesto por siete tipos de fondo arrecifal. Los parámetros oceanográficos registrados consisten en aguas someras menores a 2.4 m de profundidad, temperatura del agua de 24.8 a 30.3 °C, concentraciones de oxígeno disuelto de 3.6 a 7.7 mg/L y salinidad de 25.4 a 38.1 ppt. La temperatura es el parámetro con variación significativa en relación al fondo arrecifal. La mayor abundancia de tortugas se distinguió en temporada de lluvias.

**Palabras clave.**— Hábitat prioritario, Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, Tortuga verde.

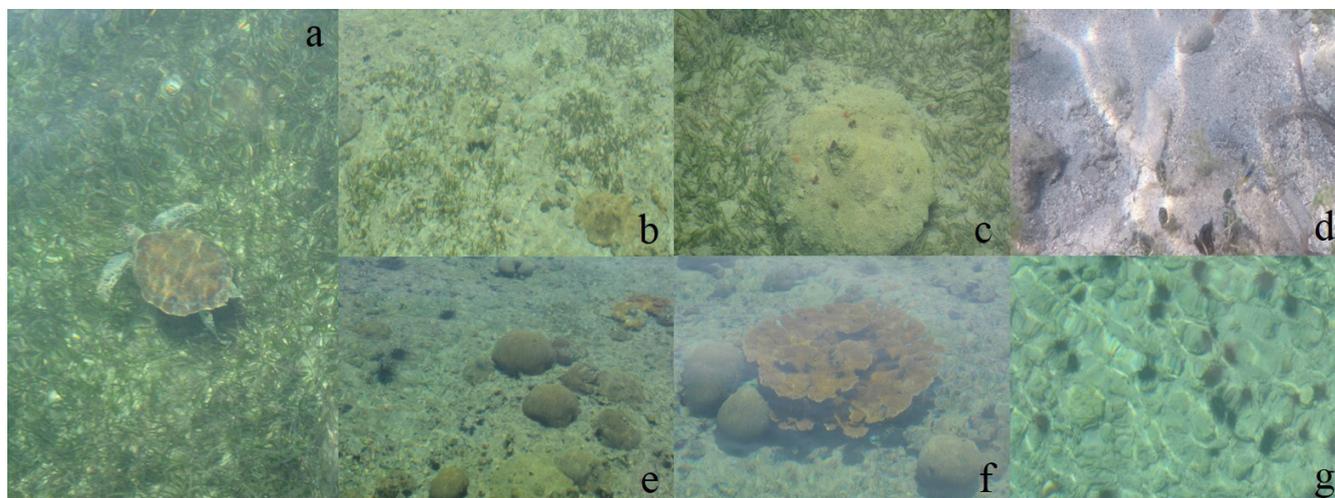
El estudio del ambiente depende de la escala en la cual se midan sus variables, ya que cada organismo se desarrolla en distintos niveles espaciales y temporales; y, por lo tanto, la descripción del hábitat debe ser específica del taxon en cuestión (Delfín-Alfonso et al., 2011). La caracterización del hábitat y del microhábitat se consideran de gran relevancia para el estudio del comportamiento del individuo (Morris, 1987) y para la conservación de la fauna, refiriéndose principalmente a las condiciones que determinan la distribución y abundancia de las especies (Álvarez-Cárdenas et al., 2009).

Diversos investigadores alrededor del mundo se han enfocado al estudio del hábitat de las especies, entre ellas, las tortugas marinas. Haciendo referencia a los estudios sobre la tortuga verde (*Chelonia mydas*) en el océano Atlántico, existe un mayor número de registros en la zona norte, lindante al continente americano, específicamente en las costas de Florida, con estudios de movimiento y ecología alimentaria (Mendonça, 1983); rango y uso de hábitat (Makowski & Seminoff, 2006; Hart

& Fujisaki, 2010); área de distribución, descripción del uso y tipo de hábitat (Lamont et al., 2015); así como del uso de hábitat a escala fina (Wildermann et al., 2019).

En el área correspondiente al territorio mexicano, las investigaciones respecto al hábitat de la tortuga se citan en Tamaulipas sobre zonas de alimentación y refugio (Nava-Castillo et al., 2019); en la Península de Yucatán en sitios de alimentación, donde se desarrollan actividades pesqueras artesanales (Vázquez-Cuevas & Cuevas, 2019); en Baja California con datos sobre ámbito hogareño (Seminoff et al., 2002) y en Baja California Sur sobre ámbito hogareño y uso de hábitat (Soriano-Arista, 2012). La investigación conducente a las tortugas marinas es extensa; sin embargo, se enfoca a determinados temas, etapas de vida y zonas geográficas (Wildermann et al., 2018).

Pese a la amplitud en cuanto a número de estudios sobre quelónidos, la falta de información de etapas críticas del ciclo vital, como los hábitats costeros y oceánicos, dificulta la



**Figure 1.** Bottom types found in the *Chelonia mydas* microhabitat. Seagrasses (a), seagrasses-sand (b), seagrasses-coral (c), sand (d), sand-coral (e), coral (f) and coral skeletons (g).

**Figura 1.** Tipos de fondo encontrados en el microhábitat de *Chelonia mydas*. Pastos marinos (a), pastos marinos-arena (b), pastos marinos-coral (c), arena (d), arena-coral (e), coral (f) y esqueletos coralinos (g).

protección de la especie (Rees et al., 2016), motivo por el cual es prioritario evaluar este tipo de hábitats, en especial a escala local (Eckert & Abreu-Grobois, 2001), debido a que la falta de estrategias en esta escala afectaría a las comunidades a una escala mayor (Álvarez-Varas et al., 2017).

Diversas causas inciden en la reducción de las poblaciones de tortugas marinas haciéndolas especies sumamente vulnerables, en sus hábitats marinos y terrestres, por afecciones naturales u ocasionadas por el hombre y de forma directa o indirecta (Medellín et al., 2009; Donlan et al., 2010; Lara-Uc & Mota-Rodríguez, 2015; Abreu, 2016), lo que a su vez repercute en el desarrollo de funciones vitales para el bienestar del océano (Wilson et al., 2010). Actualmente, *Chelonia mydas* se cataloga en “peligro de extinción” por la Lista Roja de Especies Amenazadas (IUCN, 2020).

El Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) es un área natural protegida con carácter de parque marino (DOF, 2018); tiene una extensión de 65 516 ha y se localiza frente a la costa de los municipios de Veracruz, Boca del Río y Alvarado del estado de Veracruz Llave, México (CONANP, 2011). Está conformado por 45 arrecifes coralinos, entre ellos el arrecife Cabezo (19.07583° N, 95.84861° W; WGS 84) (Liaño-Carrera et al., 2019). El registro de los datos se realizó en este sitio durante el periodo de marzo de 2018 a julio de 2019 en un horario de 08:00-14:00 h; mediante navegaciones en embarcaciones con motor fuera de borda (atendiendo las condiciones climáticas), a una

velocidad promedio de 12-15 km-h (Suárez-Domínguez et al., 2020).

Se registraron las coordenadas geográficas por medio de un GPS marca Garmin modelo map 76csx para cada individuo de *Chelonia mydas* observado. Para tener certeza sobre la especie, se recurrió a la observación de los caracteres morfológicos externos, tales como el tamaño de los ejemplares, número de escudos del caparazón, escamas de la cabeza y la coloración, particulares de cada estadio.

El tipo de fondo arrecifal se detectó mediante visualización directa desde la embarcación y se categorizó en: pastos marinos (PM), arena (A), coral (C) y esqueletos coralinos (EC). Para la clasificación también se consideraron los tipos que surgieron como resultado de la conjunción de las categorías establecidas originalmente; es decir, pastos marinos-arena (PM-A), pastos marinos-coral (PM-C) y arena-coral (A-C) (Fig. 1). Los parámetros oceanográficos se determinaron mediante un multiparámetro marca YSI modelo 85, para la temperatura (grados centígrados), el oxígeno disuelto (miligramos por litro) y la salinidad (partes por mil), y con un profundímetro marca Hondex modelo PS-7 para la profundidad (metros). El trabajo de campo se llevó a cabo bajo los permisos otorgados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Dirección General de Vida Silvestre (DGVS) (SGPA/DGVS/07034/16 y SGPA/DGVS/000999/18).

En el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano han sido reportadas tres temporadas climáticas principales, nortes, lluvias y secas (SEMARNAT & CONANP, 2017; Cerdán-Gómez, 2018; Ramos-Díaz, 2020); sin embargo, para este estudio se tomaron en cuenta dos temporadas climáticas: nortes, que comprende los meses de diciembre a mayo, y lluvias que incluye los meses de junio a noviembre. Lo anterior, considerando el traslape entre las épocas de nortes y secas por cambio en las condiciones meteorológicas, hecho que dificulta el establecimiento de lapsos específicos para cada temporada climática (Contreras-Espinoza, 2016; Secretaría de Protección Civil, 2017).

La temporada de nortes se caracteriza por la incidencia de frentes fríos, bajas drásticas de temperatura y fuerte oleaje (Carrillo et al., 2010), así como la disminución en radiación solar, precipitación y descarga fluvial (Perales-Valdivia et al., 2015). En la temporada de lluvias, por otra parte, es conocida la estratificación de la columna del agua resultado del aumento en la descarga de los ríos (Horta-Puga et al., 2017), la alta insolación, y la temperatura del aire, así como la disminución de frentes fríos (Perales-Valdivia et al., 2015).

Se calculó el esfuerzo de muestreo por año y temporada climática mediante las horas de navegación como unidad de esfuerzo (Ramos-Díaz, 2020). Se determinaron los tipos de fondo presentes en el arrecife, así como la abundancia de individuos por tipo de fondo. Los parámetros oceanográficos se analizaron tomando en cuenta estadígrafos de posición, dispersión y obteniendo la variación de los datos a través de los meses de muestreo.

Para determinar la normalidad de los datos se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk's Test; al obtener valores con una distribución no normal, se recurrió al estadístico no paramétrico Kruskal-Wallis (H) para comparar la abundancia de las tortugas por tipo

de fondo y los parámetros oceanográficos por tipo de fondo. La prueba post-hoc de Tukey se realizó al presentarse diferencias entre los ensayos, a fin de obtener los valores divergentes entre sí. Finalmente se evaluó la abundancia de las tortugas por temporada climática.

Se realizaron 13 navegaciones y se registraron 122 tortugas; no obstante, el análisis de la información se realizó con 47 ejemplares, de los cuales se obtuvieron las variables completas. El esfuerzo de muestreo para tales datos fue de 12 h 54 min. En la temporada de nortes fue de 4 h 30 min con 13 tortugas registradas y en la temporada de lluvias de 8 h 24 min, con la detección de 34 ejemplares.

De las 47 tortugas, en orden de importancia, 22 se encontraron en PM, 11 en C, siete en A, tres en PM-C, dos en PM-A, uno en A-C y uno en EC. La comparación de la abundancia por los distintos tipos de fondo no presentó diferencia significativa ( $H=7.22$ ;  $gl=4$ ;  $p=0.12$ ; Tabla 1). Los tipos A-C y EC no se consideraron en el análisis, al contar con un solo registro.

El uso de las zonas con pasto marino se relaciona con actividades de forrajeo, particularmente en praderas de *Thalassia testudinum* especie importante en la dieta de *Chelonia mydas* (Talavera-Sáenz, 2016), con amplia distribución en el arrecife Cabezo (Arellano-Méndez et al., 2016). Especies de algas como *Hypnea* sp. y *Caulerpa* sp. también integran la dieta de la tortuga y ambas tienen distribución en el sitio (Robinson et al., 2012; Galicia-García et al., 2013). Por otra parte, los sitios arenosos se asocian con zonas de descanso (Lamont et al., 2015) y termorregulación (Bjorndal, 1980) y las coralinas con áreas de refugio de depredadores, así como de fenómenos climáticos (Makowski & Seminoff, 2006).

**Table 1.** Statistics of the bottom type and oceanographic parameters of *Chelonia mydas* recorded in Cabezo Reef.

**Tabla 1.** Estadígrafos del tipo de fondo y los parámetros oceanográficos de *Chelonia mydas* registradas en el arrecife Cabezo.

	Profundidad (m)	Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Salinidad (ppt)
<b>Rango</b>	0.7-2.4	24.8-30.3	3.6-7.7	25.4-38.1
<b>Promedio±DE</b>	1.6 ± 0.16	28.4 ± 2.66	5.7 ± 1.19	32.5 ± 2.82
Abundancia por tipo de fondo	Parámetros oceanográficos por tipo de fondo			
	Profundidad	Temperatura	Oxígeno disuelto	Salinidad
H= 7.22; gl= 4; p= 0.12	H= 3.57; gl= 4; p= 0.47	H= 16.30; gl= 4; p= 0.003	H= 4.92; gl= 4; p= 0.29	H= 8.58; gl= 4; p= 0.072
Pasto marino y coral Tukey= 0.002				

Las variaciones observadas entre tipos de fondo arrecifal surgen como resultado del modelo estructural del sitio, contorneado por las condiciones particulares de la zona (Ahmad & Neil, 1994 en Bello-Pineda & Liceaga-Correa, 1998), tal variabilidad induce la heterogeneidad espacial y temporal influyendo, de esta forma, en la organización de las comunidades (Aguirre-león et al., 2013). En el arrecife Cabezo se tiene registro de procesos de fragmentación, situación que favorece la creación de una diversidad de microambientes aprovechados por las especies residentes (Arellano-Méndez et al., 2016).

Un plan de manejo acertado conserva hábitats con la suficiente heterogeneidad, capaz de mantener la diversidad genética y la resiliencia del medio, mediante la reducción de perturbaciones locales y la protección de especies clave como las tortugas marinas al ser forrajeadoras (Padilla-Souza et al., 2009). El plan de manejo del PNSAV clasifica al arrecife Cabezo en la subzona de uso público-buceo autónomo que permite actividades de buceo y pesca (SEMARNAT & CONANP, 2017), las cuales presentan restricciones, pero repercuten sobre la estructura y la biota arrecifal, incluidas las tortugas marinas (MacDonald et al., 2013).

Asimismo, se encuentra en una zona documentada con riesgo en pérdida de servicios ambientales (Ortiz-Lozano et al., 2015), debido a prácticas como la actividad pesquera por captura de pulpo (Jiménez-Badillo, 2010) y el encallamiento de embarcaciones en el arrecife Cabezo, con cuatro registros hasta el 2010 (Hayasaka-Ramírez, 2011); sin embargo, no cuenta con un programa regular de monitoreo (Reyna-González et al., 2014). En consecuencia, diversos investigadores proponen acciones de manejo alternativas para zonas con medidas inadecuadas para la protección de las tortugas (McDaniel et al., 2000).

Por las razones mencionadas anteriormente, se plantea la necesidad de la complementación e implementación de medidas para la protección del sitio. Algunos autores consideran cierres estacionales o de área (McDaniel et al., 2000); no obstante, supondría un reto debido a la elevada actividad turística, portuaria y pesquera, por lo que se propone, en la medida de lo posible, la restricción de actividades no esenciales y un monitoreo más controlado.

Los ejemplares de *Chelonia mydas* se registraron en zonas de 0.7 a 2.4 m (promedio  $\pm$  DE= 1.6 m  $\pm$  0.16) (Tabla 1), valores que corroboran la preferencia de la tortuga por sitios de baja profundidad (Mendonça, 1983; Hazel et al., 2009; Soriano-Arista, 2012; Lamont et al., 2015; Wildermann et al., 2019). La presencia de las tortugas en aguas someras se adjudica a la cantidad de

alimento disponible y a las temperaturas cálidas características (McDaniel et al., 2000). En aguas profundas, al contrario, se asocia a estrategias antidepredatorias y la búsqueda de temperaturas óptimas durante variaciones climáticas (Lamont et al., 2015).

Los datos de temperatura oscilaron de 24.8 a 30.3 °C (promedio  $\pm$  DE= 28.4  $\pm$  2.66) (Tabla 1). Las tortugas marinas suelen encontrarse activas a diversas temperaturas, con distintos umbrales a favor de la zona geográfica en la cual residen (Mendonça, 1983; Hazel et al., 2009; Lamont et al., 2015; Álvarez-Varas et al., 2017; Metz et al., 2020); no obstante, registros desmesurados, durante lapsos prolongados, alteran su comportamiento e incluso conllevan a la muerte (Bitón-Porsmoguer, 2009).

Las tortugas marinas mitigan el efecto de la temperatura mediante acciones alternativas tales como el adormecimiento temporal, disminución de las actividades (Contreras-Salazar, 2008), hábitos migratorios (González-Carman et al., 2012; Metz et al., 2020), cambio en la distribución dentro de la columna del agua (Lamont et al., 2015), entre otras. La sensibilidad de los organismos a dicho parámetro varía en razón de la edad (Sevilla, 1977) estado de salud o tamaño de los individuos (Márquez, 1996).

El análisis referente a la comparación de los parámetros oceanográficos y los tipos de fondo arrecifal no reveló diferencias significativas, a excepción del parámetro temperatura ( $H = 16.3$ ;  $gl = 4$ ;  $p = 0.003$ ; Tabla 1), por lo que se infiere la variación de este indicador en relación con el fondo arrecifal. La prueba post-hoc de Tukey mostró diferencias entre los tipos pasto marino y coral ( $p = 0.002$ ), presentando los valores más bajos de temperatura para sitios con pasto marino (24.8 a 29.9 °C) y los más altos con coral (28.7 a 30.3 °C).

Los pastos suelen distribuirse en extensas y densas praderas submarinas (Lara-Domínguez, 2005), condición que propicia la disminución en cantidad de luz solar que llega al fondo y en consecuencia crea zonas de sombra que resultan en un ligero descenso de la temperatura en el lugar, lo cual difiere de las zonas coralinas. Estas zonas concuerdan con la mayor abundancia de ejemplares, siendo sitios de alimentación y refugio respectivamente; sin embargo, este dato en relación con la temperatura no resulta determinante ya que la diferencia es de 5.5 °C y las tortugas suelen alterar su comportamiento a temperaturas desmedidas.

*Chelonia mydas* se encontró en sitios con concentraciones de 3.6 a 7.7 mg/L de oxígeno disuelto (promedio  $\pm$  DE= 5.7 $\pm$

1.19) (Tabla 1). Los valores de esta constante no se consideran limitantes para las tortugas marinas puesto que presentan una respiración pulmonar; no obstante, influye en la distribución de los organismos de los que se alimenta, por lo que el descenso en la concentración de oxígeno disuelto resultaría en una disminución en la cantidad de alimento disponible (Galloway et al., 1995 en McDaniel et al., 2000).

La salinidad se registró en intervalos de 25.4 a 38.1 ppt (promedio  $\pm$  DE= 32.5  $\pm$  2.82) (Tabla 1). Tal parámetro es de importancia en caracterizaciones biológicas debido a que, en asociación con la temperatura, incide en otros factores como el oxígeno y la densidad. Ciertos organismos limitan su distribución a rangos particulares de salinidad, empero, suelen presentar mecanismos para regular la concentración de la misma (Sevilla, 1977). Las tortugas marinas equilibran el contenido de sales por medio de la secreción a través de las glándulas de la sal situadas en las órbitas oculares (Bitón-Porsmoguer, 2009) y la formación de orina concentrada (Contreras-Salazar, 2008).

La mayor abundancia de *Chelonia mydas* se registró en temporada de lluvias (junio a noviembre), con el 72 % de los ejemplares. Dicha época, como se mencionó anteriormente, se caracteriza por la estratificación de la columna del agua, con una capa superficial somera de mayor productividad primaria (Monreal-Gómez et al., 2004), cálida y de mayor turbidez (Pérez-España & Vargas-Hernández, 2008; Pérez-España et al., 2012). Tales propiedades son de predilección por la especie debido a la estabilidad en la columna del agua y al aumento en cantidad de alimento (González-Carman et al., 2012; Chamlaty-Fayad, 2020). Debe considerarse de igual forma que el esfuerzo de muestreo, debido a las condiciones climáticas, fue mayor en la época lluviosa.

A pesar de no haberse realizado el análisis entre clases de talla, se detectó una mayor cantidad de juveniles en el arrecife Cabezo. Dicho resultado concuerda con registros previos del PNSAV (Delgado, 2016; Cerdán-Gómez, 2018), sitio en el que se reporta, además, un aparente buen estado de salud de *Chelonia mydas* (Ramos-Díaz, 2020). Por lo anterior, es admisible considerar al Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano y al arrecife Cabezo como una zona con condiciones favorables para el desarrollo de las tortugas marinas en etapa temprana. Referente al tema, es común la residencia permanente o temporal (Darré-Castell, 2005) de ejemplares inmaduros de *Chelonia mydas* en hábitats someros, abundantes en pasto y algas marinas (Abreu, 2016), a lo largo de su desarrollo a la madurez sexual, habitando zonas arrecifales costeras en las que encuentran alimento y refugio (Williams et al., 2017). En el PNSAV no existe registro

de recaptura de ejemplares (Ramos-Díaz, 2020), por lo que la residencia en el parque podría ser temporal.

La mortalidad en tortugas marinas inmaduras es elevada, por lo que el número de individuos que llega a la madurez sexual es reducido (WWF, 2000). Los factores que influyen en la tasa de mortalidad engloban: enfermedades (Harold & Eckert, 2005; Suárez-Domínguez et al., 2020) y capturas intencionales (Seminoff, 2004; Williams et al., 2017) e incidentales (Delgado, 2016), así como el bajo reclutamiento poblacional, lento crecimiento y maduración tardía (Lagueux, 2001; Medellín et al., 2009).

El conocimiento de las tortugas marinas en etapas pre-reproductivas es reducido (Wildermann et al., 2018), razón por la cual es relevante la delimitación de zonas de desarrollo y alimentación (Caraccio et al., 2005; Darré-Castell, 2005), a fin de contribuir en la eficiencia de los programas encargados de la protección de especies amenazadas (Hart & Fujisaki, 2010) y a que un mayor número de individuos alcance la etapa reproductiva.

Las características particulares del arrecife Cabezo lo convierten en el microhábitat idóneo para *Chelonia mydas* al presentar las condiciones y recursos necesarios para su desarrollo a la etapa reproductiva. Con la información de este estudio, se podrían sentar las bases para restringir actividades humanas y considerarlo hábitat prioritario para la conservación de la tortuga marina lo cual, a su vez, estaría conservando otras especies silvestres, al ser considerada una especie sombrilla.

**Agradecimientos.**— A la Administración Portuaria Integral de Veracruz (APIVER) y a la Universidad Veracruzana (UV) por el financiamiento a través del proyecto de colaboración entre ambas instituciones, titulado: “Programa de monitoreo biológico basado en especies indicadoras de integridad ecológica en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV)”, Folios API-GI-CS-62601-054-16 y API-GI-CS-62601-071-18. A la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y Dirección General de Vida Silvestre (DGVS) por los permisos otorgados para el trabajo de campo (SGPA/DGVS/07034/16 y SGPA/DGVS/000999/18).

## LITERATURA CITADA

Abreu, A. 2016. Generalidades de tortugas marinas. Pp. 19-34. En Soluciones Ambientales ITZENI (Ed.). Las tortugas marinas en México: Logros y perspectivas para su conservación. Ciudad de México.

- Aguirre-león, A., H.E. Pérez-Ponce & S. Díaz-Ruiz. 2013. Heterogeneidad ambiental y su relación con la diversidad y abundancia de la comunidad de peces en un sistema costero del golfo de México. *Revista de Biología Tropical* 62:145-163.
- Álvarez-Cárdenas, S., P. Gallina-Tessaro, S. Díaz-Castro, I. Guerrero-Cárdenas, A. Castellanos-Vera & E. Mesa-Zavala. 2009. Evaluación de elementos estructurales del hábitat del borrego cimarrón en la Sierra del Mechudo, Baja California Sur, México. *Tropical Conservation Science* 2:189-203.
- Álvarez-Varas, R., J. Contardo, M. Heidemeyer, L. Forero-Rozo, B. Brito, V. Cortés, M.J. Brain, S. Pereira & J.A. Vianna. 2017. Ecology, health and genetic characterization of the southernmost green turtle (*Chelonia mydas*) aggregation in the eastern Pacific: Implications for local conservation strategies. *Latin American Journal of Aquatic Research* 45:540-554.
- Arellano-Méndez, L.U., J. Bello-Pineda, J.A. Akè-Castillo, H. Pérez-España & L. Martínez-Cárdenas. 2016. Distribución espacial y estructura morfométrica de las praderas de *Thalassia testudinum* (Hydrocharitaceae) en dos arrecifes del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México. *Revista de Biología Tropical* 64:427-448.
- Bello-Pineda, J. & M.A. Liceaga-Correa. 1998. Propuesta de un sistema de clasificación para los tipos de fondo del Parque Nacional Arrecife Alacranes compatible con una imagen Landsat TM. Pp. 191-205. En University of Miami. Proceedings of the 50th Gulf and Caribbean Fisheries Institute. Mérida, Yucatán, México.
- Bitón-Porsmoguer, S. 2009. Biología de las tortugas marinas e incidencia de la pesca de arrastre en su conservación en el Mediterráneo y golfo de Cádiz. Asociación Chelonia, España.
- Bjorndal, K.A. 1980. Nutrition and grazing behavior of the green turtle *Chelonia mydas*. *Marine Biology* 56:147-154.
- Caraccio, M.N., E. Naro-Maciel, M. Hernández & R. Pérez. 2005. Composición genética de la tortuga verde (*Chelonia mydas*) en el área de alimentación y desarrollo de Cerro Verde, Rocha, Uruguay. Pp. 39-41. En Núcleo de Educação e Monitoramento Ambiental, II Jornada de conservação e pesquisa de tartarugas marinhas no Atlântico sul ocidental. Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Carrillo, L., G. Horta-Puga, J.P. Carricart-Ganivet. 2010. Clima y oceanografía. Pp. 48-59. En E.A. Chávez (Ed.). Arrecifes coralinos del sur del golfo de México. Versión en español. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, Baja California Sur, México.
- Cerdán-Gómez, C.N. 2018. Densidad poblacional de tortuga verde (*Chelonia mydas* Linnaeus, 1758) en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, Veracruz, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México.
- Chamlaty-Fayad, Y.E. 2020. Influencia de factores oceanográficos en la distribución y densidad de *Chelonia mydas* en el Sistema Arrecifal Veracruzano, México. Tesis de maestría. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2011. Estudio previo justificativo para la modificación de la declaratoria del área natural protegida Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Dirección de Representatividad y Creación de Nuevas Áreas Naturales Protegidas, Dirección del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, Dirección Regional Planicie Costera y golfo de México. Veracruz, México.
- Contreras-Espinoza, L. 2016. Variación espacio-temporal de la estructura comunitaria del zooplancton y su relación con las variables hidrográficas en la desembocadura del río Jamapa, Veracruz, en dos temporadas climáticas (nortes y lluvias). Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana. Boca del Río, Veracruz.
- Contreras-Salazar, P.A. 2008. Las tortugas marinas y nuestro tiempo. *Acta Universitaria* 18:32-35.
- Darré-Castell, E. 2005. Hábitos alimentarios de juveniles de tortuga verde (*Chelonia mydas*) en Cerro Verde, Rocha. Informe de pasantía. Facultad de Ciencias, Universidad de la República. Montevideo, Uruguay.
- Delfín-Alfonso, C.A., S.A. Gallina-Tessaro & C.A. López-González. 2011. El hábitat: Definición, dimensiones y escalas de evaluación para la fauna silvestre. Pp. 317-350. En S. Gallina-Tessaro & C.A. López-González (Eds.). Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Querétaro, México.
- Delgado, C. 2016. Tortuga verde. Pp. 135-158. En Soluciones Ambientales ITZENI (Ed.). Las tortugas marinas en México: Logros y perspectivas para su conservación. Ciudad de México.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2018. Acuerdo por el que se da a conocer el resumen del programa de manejo del Área Natural

- Protegida con categoría de Parque Nacional la zona conocida como Sistema Arrecifal Veracruzano. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Ciudad de México.
- Donlan, C.J., D.K. Wingfield, L.B. Crowder & C. Wilcox. 2010. Using Expert Opinion Surveys to Rank Threats to Endangered Species: A Case Study with Sea Turtles. *Conservation Biology* 24: 1586-1595.
- Eckert, K.L. & F.A. Abreu-Grobois. 2001. Declaración de Santo Domingo. Pp. III. En K.L. Eckert & F.A. Abreu-Grobois (Eds.). Memorias de conservación de tortugas marinas en la región del gran Caribe: Un diálogo para el manejo regional efectivo. Santo Domingo, República Dominicana.
- Galicia-García, C., N.M. Robinson & Y.B. Okolodkov. 2013. New records of red algae (Rhodophyta) for Cabezo reef, National Park Sistema Arrecifal Veracruzano, gulf of México. *Acta Botanica Mexicana* 102:39-76
- González-Carman, V., V. Falabella, S. Maxwell, D. Albareda, C. Campagna & H. Mianzan. 2012. Revisiting the ontogenetic shift paradigm: The case of juvenile green turtles in the SW Atlantic. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 429:64-72.
- Harold, S. & K.L. Eckert. 2005. Tortugas marinas del Caribe en peligro: Un manual para educadores. Informe técnico de WIDECAS No. 3. Red para la Conservación de las Tortugas Marinas en el Gran Caribe (WIDECAS). Beaufort, North Carolina.
- Hart, K.M. & I. Fujisaki. 2010. Satellite tracking reveals habitat use by juvenile green sea turtles *Chelonia mydas* in the Everglades, Florida, USA. *Endangered Species Research* 11:221-232.
- Hayasaka-Ramírez, S. 2011. Indicadores de presión antropogénica asociados al encallamiento de embarcaciones en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, golfo de México. Tesis de maestría. Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana. Boca del Río, Veracruz.
- Hazel, J., I.R. Lawler & M. Hamann. 2009. Diving at the shallow end: Green turtle behaviour in near-shore foraging habitat. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 371: 84-92.
- Horta-Puga, G., J.L. Tello-Musi, A.D. Córdova-Morales, G.A. Gutiérrez-Carrillo, J.F. Gutiérrez-Martínez & A.A. Morales-Aranda. 2017. Sistema Arrecifal Veracruzano, condición actual y programa permanente de monitoreo: Segunda etapa. Informe final del proyecto GMO05. CONABIO, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Ciudad de México.
- International Union for Conservation of Nature (IUCN). 2020. Red List of Threatened Species. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2020-1. <https://www.iucnredlist.org> [Consultado en junio 2020]
- Jiménez-Badillo, L. 2010. Geographic information systems: Tools to manage the octopus fishery in the Veracruz Reef System National Park, México. *GIS/ Spatial Analyses in Fishery and Aquatic Sciences* 4:319-328.
- Lagueux, C.J. 2001. Estado de conservación y distribución de la tortuga verde, *Chelonia mydas*, en la región del gran Caribe. Pp. 34-37. En K.L. Eckert & F.A. Abreu-Grobois (Eds.). Memorias de conservación de tortugas marinas en la región del gran Caribe: Un diálogo para el manejo regional efectivo. Santo Domingo, República Dominicana.
- Lamont, M.M., I. Fujisaki, B.S. Stephens & C. Hackett. 2015. Home range and habitat use of juvenile green turtles (*Chelonia mydas*) in the northern gulf of Mexico. *Animal Biotelemetry* 3:1-12.
- Lara-Domínguez, A.L. 2005. Pastos marinos. Pp. 229-240. En P. Moreno-Casasola, E. Peresbarbosa-Rojas & A.C. Travieso-Bello (Eds.). Manejo costero integral: El enfoque municipal. Instituto de Ecología, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Xalapa, Veracruz, México.
- Lara-Uc, M.M. & C. Mota-Rodríguez. 2015. Tortuga Verde, *Chelonia mydas* (Linnaeus 1778). *Bioma* 27:43-50.
- Liaño-Carrera, F., T. Camarena-Luhers, A. Gómez-Barrero, F.J. Martos-Fernández, J.I. Ramírez-Macias, D. Salas-Monreal. 2019. New coral reef structures in a tropical coral reef system. *Latin American Journal of Aquatic Research* 47:270-281.
- MacDonald, B.D., S.V. Madrak, R.L. Lewison, J.A. Seminoff & T. Eguchi. 2013. Fine scale diel movement of the east Pacific green turtle, *Chelonia mydas*, in a highly urbanized foraging environment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 443:56-64.
- Makowski, C. & J.A. Seminoff. 2006. Home range and habitat use of juvenile Atlantic green turtles (*Chelonia mydas* L.) on shallow reef habitats in Palm Beach, Florida, USA. *Marine Biology* 148:1167-1179.

- Márquez, R. 1996. Las tortugas marinas y nuestro tiempo. Fondo de Cultura Económica, Secretaría de Educación Pública, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Ciudad de México.
- McDaniel, C.J., L.B. Crowder & J.A. Priddy. 2000. Dinámica espacial de la abundancia de tortugas marinas e intensidad de camarones en el golfo de México de los Estados Unidos. *Ecology and Society* 4:1-16.
- Medellín, R.A., A. Abreu-Grobois, M. Del Coro-Arizmendi, E. Mellink, E. Ruelas, E. Santana & J. Urbán. 2009. Conservación de especies migratorias y poblaciones transfronterizas. Pp. 470-472. En Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Ciudad de México.
- Mendonça, M.T. 1983. Movements and feeding ecology of immature green turtles (*Chelonia mydas*) in a Florida Lagoon. *Copeia* 4:1013-1023.
- Metz, T.L., M. Gordon, M. Mokrech & G. Guillen. 2020. Movements of Juvenile Green Turtles (*Chelonia mydas*) in the Nearshore Waters of the Northwestern Gulf of Mexico. *Frontiers in Marine Science* 7: 1-17.
- Monreal-Gómez, M.A., D.A. Salas de León & A. Gracia-Gasca. 2004. Golfo de México circulación y productividad. *Ciencias* 76:24-33.
- Morris, D.W. 1987. Ecological scale and habitat use. *Ecology* 68: 362-369.
- Nava-Castillo, R., M. Betanzos Reyes, D. Lerma Quiroga, J.F. Colorado Dapa. 2019. Monitoreo de zonas de alimentación y refugio de tortugas marinas en la laguna madre. Pp. 267-271. En: E.A. Cuevas Flores, V. Guzmán Hernández, J.J. Guerra Santos & G.A. Rivas Hernández (Eds.). El uso del conocimiento de las tortugas marinas como herramienta para la restauración de sus poblaciones y hábitats asociados. UNACAR, Ciudad del Carmen, Campeche, México.
- Ortiz-Lozano, L., A. Granados-Barba, I. Espejel, J. Salas-Pérez & C. González-Gándara. 2015. La zona costera de Veracruz a Antón Lizardo: Un análisis sobre la vulnerabilidad de sus servicios ambientales. Pp. 151-178. En Aguilera (Ed.). Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. México.
- Padilla-Souza, C., H. Alafita-Vázquez & E. Andreu-Montalvo. 2009. Factores de riesgo para los arrecifes coralinos y sus mecanismos de respuesta ante los efectos del cambio climático global. Pp. 1-24. En E. Rivera-Arriaga, I. Azuz-Adeath, G.J. Villalobos-Zapata & L. Alpuche-Gual (Eds.). Cambio climático en México un enfoque costero-marino. Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, México.
- Perales-Valdivia, H., R. Sanay-González & M. Marín-Hernández. 2015. Variación temporal de la estructura termohalina en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Pp. 124-137. En Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Revista digital e-bios, Universidad Autónoma Metropolitana, Universidad Veracruzana, Acuario de Veracruz. México.
- Pérez-España, H. & J.M. Vargas Hernández. 2008. Caracterización ecológica y monitoreo del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano: Primera etapa. Informe final del proyecto DM002. CONABIO, Universidad Veracruzana. Centro de Ecología y Pesquerías. Ciudad de México.
- Pérez-España, H., J. Santander-Monsalvo, J. Bello-Pineda, R.S. Gómez-Villada, J.A. Ake-Castillo, M.A. Lozano-Aburto, M.A. Román-Vives & M. Marín-Hernández. 2012. Caracterización ecológica del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Pp. 581-601. En A.J. Sánchez, X. Chiappa-Carrara & R. Brito-Pérez (Eds.) Recursos acuáticos costeros del sureste Volumen II. Mérida, México.
- Ramos-Díaz, A.H. 2020. Efecto del estado físico y la temporalidad climática sobre la bioquímica clínica de la tortuga verde (*Chelonia mydas*) en el arrecife Cabezo, Veracruz. Tesis de maestría. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México.
- Rees, A.F., J. Alfaro-Shigueto, P.C.R. Barata, K.A. Bjorndal, A.B. Bolten, J. Bourjea, A.C. Broderick, L.M. Campbell, L. Cardona, C. Carreras, P. Casale, S.A. Ceriani, P.H. Dutton, T. Eguchi, A. Formia, M.M.P.B. Fuentes, W.J. Fuller, M. Girondot, M.H. Godfrey, M. Hamann, K.M. Hart, G.C. Hays, S. Hochscheid, Y. Kaska, M.P. Jensen, J.C. Mangel, J.A. Mortimer, E. Naro-Maciel, C.K.Y. Ng, W.J. Nichols, A.D. Phillott, R.D. Reina, O. Revuelta, G. Schofield, J.A. Seminoff, K. Shanker, J. Tomás, J.P. Van de Merwe, K.S. Van Houtan, H.B. Vander Zanden, B.P. Wallace, K.R. Wedemeyer-Strombel, T.M. Work, B.J. Godley. 2016. ¿Are we working towards global research priorities for management and conservation of sea turtles? *Endangered Species Research* 31:337-382.
- Reyna-González, P.C., J. Bello-Pineda, L. Ortiz-Lozano, H. Pérez-España, P. Arceo & J. Brenner. 2014. Incorporating expert knowledge for development spatial modeling in assessing

- ecosystem services provided by coral reefs: A tool for decision-making. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 49: 279-292.
- Robinson, N.M., C. Galicia-García & Y.B. Okolodkov. 2012. New records of green (Chlorophyta) and brown algae (Phaeophyceae) for Cabezo reef, National Park Sistema Arrecifal Veracruzano, gulf of México. *Acta Botánica Mexicana* 101:11-48.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) & Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2017. Programa de manejo Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Primera edición. México.
- Secretaría de Protección Civil. 2017. Calendario de temporadas y fenómenos meteorológicos para el estado de Veracruz. <http://www.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/5/2017/05/CALENDARIO-2107.pdf> [Consultado en septiembre 2019]
- Seminoff, J.A. 2004. Global Status Assessment: Green turtle (*Chelonia mydas*). Marine turtle specialist group, The World Conservation Union (IUCN), Species Survival Commission, Red List Programme. Texas, Estados Unidos.
- Seminoff, J.A., A. Resendiz & W.J. Nichols. 2002. Home range of green turtles *Chelonia mydas* at a coastal foraging area in the gulf of California, México. *Marine Ecology Progress Series* 242:253-265.
- Sevilla, M.L. 1977. Introducción a la ecología marina. Instituto Politécnico Nacional. Ciudad de México.
- Soriano-Arista, M.C.E. 2012. Ámbito hogareño y uso de hábitat de la tortuga prieta (*Chelonia mydas*) en la laguna San Ignacio, Baja California Sur, México. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México.
- Suárez-Domínguez, E.A., I. Martínez-Serrano, N. Righini, Y.E. Chamlaty-Fayad, E.A. Bello-Sánchez & A.H. Ramos-Díaz. 2020. Fibropapilomatosis en tortuga verde (*Chelonia mydas*) de vida libre en la costa central de Veracruz, México. *Ciencias Marinas* 46:133-143.
- Talavera-Sáenz, A.L. 2016. Hábitos alimenticios de la tortuga verde (*Chelonia mydas*) del litoral central de Quintana Roo, México: Uso del  $\delta^{13}C$  y  $\delta^{15}N$ . Tesis de doctorado. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, B.C.S.
- Vázquez-Cuevas, M. & E. Cuevas. 2019. Hábitats críticos de tortuga blanca (*Chelonia mydas*) y Carey (*Eretmochelys imbricata*) en la península de Yucatán y su coincidencia espacial con zonas de pesca artesanal. Pp. 57-62. En E.A. Cuevas Flores, V. Guzmán Hernández, J.J. Guerra Santos & G.A. Rivas Hernández (Eds.). El uso del conocimiento de las tortugas marinas como herramienta para la restauración de sus poblaciones y hábitats asociados. UNACAR, Ciudad del Carmen, Campeche, México.
- Wildermann, N.E., C. Gredzens, L. Avens, H.A. Barrios-Garrido, I. Bell, J. Blumenthal, A.B. Bolten, J. Braun-McNeill, P. Casale, M. Di Domenico, C. Domit, S.P. Epperly, M.H. Godfrey, B.J. Godley, V. González-Carman, M. Hamann, K.M. Hart, T. Ishihara, K.L. Mansfield, T.L. Metz, J.D. Miller, N.J. Pilcher, M.A. Read, C. Sasso, J.A. Seminoff, E.E. Seney, A. Southwood-Williard, J. Tomás, G.M. Vélez-Rubio, M. Ware, J.L. Williams, J. Wyneken & M.M.P.B. Fuentes. 2018. Informing research priorities for immature sea turtles through expert elicitation. *Endangered Species Research* 37:55-76.
- Wildermann, N.E., C.R. Sasso, L.W. Stokes, D. Snodgrass & M.M.P.B. Fuentes. 2019. Habitat use and behavior of multiple species of marine turtles at a foraging area in the northeastern gulf of México. *Frontiers in Marine Science* 6:1-13.
- Williams, J.L., S.J. Pierce, C.A. Rohner, M.M.P.B. Fuentes & M. Hamann. 2017. Spatial distribution and residency of green and loggerhead sea turtles using coastal reef habitats in southern Mozambique. *Frontiers in Marine Science* 3:1-16.
- Wilson, E.G., K.L. Miller, D. Allison & M. Magliocca. 2010. ¿Por qué los océanos sanos necesitan las tortugas marinas? <https://www.vistaalmar.es/especies-marinas/general/1192-ipor-que-los-océanos-sanos-necesitan-las-tortugas-marinas.html> [Consultado en noviembre 2019]
- World Wildlife Fund (WWF). 2000. Tortugas marinas. [https://www.wwfca.org/especies\\_yllugares/tortugas\\_marinas/](https://www.wwfca.org/especies_yllugares/tortugas_marinas/) [Consultado en mayo 2020]

