



Universidad Veracruzana

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS AGROPECUARIAS

ZONA: Poza Rica -Tuxpan

Maestría en Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros

“Estructura de la comunidad de crustáceos bentónicos de la zona intermareal en playas arenosas de Tuxpan, Veracruz, golfo de México”

T E S I S

Que para obtener el título de:

MAESTRO EN MANEJO DE ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS

P R E S E N T A:

Biol. Mar. Rosa Ivette Vazquez Estrada

DIRECTOR:

Dr. Ascensión Capistrán Barradas

DIRECTOR EXTERNO

Dr. Alejandro Granados Barba

Tuxpan, Veracruz

Marzo, 2020

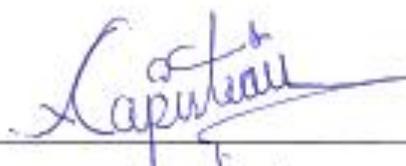
AL C. MTRO. AGUSTÍN DE JESÚS BASÁÑEZ
Coordinador de la Maestría en Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros
Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
Universidad Veracruzana

A través del presente hacemos de su conocimiento que el trabajo de tesis titulado: **Estructura de la comunidad de crustáceos bentónicos de la zona intermareal en playas arenosas de Tuxpan, Veracruz, Golfo de México**, que realizó la C. ROSA IVETTE VAZQUEZ ESTRADA, bajo la dirección del Dr. ASCENCIÓN CAPISTRÁN BARRADAS, como director externo el Dr. ALEJANDRO GRANADOS BARBA. Ha sido revisado y aprobado para ser presentado en el evento de pregrado de la maestría que usted coordina.

Sin más por el momento enviamos a usted un cordial saludo.

ATENTAMENTE

Tuxpan de Rodríguez Cano, Veracruz 27 de febrero del 2020



Dr. ASCENCIÓN CAPISTRÁN BARRADAS
Director de tesis



Dr. ALEJANDRO GRANADOS BARBA
Director externo

La presente Tesis titulada "Estructura de la comunidad de crustáceos bentónicos de la zona intermareal en playas arenosas de Tuxpan, Veracruz, golfo de México", realizado por la C. Rosa Vázquez Estrada, ha sido aprobada y aceptada para tramitar la presentación del examen de grado de: **MAESTRA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS.**

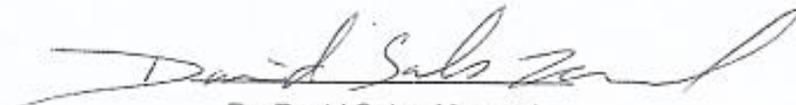
COMISIÓN LECTORA:



Dr. Ángel Guillermo Jordán Garza
LECTOR



Dr. Eduardo A. Zarza Meza
LECTOR



Dr. David Salas Monreal
LECTOR

DEDICATORIA

A mi familia

A mis padres Cuauhtemoc Vázquez Méndez y Rosa Linda Estrada Moreno por su amor y apoyo incondicional.

A mis abuelitas Dolores Méndez Martínez y María del Refugio Moreno Mar (Cuquita) que a pesar de su partida de este mundo siempre está presente en mi mente.

A la memoria de mi tío Miguel Ángel Barragán Patiño.

“Una vez que aceptamos nuestros límites, podemos ir más allá de ellos”.

-Albert Einstein-

AGRADECIMIENTOS

Especialmente a mi director Dr. Alejandro Granados Barba, por aceptar ser parte de este proyecto, por todo el apoyo incondicional y motivación brindada durante todo este proceso. Por su paciencia y disposición con la que me transmitió el conocimiento y sobre todo por ser una gran persona y un ejemplo a seguir.

A mi director Dr. Ascensión Capistrán Barradas por la confianza brindada para la realización del proyecto de tesis, por sus consejos y apoyo.

Agradezco al posgrado de Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros de la Universidad Veracruzana por permitirme formar parte de la generación 2018-2020, así como al coordinador Mtro. Agustín Basáñez Muñoz.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgarme una beca para financiar mis estudios de maestría.

Al Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías (ICIMAP) de la Universidad Veracruzana por aceptarme en sus instalaciones y permitirme realizar una estancia de investigación.

Al laboratorio de Ecología de Ambientes Costeros del (ICIMAP) de la Universidad Veracruzana por brindarme un espacio durante la identificación de los organismos y la realización del trabajo gabinete del proyecto de tesis.

Al Laboratorio de Investigación de Recursos Acuáticos (LIRA) del Instituto Tecnológico de Boca del Río por permitirme el acceso y material necesario para realizar el procesamiento de muestras de granulometría.

Al laboratorio de Bromatología de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Veracruzana por acceso y material otorgado para poder realizar procesamiento de las muestras de materia orgánica.

A mi comité lector:

Dr. David Salas Monreal por su apoyo y asesoría en las figuras del perfil de playa y distintas dudas que siguieron, gracias por la disponibilidad y amabilidad para aclarar mis dudas.

Dr. Guillermo Jordán Garza por su tiempo, apoyo incondicional y asesoría en la realización de los análisis multivariados.

Dr. Eduardo Alfredo Zarza Meza por su apoyo incondicional, por su aportación a mi trabajo de tesis en cada evento académico, por su confianza y amistad brindada en mi carrera como Bióloga Marina y por enseñarme que la humildad es primordial para lograr muchas cosas en la vida.

Dr. Carlos González Gándara por cada una de las observaciones y revisiones del documento de tesis.

Agradezco también a la Mtra. Karina Arvizu Coyotzi por compartir su experiencia. Por brindarme su apoyo, tiempo y paciencia en la asesoría para la identificación de las especies de crustáceos y sobre todo por brindarme su amistad.

Al Ing. Civil. Daniel Vázquez Méndez por la enseñanza y asesoría en la realización del perfil de playa.

A mi mejor amiga la Biol. Mar. Josefina Esther Paredes Flores por motivarme en cada momento que lo necesitaba por su apoyo en los muestreos realizados para el proyecto de tesis, por estar en los momentos más difíciles y por toda tu ayuda otorgada incondicionalmente estos dos años, te quiero mucho.

A mis padres gracias por educarme y amarme de la manera en la que lo hicieron, ustedes son una clave importante en el transcurso de mi vida.

A Dios por permitirme estar aquí por cada una de las personas que directa o indirectamente forman parte de este proyecto, gracias por mis padres y gracias por las personas que se presentaron en mi camino para lograr este sueño.

A mis compañeros de la maestría Say Islas, Iris Ruiz, Anahí Ojeda, Fernando Viveros, Edson Lugo, Ricardo Castellanos, Josefina Paredes y Katherine Arévalo por sus consejos, experiencias compartidas y por momentos gratos dentro y fuera de la facultad.

A mi hermano Bernabé Vázquez Estrada y su familia Danya Huidobro y sus nenas Thayli y Michelle

A mis familiares y amigos: Dora Ortega, Mario Estrada, María Ortega, Inés Estrada, Gloria Ramírez, Lupe Muñoz y Edgar Cerecedo, a Miguel Barragán por la elaboración del nucleador para llevar a cabo los muestreos, gracias por ser parte importante en mi

vida y por contribuir con sus consejos y acciones, me sirvieron para formarme y ser la persona que hoy soy.

A Manuel Martínez, Martín Paredes V., Claudia Escudero, Doris Valencia, Martín Paredes, Yurumi Yorio, Leopoldo Rubio, Karla Cruz y Angélica Patiño por su apoyo y su amistad.

RESUMEN

En el presente trabajo se determinó la estructura comunitaria de los crustáceos bentónicos intermareales en tres playas del norte de Tuxpan, Veracruz, las cuales se eligieron de acuerdo al uso y modificación, Playa Norte presenta un mayor uso y modificación, lo cual comienza a disminuir hacia Playa Mojarra y es menor en Barra

Galindo debido a su accesibilidad y cercanía a la zona urbana. Se caracterizó ambientalmente la zona intermareal de las tres playas de estudio considerando la temperatura, salinidad, pH, materia orgánica, perfil de playa y la granulometría del sedimento, los muestreos se realizaron en tres temporadas secas (marzo y abril), lluvias (julio y septiembre) del año 2018 y nortes (diciembre 2018 y enero 2019), se trazaron tres transectos en la zona intermareal considerando marea baja, media y alta y dos repeticiones obteniendo nueve muestras en cada transecto con un total de 27 muestras por cada playa. Se analizó un total de 1335 organismos conformado por 12 especies de las cuales la especie *Haustorius mexicanus* es la que predominan en las tres temporadas y playas de estudio. La estructura comunitaria de los crustáceos bentónicos está determinada por la temporalidad. La relación de los parámetros ambientales con la comunidad de crustáceos refleja en las especies una preferencia a la cantidad de materia orgánica. De acuerdo a lo observado en el análisis de ordenación agregando playas de referencia propuestas por Pérez-Ruíz, (2012), los resultados de la comunidad de crustáceos bentónicos no siguen un gradiente de uso y modificación como se esperaba donde la intensidad de uso y modificación se presentaba en Playa Norte y disminuía hacia la Playa Barra Galindo.

Palabras clave: Crustáceos bentónicos, zona intermareal, estructura, gradiente de uso y modificación.

ÍNDICE

I.- INTRODUCCIÓN	1
II.- ANTECEDENTES.....	4
III.- HIPÓTESIS	10
IV.- OBJETIVOS.....	11
Objetivo general:	11

Objetivos particulares:	11
V.- ÁREA DE ESTUDIO	12
VI.- MATERIAL Y MÉTODOS.....	14
6.1. Playas de estudio.....	14
6.2. Diseño del muestreo.....	15
6.3. Procesamiento de las muestras.....	15
6.4. Caracterización del ambiente.....	16
6.5. Importancia de las especies	18
6.6. Análisis de los datos.....	19
6.6.1 Diversidad.....	19
6.6.2. Dominancia.....	20
6.6.3. Análisis multivariados para la integración de la comunidad con los parámetros ambientales.....	20
6.6.4. Análisis para verificar la existencia del gradiente de uso y modificación.....	21
VII.- RESULTADOS	23
7.1 Caracterización del ambiente.....	23
7.2. Perfil de playa.....	24
7.3. Materia Orgánica	25
7.4. Análisis granulométrico	26
7.5. Relación de los parámetros ambientales entre playas	28
7.6 Composición y abundancia de los crustáceos bentónicos.....	30
7.7. Importancia de las especies.....	32
7.7.1 Diversidad.....	38
7.7.2. Dominancia.....	40
7.7.3. Densidad de los organismos.....	40
7.7.4. Relación de la abundancia de organismos por sitio y temporadas	41
7.7.5. Relación de los parámetros ambientales con la comunidad de crustáceos bentónicos	42
7.8 Análisis para verificar la existencia del gradiente de uso y modificación.....	43
VIII.- DISCUSIÓN	46
IX.- CONCLUSIONES.....	58
X.- APLICACIÓN PRÁCTICA	59
XI.- BIBLIOGRAFÍA.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica del área de estudio en Tuxpan, Veracruz. Sitios de muestreo señalados con puntos verdes.....	13	
Figura 2. Imagen satelital de la playa Tuxpan en la cual se muestra las características de cada una de las playas de estudio.....	14	
Figura 3. Temperatura (color rojo) y salinidad (color azul) de los sitios de muestreo con respecto a las temporadas.....	23	
Figura 4. pH de los sitios y temporadas de muestreo.....	24	
Figura 5. Perfil de playa Norte	Figura 6. Perfil de la playa Mojarra	24
Figura 7. Perfil de playa Barra Galindo.....	25	
Figura 8. Porcentaje de materia orgánica por playa, Playa norte (PN), Playa Mojarra (PM) y Playa Barra Galindo (PBG) con respecto a la temporada.....	25	
Figura 9. Porcentajes del tipo de sedimento por sitio y temporadas de muestreo.....	28	
Figura 10. Dendograma que asocia en función de los parámetros ambientales por temporada.....	29	
Figura 11. nMDS de los parámetros ambientales de acuerdo a las temporadas.....	30	
Figura 12 a) y b). Abundancia relativa de las especies de crustáceos bentónicos por sitios de muestreo y temporadas.....	31	
Figura 13. Diagrama de Olmstead y Tukey. Abundancia de los organismos de las temporadas de estudio; secas, lluvias, nortes y tres temporadas.....	33	
Figura 14. Diagrama de Olmstead y Tukey. Abundancia de los organismos de las playas de estudio.....	35	
Figura 15. Equidad (J') de los sitios con respecto a las temporadas de muestreo.....	40	
Figura 16. Dendograma de los sitios de muestreo Playa Norte (PN) Playa Mojarra (PM) y Playa Barra Galindo (BG) de acuerdo a la abundancia y las temporadas de muestreo.....	41	
Figura 17. Análisis de correlación canónica (ACC) de los parámetros ambientales y las especies de crustáceos bentónicos.....	42	
Figura 18. nMDS basada la abundancia promedio de las especies de las playas de estudio y su temporada correspondiente.....	43	
Figura 19. nMDS de las playas de referencia Farallón (F) Club de Yates (Y) con los sitios de estudio y su temporada correspondiente.....	45	

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Diferencias y características de cada playa con relación a la modificación y al uso.....	13
Cuadro 2. Tipo de sedimento de las playas de estudio en temporada de secas.....	26
Cuadro 3. Tipo de sedimento de las playas en temporada de lluvias.....	27
Cuadro 4. Tipo de sedimento de las playas en temporada de nortes.....	27

Cuadro 5. Categorías de las especies con respecto a la prueba de asociación de Olmstead y Tukey.	35
Cuadro 6. Categorización de las especies de acuerdo a las temporadas; tomadas de la propuesta de categorías propuesta por (Granados-Barba, 2001) al Análisis de Olmstead y Tukey.	38
Cuadro 7. Categorización de las especies por playa; tomadas de la propuesta de categorías propuesta por (Granados-Barba, 2001) al Análisis de Olmstead y Tukey.	38
Cuadro 8. Índices de diversidad por playa, Playa Norte (PN), Playa Mojarra (PM) y Playa Barra Galindo (BG) y temporada, secas (s), lluvias (ll) y nortes (n)	39

I.- INTRODUCCIÓN

Las playas arenosas son ecosistemas dinámicos conformados por las costas libres de hielo del mundo en las, que el mar se encuentra con la tierra, donde olas, mareas y el viento participan en conjunto para conducir el transporte de sedimentos y acumulación de arena (Betancourt y Herrera, 2004; McLachlan y Brown, 2006). Existen parámetros que dependiendo de la variación regional y temporal moldean la línea de costa y controlan el tipo de arena en las playas, entre ellos, la marea, en conjunto con las olas que se encargan de depositar y remover los sedimentos, generando un flujo continuo produciendo cambios en la morfología (Short, 1996; Zetina *et al.*, 2008; Grasso *et al.*, 2009).

La franja de arena o playa que se encuentra entre los límites inferior y superior de las mareas baja y alta se le conoce como zona intermareal, éstos son ecosistemas abundantes en la franja de transición tierra-mar de las costas mexicanas (Contreras, 1993; Lara-Lara *et al.*, 2008; Martínez, 2009) y representan una parte importante en el patrimonio ecológico de México (SEMARNAT, 2006).

Las playas arenosas como ecosistemas extremadamente dinámicos albergan una biota muy especializada (Defeo y McLachlan, 2005), por lo que la riqueza de taxones adaptados para vivir en estas condiciones sea bajo en comparación con otros sistemas costeros (Reyes *et al.*, 2015). Las playas arenosas representan uno de los ambientes marinos más severos para las comunidades de organismos bentónicos, ya que éstas se encuentran controladas por procesos físicos (oleaje y corrientes) y geológicos (origen, sedimentación, tamaño de grano y transporte de sedimentos)

que moldean la costa (Cupul-Magaña y Téllez-Duarte, 1997; Torruco y González-Solís 2012).

La acción de las olas es un factor importante al determinar la densidad y diversidad de una playa arenosa, mientras que las características geológicas proveen las condiciones para una biodiversidad regional, que en general distingue a la playa arenosa en lo que respecta a su macroinfauna (Munilla y Corrales, 1995; Lara-Lara *et al.*, 2008). Esto indica que debido a las características físicas del sustrato el macrobentos presenta cambios estructurales de una zona a otra (Cupul-Magaña y Téllez-Duarte, 1997).

Estos ecosistemas, son un importante atractivo para las actividades productivas y de desarrollo de las comunidades humanas (Lara-Lara *et al.*, 2008); no obstante, la presión que ejerce el ser humano sobre las playas arenosas es cada vez mayor convirtiéndose en amenazas, las cuales se presentan en distintos factores como pisoteos, contaminación, extracción de arena y turismo intensivo, así como aumento en el nivel medio del mar (Brown y Mc Lachan, 1990; Defeo *et al.*, 2009), provocando perturbaciones importantes e impactos ecológicos diversos en estos sistemas. Evaluar estas alteraciones es crucial para el manejo de zonas costeras (Angeloni, 2003).

En la zona intermareal arenosa, los organismos marinos suelen estar enterrados y en movimiento continuo por acción del oleaje y la marea, no obstante, existen presiones antropogénicas, por ejemplo el turismo, cuyos efectos son comunes en la zona intermareal (Pérez-Ruíz, 2012; Silvina *et al.*, 2013). Por ellos, se ha evaluado el impacto ambiental basándose en las condiciones sanitarias del agua de mar

específicamente en la zona intermareal (Borja *et al.*, 2009; Galván, 2013; Sánchez-Domínguez, 2015). Las comunidades de macroinvertebrados bentónicos son utilizados para monitorear impactos ambientales tanto en playas como en otros ecosistemas (Granados-Barba, 2001; Goto y Wallace, 2009; Barros *et al.*, 2012; Santos *et al.*, 2014).

Las playas arenosas son ecosistemas poco estudiados con lo que respecta a los ecosistemas costeros (María *et al.*, 2016). La importancia de estudiar la macroinfauna en estos ecosistemas, radica en que algunas especies actúan como indicadoras de impactos causados por actividades humanas (Junoy *et al.*, 2013). Es por ello por lo que se deben realizar estudios con un enfoque integral para comprender las interacciones físicas y biológicas entre los organismos arenosos de playas arenosas. Esto es esencial para comprender los posibles efectos de las presiones humanas en el ecosistema de playa (María *et al.*, 2016).

Con base a lo antes expuesto, el presente estudio documentó la estructura de crustáceos bentónicos de la zona intermareal de la playa arenosa, contemplando tres playas con diferente nivel de uso antropogénico obvio como el turismo, paso de vehículos, asentamientos humanos y construcción de escolleras, esto como una forma de ver si existe un gradiente de uso debido a estas actividades en las tres playas arenosas del norte de Veracruz, México.

II.- ANTECEDENTES

Las playas son conformadas por procesos de acumulación de sedimentos depositados por olas que pueden ser abastecidos por ríos y erosión de algunas tierras, depositándose en la costa donde se transporta material sedimentario hacia la tierra que se le conoce como base y límite de la ola hacia la tierra y el transporte de sedimentos (Short, 1996; Maria *et al.*, 2016), por ello las playas presentan diferentes patrones de eliminación de sedimentos en función de su curvatura (Klein *et al.*, 2010).

Las playas se presentan en todo el mundo con excepción donde hay presencia de hielo (Maria *et al.*, 2016), a pesar de que las playas arenosas son comunes en los entornos costeros son poco estudiadas y la literatura es escasa (Eliot *et al.*, 2006), de igual forma los estudios de las comunidades de los fondos arenosos son pocos (Angeloni, 2003) ya que realizar investigación en las playas es complicada debido a que son ambientes dinámicos (McLachlan y Defeo, 2017).

El límite de la zona de lavado, las playas reflectivas y disipativas son responsables de los cambios en las condiciones intersticiales y los tipos de macrofauna que habitan en las diferentes playas (Wright y Short, 1984; McArdle y McLachlan, 1991). Otro factor importante que determina la macroinfauna es la composición del sedimento que varía en espacio y tiempo de acuerdo con la comunidad bentónica presente y el tamaño del grano o la cantidad de materia orgánica (Robertson *et al.*, 1977).

Se han realizado estudios sobre la macroinfauna en diferentes ambientes tales como ríos y lagunas, los investigadores se han centrado en el uso de la macroinfauna para evaluar el estado de la calidad ecológica (Azeda *et al.*, 2013). Se ha reportado una relación de la densidad de la macroinfauna con zonas urbanizadas donde los organismos podrían actuar como indicadores de la contaminación de estos ambientes (Goto y Wallace, 2009). En ambientes como estuarios, un factor para determinar la distribución de los organismos es la salinidad, a niveles altos de salinidad están asociados con los sedimentos finos y esto provoca un aumento en su abundancia, de igual forma la abundancia de la macroinfauna va a estar relacionada con la concentración de materia orgánica, a mayor concentración de materia orgánica mayor la abundancia (Barros *et al.*, 2012; Azeda *et al.*, 2013).

En los ambientes de playas arenosas, los factores que van a determinar la estructura de la macroinfauna es el tipo de playa, donde la zona intermareal ejerce una mayor influencia sobre la estructura de las comunidades (Santos *et al.*, 2014). Las playas de tipo disipativas presentan una riqueza mayor en comparación con las playas tipo refelactivas duras, donde la riqueza y abundancia de especies decrecen (McLachlan *et al.*, 1993). Esto es ocasionado muchas veces por actividades humanas que alteran la estructura y la dinámica de las comunidades de las playas arenosas (Peterson *et al.*, 2000).

El tamaño de grano de arena es un factor importante tanto para determinar la riqueza, abundancia y la distribución de los organismos de distintos ambientes tales como playas arenosas, ríos, marismas y lagunas; (Kunitze *et al.*, 1992; Sardá *et al.*, 1999). Se ha documentado que el sustrato tiene una fuerte influencia a lo que

respecta a las especies presentes y la densidad de la macroinfauna, donde los organismos bentónicos pueden ser determinados por el tipo de sedimento de la playa (Shen *et al.*, 2012).

Para las playas arenosas de Chile, Argentina y Carolina del Norte, E.U.A., se evaluaron los patrones geográficos de abundancia del isópodo *Excirolana braziliensis* y la relación del tamaño de grano con la abundancia, donde el tamaño de grano determina la distribución y abundancia de esta especie la cual prefiriere un tamaño de grano más fino (Martínez y Defeo, 2017). Otro ejemplo se da en las costas de la Mancha, Veracruz se encuentran distintos grupos de los cuales la especie *E. braziliensis* del grupo de los crustáceos se encuentra con mayor abundancia (Martínez y Defeo, 2017).

El tamaño de grano no solo determina la riqueza y abundancia de organismos por ejemplo para las costas de España (Golfo de Cadiz), el tamaño de grano y la elevación de la playa son las principales variables ambientales que determina la distribución de la macroinfauna en las playas arenosas (Rodil *et al.*, 2006; Reyes-Martínez *et al.*, 2015). En la zona central del Mar del Norte, a 100 km de la costa de Gran Bretaña se estudió la distribución de la infauna en Bank Dogger donde los organismos están determinados por la profundidad y el tipo de sedimento (Kunitze *et al.*, 1992).

Es importante estudiar la macroinfauna en ambientes costeros por muchas razones una de las características es que algunos grupos taxonómicos van a determinar el impacto al que están sometidos por las actividades humanas siendo algunas especies indicadoras (Junoy *et al.*, 2013). Una de las causas de las actividades

antrópicas es la contaminación donde algunas especies de anélidos son oportunistas y se encuentran con frecuencia en comunidades marinas extremadamente contaminados, este comportamiento se registró haciendo una comparación de diferentes sitios en donde se presentaba mayor aumento de mercurio orgánico en Norteamérica (Goto y Wallace, 2009). De igual forma en E.U.A las comunidades de macroinfauna sufrieron una disminución en la riqueza, por altas temperaturas, debido a las descargas térmicas de una planta de energía nuclear (Loi y Wilson, 1979).

Para México existen pocos estudios publicados relacionados con la macroinfauna en playas arenosas, y generalmente se relacionan con el uso de las playas como una actividad recreativa, se realizan comparaciones de playas en el sureste de La Paz (Baja California Sur, México) en las cuales se presenta un nivel alto, medio y bajo de actividades humanas dando como resultado mayor diversidad en playas con un nivel bajo en lo que respecta a las actividades recreativas (Angeloni, 2003).

La zona intermareal es aquella que tiene mayor influencia a lo que respecta a los organismos bentónicos (McLachlan *et al.*, 1993), se han realizado distintos estudios en esta zona en la cual se han reportado grupos de moluscos, crustáceos, anélidos, sipuncúlidos, nemertinos e insectos donde los crustáceos se registran en donde la energía del oleaje son relativamente más bajos (González *et al.*, 2017). Con respecto a las características adaptativas de los organismos de las playas arenosas estas están dadas por las condiciones ambientales (McLachlan, 1990).

En la playa Pelicano en Baja California, se muestra la distribución espacial de algunas especies de macroinfauna bentónica en donde el tamaño de grano las va a

determinar, si el tamaño de grano es relativamente mediano o grueso permitirá una percolación más rápida del agua facilitando a algunos organismos el alimento (Cupul-Magaña y Téllez-Duarte, 1997), la riqueza y abundancia de algunos crustáceos de La Paz, Baja California Sur van a estar determinadas por la permeabilidad, el grado de exposición del oleaje y el contenido de materia orgánica en los sedimentos (Torres, 2010).

Para determinar la contaminación de las payas arenosas se han realizado estudios sobre la abundancia y distribución de *Enterococcus spp* resultando como contaminante en tres playas representativas de Veracruz y Boca del Río (Sánchez-Dominguez, 2015). Para las playas del norte del estado de Veracruz se caracterizó la playa de Tuxpan a lo que respecta a la calidad del agua (enterococos, material fecal y residuos sólidos) resultando dos playas con gran cantidad de residuos sólidos en temporada de secas (Santiago, 2010).

Un estudio reciente sobre macrocrustáceos y la relación a las fases lunares en la playa arenosa Villa Rica localizada al centro-norte de Veracruz se reportaron nueve especies de las cuales *Emerita benedicti*, *Excirolana braziliensis* y *Pseudohaustorius sp* resultaron dominantes, con respecto al total de especies y la mayor riqueza y abundancia se registró en horas luz (Rocha-Ramírez *et al.*, 2016).

Con lo que respecta a estudios relacionados con la macrofauna en playas de la costa central del estado de Veracruz se evaluó el ambiente bentónico de la playa Villa de Mar en el puerto de Veracruz donde se consideraron tres sitios de esa playa (norte, centro y sur) que presentan diferentes intensidad de uso antropogénico, utilizando dos playas de contraste (Club de Yates y Farallón) una modificada y otra

no modificada., reportando 3 filos, 14 familias y 16 especies de los cuales el grupo más abundante fueron los poliquetos seguidos de crustáceos y moluscos (Pérez-Ruiz, 2012). Rodríguez-Hidalgo, (2017) analizó las condiciones intermareales fisicoquímicas, morfodinámicas y biológicas en tres playas arenosas de la zona metropolitana de Veracruz reportando 37 especies incluidos en 7 grupos principales tales como Mollusca, annelida, Crustacea, Equinodermata, Sipuncula, Chaetognatha y Urocordata, siendo predominantes el grupo de Copepoda, Bivalvia y Poliquetos.

Para el norte del estado de Veracruz se analizó la morfodinámica y variación espacio-temporal de cuatro playas (Tecolutla, Casitas, navarro y Lechuguillas) donde la playa con mayor riqueza fue la playa Navarro con 18 especies (Martínez, 2013).

Tomando como base los trabajos previos y sabiendo que existen reportes de material fecal y residuos sólidos en dos playas de Tuxpan se generó información sobre la estructura de la comunidad de crustáceos bentónicos de la zona intermareal en tres playas al norte del estado de Veracruz, ya que estos organismos actúan como indicadores de contaminación y de perturbación.

III.- HIPÓTESIS

Si las playas del norte de Tuxpan, Veracruz, México presentan un uso de la costa que sigue un gradiente de presión antrópica obvio, siendo mayor en Playa Norte, intermedio en Playa Mojarra y menor en Playa Barra Galindo, entonces la comunidad de crustáceos bentónicos intermareales presentará una mayor riqueza y diversidad en Playa Norte y disminuirá hacia Playa Barra Galindo.

IV.- OBJETIVOS

Objetivo general:

- Determinar la estructura de la comunidad de crustáceos bentónicos en la zona intermareal en las playas “Norte”, “Mojarra” y “Barra Galindo” de Tuxpan, Veracruz.

Objetivos particulares:

- Caracterizar ambientalmente la zona intermareal de las playas arenosas del norte de Tuxpan.
- Determinar la estructura de la comunidad de crustáceos bentónicos espacial y temporalmente estableciendo su relación con los parámetros del ambiente.
- Identificar si la comunidad de crustáceos bentónicos sigue un gradiente de presión antrópica con respecto al uso y modificación de las playas del norte de Tuxpan.

V.- ÁREA DE ESTUDIO

La playa de Tuxpan (Figura 1) se localiza al norte del estado de Veracruz, México con una extensión de 42 km, desde el estero de Juan González ($20^{\circ}47'46.85''$ N y $97^{\circ}13'5.34''$ W) al sur del municipio hasta la barra de Galindo en la desembocadura, al norte de la laguna de Tampamachoco ($21^{\circ}5'51.12''$ N y $97^{\circ}21'59.85''$ W), colindando al norte con las playas del municipio de Tamiahua al este con el golfo de México y al sur con las playas del municipio de Cazonces de Herrera (Santiago, 2010).

El estudio se realizó en tres playas del municipio de Tuxpan (Barra Galindo, Mojarra y Norte). La playa Barra Galindo se encuentra al norte de Tuxpan colinda con el municipio de Tamiahua, es una playa relativamente alejada de la zona urbana lo cual es una playa de difícil acceso para la población teniendo como resultados un nivel bajo de turistas en el año, aproximadamente a 1 km se encuentra una escollera que divide la playa con el canal intercostero Tuxpan-Tamiahua. La playa Mojarra se localiza a 8 km de la zona urbana y aproximadamente a 1.20 km de una de las desembocaduras de la Termoeléctrica. La playa Norte es la playa de mayor acceso a los turistas ya que se localiza a 1km de la zona urbana, esta playa esta modificada ya que cuenta con una escollera que divide la playa con la desembocadura del río Tuxpan.

Se analizaron las playas conforme al uso y modificación de estas, tomando como base algunas características de uso en cada playa como son la construcción de escolleras, la presencia de turismo, cercanía del núcleo urbano construcción de viviendas (restaurantes o palapas) y el acceso a vehículos (Cuadro 1).

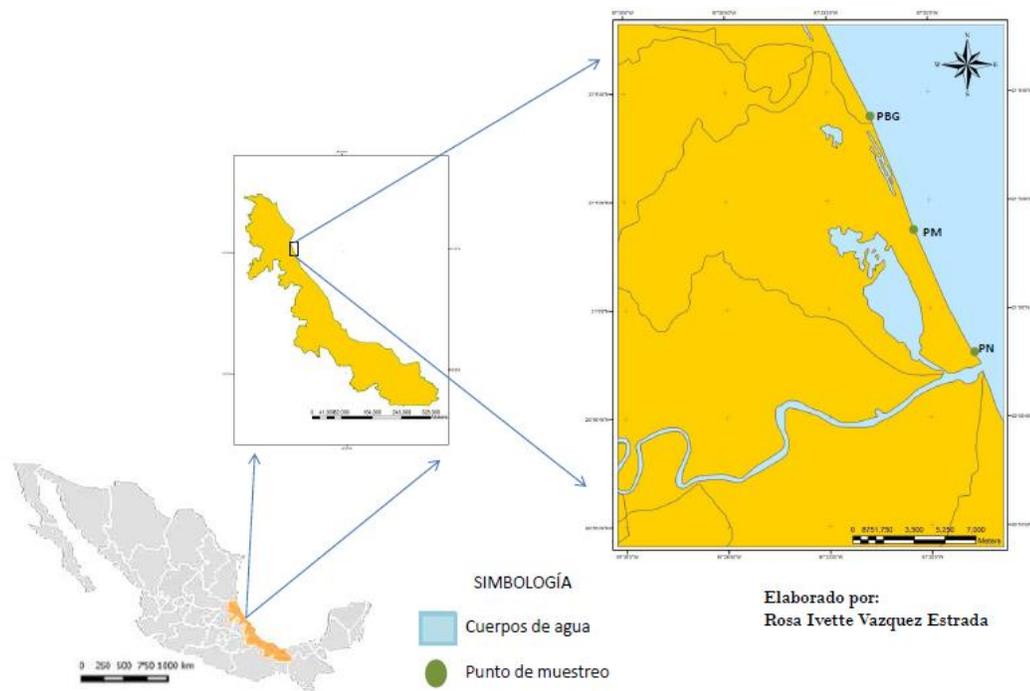


Figura 1. Localización geográfica del área de estudio en Tuxpan, Veracruz. Sitios de muestreo señalados con puntos verdes.

Cuadro 1. Diferencias y características de cada playa con relación a la modificación y al uso.

	Playa Barra Galindo	Playa Mojarra	Playa Norte
Localización a la zona urbana	15 km	8 km	1 km
Cercanía a la termoeléctrica	8 km	1.20 km	5km
Cercanía de la desembocadura del río	14 km	8.5 km	250 m
Presencia de escolleras	Presente	No presente	Presente
Accesibilidad	Limitada	moderada	Amplia
Intensidad de uso	Insipiente (solo turistas)	Moderado (palapas, turistas y paso de autos)	Intensivo (restaurantes, turistas, palapas, paso de autos y estacionamientos)

VI.- MATERIAL Y MÉTODOS

6.1. Playas de estudio

La playa Barra Galindo (PBG) se encuentra a 15 km de la zona urbana, presentando un escaso desarrollo urbano, esta playa es la más alejada de la costa norte de Tuxpan colindando con el municipio de Tamiahua por lo cual su accesibilidad es limitada debido a la distancia y principalmente a la falta de restaurantes y tiendas de acceso a los turistas. La playa Mojarra (PM) se localiza a 1.20 km de la termoeléctrica y su acceso de turistas es moderada ya que existe un camino el cual se puede tomar para llegar a esta playa, en esta playa existe presencia de restaurantes y palapas en la orilla de la playa, cuenta también con un parque acuático (Playa Paraíso) el cual es el que atrae a los turistas. La playa Norte (PN) es la playa con mayor acceso debido a su cercanía con la zona urbana existe una ruta de autobuses que llega a esta playa por esta razón es la playa con mayor número de turistas todo el año, existiendo la presencia de restaurantes y palapas.



Figura 2. Imagen satelital de la playa Tuxpan en la cual se muestra las características de cada una de las playas de estudio.

6.2. Diseño del muestreo

Se realizaron seis muestreos en las tres playas de Tuxpan, Veracruz (playa Norte, playa Mojarra y playa Barra Galindo) en temporadas de secas (marzo-abril) lluvias (julio-septiembre) y nortes (diciembre-enero). Los muestreos se llevaron a cabo utilizando tres transectos perpendiculares a la línea de costa con una separación de 10 m, en la zona intermareal, comprendiendo desde la zona de marea baja hasta la marea más alta y contemplando una tercera zona que es la zona de marea media en el momento del muestreo, muestreando tres estaciones en cada límite de marea: alta, media y baja, obteniendo así nueve puntos por cada transecto, sumando un total de 27 estaciones. Dichos muestreos se llevaron a cabo cuando las mareas no presentaron mucha variación (mareas muertas) esto para evitar cambios en la comunidad de crustáceos y que los muestreos fueran lo más uniformes posible.

Se tomaron las muestras utilizando un nucleador de PVC con 20 cm de diámetro ($0.12 \text{ m}^2 / 1.25 \text{ dm}^3$) y 20 cm de largo, se enterró a una profundidad de 20 cm posteriormente se procedió a tamizar el sedimento proveniente con una red de malla de 1 mm, lo que quede retenido en la malla se depositó en bolsas (Ziploc ®) inmediatamente fueron fijados con formol al 4%.

6.3. Procesamiento de las muestras

Las muestras se trasladaron a la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Campus Tuxpan (Universidad Veracruzana) para proceder a separar los crustáceos y fijarlos en alcohol al 70% (Angeloni, 2003). Posteriormente las muestras se trasladaron al Laboratorio de Ecología de Ambientes Costeros del (ICIMAP) de la

Universidad Veracruzana, Boca del Río donde se procedió a la identificación de los organismos con claves especializadas para el grupo de los crustáceos (Barnard, 1969; Schultz, 1969; Williams, 1984; Abele y Kim, 1986; Kensley y Schotte, 1989; LeCroy, 2000, 2002 y LeCroy *et al.*, 2009; Rocha-Ramírez *et al.*, 2010).

6.4. Caracterización del ambiente

Se tomaron muestras sedimentarias en todos los sitios de muestreo, para proceder a su análisis granulométrico y valorar el tamaño de grano y el contenido de materia orgánica (Pérez y Junoy, 1991; Pérez-Ruiz, 2012; Junoy *et al.*, 2013), simultáneamente se tomaron parámetros ambientales: pH, temperatura y salinidad en las tres playas, con un multiparametro marca Oakton Pctestr-35 y un refractómetro (ATC).

Se llevó acabo el levantamiento topográfico del litoral mediante un teodolito y estadal en cada sitio de muestreo (Anfuso *et al.*, 2004).

Para determinar el contenido de humedad en el sedimento, las muestras se pesaron con una balanza analítica con capacidad de 400 g; posteriormente se secaron utilizando un horno a 60° C y se pesaron nuevamente, esta diferencia en el peso definió el contenido de humedad en el sedimento (Torres, 2010), se procedió al análisis granulométrico obteniendo ya la muestra seca se trasladaron al Laboratorio de Investigación de Recursos Acuáticos (LIRA) del Instituto Tecnológico de Boca del Río (ITBOCA) se pesaron y se tomaron 50 g de cada sitio de muestreo, se procedió a secar en un horno a 60° durante 24 h, se colocaron los 50 g en probetas donde se expuso la muestra a hexametáfosfato de sodio 24 h posteriormente se agregó

peróxido de hidrogeno y se procedió al pipeteo por tiempos (Folk y Ward, 1957; Galehouse, 1971); Una vez filtrada y secada la muestra se procedió al tamizado con tamices de 2 mm, 1.680 mm, 0.500 mm y 0.230 mm, arcillas y limos (Krumbein y Pettijohn, 1938; Galehouse, 1971). Se procedió a vaciar los resultados en el programa GRADISTAT v.8 (Blott & Pye, 2001) para la obtención de los resultados del tipo de sedimento, Los resultados se presentaron con notación phi (ϕ), donde $\phi = -\log_2 d$, y d=diámetro (mm).

Para el contenido de materia orgánica (MO) de cada muestra se obtuvo siguiendo el método propuesto por Schulte y Hopkins (1996), pesando 5 g de la muestra en crisoles de 15 ml, posteriormente fueron colocados en estufa durante 24 h a 105° C, se enfriaron las muestras en desecador y pesadas. Luego se colocaron durante 2 h en una mufla a 360°C se enfriaron en desecador y se registró el peso nuevamente. El cálculo de MO (Ecuación 1) se analizó por diferencia de peso en las distintas temperaturas, según:

Ecuación 1

$$MO_{\%} = \frac{((g^{105^{\circ}C} - g^{360^{\circ}C})100)}{105^{\circ}C}$$

Dónde:

MO= Materia orgánica

g 105 °C = peso obtenido después de 24 h a 105 °C

g 360 °C = peso obtenido después de 2 h a 360 °C

105 °C = peso inicial

6.5. Importancia de las especies

Se construyó una prueba de asociación de Olmstead y Tukey (Sokal y Rohlf, 1979) la cual permite jerarquizar la dominancia de las especies, esta prueba consiste en clasificar las especies de acuerdo con dos variables. Se obtiene a partir de la relación entre la abundancia de los organismos y su frecuencia de aparición, el criterio con el que se hace tal clasificación se basa en la media de la frecuencia que está representada en el eje "X", con lo que respecta al eje "Y" está dada por la media de la abundancia relativa de $(\log+1)$, permitiendo trazar dos líneas, dando como resultado cuatro cuadrantes que caracterizan a las especies en cuatro tipos:

- Raras: especies poco abundantes y poco frecuentes que en el análisis se ubican en el cuadrante inferior izquierdo.
- Comunes: especies poco abundantes, pero frecuentes que en el análisis se ubican en el cuadrante inferior derecho.
- Estacionales: especies abundantes, pero poco frecuentes que en el análisis se ubican en el cuadrante superior izquierdo.
- Dominantes: especies abundantes y frecuentes que en el análisis se ubican en el cuadrante superior derecho.

Con base a lo propuesto por Granados-Barba (2001) a esta prueba, se le agrego una categorización a las especies en función de la importancia temporal y espacial obtenido a partir de la abundancia.

6.6. Análisis de los datos

6.6.1 Diversidad

El parámetro más común para conocer la estructura comunitaria es la diversidad, este parámetro combina la riqueza y la abundancia relativa de las especies presentes y la equidad con la que los individuos se distribuyen entre las especies (Magurran, 1988).

La riqueza se obtuvo identificando taxonómicamente los organismos, y su abundancia se calculó por el número de individuos de cada especie por muestra o sitio, este parámetro se registró por muestra y por playa. La riqueza específica (s) es una de las formas más sencillas de medir la diversidad, es el número de especies presentes en una muestra (Moreno, 2001). La riqueza específica de los crustáceos bentónicos presentes en el sedimento arenoso de la playa se registró a nivel intermareal y por sitio.

Se analizará la diversidad por sitios de muestreo para evaluar la variedad que existe entre las especies de la zona intermareal y poder detectar los cambios espaciales para ello se utilizara el índice de Shannon y Weaver (Ecuación 3)

Ecuación 2

$$H' = \sum p_i \times \log_2 p_i$$

Dónde:

H' = Diversidad en bits/individuo

p_i = Proporción del número de individuos de la especie i con respecto al total.

6.6.2. Dominancia

Este parámetro es el inverso al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad y toma en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies. Este dato se registró por muestra y playa (Ecuación 2).

Ecuación 3

$$\lambda = \sum p_i$$

Dónde:

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra. Manifiesta la probabilidad de que los individuos tomados de una muestra sean de la misma especie.

La equidad entre sitios temporadas la cual se representa con la siguiente fórmula:

$$J' = \frac{H'}{H_{max}}$$

Donde $H'_{max} = \ln(S)$.

6.6.3. Análisis multivariados para la integración de la comunidad con los parámetros ambientales.

Se realizaron pruebas de clasificación (dendrograma) para observar tendencias de similitud de los parámetros ambientales con lo que respecta a los sitio y temporadas

de muestreo para obtener grupos, los grupos se valoraron con una ordenación multivariada en un Análisis de Escalamiento No Métrico (NMDS) en el cual se utilizaron los datos de abundancia llevado realizado con el paquete estadístico Primer versión 5.0.

Se realizó un Análisis de correlación canónica (ACC) en el programa Past (Hammer *et al.*, 2001), esto para determinar si hay correlación entre los parámetros ambientales registrados y la composición de crustáceos bentónicos.

6.6.4. Análisis para verificar la existencia del gradiente de uso y modificación

Mediante un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) se registró en el programa primer versión 5.0 los datos biológicos obtenidos en este estudio y con datos de dos playas de referencia a lo que respecta al litoral Veracruzano (Bernal-Ramírez y Granados-Barba, 2008), de las cuales presentan características similares en cuanto al sedimento y pendiente propuestas por Pérez-Ruíz, (2012) como sitios de referencia para evaluar perturbaciones naturales. La playa Farallón es una playa expuesta ubicada a 24 km del Puerto de Veracruz 19° 38' 15.9" N, 96° 23' 32.88" O. Tiene un escaso desarrollo urbano, es un sitio natural que no ha sufrido ninguna modificación antrópica y presenta poca afectación directa por lanchas y turistas siendo utilizada como playa de contraste "natural" y Playa Club de Yates es una playa protegida, ubicada en el Puerto de Veracruz a 1 km de la playa Villa del Mar 19° 11' 52.56" N, 96° 7' 47.82" O esta playa presenta características intensas, está en desarrollo urbano-hoteler, pero con condiciones de afectación relacionadas con una descarga "pluvial" urbana, desechos orgánicos y

presencia de embarcaciones, por lo cual se utilizó como Playa de Contraste “modificada”.

Se llevó a cabo este análisis para verificar la existencia de un gradiente en el cual las playas deberán ordenarse conforme fue expuesto en la hipótesis, siguiendo como referencia estas playas.

VII.- RESULTADOS

7.1 Caracterización del ambiente

Con lo que respecta a los parámetros ambientales tomados de la columna de agua la temperatura, salinidad (Figura 3) y pH (Figura 4) son similares entre playas aunque presentaron diferencias con respecto a las temporadas, la salinidad (en ups) se mantuvo constante entre playas con un promedio de 34.5 la más baja que corresponde a la temporada de lluvias y la más alta con un promedio de 36 en temporada de nortes. La temperatura en temporada de secas alcanzo temperaturas promedio altas 31.55 y las más bajas de 24.4 en nortes.

Los valores de pH fueron similares para las tres playas con el promedio más bajo de 7.04 para temporada de lluvias y corresponde a la playa Barra Galindo y 7.7 promedio más alto en temporada de lluvias para la playa Mojarra (Figura 4).

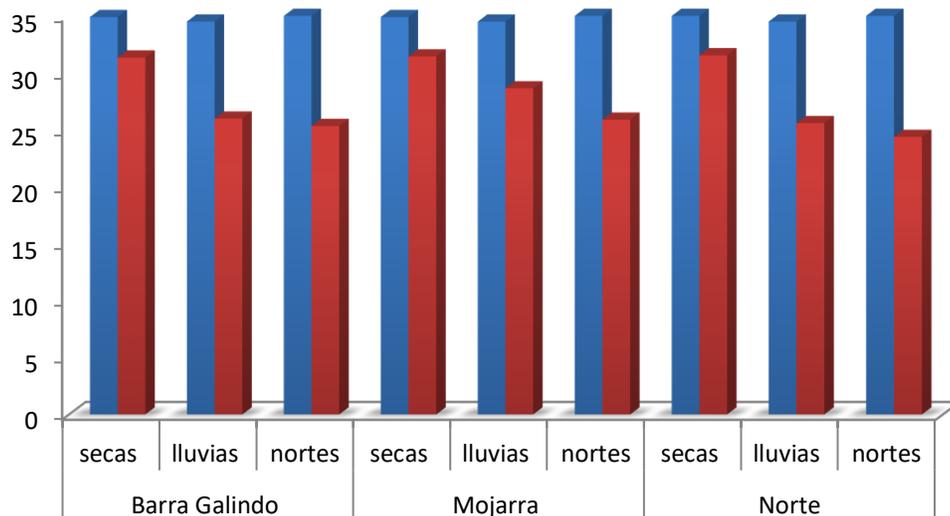


Figura 3. Temperatura (color rojo) y salinidad (color azul) de los sitios de muestreo con respecto a las temporadas.

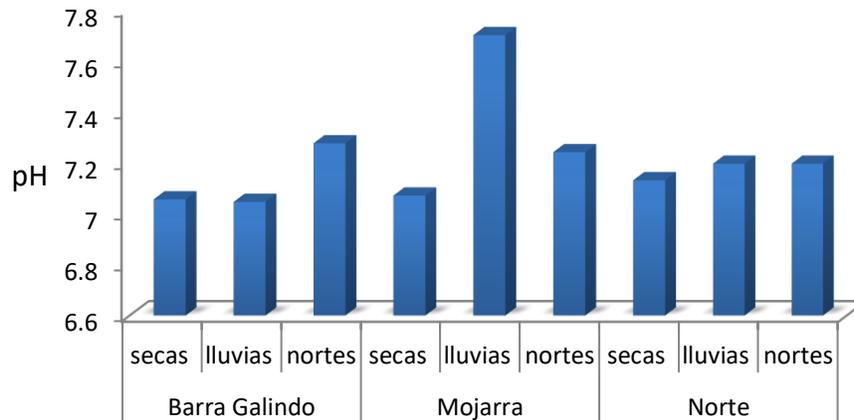


Figura 4. pH de los sitios y temporadas de muestreo.

7.2. Perfil de playa

La pendiente de las playas Norte, Mojarra y Barra Galindo se mostraron diferentes, la playa Norte y Mojarra resultaron ser más anchas 64 m y 61 m (Figura 5 y 6) en comparación con la playa Barra Galindo 46 m (Figura 7). Con lo que respecta al perfil de la playa norte se observa que su pendiente es suave en comparación con la playa Mojarra y Barra Galindo donde muestran una caída más pronunciada.

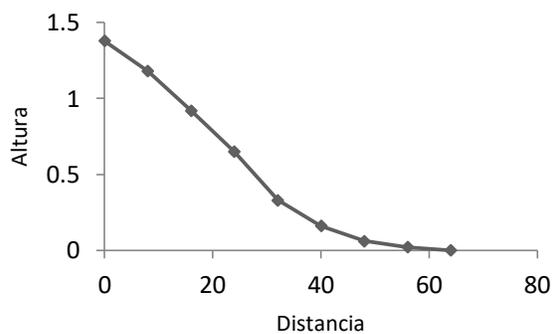


Figura 5. Perfil de playa Norte

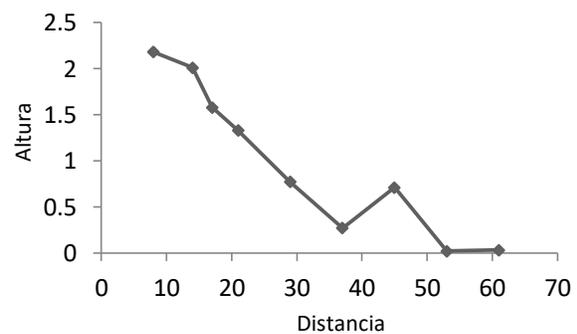


Figura 6. Perfil de la playa Mojarra

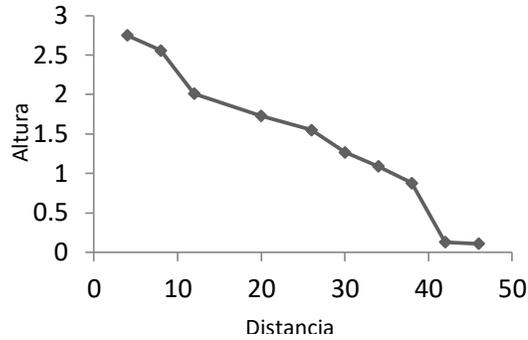


Figura 7. Perfil de playa Barra Galindo

7.3. Materia Orgánica

Los valores que se registran de materia orgánica están en un intervalo de 0.21% - 2.31% la mayor cantidad de materia orgánica se registró en la temporada de secas con un promedio de 1.81% que corresponde a la playa Mojarra y la menor para la temporada de lluvias con un promedio de 0.23% que corresponde a la playa Mojarra (Figura 8).

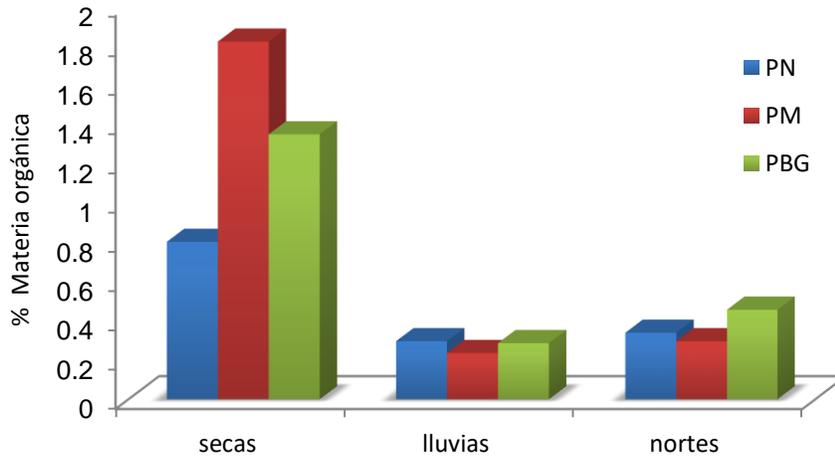


Figura 8. Porcentaje de materia orgánica por playa, Playa norte (PN), Playa Mojarra (PM) y Playa Barra Galindo (PBG) con respecto a la temporada.

7.4. Análisis granulométrico

Con lo que respecta a la clasificación de los sedimentos estos no varían entre playas, se encuentran como muy bien clasificada tanto en los sitios de muestreo como en las temporadas (Cuadro 2, 3, 4), el grupo textural al que pertenecen las muestras de los sitios corresponde a arenas medias con un tamaño de grano que va de 1.72-1.74 con excepción de la playa Norte donde en temporada de lluvias presento arenas finas con un tamaño de grado de 2.012.

Cuadro 2. Tipo de sedimento de las playas de estudio en temporada de secas.

TEMPORADA DE SECAS			
	PLAYA NORTE	PLAYA MOJARRRA	PLAYA BARRA GALINDO
TAMAÑO DE GRANO	1.74 ϕ	1.73 ϕ	1.74 ϕ
GRUPO TEXTURAL	Arena media	Arena media	Arena media
GRADO DE ASIMETRIA GRAFICA (SK)	-0.064	9.54	29.97
CLASIFICACIÓN	Muy bien clasificada	Muy bien clasificada	Muy bien clasificada
CURTOSIS	0.738 Platicúrtica	0.738 Platicúrtica	0.738 Platicúrtica

Cuadro 3. Tipo de sedimento de las playas en temporada de lluvias.

TEMPORADA DE LLUVIAS			
	PLAYA NORTE	PLAYA MOJARRRA	PLAYA BARRA GALINDO
TAMAÑO DE GRANO	2.012 ϕ	1.74 ϕ	1.73 ϕ
GRUPO TEXTURAL	Arena fina	Arena media	Arena media
GRADO DE ASIMETRIA GRAFICA (SK)	-0.151	-8.829	-5.477
CLASIFICACIÓN	Muy bien clasificada	Muy bien clasificada	Muy bien clasificada
CURTOSIS	0.743	0.738	1.512
	Platicúrtica	Platicúrtica	Muy Leptocúrtica

Cuadro 4. Tipo de sedimento de las playas en temporada de nortes.

TEMPORADA DE NORTES			
	PLAYA NORTE	PLAYA MOJARRRA	PLAYA BARRA GALINDO
TAMAÑO DE GRANO (ϕ)	1.74 ϕ	1.74 ϕ	1.72 ϕ
GRUPO TEXTURAL	Arena media	Arena media	Arena media
GRADO DE ASIMETRIA GRAFICA (SK)	-13.459	13.50	-4.335
CLASIFICACIÓN	Muy bien clasificada	Muy bien clasificada	Muy bien clasificada
CURTOSIS	0.738	0.738	1.72
	Platicúrtica	Platicúrtica	Muy Leptocúrtica

Con lo que respecta a la composición del sedimento de las playas de estudio se muestra predominante las arenas medias (Figura 9) con porcentajes de 97.90% - 99.80% en temporada de secas, 46.20% - 99.60% en temporada de lluvias dominando la arena fina en playa norte, para la temporada de nortes el porcentaje está compuesto por arenas medias 99.20% - 99.80%.

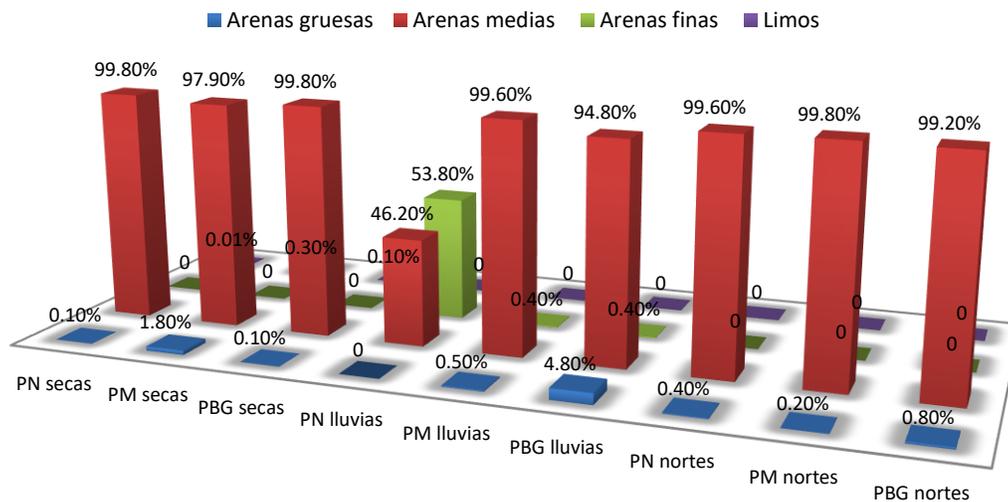
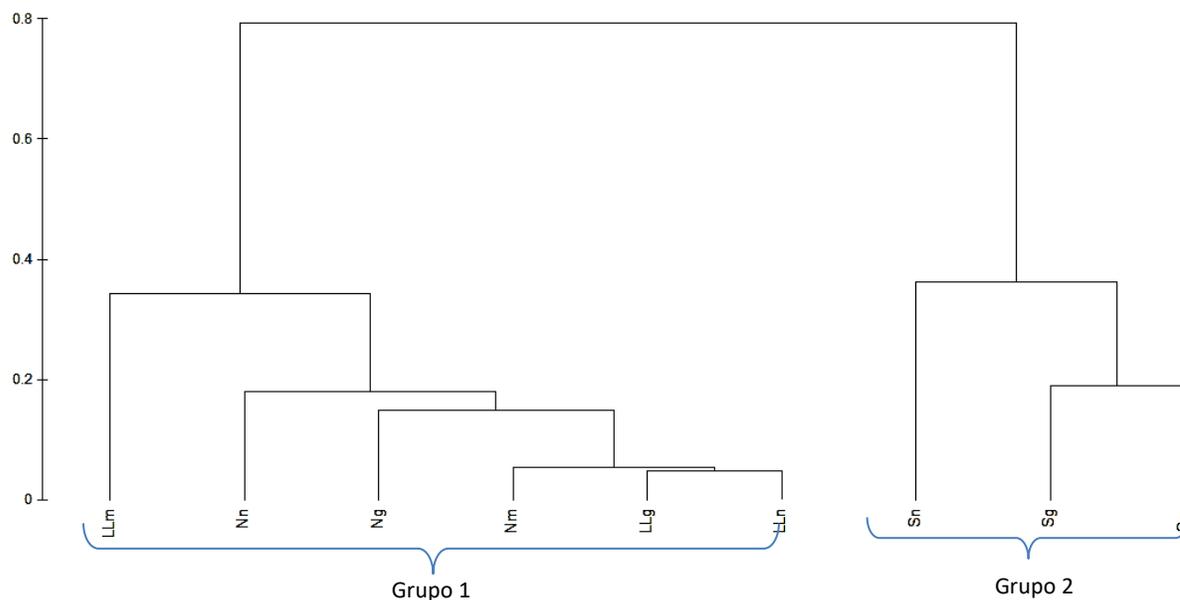


Figura 9. Porcentajes del tipo de sedimento por sitio y temporadas de muestreo.

7.5. Relación de los parámetros ambientales entre playas

Con el análisis de clasificación de los sitios en función de los parámetros del ambiente se obtuvo el dendrograma de la (Figura 10) que muestra conformación de dos grupos. El grupo 1 asocia principalmente a sitios cuyas muestras se recolectaron en temporadas de lluvias y nortes que se caracterizan por presentar menor cantidad de materia orgánica, mientras que en un grupo 2 se asocian los sitios

correspondientes a la temporada de secas, que caracterizan por presentar los valores más altos de materia orgánica.



S= temporada de secas, LL= temporada de lluvias, N= temporada de nortes, n= Playa Norte, m= Playa Mojarra y g= Playa Barra Galindo.

Figura 10. Dendrograma que asocia en función de los parámetros ambientales por temporada.

Lo antes expuesto es consistente con lo observado la ordenación producto del análisis de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) (**S= temporada de secas, LL= temporada de lluvias, N= temporada de nortes, n= Playa Norte, m= Playa Mojarra y g= Playa Barra Galindo.**

Figura 10 11) en donde se observan los dos grupos indicados cuya conformación esta dada por la temporalidad, el porcentaje de materia organica, observandose los valores de la temporada de secas (mas altos) y la temporada de lluvias y nortes (mas bajos).

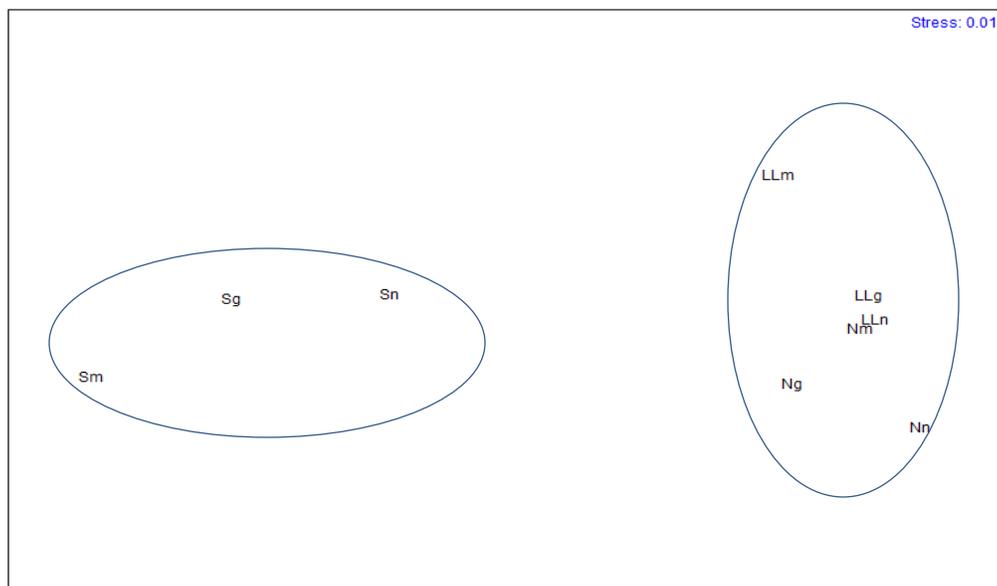


Figura 11. nMDS de los parámetros ambientales de acuerdo a las temporadas.

7.6 Composición y abundancia de los crustáceos bentónicos

Se analizaron y determinaron un total de 1,335 organismos de la comunidad de crustáceos bentónicos de la zona intermareal en las tres playas, Playa Norte, Mojarra y Barra Galindo de los cuales, están representados en 4 órdenes, 12 familias, 11 géneros y 12 especies. Con un total de 231 organismos correspondientes a la temporada de secas con un número total por playa, playa Norte: 52, Mojarra: 81 y Barra Galindo: 98 (Figura 12 a), siendo *Haustorius mexicanus* la especie dominante seguida de *Emerita talpoida*. Para la temporada de lluvias el número de individuos fue de 830 de los cuales 314 individuos conformo la paya Norte, Mojarra con 67, y Barra Galindo con 448 individuos de los cuales resultando *H. mexicanus* la especie abundante (Figura 12 b). Con lo que respecta a la temporada de nortes se tiene un total de 274 individuos de los cuales 71

corresponde para la playa norte, 157 para playa Mojarra y 46 para Barra Galindo conformado con *H. mexicanus* la especie dominante seguido de *Ancinus jarocho*.

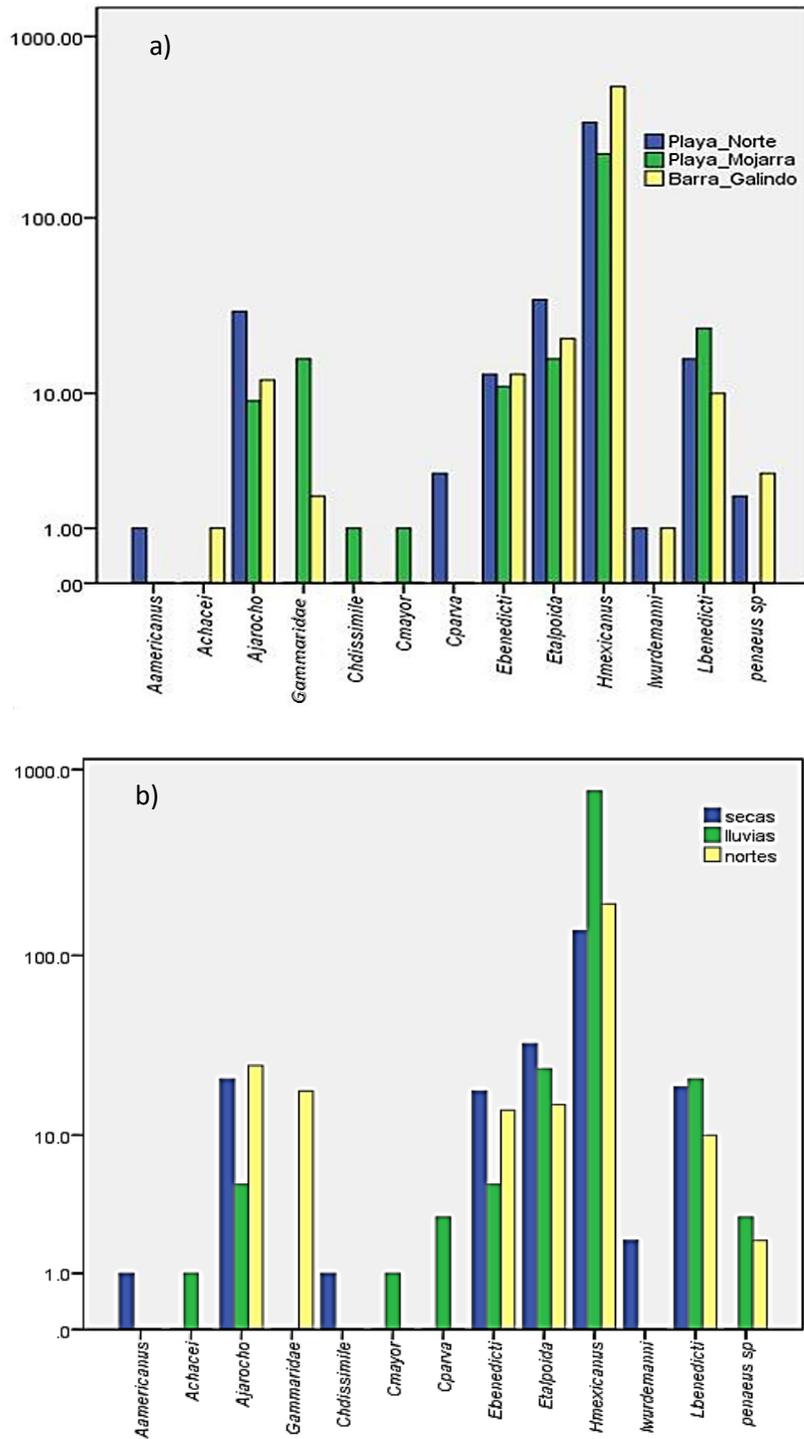
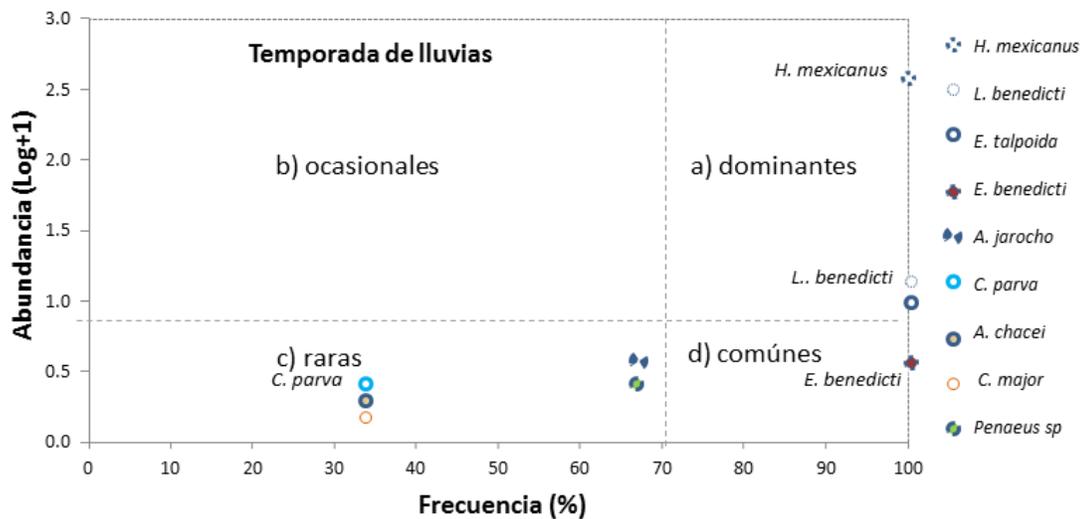
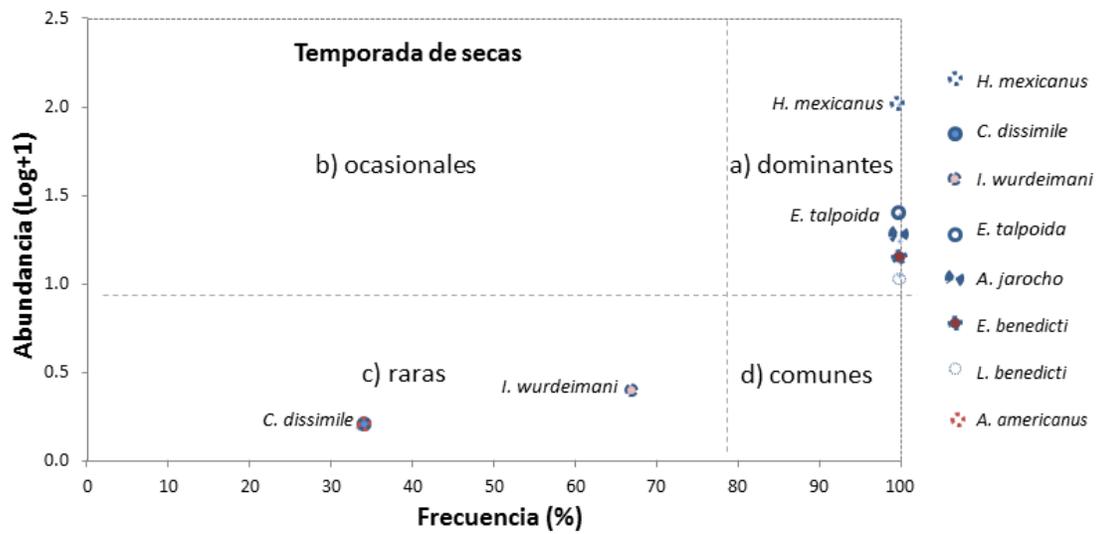


Figura 12 a) y b). Abundancia de las especies de crustáceos bentónicos por sitios de muestreo y temporadas.

7.7. Importancia de las especies

Con lo que respecta al análisis de importancia de Olmstead y tukey de la abundancia de las especies, se presentan cinco especies dominantes y tres especies destacaron como raras en temporada de secas. Para la temporada de lluvias solo se muestra la presencia de tres especies dominantes, una especie común, obteniendo un aumento de especies raras con el 55%. Se presenta solo una especie dominante en temporada de secas, siendo tres especies comunes, una ocasional y dos raras.



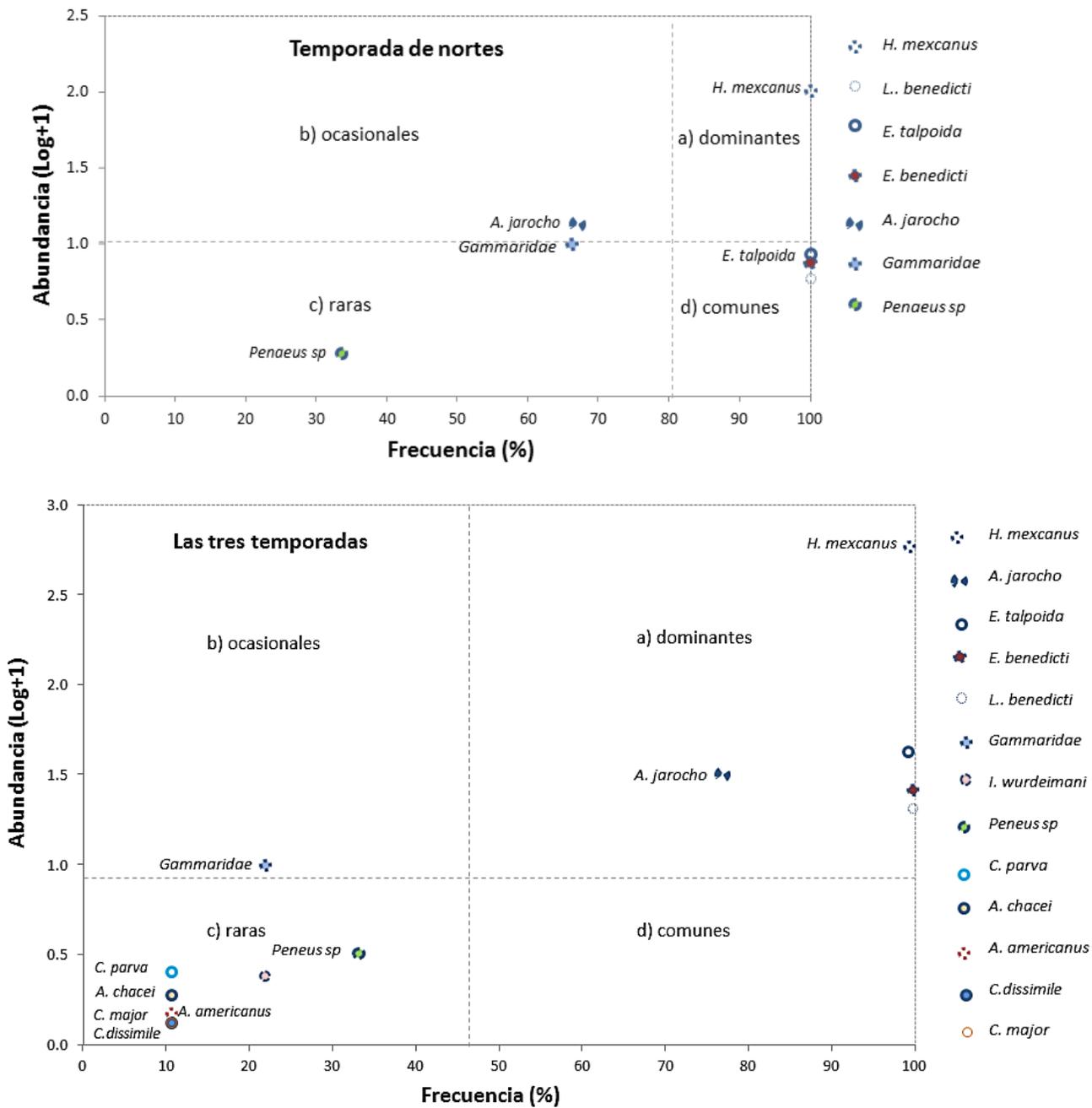
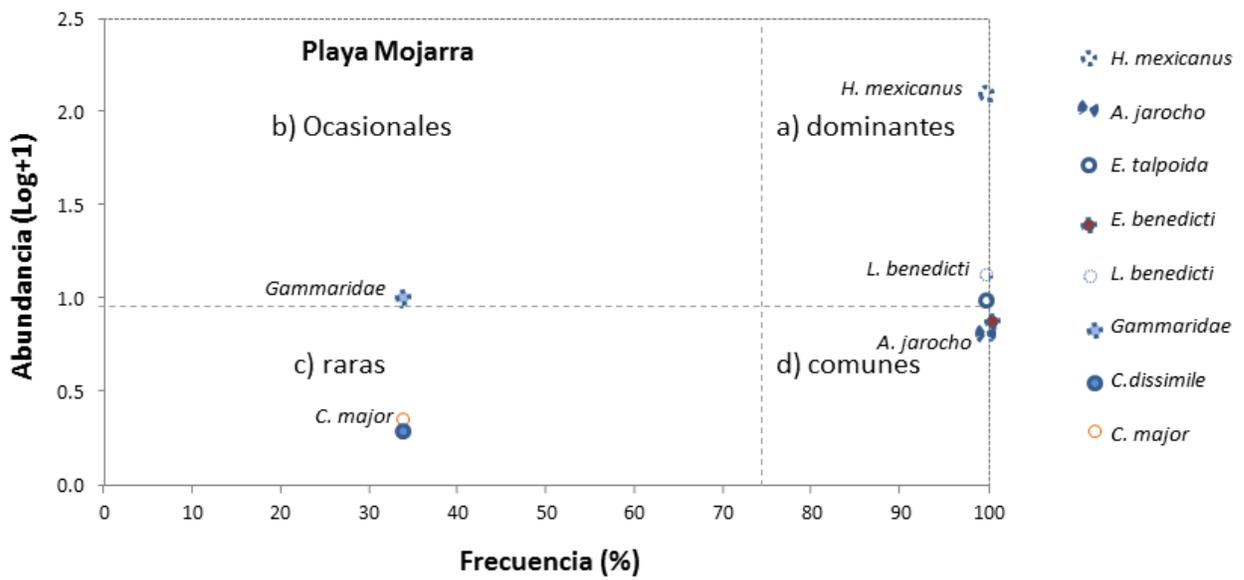
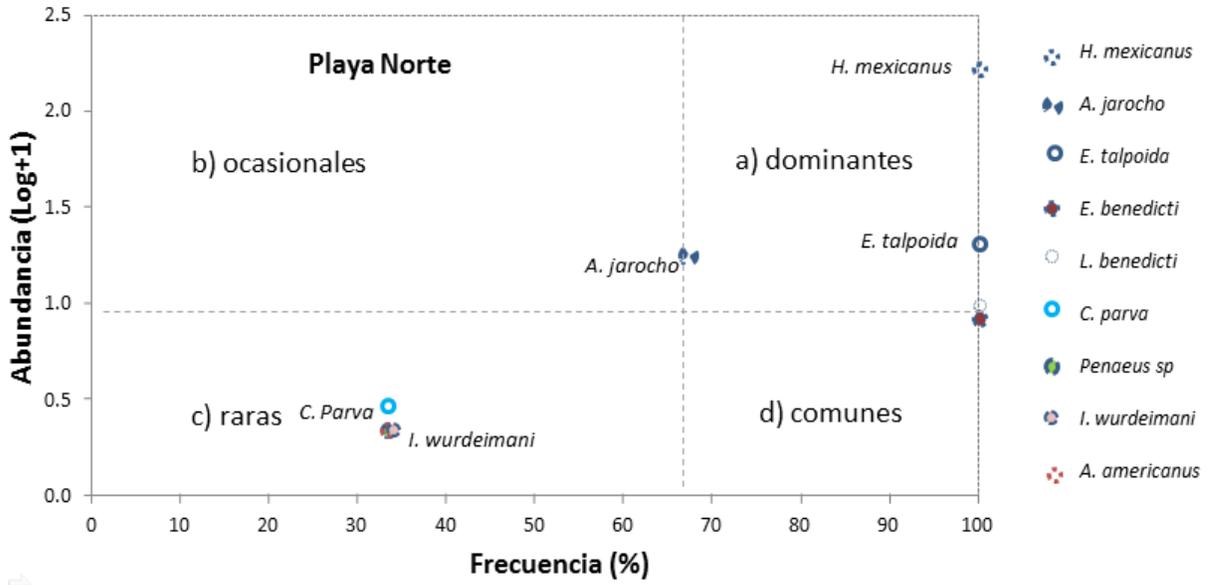


Figura 13. Diagrama de Olmstead y Tukey. Abundancia de los organismos de las temporadas de estudio; secas, lluvias, nortes y tres temporadas.



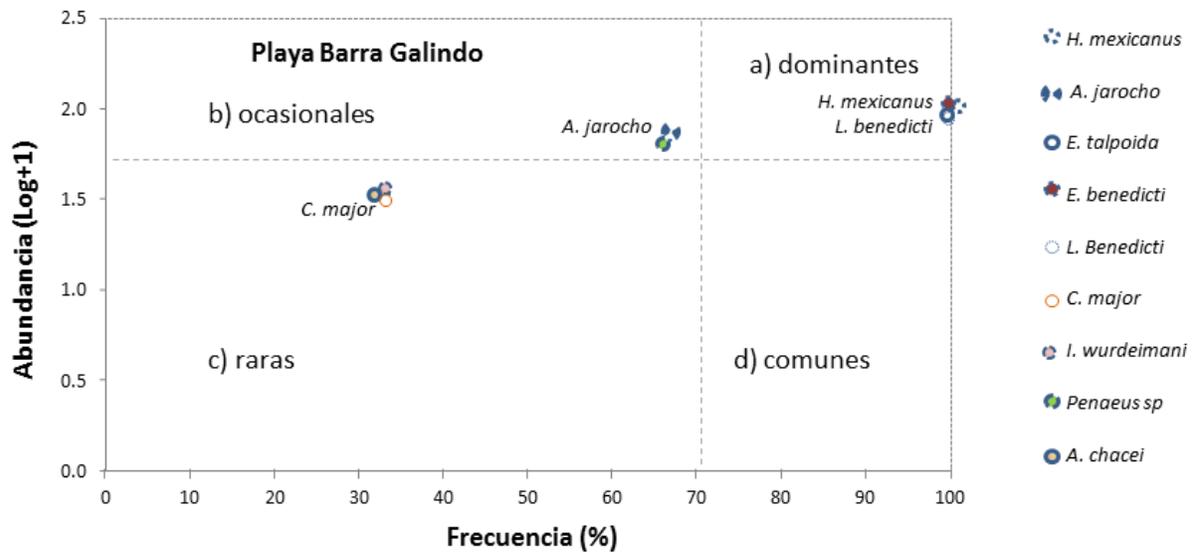


Figura 14. Diagrama de Olmstead y Tukey. Abundancia de los organismos de las playas de estudio.

Se tomó como base la categorización espacial y temporal de las especies a partir de la variante a la prueba de asociación de Olmstead y tukey realizada por Granados-Barba (2001).

Cuadro 5. Categorías de las especies con respecto a la prueba de asociación de Olmstead y Tukey.

1.-EDCAD: Especie Dominante Constante de Amplia Distribución: son especies dominantes en términos de abundancia y frecuencia de aparición. Se sitúan por arriba de las medias de la frecuencia de aparición de la abundancia del muestreo en general. Su patrón de comportamiento puede representar el observado en la comunidad general.

2.-EDOAD: Especie Dominante Ocasional de Amplia Distribución: Son especies dominantes en términos de abundancia y frecuencia en general, pero son poco abundantes durante una temporada del año.

3.-EOAD: Especie Ocasional de Amplia Distribución: Son especies comunes que se distribuyen ampliamente pero con poca abundancia; sin embargo, llegan a ser dominantes en una temporada del año.

4.-EORD: Especie Ocasional de Reducida Distribución: son especies generalmente poco frecuentes, muy abundantes en una temporada del año, pero son raras en otra.

5.-EODR: Especie Ocasional de Distribución Restringida: Son especies abundantes y poco frecuentes en general; sin embargo son dominantes en una temporada del año, pero ausentes en otra.

6.-ECCAD: Especie común constante de Amplia Distribución: Son especies comunes ampliamente distribuidas, pero con poca abundancia durante todo el año.

7.-ECRD: Especie Común de Reducida Distribución: Son especies comunes que se distribuyen ampliamente, con poca abundancia en general; sin embargo, son raras en una temporada del año.

8.-ERC: Especie Rara Constante: Son especies raras que aparecen con muy poca abundancia frecuencia durante todo el año. Se sitúan debajo de las medias de la frecuencia de aparición de la abundancia del muestreo en general.

9.-EROAD: Especie Rara Ocasional de Amplia Distribución: Son especies generalmente raras, con poca abundancia y frecuencia; sin embargo, son comunes en una temporada del año.

10.-ERODR: Especie Rara Ocasional de Distribución Restringida: Son especies generalmente raras, con poca abundancia y frecuencia; sin embargo, son comunes en una temporada del año y ausentes en otra.

11.-ERCDCR: Especie Rara Constante de Distribución Restringida: Son especies generalmente raras con poca abundancia y frecuencia; sin embargo, están ausentes en una temporada del año.

Con base a la prueba de Olmstead y Tukey de acuerdo a la abundancia y frecuencia (Figura 13) de las especies presentes en los sitios de muestreo y su temporada correspondiente la especie *H. mexicanus* es la única que se encuentra en la categoría de EDCAD. Así mismo, predominan las especies raras (54%) del cual sobresale la categoría ERCDCR con 7 especies. Con lo que respecta a las especies dominantes se dividen en dos categorías EDCAD con (8%) que está representada por la especie *H. mexicanus* y especie dominante ocasional de amplia distribución EDOAD representando el (15%). Mientras que las especies comunes *E. talpoida*, *E. benedicti* y *L. benedicti* se encuentran en la categoría de ECCAD conformando (23%) (Figura 13). En el cuadro 6 y 7 se presentan las categorías propuesta por (Granados-Barba, 2001) al Análisis de Olmstead y Tukey en cuanto a las playas de estudio y a sus temporadas.

Con lo que respecta a las playas de estudio, de acuerdo a la prueba de Olmstead y Tukey de la abundancia y frecuencia (Figura 14) de las especies presentes en las playas, predominan las especies raras (58%) de las cuales la mayoría pertenecen a la categoría ERCDCR, seguida de las especies dominantes (33%) de las cuales la

especie *H. mexicanus* es la única que representa a la categoría EDCAD., lo que respecta a las especies ocasionales (9%) está representada por *A. jarocho* de la categoría EOAD. En el (anexo I) se pueden observar las especies.

Cuadro 6. Categorización de las especies de acuerdo a las temporadas; tomadas de la propuesta de categorías propuesta por (Granados-Barba, 2001) al Análisis de Olmstead y Tukey.

ESPECIE (ABUNDANCIA)	CATEGORIA
<i>Lepidopa benedicti</i>	EDOAD
<i>Emerita talpoida</i>	EDOAD
<i>Emerita benedicti</i>	EDOAD
<i>Ancinus jarocho</i>	EOAD
<i>Haustorius mexicanus</i>	EDCAD
<i>Acetes americanus carolinae</i>	ERCDCR
<i>Chlamydopleon dissimile</i>	ERCDCR
<i>Isocheles wurdemanni</i>	ERCDCR
<i>Cirolana parva</i>	ERCDCR
<i>Penaeus sp</i>	EROAD
<i>Callichirus mayor</i>	ERCDCR
<i>Austinixa chacei</i>	ERCDCR

Cuadro 7. Categorización de las especies por playa; tomadas de la propuesta de categorías propuesta por (Granados-Barba, 2001) al Análisis de Olmstead y Tukey.

ESPECIE (ABUNDANCIA)	CATEGORIA
<i>Lepidopa benedicti</i>	EDOAD
<i>Emerita talpoida</i>	EDOAD
<i>Emerita benedicti</i>	ECCAD
<i>Ancinus jarocho</i>	ECCAD
<i>Haustorius mexicanus</i>	EDCAD

<i>Acetes americanus carolinae</i>	ERC
<i>Chlamydopleon dissimile</i>	ERC
<i>Isocheles wurdemanni</i>	ERC
<i>Cirolana parva</i>	ERC
<i>Penaeus sp</i>	ERC DR
<i>Callichirus mayor</i>	ERC
<i>Austinixa chacei</i>	ERC

7.7.1 Diversidad

Los valores de diversidad se reflejan en el siguiente cuadro 7 en el cual se puede observar que el número de especies es similar en los sitios y temporadas de estudio, menor en Playa Norte que corresponde a la temporada de nortes, y con mayor número en los sitios de Barra Galindo en temporada de lluvias y Playa Norte en secas.

Playa Norte en temporada de secas fue la que alcanzó el valor más alto de diversidad tanto en temporada de nortes (2.44 y 1.95 bits/ind.), con lo que respecta a la Playa Barra Galindo en temporada de lluvias es la que presentó la diversidad más baja con (0.29 bits/ind).

Cuadro 8. Índices de diversidad por playa, Playa Norte (PN), Playa Mojarra (PM) y Playa Barra Galindo (BG) y temporada, secas (s), lluvias (ll) y nortes (n)

Índices	PNs	PNll	PNn	PMs	PMll	PMn	BGs	BGll	BGn
S	7	6	5	6	6	6	6	7	6
Fisher	2.178	1.052	1.227	1.496	1.604	1.237	1.41	1.177	1.842
H'(log2)	2.443	0.4363	1.952	1.399	1.792	0.9243	1.507	0.299	1.682
N	52	314	71	81	66	157	98	450	46

El valor de equidad más bajo que representa la heterogeneidad en la comunidad se presentó en el sitio de Playa Barra Galindo en temporada de lluvias y Playa Norte lluvias con 0.1 y 0.16, con lo que respecta a Playa Norte en temporada de secas y Playa Norte en nortes presentaron mayor equidad con 0.87 y 0.84 respectivamente como se muestra en la Figura 15

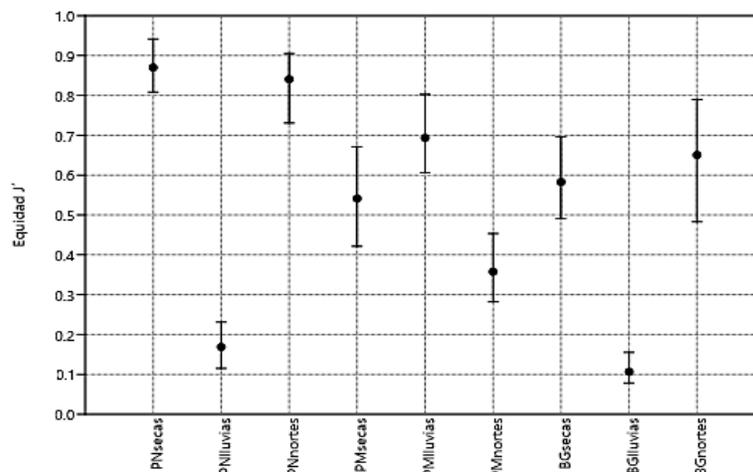


Figura 15. Equidad (J') de los sitios con respecto a las temporadas de muestreo.

7.7.2. Dominancia

El índice de Simpson D refleja que el sitio Playa Norte en temporada de secas tiene una mayor dominancia con 0.79, mientras que el sitio con menos dominancia fue Playa Barra Galindo en temporada de lluvias con 0.06.

7.7.3. Densidad de los organismos

Los valores de la densidad de los organismos por sitio de muestreo variaron de 28, 36 y 158 ind./1.25 dm³ que corresponde al sitio de playa Norte en temporada de secas, nortes y lluvias, por otra parte los valores del sitio playa Mojarra fueron de 34, 42 y 80 ind.1.25 dm³ correspondientes a la temporada de lluvias, secas y nortes, con

lo que respecta al sitio de playa Barra Galindo la densidad de organismos para la temporada de secas estuvo representada por 23 ind/1.25 dm³, seguido de la temporada de nortes con una densidad de 98 ind.1.25 dm³, siendo la temporada de lluvias la que presento mayor densidad con un promedio de 227 ind.1.25 dm³.

7.7.4. Relación de la abundancia de organismos por sitio y temporadas

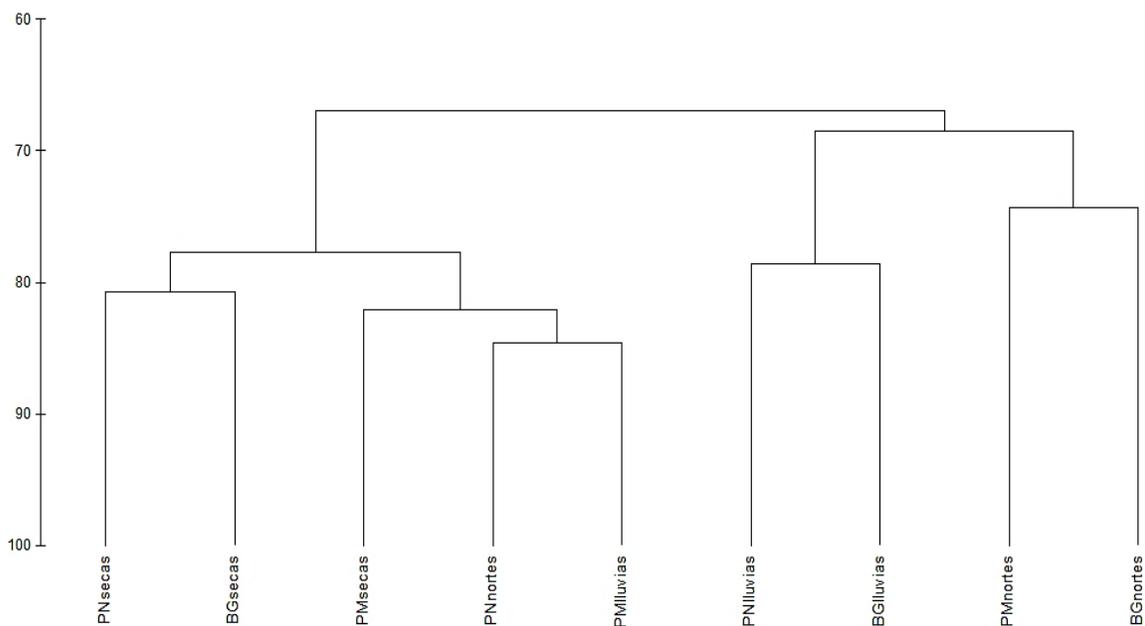


Figura 16. Dendrograma de los sitios de muestreo Playa Norte (PN) Playa Mojarra (PM) y Playa Barra Galindo (BG) de acuerdo a la abundancia y las temporadas de muestreo.

De acuerdo con el dendrograma de la figura 16 se forman asociaciones de playas cuyo arreglo está determinado, de manera general, por la temporada de muestreo. Se asocian claramente los muestreos correspondientes a “secas” de las tres playas estudiadas, y con menor claridad las de “nortes” y “lluvias” que incluyen dos playas cada uno.

7.7.5. Relación de los parámetros ambientales con la comunidad de crustáceos bentónicos

Se llevó a cabo un análisis de correlación canónica (CCA) de acuerdo a los parámetros ambientales para obtener la relación con la comunidad de crustáceos bentónicos.

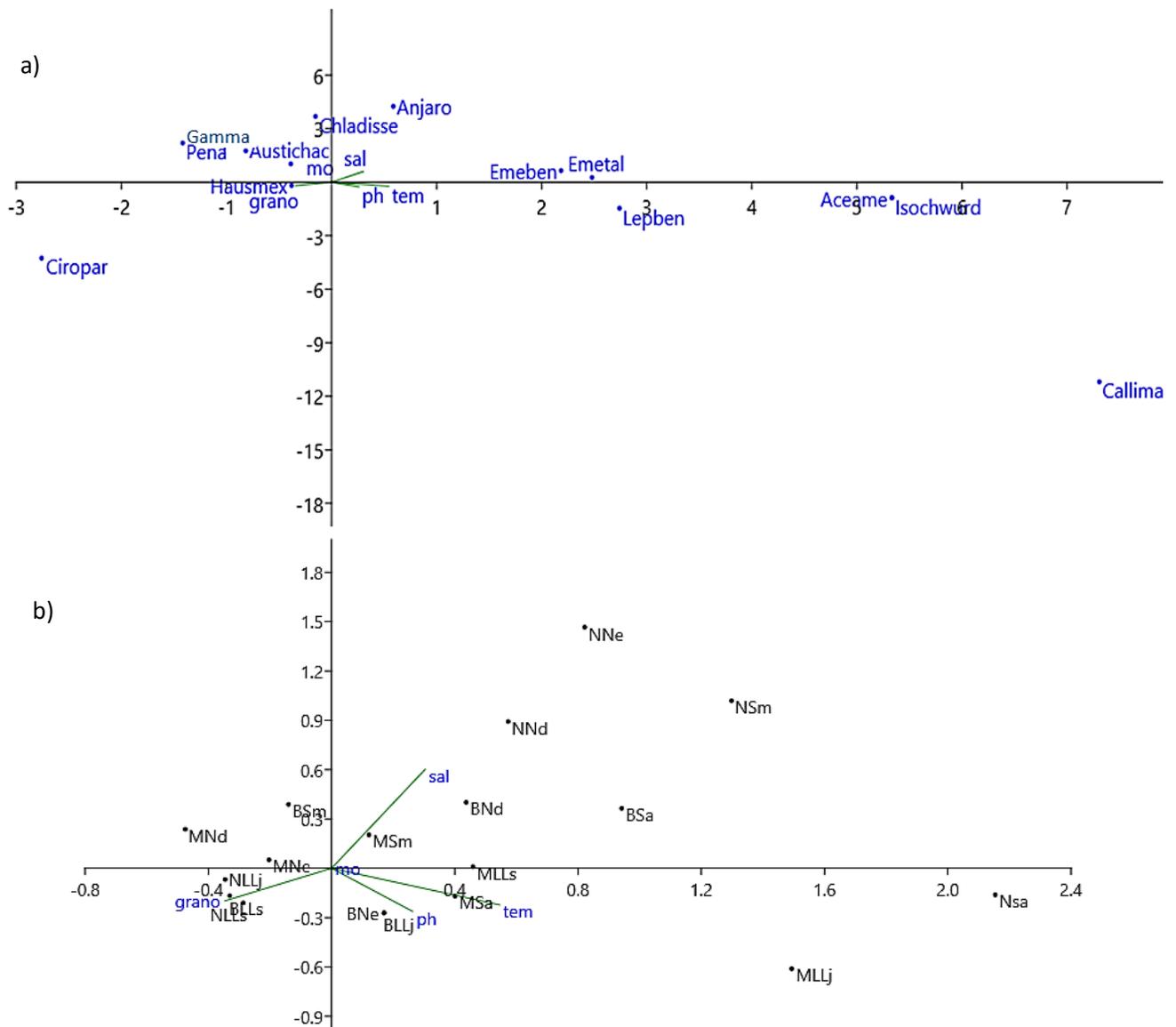


Figura 17 a) y b). Análisis de correlación canónica (CCA) de los parámetros ambientales y las especies de crustáceos bentónicos, presentes en los sitios y temporadas de muestreo.

Existe una correlación entre las dos matrices 26.18% y 53.42% y se muestra una buena representación en la correlación con un 80% que se observa en los parámetros ambientales y la comunidad de crustáceos bentónicos con respecto a los sitios de muestreo (Figura 17 b).

Las variables ph, salinidad, temperatura se correlacionan en el mismo eje, se muestran relacionados a las especies *E. talpoida*, *A. jarocho* y *E. benedicti* principalmente, a lo que respecta a la variable del tamaño de grano más grande y niveles de materia orgánica más bajos de los cuales se correlacionan las especies *H. mexicanus* y *A. chacei* (Figura 17 a).

7.8 Análisis para verificar la existencia del gradiente de uso y modificación

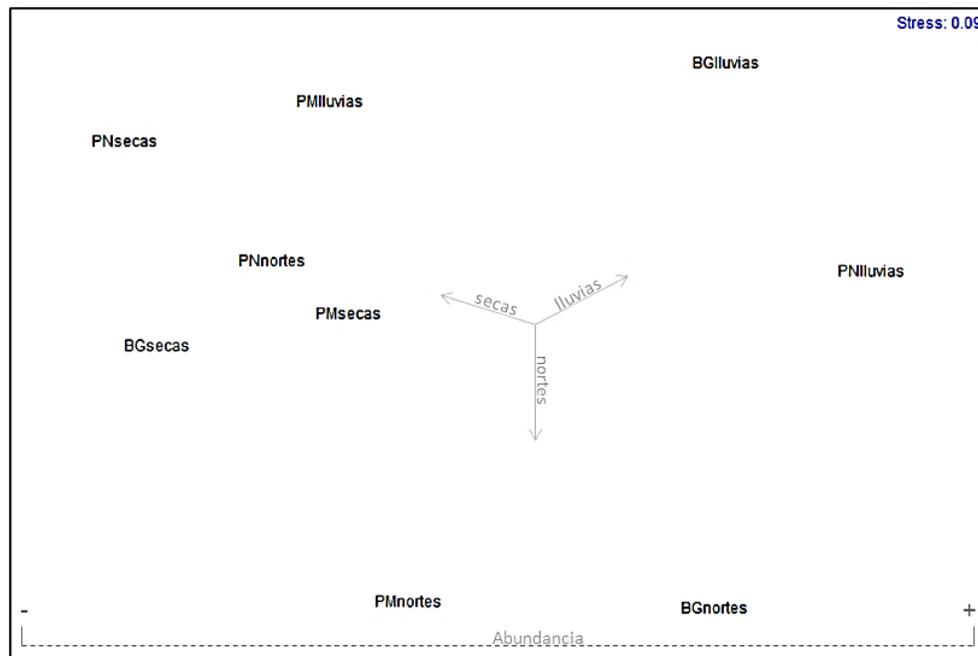


Figura 18. nMDS basada la abundancia promedio de las especies de las playas de estudio y su temporada correspondiente.

Se realizó un análisis de ordenación mediante un escalamiento multidimensional no métrico (nMDS), el cual muestra un arreglo de las localidades en función de la abundancia y de la temporalidad presente en la región, siendo más evidente en los muestreos realizados en secas, que en lluvias y nortes como se observa en la figura 18 en este arreglo, junto con los muestreos de secas que se observa en la parte superior izquierda señalado con la flecha representativa de cada temporada tienden a asociarse los muestreos de lluvias de Playa Mojarra y de nortes de Playa Norte, con lo que respecta al muestreo de lluvias de la Playa Mojarra esta asociación es debido a la baja abundancia de la especie *H. mexicanus*, lo que sucede con el muestreo de la temporada de nortes en Playa Norte su asociación con la temporada de secas está dada por la composición de las especies.

Mediante el análisis de escalamiento en el cual se empataron los datos obtenidos en este estudio y el de dos playas referencia en el cual Farallón (F) es una playa naturalmente expuesta y Club de Yates (Y) es una playa que esta modificada (Pérez-Ruiz, 2012), se muestra un conglomerado en el cual los sitios de las playas de estudio se muestran ordenados al eje donde se coloca Farallón lo que indica que las playas de estudio y a su temporalidad se encuentran expuestas pero de igual forma se muestran con un grado de perturbación debido a la influencia de las mareas y el oleaje.

Con lo que respecta a las playas de estudio se muestra la misma tendencia a lo que refiere al acomodo de acuerdo a la temporalidad donde se puede observar que la playa Mojarra y Barra Galindo de la temporada de nortes se encuentran más

relacionadas a Farallón la playa menos parecida es Playa Norte en temporada de secas como se puede observar en la (Figura 19).

Lo que se muestra claramente que las playas de estudio no reflejan un gradiente de perturbación como se esperaba, se muestra una homogeneidad en los tres sitios de muestreo.

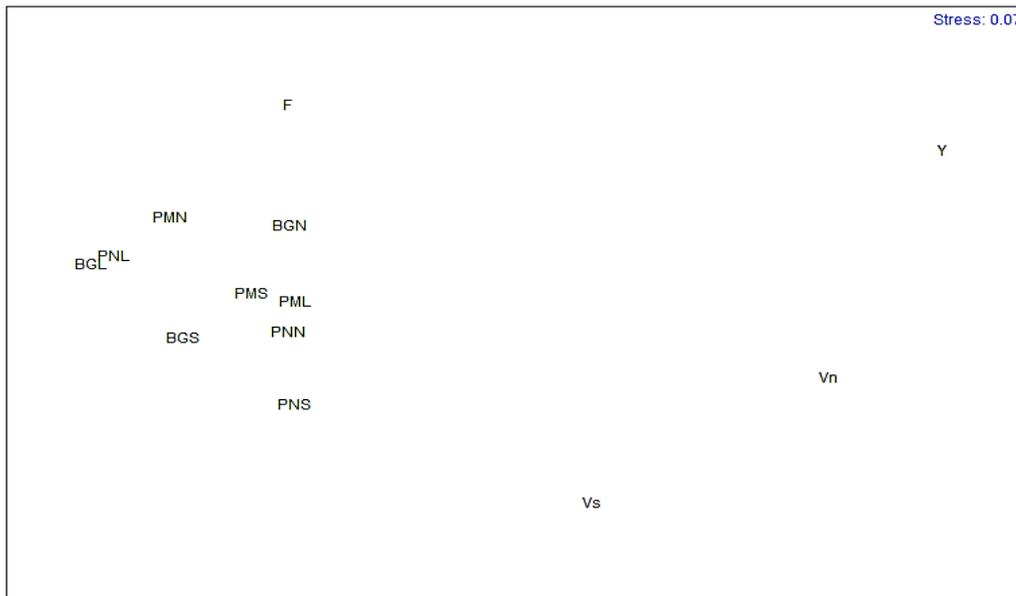


Figura 19. nMDS de las playas de referencia Farallón (F) Club de Yates (Y) con los sitios de estudio y su temporada correspondiente.

VIII.- DISCUSIÓN

Los parámetros del ambiente que se tomaron de la columna de agua en la zona intermareal de cada sitio de muestreo resultaron similares, al respecto Zavala-Hidalgo *et al.*, (2002) reportan la temperatura superficial del agua en el golfo de México, verano que va de 28 a 29°C, marzo a septiembre llega a alcanzar valores de 30 °C y mínimas de 22°C en invierno (Caso *et al.*, 2004; Mendoza *et al.*, 2005), con salinidades de 36.5 ups, sin embargo, se han realizado estudios directamente en la zona intermareal en las costas de Veracruz cuya temperatura oscila entre 21°C a 31.6 °C y salinidades mínimas de 32 ups en temporada de lluvias y máxima de 37 ups en marzo (Pérez-Ruiz, 2012; Rocha-Ramírez *et al.*, 2016; Hidalgo-Rodríguez, 2017), por lo tanto, la temperatura registrada en las playas de estudio estuvo dentro del rango a lo que respecta a las aguas costeras del estado de Veracruz con una mínima de 23.7 °C en temporada de nortes y máxima de 32.3 °C en secas. Comparado con el estudio de Ortega, (1991) realizado en la playa Barra Galindo, Tuxpan, se demuestra la misma tendencia presentando temperaturas desde 21 °C en invierno y 30°C en verano. Los valores de salinidad con respecto a este estudio fueron más altos en la temporada de nortes con 37 ups y menores en temporada de lluvias (32.3 ups), similar comparado con un estudio en la playa de Tuxpan frente a la termoeléctrica Adolfo López Mateos. Gallegos *et al.*, (2018) para marzo la temperatura y salinidad registraron de 23 °C y 31 ups. Para la zona costera las bajas salinidades se asocian a la influencia de los estuarios por las descargas de ríos y lagunas (Caso *et al.*, 2003; de la Lanza-Espino y Gómez-Rojas, 2004).

Los valores de pH con lo que respecta a este estudio se registraron más bajos en temporada de secas con 7.02 y altos en temporada de lluvias con 7.8 estos valores se muestran bajos en comparación con lo reportado por Pérez-Ruiz y (2012), Hidalgo-Rodríguez, (2017) para las playas de Veracruz que presentan un intervalo de 7.8 a 8.11, no obstante estos valores se encuentran dentro del rango que corresponde a playas con un uso recreativo, 6.8 a 8.5 (Wright, 2008; Millero *et al.*, 2012).

De acuerdo al análisis granulométrico el tamaño de grano fue similar entre las playas, las cuales resultaron estar conformadas por el grupo textural de arenas medias con excepción de la playa Norte correspondiente a la temporada de lluvias donde resulto estar conformada por arenas finas, lo que contrasta con lo reportado por Ortega, (1991) quien señala que el grupo textura al que pertenece las playas de Tuxpan corresponde a arenas muy finas, esta diferencia puede deberse al método empleado el cual consistió en analizar el sedimento proveniente a la zona infralitoral a una distancia de 500 m de la línea de costa. Con respecto a este estudio las muestras fueron obtenidas de la zona intermareal, Gómez, (1987) reportó que para la playa de Barra Galindo y playa Mojarra el grupo textural es de arenas finas con grado de simetría tendiente hacia los tamaños gruesos, de igual forma con lo reportado para otras payas del estado de Veracruz Rocha-Ramírez, (2016) reportó arenas medias para la playa Villa Rica, cabe contrastar que para fines de este estudio se indica que existe una distribución homogénea donde la arena tiende a estar bien clasificada a muy bien clasificada, El tipo de sedimento está determinado por la hidrodinámica principalmente en función a la energía generada por el oleaje

en la costa, no obstante lo que indica que en ambientes expuestos mayor tamaño de grano, en comparación a los ambientes protegidos al oleaje el sedimento será más fino, (Incera *et al.*, 2003; Airoidi *et al.*, 2005), provocando que la arena tenga una mayor porosidad al sedimento, siendo un sedimento más uniforme y permite que ciertos organismos se muevan con mayor facilidad (Méndez *et al.*, 1986). Diversas playas han sido modificadas con la construcción de rompeolas para disipar el oleaje y la corriente (Quesada, 2010; Martin *et al.*, 2005; Carranza-Edwards *et al.*, 2015) lo que favorece la acumulación de mariales finos, cambiando el patrón del transporte de sedimentos y provocando contaminación en la playa por microorganismos (Short, 1996; McLachlan y Brown, 2006; Pérez-Ruiz, 2012; Sánchez-Domínguez, 2015).

Los niveles de materia orgánica resultaron diferentes entre sitios y en cuanto a las temporadas, la temporada de lluvias obtuvo los niveles más bajos de materia orgánica siendo playa Mojarra quien presento niveles más bajos y playa Norte los valores más altos, la temporada secas presentó los niveles más altos de MO siendo mayor en playa Mojarra y menor en playa Norte, a pesar de que las playas protegidas favorecen la acumulación de materia orgánica en comparación con las playas expuestas, debido a la baja hidrodinámica (Incera *et al.*, 2003) la parte norte de la playa de Tuxpan esta modificada con la construcción de escolleras la cual las playa Norte y Barra Galindo son los sitios presentan escolleras, no obstante las playas de estudio resultaron con niveles bajos en comparación con lo reportado por Ortega, (1991) para la playa de Tuxpan y otras playas (Sánchez-Domínguez, 2015; Pérez-Ruiz, 2012) y altos en comparación con lo reportado por Rocha-Ramírez, (2016) obteniendo valores de 0.02%, los valores de materia orgánica en este estudio

fueron similares a lo reportado por Hidalgo-Rodríguez, (2017) donde los valores más altos fueron en marzo y Junoy *et al.*, (2013).

En cuanto al perfil las playas se muestran diferentes a lo que respecta a su distancia y altura, a pesar de que la playa Norte presenta más uso es la playa que tiene más distancia y no se encuentra erosionada como Barra Galindo, con lo que respecta a Playa Norte la presencia de la escollera provoca que se disipe la energía permitiendo el depósito de arenas en esta zona ayudando a evitar la erosión favoreciendo el aumento del turismo además de su cercanía (Bernal-Ramírez y Granados-Barba, 2008).

En cuanto a la relación de los parámetros ambientales se muestra una ordenación conforme a la temporalidad, el contenido de materia orgánica es el principal parámetro que está determinando esta agrupación, así mismo con lo que respecta a la temporada de secas fue la que presentó los niveles más altos de materia orgánica respectivamente en el sitio de Playa Mojarra esto puede ser causado a la descarga de agua proveniente de río y de la laguna de Tampamachoco la cual la playa Mojarra se encuentra a inmediaciones de cada desembocadura (Ortega, 1991) siendo la causa de la acumulación de materia orgánica debido a la circulación e influencia del oleaje (McLachlan y Brown, 2006 y María *et al.*, 2016).

Los crustáceos bentónicos se mueven constantemente a través de los sedimentos para alimentarse (Baustian y Rabalais, 2009), Méndez *et al.*, (2010) reporta que la distribución de los organismos está relacionada con la disponibilidad de alimento, por lo cual no está directamente asociada con el tamaño de grano pero puede dar forma o en su caso afectar la abundancia de los organismos bentónicos, por lo cual

prefieren sedimentos limosos con alto contenido de materia orgánica (Franca *et al.*, 2011). Lo que refleja el análisis de correlación canónica (CCA) donde las especies se encuentran más relacionadas directamente con la materia orgánica y el tamaño de grano (Figura 17), la especie *H. mexicanus* es la especie con mayor correlación cuanto a la materia orgánica lo que coincide con lo reportado por Hidalgo-Rodríguez, (2017) donde esta especie se encuentra con mayor contribución en la playa que presenta mayor contenido de materia orgánica. Se reporta que los anfípodos generalmente se encuentran ubicados bajo los restos de macroalgas (Jaramillo, 2006). Las mayores abundancias se registran en sedimentos finos (Martínez *et al.*, 2017) donde la especie del género *Excirrolana* se ha encontrado en una gran variedad de tamaños de grano (Martínez *et al.*, 2017). Los crustáceos se registran como el segundo grupo dominante seguido de los poliquetos (Loi y Wilson, 1979; Shen *et al.*, 2012; Mäkelä *et al.*, 2017), no obstante el grupo de los crustáceos puede constituir más del 90% de bioma, el género *Emerita* resulto ser numéricamente dominante en invierno (Santos *et al.*, 2014) coincide con lo reportado por Angeloni, (2003) donde se indica que los anfípodos resultaron ser más abundantes en invierno, en comparación con este estudio donde dos especies del género *Emerita* se reportan mayor mente dominantes en temporada de lluvias en este caso se puede traducir como estación de verano. En playas rocosas los crustáceos son el grupo más dominante debido a que este ambiente es más diverso (Vassallo *et al.*, 2014).

En playas protegidas del oleaje se presenta una densidad mayor de crustáceos a lo que respecta principalmente a una especie del género *Emerita* en comparación son

las playas semi expuestas donde predomina el grupo de los poliquetos (Tarazona *et al.*, 1986), lo cual Dexter, (1983) señala lo contrario ya que el sugiere que los crustáceos dominan en playas expuestas y los poliquetos lo hacen en playas protegidas.

Las playas de estudio se consideran protegidas no obstante se reporta un gran número de especies de crustáceos en comparación con lo reportado en otros trabajos donde se realizaron estudios de los organismos bentónicos en playas expuestas y protegidas (Pérez-Ruíz, 2012; Rocha-Ramírez, 2016; Hidalgo-Rodríguez, 2017), por lo visto y por lo expuesto en otros trabajos los poliquetos constituyen una parte importante en la representación a los organismos macrobentónicos, lo cual se debe tomar en cuenta en los estudios de la fauna bentónica el grupo de los poliquetos, los cuales resultan una base clave para el estudio de los ambientes costeros y se considera el grupo principal indicador de contaminación e impacto en el ambiente (Granados-Barba, 2001; Kuk, 2007; Fernández y Londoño, 2015).

La composición está vinculada a los aspectos morfodinámicos del ambiente el cual presenta condiciones hostiles para la vida bentónica, por lo cual los organismos están adaptados a estas condiciones, por consiguiente la riqueza es menor en comparación con otros ambientes costeros (Defeo y McLachlan, 2005) este ambiente está determinado por el tipo de sedimento, pendiente y el oleaje (McLachlan, 1990; Corrales-Uglonde y Sinbaja-Cordero, 2015) y la cantidad de sedimento orgánico (Franca *et al.*, 2011; Barboza *et al.*, 2017). En cuanto a los aspectos considerados anteriormente no reflejo una relación positiva de acuerdo a

las especies ya que el tamaño de grano fue homogéneo en todas las playas de estudio, comparado con la materia orgánica esta si presentó diferencias de acuerdo a las temporadas, lo cual se muestra un incremento en la temporada de secas, teniendo en esta temporada el mayor número de especies siendo el sitio de Playa Norte (secas) el sitio con mayor número de especies y Playa Norte (nortes) el menor número de especies, teniendo una disminución en la materia orgánica en los sitios.

La riqueza de los crustáceos bentónicos en este estudio es alta en comparación con diferentes estudios realizados en diferentes lugares (Shen *et al.*, 2012; Barboza *et al.*, 2017) y riqueza baja en comparación con distintos trabajos (Junoy, 2013; Azeda *et al.*, 2013). Con lo reportado para el estado de Veracruz en cuanto este estudio la riqueza fue mayor por lo reportado por (Pérez-Ruiz, 2012; Rocha-Ramírez, 2016; Hidalgo-Rodríguez, 2017) y bajas en comparación con el estudio realizado en las playas de Tuxpan por Ortega, (1991) quien reporta la presencia de 18 especies de crustáceos.

La abundancia de las especies se relaciona a la disponibilidad de alimentos, la textura del sedimento puede dar forma o afectar la abundancia de los organismos bentónicos (Méndez *et al.*, 2010), el depósito de las algas varadas promueven el aumento de la abundancia de organismos principalmente a las poblaciones consumidores de detritos (Jaramillo, 2006), del mismo modo que se han reportado abundancias altas en sedimentos finos y limosos con alto contenido de materia orgánica (Franca *et al.*, 2011; Martínez *et al.*, 2017; Martínez y Defeo, 2017). Los poliquetos son uno de los grupos más abundantes en los ecosistemas de playas (Shen *et al.*, 2012; Mäkelä *et al.*, 2017; Corrales-Uglande y sinbaja-Cordero, 2015;

Méndez *et al.*, 2010; Loi y Wilson, 1979) no obstante se han reportado abundancias de crustáceos representativas en la composición de organismos bentónicos constituyendo desde 15% hasta 90% de abundancia (Sarda *et al.*, 1999 y Santos *et al.*, 2014), siendo los anfípodos el grupo más abundantes en invierno y el género *Emerita* como el más abundante en la zona intermareal (Angeloni, 2003 y Siemens *et al.*, 2000) cabe mencionar que la competencia por espacio de las especies de este género podrían afectar la distribución intermareal y su abundancia (Dugan *et al.*, 2004).

La especie *H. mexicanus* es la especie dominante en los sitios de muestreo, presentó un incremento en cuanto a su abundancia en temporada de lluvias y disminuyendo en temporada de secas, esta especie se encuentra reportada para el golfo de México (Ortiz *et al.*, 2001).

La playa de estudio se caracteriza por ser una playa protegida debido a que presentan algún tipo de barrera que atenúa la acción del oleaje (Tarazona *et al.*, 1986; MacLachlan, 1990) y se caracteriza por presentar una gran cantidad de materia orgánica (McLachlan y Hesp 1984; Riascos y Rallón, 2001).

Por lo que en la playa de estudio la especie *H. mexicanus* predomina, siendo abundante en temporada de lluvias con excepción en Playa Mojarra teniendo en cuenta que esta playa es la única que no presenta escolleras cerca de donde se realizaron los muestreos, presenta valores bajos de diversidad en las distintas temporadas en comparación con la Playa Norte donde la escollera principal se encuentra en seguida de donde se realizaron los muestreos, presentando valores más altos en cuanto a la diversidad.

De acuerdo con lo obtenido a la estructura comunitaria de las playas, los valores se muestran un tanto heterogéneos de acuerdo a su temporalidad el cual no refleja como tal un gradiente de uso de las playas como se planeó en este estudio.

Playa Norte es la playa en la que se presenta mayor actividad en donde los vehículos tienen acceso de estacionarse muy cerca de la zona intermareal, el uso de esta playa es mayor en comparación con Playa Mojarra y Barra Galindo donde va disminuyendo el uso de acuerdo a su lejanía, el uso de vehículos, las construcciones y modificación de la playa es as impactante que el pisoteo de las personas (McLachlan, 1990) aunque Moffett *et al.*, (1998) señalan que el turismo presenta efectos negativos en las comunidades bentónicas de la zona intermareal, aunque precisamente estos cambios no se reflejan en la Playa Norte .

La densidad de los organismos en las playas protegidas deberá ser mayor que en playas expuestas (Tarazona *et al.*, 1986) de igual forma la materia orgánica está relacionada con la alta densidad de los organismos (Mäkelä *et al.*, 2017). Debido a que la Playa Norte se encuentra mayormente protegida al oleaje y con una mayor aportación de aguas con alta cantidad de sedimentos provenientes del río (Ortega, 1991 y Santiago, 2010). De esta forma Playa Norte debería ser la que presentara mayor densidad de organismos por lo antes mencionado pero los valores de densidad son bajos obteniendo 28, 36 y 158 ind/1.25 dm³ correspondiente a las tres temporadas.

Los valores de diversidad de la Playa Norte en temporada de secas, lluvias y nortes resultaron ser bajos 2.443, 0.4363 y 1.952 bits/ind en comparación con lo reportado por Ortega, (1991) 2.81, 3.21 y 2.45 bits/ind. Con lo que corresponde a la diversidad

de Shannon-Wiener de crustáceos está representado por 2.36 bits/ind (Gonzales-Solís y Torruco, 2015). Valores altos de diversidad se presentaron en playas de bajo uso y las de baja diversidad las playas de alto uso (Angeloni, 2003). Las playas protegidas van a presentar una riqueza y diversidad mayor que en las expuestas, no obstante, se reporta que las playas expuestas proporcional un ambiente ideal (Santos *et al.*, 2014). La diversidad también puede estar afectada por factores antropogénicos los cuales van desde aumentar los valores de materia orgánica, contaminación por otros elementos y por modificación del ambiente (Goto y Wallece, 2010; Azeda *et al.*, 2013; Barboza *et al.*, 2017).

Las playas de estudio presentan densidades diferentes en cuanto a las playas y temporadas, se muestra un tanto heterogéneo con lo que respecta a la densidad de los organismos por sitio, esto es debido principalmente a las playas protegidas las cuales presentan estructura que disminuyen el oleaje provocando que el sedimento se retenga y no siga su proceso como naturalmente pasa en playas que no se encuentran modificadas (Tarazona *et al.*, 1986; Martin *et al.*, 2005) el estuario y laguna los cuales transportan material fino y con ello sedimentos orgánicos (Ortega, 1991; Santiago, 2010). Dependiendo de las características de la playa van a ocurrir cambios en la abundancia y densidad de una población en particular (Defeo y Cardoso, 2004).

De acuerdo con lo expuesto por Santos *et al.*, (2014) reportan que en las playas disipativas presentan una riqueza mayor pero una densidad menor en comparación con las playas reflectantes, y de acuerdo con las playas expuestas estas

presentaran un aumento resultando lo contrario para las playas protegidas (McLachlan y McGwynne, 1986; Begoña, 2017).

Por lo que las playas con mayor densidad deberían ser Playa Norte y Playa Barra Galindo ya que son las playas que presentan escolleras, están representadas por 222 y 348 ind.m² correspondientes en cada sitio, para Playa Mojarra los valores son de 156 ind.m². Estos valores son bajos en comparación con lo expuesto en otros trabajos (Pérez-Ruíz, 2012; Martínez, 2013; Rakocinski *et al.*, 1998) cabe mencionar que para este estudio solo se analizaron a los crustáceos bentónicos, en comparación con los estudios que incluyeron diversos grupos taxonómicos de esto puede variar la gran diferencia entre las densidades.

Como ya se mencionó anteriormente se utilizaron las playas Farallón y Club de Yates de Veracruz, como referencia para visualizar si se presentaba dicho gradiente de uso. Farallón es una playa expuesta en comparación con Club de Yates y las Playas de estudio, siendo estas, playas protegidas principalmente modificadas por escolleras, a pesar de que Farallón es una playa expuesta el análisis refleja que las playas de estudio se agruparon, estando más cerca de Farallón por lo que se debe a una mayor perturbación natural (física) y las playas de Tuxpan presentan esta perturbación debido a la modificación y uso, a su vez no tan perturbada como sucede con Club de Yates en la cual las actividades y modificación de la playa es más evidente que en las playas de Tuxpan, no obstante a pensar de que se realizó el análisis de escalamiento con los datos de las playas de referencia, las playas de Tuxpan siguen presentando la misma tendencia la cual se basa a su temporalidad

donde Playa Mojarra y Barra Galindo en temporada de nortes son más parecidas a Farallón que Playa norte en secas.

Las playas del norte de Tuxpan no presentaron un gradiente de presión antrópica con respecto al uso y modificación de cada una de las playas de estudio como se planteó en la hipótesis, cabe mencionar que el uso modificación está presente aunque el estudio se realizó solo con crustáceos bentónicos donde los anfípodos permiten diferenciar los sitios modificados de los sitios naturales (Pérez-Ruíz, 2012) por lo cual actúan como indicadores de perturbación, la especie *H. mexicanus* resulto ser la especie dominante lo cual se deben realizar estudios enfocado a esta especie ya que puede tratarse de una especie indicadora ya que estas especies son resistentes o tolerantes y proliferan rápidamente en ambientes donde otras especies no soportan la presión.

A pesar de la presencia y dominancia de *H. mexicanus* se debe realizar estudios de los distintos grupos presentes en estos ambientes tales como moluscos y poliquetos, debido a que los poliquetos son los más usados como indicadores biológicos (Borja *et al.*, 2000; Fernández y Londoño, 2015), por lo que se debe mencionar que las especies dominantes también pueden ser catalogadas como oportunistas (Paxton y Davey, 2010).

IX.- CONCLUSIONES

- 1.- El ambiente intermareal es homogéneo entre playas pero heterogéneo con respecto a la temporalidad.
- 2.- Las playas del norte de Tuxpan está caracterizada por presentar arenas medias, y se encuentra muy bien clasificada.
- 3.- La mayor cantidad de materia orgánica se presentó en temporada de secas, esto podría deberse a la actividad del turismo en semana santa.
- 4.- La comunidad de crustáceos bentónicos de la zona intermareal estuvo representada por 12 especies pertenecientes a 4 órdenes, 12 familias, 11 géneros, siendo *H. mexicanus* la especie dominante en la mayoría de los playas y temporadas excepto en playa Norte en temporada de secas.
- 5.- Los índices de diversidad resultaron estar numéricamente bien representados, la máxima diversidad se presentó en Playa Norte en temporada de secas.
- 6.- La abundancia de la especie *H. mexicanus* es mayor en temporada de lluvias y disminuye en temporada de secas.
- 7.- No se ve reflejado el gradiente de uso y modificación en la estructura comunitaria y tampoco en el ambiente de la zona intermareal.

X.- APLICACIÓN PRÁCTICA

Las playas arenosas son uno de los ecosistemas con un gran valor socioeconómico. Sin embargo, la susceptibilidad que las playas arenosas tienen a la contaminación, perturbaciones antrópicas y naturales, y aquellas relacionadas con el desarrollo costero y turístico no han recibido la atención ni medidas de mitigación apropiadas. La presión sobre las playas cada vez se intensifica más, las playas de Veracruz han sido modificadas ocasionando cambios en la morfología, la construcción de rompe olas (escolleras) es una de las principales modificaciones generadas por los humanos para disipar la energía de las olas, la construcción de hoteles y casas, por lo cual esta presión es mayor en la zona intermareal.

Debido a esta problemática se ha realizado numerosos estudios y en particular este estudio se realizó para obtener respuestas sobre lo que ocurre en estas playas del norte de Tuxpan con respecto al uso y modificación que estas presentan.

Teniendo en cuenta que algunos organismos bentónicos se caracterizan por ser indicadores de perturbaciones y contaminación de diferentes índoles, entonces, al estudiar la estructura de las comunidades de crustáceos bentónicos intermareales en espacio y tiempo (temporada de secas, lluvias y nortes), este estudio nos da una visión de acuerdo al uso y modificación de cómo se encuentran las playas. Teniendo en cuenta que las playas naturalmente tienden a depurarse con ayuda de factores como viento, corrientes y el oleaje. Sin embargo las construcciones con efecto de rompe olas denominadas comúnmente escolleras disipan la energía de las olas estas permiten la acumulación de material fino, aumentando la posibilidad de

acumulación de lodos. Esto hace que el área sea más susceptible a la contaminación, causando que algunas especies que son indicadores de perturbación predominen en esta zona. A partir de la presente investigación y considerando que en la playa de Tuxpan existen escolleras que probablemente contribuyan a la perturbación del lugar, se reporta la presencia de la especie *H. mexicanus*, la cual ha sido reportada y documentada en otras playas como una especie indicadora de perturbación y contaminación. Esto es de suma importancia porque esta especie al igual que otras consideradas indicadores de perturbación pueden ser útiles para realizar estudios de monitoreo del bentos. Además, con base en los resultados obtenidos se recomienda el monitoreo de la cantidad de materia orgánica presente en el sedimento, en especial en temporada de secas donde se presentan eventos como semana santa la donde la cantidad de materia orgánica fue mayor.

Estudios como el presente son útiles para justificar el continuo monitoreo del bentos generando nuevas estrategias para llevar a cabo estudios de evaluación ambiental como los ordenamientos ecológicos, ya que no planean el uso del suelo se podría correr el riesgo de perder la costa a corto plaza lo cual traería consecuencias económicas, sociales y ecológicas.

XI.- BIBLIOGRAFÍA

Abele, L. G. y Kim, W. 1986. An illustrated guide to the marine decapod crustacean of Florida. State of Florida, Department of Environmental Regulation. 8: 61-68.

Airoldi, L. Abbiati, M. Beck, M. W. Jonsson, P. R. Martin, D. Moschella, P. S. Sundelöf, A. Thompson, R. C. Abeg, P. 2005. An ecological perspective on the deployment and design of low-crested and other hard coastal defence structures. Coastal Engineering 52: 1073-1087.

Angeloni P. E. 2003. Impacto del Uso Recreativo sobre la Fauna Macrobentónica de las Playas Arenosas de la bahía de la Paz. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Ciencias Marinas. Departamento de Pesquerías y Biología Marina. 95 p.

Anfuso, G. 2004. Caracterización de las celdas litorales en un tramo costero aparentemente homogéneo del litoral de Cádiz (SO de España). Cuaternario y Geomorfología 18(1-2): 25-36.

Azeda, C., Sá, E., Silva, G., Medeiros, J. P., Tavares, M. J., Almeida, P. R., Metelo, I., Costa, J. L. y Costa M. J. 2013. Preliminary results of biological monitoring using benthic macroinfauna of the discharge areas of Lisbon drainage basins in Tagus estuary after new developments in sanitation infrastructures. Journal of Sea Research, 83,163-172.

Barboza, C. A. M. Cabrini, T. Mattos, G. Skinner, V. y Cardoso, R. 2017. Variability of macrofauna distribution along a dissipative log-spiral sandy beach in Rio de Janeiro, Southeastern Brazil. Scientia Marina, 81(1): 111-120.

Barnard, J. L. 1969. The families and genera of marine gammaridean Amphipoda. United States National Museum Bulletin, 271: 1–535.

Barros, F., De Carvalho, G. C., Costa, Y., y Hatje, V. 2012. Subtidal benthic macroinfaunal assemblages in tropical estuaries: generality amongst highly variable gradients. *Marine environmental research*, 81, 43-52.

Baustian, M. M. Rabalais, N. N. 2009. Seasonal Composition of Benthic Macroinfauna Exposed to Hypoxia in the Northern Gulf of Mexico. *Estuaries and Coasts*. 32: 975–983.

Begoña, A. M. 2017. Importancia de las playas arenosas en el reciclaje de la materia orgánica. Tesis doctoral. Universidad de Vigo. 154 p.

Bernal-Ramírez, R.G. y Granados-Barba, A. 2008. Caracterización del litoral veracruzano comprendido entre Punta Gorda y Barrancones, Ver. En Congreso Nacional de Oceanografía, y II Reunión Internacional de Ciencias Marinas. Boca del Río, Veracruz, México. 5 p.

Betancourt, L. F. y Herrera, A. M. 2004. Bahía de Luperón. Apuntes ecológicos para la conservación de un área protegida. Santo Domingo: Instituto tecnológico de Santo Domingo. Ed. Búho. 117 p.

Borja, A., Franco, J., y Pérez, V. 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine pollution bulletin*, 40(12), 1100-1114.

Borja, A., Ranasinghe, A., y Weisberg, S. B. 2009. Assessing ecological integrity in marine waters, using multiple indices and ecosystem components: challenges for the future. *Marine Pollution Bulletin*, 59(1-3), 1-4.

Brown A. C. y McLachlan A. 1990. *Ecology of Sandy Shores*. Elsevier Science Publishers. Burlington, MA. USA, 328 p.

Carranza-Edwards, A. A. Márquez-García, C. Tapia-González, L. Rosales-Hoz, y Alatorre-Mendieta, M. Á. 2015. Cambios morfológicos y sedimentológicos en playas del sur del Golfo de México y del Caribe Noroeste. *Bol. Soc. Geol. Mex.*, 67(1): 21–43.

Caso, M. Pisanty, I. y Ezcurra E. 2003. Diagnóstico ambiental del Golfo de México. México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología. Vol. 1. 625p.

Contreras, E.F. 1993. *Ecosistemas Costeros Mexicanos*. Universidad Autónoma Metropolitana de México. Primera edición, pp. 415.

Corrales-Ugalde, M. y Sibaja-Cordero, J. A. 2014. Macrofauna bentónica de las playas de arena del Área de Conservación Osa, Puntarenas, Pacífico Sur de Costa Rica. *Biología Tropical*. 63(1): 273-285.

Cupul-Magaña, L. A. y Téllez-Duarte, M. A. 1997. Variaciones espaciotemporales de la fauna macrobentónica de una playa arenosa y su relación con los cambios del perfil de playa y el tamaño de grano de los sedimentos, en playa el Pelicano, Baja California. *Ciencias Marinas* 23(4): 419-434.

De la Lanza Espino, G., y Gómez-Rojas, J. C. 2004. Características físicas y químicas del Golfo de México. Diagnóstico ambiental del Golfo de México,1, 105-136.

Defeo, O. Cardoso, R. 2004. Latitudinal patterns in abundance and life history traits of the mole crab *Emerita brasiliensis* on south America sandy beaches. Diversity and distribution, 10: 89-98.

Defeo, O., y McLachlan, A. 2005. Patterns, processes and regulatory mechanisms in sandy beach macrofauna: a multi-scale analysis. Marine Ecology Progress Series, 295, 1-20.

Defeo, O., McLachlan, A., Schoeman, D. S., Schlacher, T. A., Dugan, J., Jones, A., y Scapini, F. 2009. Threats to sandy beach ecosystems: a review. Estuarine, coastal and shelf science, 81(1), 1-12.

Dexter, D. M. 1983. Community structure of intertidal sandy beaches in New South Wales, Australia. In: McLachlan A. and Erasmus T, eds. Sandy Beaches as Ecosystems, The Hague, Junk.

Dugan, J. E. Jaramillo, E. Hubbard, D. M. Contreras, H. y Duarte, C. 2004. Competitive interactions in macroinfaunal animals of exposed sandy beaches. Oceanologia 139: 630–640.

Eliot, M. J., Travers, A., y Eliot, I. 2006. Morphology of a low-energy beach, Como Beach, Western Australia. Journal of Coastal Research, 221, 63-77.

Fernández, R. V. y Londoño, M. M. H. 2015. Poliquetos (Annelida: Polychaeta) como indicadores biológicos de contaminación marina: casos en Colombia. *Gestión y Ambiente*, 18 (1), 189-204.

Folk, R. L. y Ward W. C. 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* 27: 3-27.

Franca, B. C. Monteiro, V. F. Rosa-Filho, J. S. y Beasley, C. R. 2011. Benthic macroinfaunal assemblages associated with Amazonian saltmarshes. *Wetlands Ecol Manage.* 19: 257–272.

Galehouse, J.S. 1971. Sedimentation analysis. *In: Carver, R.E. (Ed.), Procedures in Sedimentary Petrology.* Wiley Interscience, New York, NY. 69-94.

Gallegos, N. E. M. Becerra, C. J. M. Figueroa, M. M. G. Fuentes, Z. S. A. Hernández, Z. A. R. Mendoza, R. M. J. Corona, A. A. D. Dánae, I. V. D. y Gino, E. 2018. Amibas de vida libre en playas de Tuxpan y Arrecife Ingeniero, Veracruz, México. *Revista de Zoología*, 29: 1-5.

Galván, M. A. 2013. Calidad Bacteriológica y Riesgo Sanitario de las playas norte de Tuxpan, Ver. Trabajo Recepcional en Gestión e Impacto Ambiental. Universidad Veracruzana. 47 pp.

González-Solís, A. y Torruco, D. 2015. Fauna y flora intermareal de las costas rocosas de Quintana Roo, México. *Rev. Biol. Trop*, 63 (4): 943-958.

González, A., Torruco, D., y Torruco, Á. D. 2017. Las playas arenosas de Quintana Roo, México: La diversidad de su fauna intermareal. *Revista de biología marina y oceanografía*, 52(2), 361-373.

Gómez, I. 1987. Estructura de la población y algunos aspectos ecológicos de *Emerita benedicti*: Schmith., en la playa de Tuxpan de Rodríguez Cano, Ver. (DECAPODA: Anomura: Hippidae). Tesis profesional. Universidad Veracruzana. 29p.

Goto, D., y Wallace, W. G. 2009. Biodiversity loss in benthic macroinfaunal communities and its consequence for organic mercury trophic availability to benthivorous predators in the lower Hudson River estuary, USA. *Marine pollution bulletin*, 58(12), 1909-1915.

Goto, D. y Wallace, W. 2010. Relative importance of multiple environmental variables in structuring benthic macroinfaunal assemblages in chronically metal-polluted salt marshes. *Marine Pollution Bulletin* 60: 363–375.

Granados-Barba, A. 2001. Los poliquetos bénticos de la región petrolera del suroeste del Golfo de México: Estructura comunitaria de impacto ambiental. Tesis de Doctorado en Ciencias. UNAM. Facultad de Ciencias. México. D. F.149 pp.

Grasso, F., Michallet, H., Barthélemy, E., y Certain, R. 2009. Physical modeling of intermediate cross-shore beach morphology: Transients and equilibrium states. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 114(9).

Hammer O., Harper D.A.T. y Ryan P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data analysis. *Paleontologia Electronica*, 4 (1), 1-9p.

Hidalgo-rodríguez, G. 2017. Comunidades intermareales de la macrofauna en playas arenosas del litoral central de Veracruz, Golfo de México: Un enfoque de integridad Ecológica. Tesis de doctorado. Universidad Veracruzana. 135p.

Incera, M. Cividanes, S. P. López, J. y Costas, R. 2003. Role of hydrodynamic conditions on quantity and biochemical composition of sediment organic matter in sandy intertidal sediments (NW Atlantic coast, Iberian Peninsula). *Hydrobiologia* 497: 39–51.

Jaramillo, E. De la Huz, R. Duarte, C. y Contreras, H. 2006. Algal wrack deposits and macroinfaunal arthropods on sandy beaches of the Chilean coast. *Revista Chilena de Historia Natural*. 79: 337-351.

Junoy, J., Castellanos, C., Viéitez, J. M., y Riera, R. 2013. Seven years of macroinfauna monitoring at Ladeira beach (Corrubedo Bay, NW Spain) after the Prestige oil spill. *Oceanology*, 55(2), 393-407.

Kensley, B. y M. Schotte. 1989. Guide to the marine isopod crustaceans of the Caribbean. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C. 308 pp.

Kuk, D. J. G. 2007. Poliquetos de sustrato arenoso como bioindicadores de contaminación por materia orgánica en la zona urbana de la Bahía de Chetumal,

Quintana Roo. Tesis. Universidad de Quintana Roo, División de ciencias e Ingeniería. 135 p.

Klein, A. H., Ferreira, O., Dias, J. M., Tessler, M. G., Silveira, L. F., Benedet, L., y de Abreu, J. G. 2010. Morphodynamics of structurally controlled headland-bay beaches in southeastern Brazil: A review. *Coastal Engineering*, 57(2), 98-111.

Krumbein, W.C. y. Pettijohn, F.J. 1938. *Manual of Sedimentary Petrography*. Appleton-Century-Crofts in New York. 549p.

Künitzer, A., Basford, D., Craeymeersch, J. A., Dewarumez, J. M., Dörjes, J., Duineveld, G. C. A., y Niermann, U. 1992. The benthic infauna of the North Sea: species distribution and assemblages. *ICES Journal of Marine Science*, 49(2), 127-143.

Lara-Lara, J.R., Díaz, V. Arenas, V. Bazan V. 2008. Los ecosistemas marinos, en *Capital natural de México*, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 135-159.

LeCroy, S. E. 2000. An illustrated identification guide to the nearshore marine and estuarine gammaridean Amphipoda of Florida. Vol, 1. Families Gammaridae, Hadziidae, Isaeidae, Melitidae and Oedicerotidae. Florida Department of Environmental Protection, Tallahassee. 195 pp.

LeCroy, S. E. 2002. An illustrated identification guide to the nearshore marine and estuarine gammaridean Amphipoda of Florida. Vol, 2. Families Ampeliscidae,

Amphilochidae, Ampithoidae, Aoridae, Argissidae and Haustoriidae. Florida Department of Environmental Protection, Tallahassee. 213 pp.

LeCroy, S. E. Gasca, R. Winfield, I. Ortiz, M. y Escobar-Briones, E. 2009. Amphipoda (Crustacea) of the Gulf of Mexico. 941–972, en Felder, D. L. y Camp D.K. 2009. Gulf of Mexico—Origins, Waters, and Biota. Biodiversity. Texas A&M University Press, College Station, Texas.

Loi, T. N., y Wilson, B. J. 1979. Macroinfaunal structure and effects of thermal discharges in a mesohaline habitat of Chesapeake Bay, near a nuclear power plant. *Marine Biology*, 55(1): 3-16.

Magurran, A.E. 1988. *Ecological Diversity and its measurement*. Londres, Croom Helm. London. 179 pp.

Mäkelä, A. Witte, U. y Archambault, U. 2017. Benthic macroinfaunal community structure, resource utilisation and trophic relationships in two Canadian Arctic Archipelago polynyas. *PLoS ONE* 12(8): e0183034.

Maria, T. F., Vanaverbeke, J., Vanreusel, A., y Esteves, A. M. (2016). Sandy beaches: state of the art of nematode ecology. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 88(3), 1635-1653.

Martin, D., Bertasi, F., Colangelo, M. A., de Vries, M., Frost, M., Hawkins, S. J., y Ceccherelli, V. U. 2005. Ecological impact of coastal defence structures on sediment and mobile fauna: evaluating and forecasting consequences of unavoidable modifications of native habitats. *Coastal engineering*, 52(10-11), 1027-1051.

Martínez M. L. 2009. Las playas y dunas costeras un lugar en movimiento. Ed. Fondo de cultura económica. Primera edición. México. 56 p.

Martínez, G., Arim, M., y Defeo, O. 2017. Distribution of the isopod *Excirolana braziliensis* on sandy beaches of the Atlantic and Pacific Oceans. *Marine Ecology Progress Series*, 583, 137-148.

McArdle, S. B., y McLachlan, A. 1991. Dynamics of the swash zone and effluent line on sandy beaches. *Marine ecology progress series*. Oldendorf, 76(1), 91-99.

McLachlan, A. 1990. Dissipative beaches and macrofauna communities on exposed intertidal sands. *Journal of coastal research*, 6: 57-71.

McLachlan, A., y Hesp, P. 1984. Faunal response to morphology and water circulation of a sandy beach with cusps. *Marine ecology progress series*. Oldendorf, 19(1), 133-144.

McLachlan, A., Jaramillo, E., Donn, T. E., & Wessels, F. 1993. Sandy beach macrofauna communities and their control by the physical environment: a geographical comparison. *Journal of Coastal Research*, 27-38.

McLachlan, A y Brown, A. C. 2006. *The ecology of sandy shores*. Academic press, 2da. Edition. Burlington, MA, USA, 373 pp.

McLachlan A. y Defeo O. 2017. *La ecología de Sandy Shores*. Ed. Academic Press. Tercera edición. 572 p.

McLachlan, A. y McGwynne, L. E. 1986. Do Sandy beaches accumulate nitrogen?. *Marine Ecology Progress Series*, 34: 191-195.

Méndez, M. N., Solís-Weiss, V., y Carranza-Edwards, A. (1986). La importancia de la granulometría en la distribución de organismos bentónicos. Estudio de playas del estado de Veracruz, México. *Anales del centro de ciencias del mar. Inst. Mar. y Limnología. (México)*, 13(3), 45-56.

Méndez, M. M. Schwindt y E. Bortolus, A. 2010. Relationships between macroinfaunal invertebrates and physicochemical factors. in two sandy beaches of Patagonia. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 90(3): 429–435.

Mendoza, V.M., Villanueva, E.E. y Adem, J. 2005. On the annual cycle of the sea surface temperature and the mixed layer depth in the Gulf of México. *Atmósfera* 18(2), 127-148.

Millero, F. J., Bustos-Serrano, H., Waters, J., Rodriguez, C., y LaBerge, T. Global Ocean Repeat Hydrographic Study: pH and Total Alkalinity Measurements in the North Atlantic (A22 Cruise, March–April 2012).

Moffett, M.D., A. McLachlan., P.E. Winter and A.M. De Ruyck. 1998. Impact of trampling on sandy beach macrofauna. *J.Coast.Conserv.* 4:87-90.

Moreno C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza. 84 pp.

Munilla, L. T. y Corrales, M.J. 1995. Suprabentos de la playa de Rosas (Gerona, Mediterráneo occidental). *Orsis, organismes y sistemes*, 10, 83-90.

Ortega, E. P. 1991. Análisis estructural de la comunidad macroinfaunal de Playa Galindo, Tuxpan, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz. 100p.

Ortiz, M. Chazaro-Olvera, S. y Winfield, I. 2001. A new Amphipod crustacean of the genus *Haustorius* (Gammaridae, Haustoridae), from the East Coast of Mexico. *Avicenia* 14: 53-59.

Paxton, H., y Davey, A. 2010. A new species of *Ophryotrocha* (Annelida: Dorvilleidae) associated with fish farming at Macquarie Harbour, Tasmania, Australia. *Zootaxa*, 2509(1), 53-61.

Perez-ruiz, M. D. A. 2012. Estructura comunitaria de la macrofauna bentónica y su relación con la perturbación ambiental en la zona intermareal de Playa Villa del Mar, Veracruz, Golfo de México. Tesis de Maestría. Universidad Veracruzana. Boca del Rio, Veracruz. 66p

Pérez, E. J. C., y Junoy, J. 1991. Macrofauna intermareal de las playas de área Longa, Peizas y Angueira y Altar (Lugo, España). *Thalassas*, 9, 37-48.

Peterson, C. H., Hickerson, D. H., y Johnson, G. G. 2000. Short-term consequences of nourishment and bulldozing on the dominant large invertebrates of a sandy beach. *Journal of Coastal Research*, 368-378.

Quesada, C. R. 2010. Elementos de turismo: Teoría, clasificación y actividad. Editorial Universidad Estatal a Distancia. 2 edición. 480 p.

Rakocinski, C. F., LeCroy, S. E., McLelland, J. A., & Heard, R. W. 1998. Nested spatiotemporal scales of variation in sandy-shore macrobenthic community structure. *Bulletin of Marine Science*, 63(2), 343-362.

Reyes-Martínez, M. J., Ruiz-Delgado, M. C., Sánchez-Moyano, J. E., y García-García, F. J. 2015. Biodiversity and distribution of macroinfauna assemblages on sandy beaches along the Gulf of Cadiz (SW Spain). *Scientia Marina*, 79(3), 367-377.

Riascos, J. M. y Rallón, N. I. 2001. Patrones de distribución espacial del macrobentos de playa arenosa en el Pacífico Colombiano. *Actual Biol*, 23(74): 15-20.

Robertson, T. L., Kato, H., Gordon, T., Kagan, A., Rhoads, G. G., Land, C. E., y Kawamoto, S. 1977. Epidemiologic studies of coronary heart disease and stroke in Japanese men living in Japan, Hawaii and California: coronary heart disease risk factors in Japan and Hawaii. *The American journal of cardiology*, 39(2), 244-249.

Rocha-Ramírez A. Chávez-López R. y Peláez-Rodríguez E. 2010. *Ancinus jarocho* (Isopoda: Sphaeromatidea: Ancinidae), a new species from the central Gulf of Mexico, Mexico. *Zootaxa* 2397(1): 48-60.

Rocha-Ramírez, A., Chávez-López, R., Antillón-Zaragoza, I., y Fuentes-Mendoza, F. A. 2016. Variación nictemeral de los ensamblajes de macrocrustáceos en una playa arenosa del centro-norte de Veracruz, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 87(1), 92-100.

Rodil, I. F., Lastra, M., y Sánchez-Mata, A. G. 2006. Community structure and intertidal zonation of the macroinfauna in intermediate sandy beaches in temperate latitudes: North coast of Spain. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 67(1-2), 267-279.

Sarda, R. Pinedo, S y Martin, D. 1998. Seasonal dynamics of macroinfaunal key species inhabiting shallow soft-bottoms in the Bay of Blanes (NW Mediterranean). *Acta Oceanologica*, 20(4): 315-326.

Sánchez-Domínguez, B. E. 2015. El género *Enterococos* como contaminante en la zona intermareal en playas arenosas de Veracruz-Boca del Río. Tesis de Maestría en Ecología y Pesquerías. Universidad Veracruzana. Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías. Boca del Río. 49 pp.

Santiago J. J. 2010. Caracterización de las playas de Tuxpan, Veracruz mediante criterios de certificación. Tesis de Maestría. Universidad Veracruzana. 80 p.

Santos, J. N., Gomes, R. D. S., Vasconcellos, R. M., de Souza Silva, D., y Araújo, F. G. 2014. Effects of morphodynamics and across-shore physical gradients on benthic macroinfauna on two sandy beaches in south-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 94(4), 671-680.

Schultz, G. A. 1969. The marine isopod crustaceans. VM. C. Brown, Dubuque, Iowa. 359 p.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2006) Política ambiental nacional para el desarrollo sustentable de océanos y costas de México. Estrategias para su conservación y uso sustentable. 86. México.

Schulte, E.E. y Hopkins, B.G. 1996. Estimation of Organic Matter by Weight Loss-on-Ignition. In: Magdoff, F.R. Eds., Soil Organic Matter: Analysis and Interpretation, SSSA Special Publication Number 46, SSSA, Madison, 21-31.

Siemens, R. A. Mudge S. M. y Cancino J. M. 2000. The effect of physical and chemical parameters on the macroinfaunal community structure of San Vicente bay, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 73: 429-444.

Silvina, G. Estanislao, V. E. Martínez, M. S. 2013. El ambiente intermareal y sus especies: cuadernillo para el aula. Fundación Patagonia Natural. Puerto Madryn. 48p.

Shen, P. P., Zhou, H., Zhao, Z., Yu, X. Z., y Gu, J. D. (2012). Evaluation of sampling sizes on the intertidal macroinfauna assessment in a subtropical mudflat of Hong Kong. *Ecotoxicology*, 21(6), 1706-1716.

Short A. D. 1996. The role of wave height, period, slope, tide range and embaymentisation in beach classifications: a review. *Revista Chilena de Historia Natural*, 69(4), 589-604.

Sokal, R. R. y Rohlf, F. J. 1979. *Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. Madrid, España, Ed. Blume.

Tarazona, J. Paredes, C. e Igrada, M. 1986. Estructura del macrobentos en las playas arenosas de la zona de Lima, Perú. *Revistas de ciencias U.N.M.S.M.*, 74(1): 103-116.

Torres A. G. M. 2010. Ecología de la taxocenosis de peracáridos macrobentónicos en playas arenosas protegidas: análisis multiescala de los patrones ecológicos y consideraciones para el manejo sustentable. Tesis de doctorado. Centro de investigaciones Biológicas del Noreste, S.C. La Paz Baja California Sur.

Torruco, D., y González-Solís, A. 2012. Evaluación de las playas del litoral de Quintana Roo: Extensión y Biodiversidad. *Revista Innovación para la Vinculación FOMIX-Quintana Roo*, 2(4), 51-61.

Vassallo, A. Dávila, Luviano, N. Deneb-Amozurrutia, S. Vital, X. G. Conejeros, C. A. Vázquez, L. y Álvarez, F. 2014. Inventario de invertebrados de la zona rocosa intermareal de Montepío, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 349-362.

Williams, A. B. 1984. *Shrimps, lobsters, and crabs of the Atlantic coast of the eastern United States, Maine to Florida*. Washington, DC: Smithsonian Institution Press. 550p.

Wright, L. D., y Short, A. D. (1984). Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. *Marine geology*, 56:(1-4), 93-118.

Wright, M.E. 2008. Evaluation of Enterococci, an indicator microbe, and the sources that impact the water quality at a subtropical non-Point source recreational beach. These for the degree of Master of Sciences. University of Miami, Coral Glabes, Florida. USA. 136 pp.

Zavala-Hidalgo, J., Parés-Sierra, A. y Ochoa, J. 2002. Seasonal variability of the temperatura heat fluxes in the Gulf of México. *Atmósfera*, 15(2), 81-104.

Zetina, M. C. E., Sánchez, P. I., Osorio, R. H., Mariño, T. I., Ch, R. C., y Cauich, J. C. 2008. Análisis de modelos de perfil de playa en equilibrio aplicados a una playa de Yucatán, México. *Ingeniería*, 12(3), 15-31.

.

.

XII.- ANEXOS

I. Fotografía de las especies reportadas en este estudio.



Lepidopa benedicti



Ancinus jarocho



Cirolana parva



Callichirus mayor



Penaeus sp



Gammaridae



Chlamydopleon dissimile



Acetes americanus carolinae



Emerita benedicti



Emerita talpoida



Isocheles wurdemanni



Foto: Crabby Taxonomis

Austinixa chacei

II. Composición taxonómica de los crustáceos bentónicos de la zona intermareal de las playas arenosas de Tuxpan, Veracruz.

Orden	Familia	Especie
Amphipoda	Gammaridae	
	Haustoriidae	<i>Haustorius mexicanus</i> (Ortiz, Cházaro-Olvera y Winfield, 200)
isopod	Cirolanidae	<i>Cirolana parva</i> (Hansen, 1890)
	Ancinidae	<i>Ancinus jarocho</i> (Rocha-Ramírez, Chávez-López y Peláez-Rodríguez, 2010)
Mysida	Mysidae	<i>Chlamydopleon dissimile</i> (Coifmann, 1937)
Decapoda	Sergestidae	<i>Acetes americanus coralinae</i> (Hansen, 1933)
	Diogenidae	<i>Isocheles wurdemanni</i> (Stimpson, 1859)
	penaeidae	<i>Penaeus sp</i> (Fabricius, 1798)
	Albuneidae	<i>Lepidopa benedicti</i> Schmitt, 1935
	Hippidae	<i>Emerita talpoida</i> (Say, 1817)
		<i>Emerita benedicti</i> (Schmitt, 1935)
	Callichiridae	<i>callichirus major</i> (Say, 1818)
	Pinnotheridae	<i>Austinixa chacei</i> (Wass, 1955)