



ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTACIONAL E
INTERANUAL DE LA COMUNIDAD ICTIOFAUNÍSTICA
ASOCIADA A ZONAS DE MANGLAR EN LA LAGUNA DE
ALVARADO, VERACRUZ

ANALYSIS OF THE SEASONAL AND INTERANUAL BEHAVIOR OF
THE ICTIOFAUNISTIC COMMUNITY ASSOCIATED TO
MANGROVE ZONES IN ALVARADO LAGOON, VERACRUZ

Jonathan Franco-López

Laboratorio de Ecología, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Avenida de Los Barrios, No. 1, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México, México, C.P. 54090.

✉ jonfranco@yahoo.com

ABSTRACT

Mangroves contribute to the maintenance of functional and productive processes of coastal systems, currently they face anthropocentric and environmental pressures that alter the structure and jeopardize their development. This work was done in order to analyze the ecological parameters of the ichthyofaunistic community in mangrove areas on a seasonal and interannual. The parameters were recorded at 10 stations where the fish were collected with a ship's boat of 50 m in the period 1995-2012. Environmental records were subjected to an ANOVA per year. To assess the diversity and dominance between years, Shannon-Wiener index and McNaughton were used. Abundance data per year were analyzed using a multidimensional scaling (MDS). Physico-chemical parameters show significant differences for the years 1995, 1998, 2002 to 2005, 2007 and 2010. 46939 organisms with a biomass of 604058.8 g, were captured belonging to 82 species. The effect of temperature rise and variation in rainfall has favored the incursion of marine species in the system and in particular to areas of mangrove species richness increasing but decreasing the values of diversity and evenness. The relationship between environmental changes and their effect on the fluctuations in the abundance of species is an aspect that should be studied in order to predict the potential impacts on socio-economic aspects in the Alvarado Lagoon system.

Key words: abundance, Alvarado, interannual behavior, diversity, ichthyofauna, mangrove.

RESUMEN

Los manglares contribuyen al mantenimiento de los procesos funcionales y productivos de los sistemas costeros, en la actualidad enfrentan presiones antropocéntricas y ambientales que alteran la estructura y ponen en riesgo su desarrollo. Este trabajo se realizó con la finalidad de analizar los parámetros ecológicos de la comunidad ictiofaunística en zonas de manglar de forma estacional e interanual. Los parámetros se registraron en 10 estaciones donde se colectaron los peces con un chinchorro de 50 m., en el período de 1995 a 2012. Los registros ambientales se sometieron a un ANOVA por año. Para evaluar la diversidad y la dominancia entre años, se utilizaron los índices de Shannon-Wiener y de McNaughton. Los datos de abundancia y por año se analizaron mediante un escalamiento multidimensional (MDS). Los parámetros fisicoquímicos muestran diferencias significativas para los años 1995, 1998, 2002 a 2005, 2007 y 2010. Se capturaron 46939 organismos con una biomasa de 604058.8 g., pertenecientes a 82 especies. El efecto de la elevación de temperatura y la variación en las lluvias, ha favorecido la incursión de especies marinas al sistema y en particular a las zonas de manglar incrementando la riqueza específica pero disminuyendo los valores de diversidad y de la equitatividad. La relación entre los cambios ambientales y su efecto sobre la fluctuación en la abundancia de las especies, es un aspecto que debe ser estudiado con la finalidad de predecir los posibles impactos en los aspectos socioeconómicos en el sistema lagunar de Alvarado.

Palabras clave: abundancia, Alvarado, comportamiento interanual, diversidad, ictiofauna, manglar.

INTRODUCCION

En la zona costera del golfo de México, se encuentra una gran cantidad de ambientes estuarino-lagunares que constituyen la frontera natural entre las interfaces marina y dulceacuícola. Estos ecosistemas, han sido considerados como zonas de transición (Levin et al., 2001; Norris et al., 2010), donde la tasa de fluctuación de la salinidad que resulta de aporte del ambiente marino y del agua dulce transportada del continente hacia el océano, ocasiona que los sistemas costeros sean salobres, y donde la colonización y éxito de los organismos que los habitan estén determinados por múltiples factores.

Uno de los ecosistemas característicos de estos ambientes son las áreas de manglar, que experimentan un flujo continuo de las mareas dos o más veces al día y donde los aportes de detritus y nutrientes son transportados por este flujo y los ríos adyacentes contribuyendo a la gran productividad de estos ecosistemas en su conjunto. Se reconoce además, que los manglares contribuyen al mantenimiento de los procesos funcionales y productivos del sistema que son aprovechados por el hombre de forma cotidiana, sin embargo en la actualidad enfrentan diversas presiones ocasionados por los impactos antropogénicos que alteran su estructura, esto aunado a la variación de las condiciones ambientales, ponen en riesgo su crecimiento y desarrollo.

Un aspecto actual que destaca de la caracterización de estos ecosistemas, es el análisis de las posibles consecuencias de los cambios en su biodiversidad como resultado de eventos externos que influyan en su dinámica y sus implicaciones respecto a su conservación y mantenimiento. Un grupo biológico característico de este tipo de ambientes y que puede ser utilizado como modelo para evaluar los cambios en su dinámica son los peces, que gracias a su elevada capacidad de desplazamiento entre las fases dulceacuícolas y marinas, se encargan de exportar materia y energía a otros ecosistemas (Yañez et al., 1988; Levin et al., 2001; Esteves et al., 2008; Carbajal et al., 2009). Por sus características anatómicas y fisiológicas, son un grupo indicador de las condiciones

hidrológicas que prevalecen en este tipo de ambientes y las variaciones en este componente podría afectar a muchas especies de peces y sus ciclos de vida, crecimiento y fecundidad, alterando su comportamiento, tamaños poblaciones y sus comunidades a nivel local o regional (Boesch y Turner, 1984; Ruiz et al., 1993; Roessig et al., 2004).

El sistema lagunar de Alvarado, Veracruz, se ubica como uno de los ecosistemas costeros más importantes del golfo de México, se encuentra conformado por diversos humedales que integran ecosistemas representativos de la planicie costera del golfo de México, destacan en su conformación los manglares, con unas 19000 hectáreas de *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*, que están sujetas a protección especial de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010).

En torno a la laguna de Alvarado, se han desarrollado diversos trabajos que integran una multiplicidad de temas acorde a la complejidad del sistema. Con base a sus componentes biológicos, destacan los trabajos de Reguero y García, (1989) y Tovilla y de la Lanza (1989) sobre moluscos; sobre crustáceos los trabajos de García y Franco (1989), Raz-Guzmán y Sánchez (1992), Loran et al. (1993), Sánchez y Soto (1993), Raz-Guzmán y Sánchez (1998), Álvarez et al. (1999), Álvarez-Silva y Gómez-Aguirre (2000), Winfield et al. (2001), Álvarez et al. (2002), Robles et al. (2002), Cházaro y Peterson (2004) y Cházaro et al. (2007). Sobre los peces como el elemento más conspicuo en este sistema, se encuentran los trabajos de Reséndez (1973), Flores y Méndez (1982), Franco et al. (1992), Franco et al. (1996), Barrera-Escorcia et al. (2002), Montoya et al. (2004), Chávez et al. (2005), Peláez et al. (2005), Salgado et al. (2005), Zarza et al. (2006), Abarca-Arenas et al. (2007), Carbajal-Fajardo et al. (2009), Abarca et al. (2012) y Franco-López et al. (2014), quienes abordan diversos aspectos de este grupo biológico, desde fases tempranas de desarrollo, ciclos de vida y reproductivo, así como las relaciones tróficas e interacciones comunitarias.

Sin embargo, un aspecto poco abordado hasta la actualidad en los estudios realizados sobre los componentes biológicos en esta laguna, son las investigaciones relacionadas con el análisis de su comportamiento en una escala de tiempo mayor, a través del conocimiento de los patrones de diversidad y los factores ambientales que se vinculan con los procesos de reemplazo de especies y su impacto en los registros de este parámetro. El presente trabajo se desarrolló con la finalidad de analizar el comportamiento estacional e interanual de la comunidad íctica asociada a las zonas de manglar, tomando como base el comportamiento de la composición específica, su variación en términos de abundancia y biomasa, así como los valores de diversidad y dominancia en el sistema lagunar de Alvarado y su relación con el comportamiento ambiental en el área.

MATERIALES Y MÉTODOS

El sistema lagunar de Alvarado se localiza en la región sureste del estado de Veracruz, México, y se encuentra constituido, de norte a sur, por las lagunas Camaronera, Buen País, Alvarado y Tlalixcoyan. Se localiza entre las coordenadas geográficas 18° 44' 00" y 18° 52' 15" de latitud norte y 95° 44' 00" y 95° 57' 00" de longitud oeste (Flores y Méndez, 1982) (Fig. 1).



Fig. 1. Sistema lagunar Alvarado y ubicación de las estaciones de muestreo (tomado de Google, 2005).

Se ubicó una red de diez estaciones de muestreo distribuidas en las zonas donde el manglar presenta los mayores valores de cobertura, que fue monitoreada durante el período comprendido de febrero de 1995 a noviembre de 2012 cubriendo las principales temporadas climáticas que se presentan en la zona i.e. Secas, Lluvias y Nortes. En cada sitio de colecta, se registraron los siguientes parámetros: profundidad, temperatura, salinidad y oxígeno disuelto. Para determinar si se presentaban diferencias significativas en el comportamiento físico-químico entre los años de estudio, los datos de cada parámetro: temperatura ambiente, temperatura del agua, profundidad, transparencia, salinidad y oxígeno se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías. Para complementar el análisis de los parámetros fisicoquímicos de forma anual, se realizó un análisis multidimensional de escala (MDS), este procedimiento representa en un espacio de n -dimensiones, representado por los registros de los parámetros, la distribución de las muestras en un número reducido de dimensiones generalmente 2 ó 3, se reconoce como un proceso iterativo, donde el resultado expresa a través del stress si el ajuste no requirió de transformaciones complementarias que ayudarán a reducir este factor. De esta forma un stress bajo indica una buena representación en un número reducido de dimensiones (Clarke y Warwick, 2001).

Los organismos se colectaron con un chinchorro playero de 50 metros de largo, 2.5 m de altura y luz de malla de 2.5 cm, el área de captura correspondió en todos los casos a 1500 m² de arrastre por estación. Los organismos se fijaron con formol al 10%, inyectándolos en la cavidad abdominal para detener los procesos digestivos. En el laboratorio, las especies se determinaron utilizando las claves taxonómicas de Fischer (1978); Hoese y Moore (1998); Castro-Aguirre (1999); Carpenter (2002 a, b).

Para evaluar la heterogeneidad y equitatividad de la comunidad íctica se utilizó el índice de Shannon-Wiener (Krebs 1999) que se calculó a partir de la siguiente fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

La máxima diversidad se obtiene cuando todas las especies tienen el mismo número de individuos, de igual forma, la equitatividad (J') se calculó como la proporción de H' con relación a max H' y se calcularon de la siguiente forma:

$$H_{\max} = \log_2 S ; J' = \frac{H'}{H_{\max}}$$

Se estimó el índice de dominancia comunitaria de McNaughton (McNaughton, 1967), de acuerdo a la siguiente relación:

$$ID = \frac{D_1 + D_2}{D_{tot}} * 100$$

Los datos de la abundancia por especie se analizaron de forma estacional y anual en la laguna, este análisis se realizó mediante un análisis multidimensional de escala (MDS), este procedimiento representa en un espacio de n-dimensiones (en este caso las abundancias de las diferentes especies por año) la distribución de las muestras en un número reducido de dimensiones generalmente dos o tres (Clarke y Warwick, 2001).

Resultados

Fisicoquímicos

Los resultados anuales correspondientes a los parámetros físico-químicos registrados en las áreas de manglar, se muestran en la tabla 1, mismos a los que se les aplicó un ANOVA, para determinar si había diferencias significativas en el comportamiento de los parámetros entre los distintos años, los resultados muestran que si hay diferencias entre los años analizados (ANOVA $F_{2, 159} = 2053.7, p < 0.05$).

El análisis del comportamiento de los parámetros fisicoquímicos por temporada y por año mediante el MDS, permitió evidenciar diferencias entre ellos, como se muestra en la figura 3, donde los años incluidos en la elipse, son los años donde las temperaturas tanto ambiental como del agua, registraron los valores más altos para las zonas con manglar.

Biológicos

Se capturó un total de 46939 organismos con una biomasa de 604058.8 g, pertenecientes a 28 familias, 64 géneros y 82 especies, el análisis efectuado a los registros de abundancia muestran a 18 especies como las dominantes en términos de abundancia (Tabla 2).

Tabla 1. Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos en zonas de manglar del sistema laguna de Alvarado, período 1995-2012.

años	temperatura ambiente (°C)	temperatura del agua (°C)	profundidad (cm)	transparencia (cm)	salinidad (‰)	oxígeno disuelto (mg/L)
1995	28.9	27.4	127.3	79.0	8.2	8.1
1996	27.5	25.3	130.3	80.3	6.3	8.5
1997	29.1	26.6	131.3	68.2	7.2	7.9
1998	30.4	27.3	136.0	79.5	7.2	7.8
1999	27.5	25.1	130.0	76.2	5.2	8.4
2000	28.5	26.4	151.7	52.0	5.9	8.1
2001	28.8	26.4	149.2	58.3	7.9	8.9
2002	28.9	26.3	138.3	51.7	6.8	8.5
2003	30.4	27.5	151.7	58.3	6.3	9.1
2004	29.8	27.6	131.3	68.8	6.9	8.6
2005	30.1	27.3	138.3	66.7	7.7	8.8
2006	29.3	27.2	148.3	70.0	7.1	9.0
2007	29.8	27.5	132.8	69.2	6.9	8.3
2008	28.0	26.1	134.5	75.8	6.0	8.4
2009	28.9	26.1	127.2	83.0	7.8	7.9
2010	29.9	26.8	139.7	75.8	6.7	8.1
2011	27.7	25.7	138.8	78.7	7.1	8.0
2012	27.9	25.8	138.7	75.8	7.0	8.2

Tabla 2. Especies dominantes en zonas de mangle para el período 1995-2012.

especie/año	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
<i>Anchoa mitchilli</i>	535	208	653		190	279	514	1978	166	401	475		260	169	499	311	137	558
<i>Ariopsis felis</i>			111		142			127				103				126		
<i>Bairdiella chrysoura</i>								157						99		148		
<i>Bairdiella ronchus</i>								126										
<i>Cathorops aguiladulce</i>	312	350	289	802	325	147	335	309	249	220	665	541	201	210	124		280	154
<i>Cichlasoma urophthalmum</i>	263	225	175	130	132	334	152	212	190	134	323	473	367	318	91	349	252	124
<i>Diapterus auratus</i>	515	213	296	769	190	170	141	246	146		223	254	394	243	96	520	148	151
<i>Diapterus rhombus</i>	323	117	113	2316	114			167			113		208	197		449		
<i>Dorosoma petenense</i>				852														
<i>Eucinostomus melanopterus</i>																101		
<i>Gobionellus oceanicus</i>	146		151	91				127				98	126		141			
<i>Membras vagrans</i>											296					290		
<i>Mentidia beryllina</i>						185		120			90						140	
<i>Mugil curema</i>								110										
<i>Opisthonema oglinum</i>				189												213		
<i>Poecilia sphenops</i>								149		353			163		207			
<i>Stellifer lanceolatus</i>				99										108				
<i>Torichthys helleri</i>	94					148				120	128		184	97	106		188	141
abundancia total	3343	1977	2503	6140	1639	1889	1933	4075	1714	1986	3046	2321	2856	2263	1680	3959	1797	1892
abundancia de dominantes %	65	56	71	85	67	67	59	87	60	62	76	63	67	64	75	63	64	60
total especies	72	68	69	76	56	62	55	66	57	63	68	63	67	65	64	71	69	60

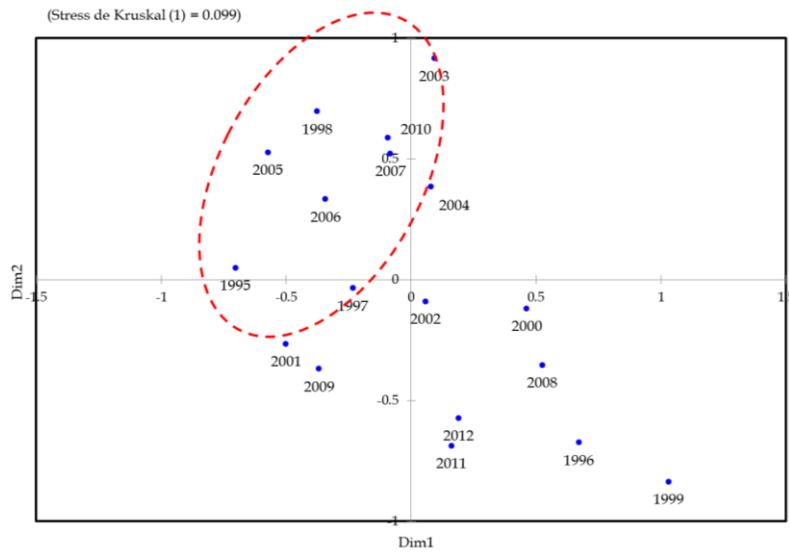


Fig. 3. Análisis de escalamiento multidimensional de fisicoquímicos en zonas de mangle para el período 1995-2012.

Abundancia de Especies

El análisis de la abundancia y composición específica de la comunidad íctica por temporada y por año registradas en las zonas de manglar mostró variaciones en el período de tiempo analizado como se muestra en las figuras 4 y 5. El análisis de la abundancia de 82 especies a lo largo de los 18 años mostró que existen diferencias significativas entre los años (ANOVA, $F_{17,36} = 3.289$, $p < 0.001$).

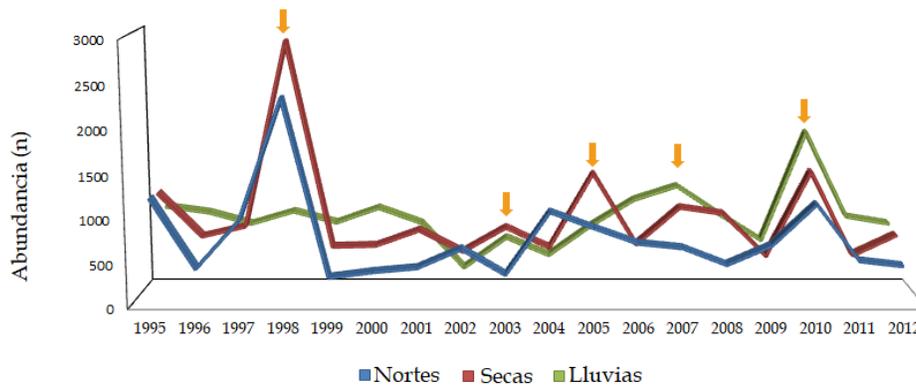


Fig. 4. Comportamiento de la abundancia de peces de forma estacional para el período 1995-2012.

Número de Especies

El análisis de varianza determinó que existen diferencias significativas en el número de especies en las zonas de manglar entre los años 1995 al 2012 (ANOVA, $F_{17,18} = 2.333$, $p = 0.05$).

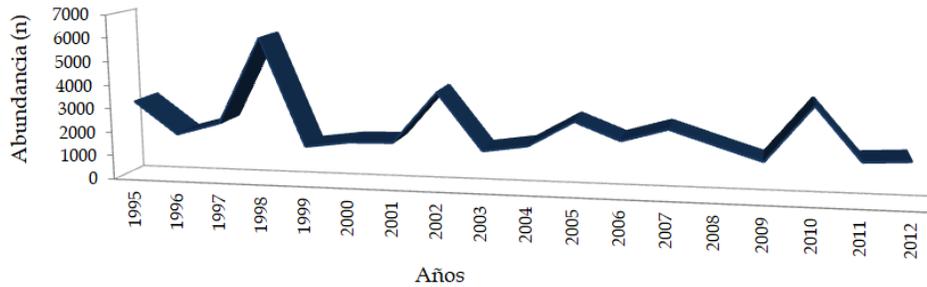


Fig. 5. Comportamiento de la abundancia de peces de forma anual para el periodo 1995-2012.

Diversidad

Los valores de diversidad (H') oscilaron entre los 2.2 y los 3.2 bits/ind, para los distintos años, por su parte la equitatividad (J') presentó valores que oscilaron de 0.53 a 0.77 (Fig. 6).

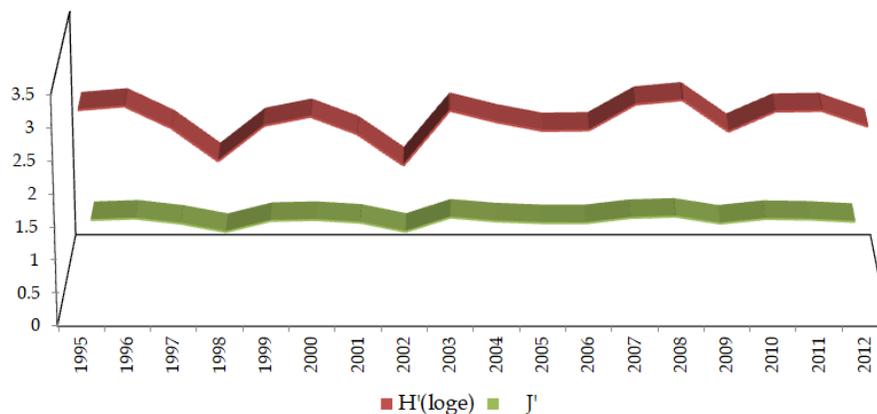


Fig. 6. Comportamiento anual de la Diversidad de Shannon-wiener y Equitatividad de Pielou (J') de la comunidad íctica en las zonas de manglar, en el periodo 1995 a 2012.

El MDS, permitió reconocer un comportamiento similar de la riqueza y abundancia de la comunidad de peces en las zonas de manglar al comportamiento ambiental que se registró en el periodo de estudio (Fig. 7).

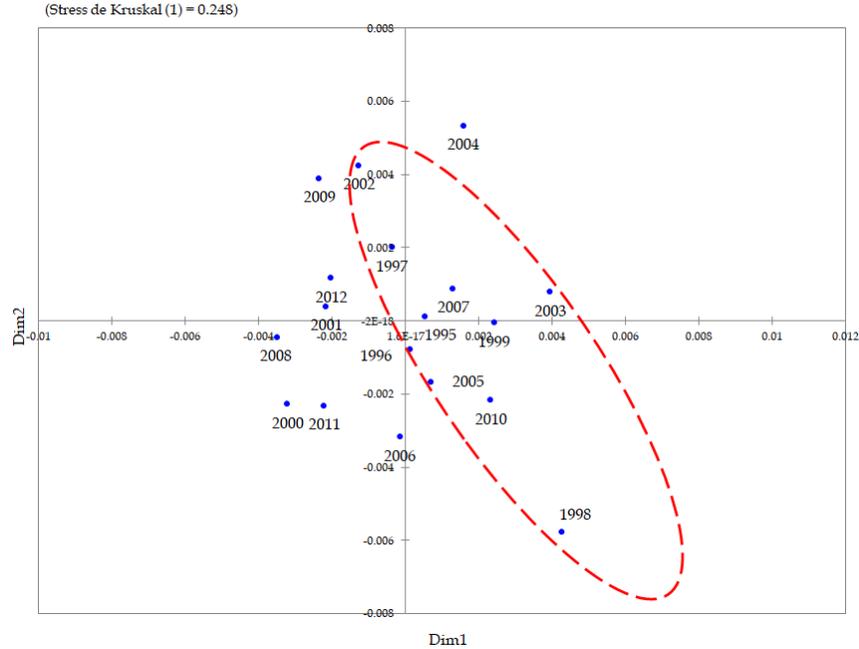


Fig. 7. MDS en composición y abundancia de la comunidad íctica asociada a las zonas de manglar en la laguna de Alvarado en el período 1995 al 2012.

DISCUSIÓN

En las zonas de manglar de la laguna de Alvarado, se reconocieron diferencias significativas en los parámetros de temperatura ambiente y temperatura del agua entre los años que abarcó el presente trabajo. Las diferencias registradas en ambos factores permiten reconocer patrones regulares de variación que coinciden con eventos climáticos a escala regional como períodos de calentamiento y de aumento o escasas de lluvias, particularmente, durante los años 1995, 1998, 2002, 2005, 2007 y 2010, cuando se desarrollan procesos de incremento de la temperatura con intensidades de media a severa. En estas condiciones, un aspecto que destaca es el incremento de la temperatura en el área, respecto de su comportamiento estacional en los años previos y posteriores, principalmente en los periodos de nortes y secas. Al respecto, Garcia et al. (2003), mencionan que en condiciones ambientales similares en Brasil, se observa una reducción en la precipitación que reduce los niveles de descarga de agua dulce en la laguna de los Patos, que favorecen la incursión de especies juveniles marinas a las zonas de crianza de este sistema.

Se ha reconocido que la estructura y función de este tipo de ecosistemas, se encuentran bajo la influencia del flujo de agua dulce de los escurrimientos continentales y del efecto de las mareas, en su conjunto, ambos componentes son responsables del incremento de la materia orgánica y de las variaciones en la salinidad que afectan la dinámica de los componentes biológicos, en particular de los peces (Zelder y Onuf, 1984). El efecto derivado de la elevación de temperatura y la prolongación de la época seca en la laguna de Alvarado provoca un ligero aumento de la salinidad que favorece a las especies de origen marino para que incursionen al sistema durante los años que comprendió este trabajo. Lo anterior se refleja en un incremento de la riqueza específica y disminución en los valores de diversidad (H') y de la equitatividad (J').

Jaimes y Marín-Hernández (2008), mencionan que los cambios en las condiciones meteorológicas en los últimos 40 años han provocado que en el litoral veracruzano se presente un aumento en el nivel del mar de 16 a 21 cm, en particular durante los meses de septiembre y octubre como consecuencia de la mayor actividad ciclónica, así como un aumento durante los años con evento de El Niño, que se ven reflejados en el comportamiento de los parámetros comunitarios de los peces al incrementarse las zonas de refugio para el crecimiento y crianza de algunas especies, como es el caso de las especies de origen marino como *Anchoa mitchilli*, *Eucinostomus melanopterus*, *Mugil curema*, *Bairdiella chrysoura*, *Bairdiella ronchus*, *Opisthonema oglinum* y *Stellifer lanceolatus*, que incursionaron a la laguna y en particular a las zonas de manglar con densidades altas, constituyéndose algunas de ellas como especies dominantes en el período de estudio.

Los análisis efectuados a los patrones de abundancia y composición de especies en el periodo de estudio, permitió reconocer que ambos parámetros presentan diferencias en los años y temporadas climáticas, cuando los factores ambientales como la temperatura también lo hacen, de esta forma el MDS muestra que tanto la composición como la abundancia de las especies es distinta en los periodos que coinciden con cambios en los factores ambientales registrados como se mencionó con antelación.

Un aspecto que se puede vincular a este comportamiento lo sugiere Naeem (2002), quien menciona que se suele suponer que los cambios en la diversidad de especies puede conducir a registrar cambios en la diversidad funcional o en los atributos que permiten la organización y estructuración de los ecosistemas, sin embargo, la relación entre estas propiedades a nivel comunitario sigue siendo en gran medida desconocida para la mayoría de los sistemas ecológicos. Por lo anterior, se recomienda que la relación entre los cambios ambientales y su efecto sobre la fluctuación en la abundancia de las especies en las comunidades ícticas, así como su aprovechamiento a través de las pesquerías, sea un aspecto que debe ser investigado con mayor profundidad con la finalidad de predecir los posibles impactos tanto naturales como en los aspectos socioeconómicos en el área de influencia del sistema lagunar de Alvarado, Veracruz.

Se puede concluir que: Las áreas de manglar del sistema lagunar de Alvarado se encuentran bajo la influencia de factores locales, como de eventos ambientales con una influencia regional. Como resultado de estos efectos, estas zonas muestran un comportamiento ambiental que se ve reflejado en las variaciones de parámetros importantes que ayudan a explicar su dinámica como la temperatura y la salinidad, que en su conjunto han favorecido la incursión de especies de origen marino hacia estas zonas que son consideradas como áreas de crianza y que se ven favorecidas por los intercambios de marea. El efecto derivado de la elevación de temperatura y las variaciones en los niveles de precipitación asociadas a la variación ambiental en el intervalo 1995-2012 ha producido variaciones en la salinidad que favoreció a las especies de origen marino que incursionaron al sistema durante la primera parte de los años subsecuentes. La relación entre los períodos de calentamiento y la modificación de los patrones de precipitación, así como la fluctuación en la abundancia de las especies en la comunidad íctica y su aprovechamiento a través de las pesquerías, es un aspecto que debe ser atendido con la finalidad predecir los posibles impactos tanto naturales como en los sistemas de aprovechamiento productivos en los que se ve involucrado el sistema lagunar de Alvarado, Veracruz.

REFERENCIAS

1. Abarca-Arenas L.G., J. Franco-López, M.S. Peterson, N.J. Brown-Peterson y E. Valero-Pacheco, 2007. Sociometric analysis of the role of penaeids in the continental shelf food-web off Veracruz, Mexico based on bycatch. *Fisheries Research*, 87: 46-57.
2. Abarca A.L.G., N. Cruz, L.J. Franco, G.C. González y L.G. Silva, 2012. Distribution and biogeographical notes of the coastal fish fauna of Veracruz, Mexico. En: D. Thangadurai, C.M. Buso, L.G. Abarca y S. Jayabalan (Eds.), *Frontiers in Biodiversity Studies*. I.K. International Publishing House, Pvt. Ltd. New Delhi, India.
3. Álvarez-Silva C. y S. Gómez-Aguirre, 2000. Listado actualizado de la fauna de copépodos (Crustácea) de las lagunas costeras de Veracruz, México. *Hidrobiológica*, 10(002): 161-168.
4. Álvarez F., G. Alcaraz y R. Robles, 2002. Osmoregulatory disturbances induced by the parasitic barnacle *Loxothylacus texanus* (Rhizocephala) in the crab *Callinectes rathbunae* (Portunidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 278(2): 135-140.
5. Álvarez F., J.L. Villalobos, Y. Rojas y R. Robles, 1999. Listas y comentarios sobre los crustáceos decápodos de Veracruz, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoológica*, 70(1): 1-27.
6. Barrera-Escorcía H., J. Franco-López, R. Zamudio-Arciniega y J.A. Martínez-Pérez, 2002. Maduración testicular e histológica de *Belonesox belizanus belizanus* (Osteichthyes: Poeciliidae). *Revista de Zoología*, 13: 11-16.
7. Boesch D.F. y E.R. Turner, 1984. Dependence of fishery species on salt marshes: the role of food and refuge. *Estuaries*, 7: 460-468.
8. Carbajal-Fajardo Z.Sh., L.J. Franco, E.H. Barrera, A.L.G. Abarca, S.C. Bedia, S.A. Morán y H. Vázquez-López, 2009. Trophic seasonal behavior of the ichthyofauna of Camaronera Lagoon, Veracruz. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 4(2): 75-89.
9. Carpenter K.E. (Ed.), 2002a. The living marine resources of the Western Central Atlantic. Bony Fishes part 2 (Ophistognathidae to Molidae). Sea turtles and marine mammals. *FAO Species identification guide for fishery purposes and American Society of Ichthyologist and Herpetologists Special Publication*. Vol. 3, No. 5, FAO, Rome.
10. Carpenter K.E. (Ed.), 2002b. The living marine resources of the Western Central Atlantic. Bony Fishes part 1 (Acipenseridae to Grammatidae). *FAO Species identification guide for fishery purposes and American Society of Ichthyologist and Herpetologists Special Publication*. Vol. 2, No. 5, FAO, Rome.
11. Castro-Aguirre J.L., 1999. Estuarine-lagoonal ichthyofauna and vicariance of Mexico (ictiofauna estuarino-lagunar y vicaria de México). *Limusa, México*, D. F.
12. Chávez L.R., S.M. Peterson, P.J.N. Brown, G.A.A. Morales y L.J. Franco, 2005. Ecology of the mayan Cichlid *Cichlasoma urophthalmus* Günther, in the Alvarado Lagoonal System, Veracruz, Mexico. *Gulf and Caribbean Research*, 16(2): 1-10.

13. Cházaro O.S. y S.M. Peterson, 2004. Effects of salinity on growth and molting of sympatric *Callinectes* spp. from Camaronera Lagoon, Veracruz, Mexico. *Bulletin of Marine Sciences*, 74(1): 115-127.
14. Cházaro, O. S., C.R. Román, H.L. Vázquez, S.M. Peterson y R.A. Rocha, 2007. Salinity, tolerance and oxygen uptake in initial developmental stages of *Callinectes rathbunae* Contreras and *Callinectes sapidus* Rathbun (Decapoda: Porthunidae). *International Journal of Zoological Research*, 3(1): 14-23.
15. Clarke K R. y R.M.A. Warwick, 2001. Further biodiversity index applicable to species lists: variation in taxonomic distinctness. *Marine Ecology Progress Series*, 216: 265-278.
16. Esteves F.A., A. Caliman, J.M Santangelo, R.D Guariento, V.F Farjalla y R.L. Bozelli, 2008. Neotropical coastal lagoons: an appraisal of their biodiversity, functioning, threats and conservation management. *Brazilian Journal of Biology*, 68(4, Suppl.): 967-981.
17. Fischer W. (Ed.), 1978. FAO Species identification sheets for fishery purposes, western Central Atlantic (fishing, area 31). Vol. 6, FAO, Rome, Italy.
18. Flores C.C. y V.M.L. Méndez, 1982. Contribución al conocimiento del ictioplancton de la Laguna de Alvarado, Ver., México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, Universidad Nacional Autónoma de México, 9(1): 141-160.
19. Franco L.J., M.P. Peraza y L.R. Chávez, 1992. Comunidades de peces asociadas a praderas de *Ruppia maritima* en el Sistema Lagunar de Alvarado, Ver., Méx. *Revista de Zoología*, ENEP Iztacala, UNAM, (3): 19-27.
20. Franco L.J., L.R. Chávez, R.E. Peláez y S.C.M. Bedia, 1996. Riqueza ictiofaunística del Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz. *Revista de Zoología*, ENEP Iztacala, UNAM, (Núm. Especial 2): 17-32.
21. Franco-López J., L.G. Abarca-Arenas, H. Barrera-Escorcía, C. Bedia-Sánchez, V. Rivera-Felix y T. Corro-Ferreira, 2014. Analysis of seasonal abundance and review of biological and food patterns of *Mugil curema* Valenciennes, 1836 and *M. cephalus* Linnaeus, 1758 in the Alvarado Lagoon, Veracruz, Mexico. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 9(3): 109-124.
22. García K.I. y L.J. Franco, 1989. Aspectos ecológicos de las poblaciones del género *Callinectes* (Decápoda: Portunidae) en el sistema lagunar de Alvarado, Veracruz. *Revista de Zoología*. ENEP Iztacala, UNAM, (1): 19-25.
23. Garcia M.A., B.M. Raseira, P.J. Vieira, O.K. Winemiller y M.A. Grimm, 2003. Spatiotemporal variation in shallow-water freshwater fish distribution and abundance in a large subtropical coastal lagoon. *Environmental Biology of Fishes*, 68: 215-228.
24. Hoese H.D. y R.H. Moore, 1998. *Fishes of the Gulf of Mexico. Texas, Louisiana, and Adjacent Waters*. Texas A. & M. University Press, College Station, Texas.
25. Jaimes A. y M. Marín-Hernández, 2008. Vulnerabilidad de la pesca artesanal en el litoral veracruzano ante el cambio climático. En: *Estudios para un Programa Veracruzano ante el Cambio Climático*. Universidad Veracruzana, Instituto Nacional de Ecología y Embajada Británica en México. Capítulo 5. Aspectos económicos.

26. Krebs J.C., 1999. Metodología Ecológica. Addison-Welsey Inc., Menlo Park, CA.
27. Levin L.A., D.F. Boesch, A. Covich, C. Dahm, C. Erséus, K.C. Ewel, R.T. Kneib, A. Moldenke, M.A. Palmer, P. Snelgrove, D. Strayer y J.M. Weslawski, 2001: The function of marine critical transition zones and the importance of sediment biodiversity. *Ecosystems*, 4(5): 430-451.
28. Loran N.R. A.G. Valdez y G.F. Escudero, 1993. Algunos aspectos poblacionales de las jaibas *Callinectes* spp. en la laguna de Alvarado, Veracruz, México. *Ciencia Pesquera*, 10(93): 15-31.
29. Montoya M.J., S.D. Osorio, L.R. Chavez y L.J. Franco, 2004. Helmintos del pez *Dormitator maculatus* (Osteichthyes: Eleotridae) de Alvarado, Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical*, 52(2): 393-396.
30. McNaughton S.J., 1967. Relationship among functional properties of California grassland. *Nature*, 216: 168-169.
31. Naeem S., 2002. Disentangling the impacts of diversity on ecosystem functioning in combinatorial experiments. *Ecology*, 83: 2925-2935.
32. Norris J.A., R.D. Devries y A.R. Wright, 2010. Coastal estuaries as habitat for a freshwater fish species: exploring population-level effects of salinity on largemouth bass. *Transactions of the American Fisheries Society*, 139: 610-625.
33. Peláez R.E., L.J. Franco, W.A. Matamoros, L.R. Chávez y P.N.J. Brown, 2005. Trophic relationships of demersal fishes in the shrimping zone off Alvarado Lagoon, Veracruz, Mexico. *Gulf and Caribbean Research*, 17: 157-167.
34. Raz-Guzmán. A. y Sanchez, J. A. 1998. Catálogo con sinonimias y notas sobre el hábitat de los cangrejos ermitaños estuarinos del suroeste del Golfo de México. *Universidad y Ciencia, UJAT* 14 (26): 17-32.
35. Raz-Guzmán, A. y Sánchez, J. A. 1992. Registros adicionales de cangrejos braquiuros (Crustacea: Brachyura) del Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoológica* 63 (2): 273-277.
36. Reguero M. y C.A. García, 1989. Moluscos de la laguna de Alvarado, Veracruz: Sistemática y ecología. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 16(2): 279-306.
37. Reséndez M.A., 1973. Estudio de los Peces de la Laguna de Alvarado, Ver. Méx. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, (34): 183-281.
38. Robles, R., F. Álvarez y G. Alcaraz. 2002. Oxygen consumption of the crab *Callinectes rathbunae* parasitized by the rhyzocephalan barnacle *Loxothylacus texanus* as a function of salinity. *Marine Ecology Progress Series* 235: 189-194.
39. Roessig M.J., M.C. Woodley, J.J.Jr. Cech y J.L. Hansen, 2004. Effects of global climate change on marine and estuarine fishes and fisheries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 14: 251-275.

40. Ruiz G.M., A.H. Hines y M.H. Posey, 1993. Shallow water as a refuge habitat for fishes and crustaceans in nonvegetated estuaries: an example from Chesapeake Bay. *Marine Ecology Progress Series*, 99: 1-16.
41. Salgado M.G., A.R. Aguilar, C.G. Cabañas, G.E. Soto y P.C. Mendoza, 2005. Helminth parasites in fresh water fish from the Papaloapan River Basin, Mexico. *Parasitology Research*, 96: 69-89.
42. Sanchez A.J. y A.L. Soto, 1993. Distribución de camarones inmaduros (Decapoda: Penaeidae) en el sistema lagunar de Alvarado, Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical*, 41(1): 81-88.
43. SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), 2010. Norma Oficial Mexicana 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. Diario Oficial de la Federación. México. 1-77.
44. Shannon E.C. y N. Wiener, 1963. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press. Urbana.
45. Tovilla H.C. y de La Lanza G.E., 1989. Contribución a la biología de *Neritina virginea* (Mollusca) en comunidades de pasto marino *Ruppia maritima* L., (Ruppiaceae) en el sistema lagunar de Alvarado, Veracruz, México. *Anales del Instituto de Biología, Serie Zoológica*, 60(2): 143-158.
46. Winfield I., B.E. Escobar y F. Alvarez, 2001. Peracarid crustaceans associated to *Ruppia maritima* (Ruppiaceae) beds in the Alvarado Lagoon, Mexico. *Anales del Instituto de Biología, Serie Zoológica*, 72(1): 29-41.
47. Yáñez A.A., D.A.L. Lara, G.J.L. Rojas, G.P. Sanchez, J.W.Jr. Day y C.J. Madden, 1988. Seasonal biomass and diversity of estuarine fishes coupled with tropical habitat heterogeneity (southern Gulf of Mexico). *Journal Fish Biology*, 33: 191-200
48. Zarza M.E.A., V.J.M. Berruecos, P.C. Vásquez y T.P. Álvarez, 2006. Cultivo experimental de robalo *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792) y chucumite *Centropomus parallelus* (Poey, 1860) (Perciformes: Centropomidae) en agua dulce en un estanque de concreto en Alvarado, Veracruz, México. *Veterinaria México*, 37(3): 327-333.
49. Zedler J.B. y C.P. Onuf, 1984. Biological and physical filtering in arid-region estuaries: seasonality, extreme events, and effects of watershed modification. En: V.S. Kennedy (Ed.), *The estuary as a filter*. Academic Press, Orlando Florida.