



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO
DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

POLIKETOS ASOCIADOS A RAÍCES DE *Rhizophora mangle*
EN LA BAHÍA DE CHETUMAL QUINTANA ROO.

TESIS

Para obtener el grado de
Ingeniero Ambiental

PRESENTA

ABRAHAM ALEJANDRO QUINTERO CHIN

DIRECTOR DE TESIS

DR. VICTOR HUGO DELGADO BLAS

ASESORES

DR. JOSE MANUEL CARRION JIMENEZ

M.C. JENNIFER DENISSE RUIZ RAMIREZ

MTRQ. JUAN CARLOS AVILA REVELES

Q.F.B JOSÉ LUIS GONZÁLEZ BUCIO



UNIVERSIDAD DE
QUINTANA ROO
CONTROL ESCOLAR
TITULACIONES





UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO
DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

TRABAJO DE TESIS TITULADO
POLIQUETOS ASOCIADOS A RAÍCES DE *Rhizophora mangle* EN LA BAHÍA DE CHETUMAL
QUINTANA ROO

ELABORADO POR
ABRAHAM ALEJANDRO QUINTERO CHIN

BAJO SUPERVISIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA Y APROBADO COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

INGENIERO AMBIENTAL

COMITÉ DE TESIS

DIRECTOR:



DR. VICTOR HUGO DELGADO BLAS

ASESOR:



DR. JOSE MANUEL CARRION JIMENEZ

ASESOR:



M.C. JENNIFER DENISSE RUIZ RAMIREZ

ASESOR:



MTRO. JUAN CARLOS AVILA REVELES


UNIVERSIDAD DE
QUINTANA ROO
CONTROL ESCOLAR
TITULACIONES



O.F.B. JOSE LUIS GONZALEZ BUCIO


Universidad de Quintana Roo
DCI DIVISIÓN DE
CIENCIAS E
INGENIERÍA

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco a todas las personas que se dieron a la tarea de apoyarme para culminar este proyecto, en especial a mi director de tesis el Dr. Víctor Hugo Delgado Blas que me guio a través de esta tesis con mucha paciencia y con mucho apoyo. Cada uno de los consejos fue esencial para lograr esta tesis.

A mis asesores propietarios y suplentes por tomarse el tiempo para completar la revisión de este trabajo con tanto esmero y por las correcciones realizadas.

Quiero agradecer a mi familia que sin duda es el gran pilar que impulso a lograr esta tesis.

Quiero agradecer a todos los profesores que me ayudaron en mi formación académica y que lograron empaparne con sus conocimientos para superarme día con día, agradecer en especial por esos retos que me ponían en forma de tareas y proyectos.

A mis compañeros del laboratorio de suelos por todo el apoyo brindado y sus grandes consejos.

En especial quiero agradecer a Yessica Nicolás Hernández mi compañera de vida que día con día me alienta e impulsa a alcanzar mis metas.

DEDICATORIA

A mis padres.

Al Sr. Juan de la Cruz Puc Quintero y a la Sra. Teresa de Jesús Chin Colli, por todo el esfuerzo y la confianza que me brindaron, gracias por estar ahí en los momentos en que más lo necesité. Gracias por ser los mejores padres del mundo.

A mi hijo.

Por ser esa motivación que día con día me ayudo a seguir adelante sin temerle a nada.

A mi abuelito

A mi abuelito Ricardo Puc que uno de sus sueños era ver que me logre como profesionista muchas gracias por los consejos y por tanto cariño. Un gran abrazo hasta donde sea que estés.

Índice general.	
AGRADECIMIENTOS.....	3
DEDICATORIA.....	4
RESUMEN.....	8
INTRODUCCIÓN.....	9
ANTECEDENTES.....	11
JUSTIFICACIÓN.....	13
OBJETIVOS.....	15
Objetivo general.....	15
Objetivos específicos.....	15
HIPÓTESIS.....	15
MANGLAR.....	16
BIOINDICADOR.....	17
POLIQUETOS.....	19
POLIQUETOS COMO BIOINDICADOR.....	20
DIVERSIDAD BIOLÓGICA.....	21
MATERIALES Y METODOS.....	22
Área de estudio.....	22
Métodos de campo.....	23
Métodos de laboratorio.....	25
Diversidad Ecológica.....	26
Biomasa.....	28
RESULTADOS.....	29
Estructura de los poliquetos asociados a raíces de <i>Rhizophora mangle</i>	29
Identificación taxonómica.....	32
Familias.....	32
Especies por familia.....	32
Estructura comunitaria.....	34
Índice de Diversidad de Shannon-Wiener (H') y equidad de Pielou.....	36
Cálculo de biomasa total (Método clásico).....	39
Parámetros Hidrológicos en las estaciones de muestreo.....	40

Temperatura del agua (°C)	40
Oxígeno disuelto.	40
Salinidad ‰.....	41
Conductividad S/m.....	41
pH.....	42
Materia orgánica.....	42
Comportamiento de riqueza frente a los parámetros fisicoquímicos.....	44
Temperatura	44
Salinidad.....	45
Conductividad	46
El pH	46
Porcentaje de materia orgánica	47
Segunda temporada las comparaciones son las siguientes.	47
Temperatura.	47
Oxígeno disuelto	48
Salinidad.....	48
Conductividad.	49
pH.....	49
Porcentaje de materia orgánica	50
RELACIÓN ENTRE OXÍGENO DISUELTO, SALINIDAD, MATERIA ORGÁNICA, ÍNDICE DE SHANNON-WIENER Y BIOMASA.	51
Primera temporada.....	51
Oxígeno disuelto, riqueza y biomasa.	51
Salinidad. Riqueza y biomasa.	52
Porcentaje de Materia orgánica.....	53
Segunda temporada.....	54
Oxígeno disuelto.	54
Salinidad.....	55
Materia orgánica.	56
DISCUSIONES	57
Parámetros Hidrológicos.....	57
Abundancia.	58
Índices de Shannon-Wiener.	60

Biomasa.	61
Ambientes Estuarinos.	62
CONCLUSIONES.....	63
RECOMENDACIONES.	65
LITERATURA CITADA.....	66

RESUMEN

el siguiente trabajo estudia la estructura comunitaria de los poliquetos asociados a las raíces de *Rhizophora mangle* en la bahía de Chetumal analizándola mediante el índice de diversidad de Shannon-Wiener, aplicando el método clásico de biomasa y realizando las relaciones que estas pueden tener con los factores fisicoquímicos de las estaciones de muestreo, se realizaron dos muestreos, uno el 30 de enero y otro el 20 de junio del 2017 asegurando que estos muestreos queden en temporadas diferentes (temporada de Nortes y de secas), en campo se midió la salinidad, la temperatura, el oxígeno disuelto, conductividad y pH en cada punto de muestreo, de igual forma se tomó una muestra del sedimento cercano a las raíces del mangle donde se tomó las muestras para posteriormente en el laboratorio aplicar pruebas de granulometría y materia orgánica.

Los puntos de muestreo fueron, Sam's, Muelle Fiscal, Refugio de aves, Uqroo, Drenaje proterritorio, Punta Catalán y Oxtankah. Los resultados para las variables fisicoquímicas del primer muestreo fueron: temperatura 25-28°C, oxígeno disuelto 2.69-6.3 mg/L, salinidad 3-10 ‰, Conductividad 8.4-11.3 S/m, pH 7.2-7.9 y porcentaje de materia orgánica 0.50-2.02 %.

Para la segunda temporada las variables fisicoquímicas registraron lo siguiente: Temperatura 30-31.8 °C, oxígeno disuelto 1.1-5.4, salinidad 1-11 ‰, conductividad 2.9-14.4 S/m, pH 6.2-7.58, porcentaje de materia orgánica 1.296-2.53 %.

Para la primera temporada registro 64 organismos, *N. Caudata* registró el mayor porcentaje con el 54% el índice de Shannon se encontró entre 0 y 0.458 bits/ind, la riqueza varió de 1 a 3 especies, la equidad se encontró entre 0 y 0.29 y la biomasa se registró entre 0.0205 y 0.1151 g.

La segunda temporada registro 50 organismos *N. oligohalina* fue la más abundante con el 44% el índice de Shannon-Wiener obtenido estuvo entre 0 y 0.63 bits/ind, la riqueza específica se encontró entre 1 y 5 especies, la equidad varió entre 0 y 0.30 y la biomasa varió entre 0.0096 y 0.0945 g.

Palabras Clave: Poliquetos, *Rhizophora mangle*, biomasa, índice de diversidad de Shannon-Wiener.

INTRODUCCIÓN.

México es un país con una enorme riqueza en cuestión de recursos naturales, de acuerdo con lo publicado por la Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (CONABIO) nuestro país es considerado dentro de los 17 países megadiversos del mundo, esto quiere decir que dentro de estos países se concentra más del 70% de la diversidad biológica del planeta (CONABIO, 2016), debido a la presencia de relieves, climas y una gran historia evolutiva (CONABIO, 2008). Una parte de esa biodiversidad es aportada por los ecosistemas que el manglar logra albergar dentro de sus raíces, esto se suma a la gran cantidad de servicios que el manglar brinda, estos son conocidos como los servicios ambientales. De acuerdo con la CONABIO los manglares son considerados dentro de los ecosistemas de humedales importantes, se distinguen por su gran cantidad de riqueza biológica y en México los ecosistemas de manglar representan el 5 % del total mundial lo que ubica a nuestro país en el cuarto lugar de entre los 125 países que poseen este tipo de humedales (CONABIO 2017).

De acuerdo con un monitoreo realizado por la CONABIO de 1980 al 2015 el estado de Quintana Roo cuenta con un total de 129,902 ha de manglar y ha tenido una pérdida de 1,717 ha desde 1981 (CONABIO, 2016).

Los anélidos forman parte de esa gran riqueza, el manglar sirve como medio de soporte para muchas especies dentro de las cuales encontramos a los poliquetos. En México el estudio de los poliquetos asociados a las raíces del mangle se ha explotado del todo dejando así un banco enorme de información sin explorar. Dentro de las especies que podemos encontrar asociadas al mangle tenemos a los poliquetos que son una valiosa fuente de alimento, ya que estos se encuentran en la base de las redes tróficas, existen registros de la presencia de abundantes poliquetos en los estómagos de peces de gran importancia económica (Fernandez, 2003), esto se debe a que son principalmente bénticos y habitan áreas desde la zona intermareal hasta profundidades oceánicas (Amaral & Nonato, 1981). Estos organismos son considerados cosmopolitas ya que se encuentran en prácticamente cualquier ecosistema, desde agua dulce agua y salada, e incluso en ecosistemas terrestres, asociadas a localidades con alta humedad en los suelos (Arteaga & Londoño, 2015). También pueden ser indicadores del grado de conservación y/o de contaminación de ciertos ecosistemas, por lo cual han sido

considerados como base para diversos estudios ambientales. De esta forma, son usados para determinar contaminantes letales y como indicadores de los efectos agudos y crónicos de contaminación letal (Salazar-Vallejo *et al.*, 1989).

La fauna bentónica como los poliquetos son muy importantes para los ecosistemas acuáticos pues cumplen con la función de consumidores primarios y degradadores y en muchos casos son el principal alimento para las especies de importancia comercial (Villamar, 2005).

El presente trabajo describe y analiza la variación espacio-temporal de la diversidad de poliquetos asociados a las raíces de *Rhizophora mangle* de la Bahía de Chetumal en función de la dinámica hidrológica del sistema.

ANTECEDENTES.

El estudio de los poliquetos asociado a las raíces del mangle no ha sido del todo explorado, existen investigaciones sobre la fauna asociadas a raíces de mangle y a diferentes soportes naturales y artificiales dentro de las cuales se contempla a los poliquetos como un grupo de especies cosmopolitas.

Entre septiembre del 2004 y febrero del 2005, García & Palacio (2007) estudiaron la fauna de macro invertebrados asociada a las raíces del mangle rojo en las bahías Turbo y El uno ubicadas en el golfo de Urabá, en el caribe colombiano, cuantificando un total de 4,971 organismos dando como resultado 26 especies, cabe mencionar que este estudio demostró que las especies cambian con el plano temporal, siendo así solo 14 especies permanentes.

Entre abril del 2010 y noviembre del 2012 Fernández, *et al.* (2016) realizaron un estudio sobre los poliquetos asociado al manglar rojo y su relación con las condiciones del agua, en el golfo de Urabá en el caribe colombiano, contabilizando un total de 855 especímenes de poliquetos perteneciente a seis familias, nueve géneros y diez especies. Es importante resaltar que esta investigación hizo énfasis en como las características fisicoquímicas del agua afectan a las comunidades de poliquetos siendo así el oxígeno disuelto y la conductividad eléctrica los que mayor influencia tienen en la comunidad, de igual manera es importante mencionar que en esta investigación se descarta a la temperatura como un factor crucial.

Entre diciembre del 2012 y marzo del 2013, Cabanillas, *et al.* (2016) estudiaron la diversidad de anélidos poliquetos asociados al manglar ubicado en el Santuario Nacional de los Manglares, Perú. En este estudio se contabilizaron un total de 1,373 individuos, dando como resultado 57 especies encontradas durante todo el estudio, siendo la zona baja intermareal donde se encontraron el mayor número de especies, 34 en la estación uno y 39 en la estación dos, mientras que la zona alta intermareal se encontraron los valores menores con 22 especies en la estación uno y 20 especies en la estación dos, cabe mencionar que se encontraron 30 especies exclusivas de la zona baja y 11 para la zona alta.

En el Caribe, entre los estudios más importantes sobre poliquetos asociados a raíces sumergidas del mangle rojo se destacan: Solís-Weiss & Fauchald (1989) reportaron 4 especies de la familia Orbiiniidae en raíces de mangle de Belice.

En el Golfo de México destaca el trabajo de Hernández-Alcántara & Solís-Weiss (1991; 1995) y Cruz-Ábrego *et al.* (1994) quienes encontraron 43 especies de poliquetos en raíces de los manglares de Laguna de Términos, Campeche, México; cuya abundancia es representada mayoritariamente por especies de los géneros *Capitella*, *Mediomastus*, *Laeoneries*, *Streblospio*, *Melinna*, *Parandalia*, *Marphysa* y *Etone*; y Ruiz & López-Portillo, (2014) reportaron a *Nereis pelágica occidentalis* y *Ficopomatus miamensis* como epibiontes en las raíces de mangle rojo en la laguna costera de La Mancha, Veracruz.

Rodríguez (2016) describió la fauna asociada a las raíces del mangle en la bahía de Chetumal Quintana Roo, cuantificando un total de 13,118 organismos, siendo los crustáceos los más abundantes representando el 63 % del total y los poliquetos representaron el 27 % de la abundancia. Este estudio servirá de punto de partida para la realización del actual estudio ya que en él se describieron especies de poliquetos que forman parte de la fauna encontrada en la bahía de Chetumal.

JUSTIFICACIÓN.

A lo largo de los años la importancia de los ecosistemas se ha reflejado en la macrofauna, es decir en las especies que son visuales, que cuentan con un aspecto físico que destaca y que llaman la atención, ya que estos cuentan con una importancia destacada tanto de manera comercial como de manera turística. Quintana Roo es un estado donde el turismo se considera altamente importante, debido a la belleza de sus playas y la gran variedad de fauna y flora por lo tanto en la búsqueda de la conservación de esta entrada económica de gran impacto para el país, se ha colocado como uno de los estados vanguardistas en todo México con la implementación y elaboración de Programas de Ordenamiento ecológico y áreas naturales protegidas (Espinoza, *et al.*, 2009). Quintana Roo cuenta con un total de 21 áreas naturales protegidas dentro de las cuales se encuentra contemplado, la Reserva Estatal Santuario del Manatí, ubicada a lo largo de toda la costa de la bahía de Chetumal y parte de Belice, es considerado también como uno de los seis sitios prioritarios para la conservación del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM) (Espinoza *et al.*, 2009). Adicionalmente, el santuario alberga especies en riesgo o peligro de extinción consideradas dentro de la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, el mangle es una de esas especies de flora que se encuentra contemplado dentro de dicha norma; no está de más mencionar su gran importancia del mangle dentro de los ecosistemas ya que sirve como albergue de gran cantidad de organismos y es reconocido ampliamente por su gran productividad, debido a esto los manglares tienen una gran importancia económica y ambiental debido al uso que las comunidades rurales le han dado y los servicios ambientales que brinda (Rodríguez, 2016), las especies que el mangle puede albergar tienen gran importancia ya que estas se consideran como bioindicadores y con ellas se puede hacer en conjunto con los parámetros fisicoquímicos una evaluación del estado en el que se encuentra la bahía, cabe mencionar que estas especies muchas veces son mejores indicadores de contaminación que las especies más desarrolladas o de mayor tamaño, ya que en su mayoría suelen ser muy poco resistentes ante cambios en su ecosistema incluyendo los cambios por contaminación.

Los poliquetos son muy importantes ya que estos se encuentran en la base de las redes tróficas de la vida marina, existen registros de poliquetos en los estómagos de salmones y otros peces de gran importancia comercial (Fernández, 2003), desde un punto de vista ecológico la pérdida de los poliquetos se desencadenaría en una pérdida de especies que

tienen a los poliquetos en la base de su cadena trófica. En los últimos años las técnicas para medir la contaminación se han innovado, volteando a ver a las especies que en muchas ocasiones nos pueden decir más sobre un área marina que los métodos convencionales que puede ser puntuales como lo son las mediciones fisicoquímicas. Los poliquetos son considerados uno de los organismos marinos de mayor auge en el tema de los bioindicadores, estos son excelentes indicadores de contaminación por materia orgánica (Mendez Ubach, 2003).

La bahía de Chetumal tienen varias áreas donde se ve bajo la influencia de los drenajes de aguas pluviales los cuales en teoría no deberían tener un gran impacto dentro de la bahía, lo cual queda en duda pues en las zonas se puede apreciar los cambios en el ecosistema que estos generan, como lo son en el olor y la consistencia del sedimento ahí encontrado, por eso es necesario medir el nivel de contaminación durante una temporalidad en la cual se pueda comparar como afectan estos efluentes en una distribución espacial y temporal. Por esto se ha idealizado nuevas técnicas que cumplan con la demanda de medir la contaminación pero que al mismo tiempo sean poco costosas sin dejar a un lado la efectividad de las mismas. Este trabajo nos ayudara a evaluar el nivel de contaminación de la bahía de una manera eficaz y económica y servirá como un antecedente para que las autoridades correspondientes tomen las medidas pertinentes para establecer puntos de monitoreo ambiental en la bahía. Es importante igual identificar las especies de poliquetos presentes en el manglar pues como ya se mencionaron estos organismos son indicadores de contaminación.

OBJETIVOS.

Objetivo general.

- Caracterizar la fauna poliquetológica (abundancia, biomasa, riqueza y distribución) asociada a las raíces de *Rhizophora mangle* durante dos épocas estacionales en la bahía de Chetumal Quintana Roo y su relación con los parámetros fisicoquímicos.

Objetivos específicos.

- Identificar las especies de poliquetos asociados a las raíces de *Rhizophora mangle*
- Determinar la abundancia, biomasa, distribución espacio temporal de las especies asociadas a las raíces.
- Determinar la salinidad, materia orgánica, oxígeno, pH, y temperatura y su influencia sobre la fauna de poliquetos.

HIPÓTESIS.

- Las características fisicoquímicas como la salinidad y la materia orgánica tendrán gran impacto en la distribución de las abundancias y biomasa de las especies de poliquetos.
- El grado de contaminación por materia orgánica afectará el tamaño y abundancia de los poliquetos.
- La mayor abundancia de poliquetos se encontrará en las zonas cercanas a las descargas de aguas residuales de la zona urbana de Chetumal.

MANGLAR.

El manglar es uno de los ecosistemas más importantes, ya que tiene muchos aportes a las comunidades, contribuyen al control de inundaciones, huracanes y efectos del oleaje, sirven como barrera natural de protección de la línea costera que contiene la erosión de vientos y mareas, y son fuente de nutrientes para ecosistemas vecinos como pastos marinos y arrecifes (González. 2017). Por otro lado, proveen refugio, sitio de crianza, reproducción y alimentación para especies residentes y migratorias (Nagelkerken, 2009). (Fig. 1)

México cuenta con 5 especies de mangle: *Rhizophora mangle* también conocido como mangle rojo, *Laguncularia racemosa* o mangle blanco, *Avicennia derminans* o mangle negro, *Conocarpus erectus* o mangle botoncillo y exclusivamente en Chiapas se encuentra, *Rhizophora harrisonii* (Flores F et al., 2007), actualmente el mangle se ve amenazado por diversas fuentes como lo son la sobreexplotación del mismo, la afectación por las descargas de aguas residuales, la deforestación y la muy constante amenaza del crecimiento poblacional y de la mancha urbana la cual culmina en la tala del mangle para construcción de áreas habitacionales, hoteles o zonas de recreación debido a la gran cantidad de amenazas el mangle se consideró dentro de las especies de fauna protegidas, las cuales se contemplan en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Vicencio, 2012).



Fig. 1. *Rhizophora mangle*

BIOINDICADOR.

Con el paso del tiempo ha surgido la necesidad de aplicar técnicas nuevas que sean efectivas, menos costosas y que aseguren resultados óptimos en la medición de los contaminantes y que describan como estos están afectando al medio por eso surgió la necesidad de aplicar los bioindicadores.

Los bioindicadores son aquellos organismos o comunidades en los que su existencia, sus características estructurales, su funcionamiento y sus reacciones, dependen del medio en que se desarrollan y cambian al modificarse las condiciones ambientales (Capo, 2002). La observación de los cambios en los organismos bioindicadores pueden dar un indicio de la calidad del medio en el que se desarrollan (Rubiano y Chaparro 2006). Sabemos que los ecosistemas son complejos, muy variados y están sujetos a múltiples factores que intervienen en su estado y que cambian sus condiciones, estos factores muchas veces son acumulativos y por ende muy difícil de replicar en situaciones controladas de laboratorio. Un indicador biológico es característico de un medio ambiente, que cuando mide cuantifica la magnitud de estrés, las características del hábitat y el grado de exposición de estresor o el grado de respuesta ecológica a la exposición del contaminante (De la Lanza *et al.*, 2000).

El concepto de organismo indicador se refiere a especies seleccionadas por su sensibilidad o tolerancia a varios parámetros (Vázquez *et al.*, 2006) por lo general se seleccionan por la sensibilidad y de acuerdo al contaminante o cambio que se quiere medir. Estos organismos son fáciles de identificar pues por lo general son los primeros en desaparecer cuando el ecosistema sufre algún cambio. Estas declinaciones por lo general se deben a la mala calidad del agua, a la degradación del hábitat o a la combinación de ambos (Velázquez y Vega, 2004).

De acuerdo con Jofré (2009) Un buen bioindicador tiene que cumplir con ciertos requerimientos, tiene que tener una relevancia ecológica, metodológica y social. Algunas características son las siguientes:

- Advertencia temprana de efecto.
- Cambios en respuesta al factor de estrés.
- Cambio medible y atribuible a una causa.

- Relación de intensidad entre el cambio y el factor de estrés.
- Indicación para efectos en niveles tróficos más altos.
- Centinela para efectos en humanos.
- Fácil de usar en campo.
- Datos fáciles de analizar e interpretar.
- Útil para realizar hipótesis sobre el problema.
- Realización de la práctica en un tiempo relativamente corto.
- Poco costoso, simple y repetible.
- De interés público y para entes regulatorios y legislativos.
- Fácilmente entendible.
- Relacionado con el ambiente, la integridad ecológica y la salud humana.

Existen índices que se aplican a los bioindicadores, con esto se refuerza y valida la información obtenida, ya que con esto podemos relacionar los datos con posibles cambios y/o contaminantes existentes en los ecosistemas, estos índices se describirán a mayor detalle más adelante (Fig. 2)



Fig. 2. Bioindicadores.

POLIQUETOS.

Los poliquetos son de los organismos más abundantes del mundo, son organismos invertebrados de cuerpo blando conocidos como gusanos segmentados, se distinguen del resto de los anélidos pues poseen una cabeza bien diferenciada donde confluyen numerosos órganos sensoriales especializados (Del Pilar *et al.*, 2013). Los poliquetos representan un gran porcentaje de la biomasa en el bentos y prácticamente se pueden encontrar en cualquier parte del mundo. Su dispersión a través de la columna de agua es muy amplia pues se pueden encontrar tanto en aguas superficiales como poliquetos flotantes como a grandes profundidades bajo el nivel del mar (Calderón, 2017).

Para el año 2003 se tenían contabilizado un total de 12 mil especies de poliquetos en todo el mundo esto de acuerdo con Bastida (2003), sin embargo, se espera que en un futuro el número de especies aumente pues se estima que son más las especies que faltan por descubrir que las que ya se tienen descubiertas. Para México se han reconocido 24 especies bioindicadoras de anélidos poliquetos (Delgado Blas *et al.*, 2015). (Fig. 3)



Fig. 3. Poliqueto.

POLIQUETOS COMO BIOINDICADOR.

Los poliquetos han sido un grupo ampliamente considerado en lo que a estudios ambientales se refiere, se considera uno de los mejores grupos como bioindicador, los poliquetos han sido utilizados ampliamente como material biológico en bioensayos ecotoxicológicos, en todas las etapas de su vida (Reish, 1998), como indicadores de bioacumulación, el estado de salud de los sedimentos submareales o de contaminación a través del análisis de sus variables comunitarias (Pocklington & Wells, 1992).

Varias especies de poliquetos han sido reconocidas como especies indicadoras de un alto grado de contaminación, como lo son *Capitella capitata*, *Malacoceros fuliginosus* y *Streblospio benedicti*. Cuya aparición de estas especies es señal de que ha ocurrido o está ocurriendo un cambio importante en las propiedades biogeoquímicas del ecosistema en cuestión (Gray & Pearson, 1982).

DIVERSIDAD BIOLÓGICA.

La cumbre de la Tierra de Naciones Unidas la cual se llevó a cabo en Rio de Janeiro en el año de 1992 definió diversidad biológica como la variabilidad entre los organismos vivientes incluyendo dentro de esto todos los ecosistemas, partiendo de lo anterior nace el concepto de megadiversidad o megadiverso.

El estudio de la diversidad se vuelve cada día más importante ya que despierta en las personas le curiosidad y es un parámetro que nos permite realizar las acciones pertinentes para proteger, estudiar y recuperar la diversidad biológica.

La diversidad se ve relacionado de manera directa con la estabilidad, la madurez, la productividad, el tiempo evolutivo, presión de depredación y heterogeneidad espacial (Bravo, 1991.) Por lo tanto es un parámetro comúnmente usado para ayudar a conocer las estructuras de las comunidades ya que combinan la riqueza y la abundancia relativa de las especies. Este parámetro se mide a través de índices que se definen como la función del número de especies presentes y la equidad con la que los individuos se encuentran distribuidos (Magurran, 1988), estos índices nos brindan una tendencia sobre los patrones ecológicos por lo tanto son considerados como un factor de medida sobre las estructuras de las comunidades (Washington, 1984).

MATERIALES Y METODOS.

Área de estudio.

La Bahía de Chetumal es el lugar seleccionado como área de estudio, esta cuenta con un clima subhúmedo, esta ciudad se encuentra en el estado de Quintana Roo y en el municipio de Othon P. Blanco, es la cabecera municipal y la capital del estado.

La bahía de Chetumal se encuentra enmarcado entre los $18^{\circ} 21'$ y $18^{\circ} 52'N$ y $87^{\circ}54'$ y $88^{\circ}23'W$ (Fig 4), se encuentra dentro del Mar Caribe, los oleajes se consideran bajos, la temperatura media estacional se encuentra por debajo de los $26^{\circ}C$, la profundidad media de la bahía es de 3 m, con una salinidad que oscila entre los 5 y 35 ‰ . La bahía cuenta con aportes de agua dulce provenientes del río Hondo, de ríos subterráneos, lagunas y esteros, a lo largo del año y de acuerdo con las diferencias estacionales se ve siniestrado por fenómenos naturales como lo son los huracanes y las tormentas tropicales. (CONABIO, 2015).

Dentro de la porción suroeste se considera a Calderitas, Chetumal y Río Hondo. Esta zona se considera de alta variabilidad ambiental y suele tener cambios estacionales notorios, debido principalmente a la aportación del Río Hondo y escorrentías de la ciudad (Delgado, 2011)

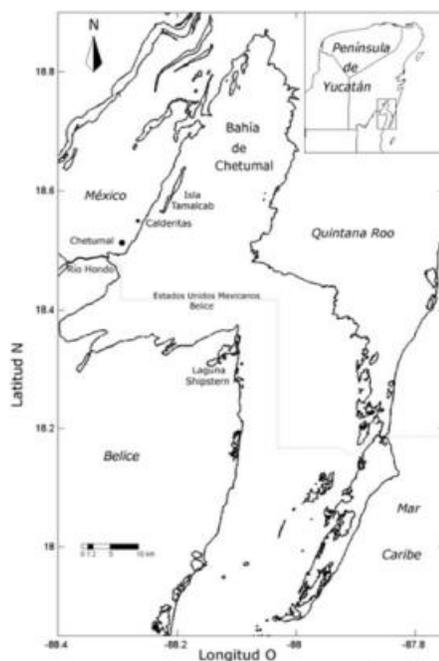


Fig. 4. Bahía de Chetumal, tomado de Espinosa Ávalos 2009.

Métodos de campo.

Los muestreos se realizaron durante dos temporadas estacionales: temporada de Nortes (octubre a mayo) y de secas (abril a julio), esto para poder hacer una comparación temporal de las características fisicoquímicas y biológicas asociadas a las raíces de *Rhizophora mangle* en la bahía de Chetumal, estos muestreos se efectuaron los días 30 de enero del 2017 (Nortes) y el 20 de junio del mismo año.

El material biológico correspondió a un muestreo por cada temporada, en 7 estaciones distribuidas a lo largo de los 12 km que constituyen la línea de costa de la zona conurbada de la bahía de Chetumal (Figura 5), muestreando en cada estación 3 réplicas del material biológico.

De las 7 estaciones 5 corresponden a puntos dentro de la mancha urbana de la ciudad, estas fueron: Sam's Club (SAM), Muelle fiscal (MF), Refugio de aves (RA), Uqroo (UQ) y Drenaje proterritorio (DP) (Fig. 5). Estos puntos fueron seleccionados debido a que se encuentran efluentes del drenaje pluvial en ellos por lo tanto se ven influenciados por dichas aguas, otro motivo para la selección de estos puntos es el hecho de que ya existe una investigación realizada con anterioridad y esto nos permitirá hacer una comparación temporal más amplia con los resultados obtenidos. Las otras dos estaciones se encuentran un tanto más alejadas de la ciudad y de los efluentes, con la finalidad de comparar espacialmente el posible impacto que la zona urbana pueda tener; estas estaciones de muestreo son Punta Catalán (PC) y Oxtankah (OX).

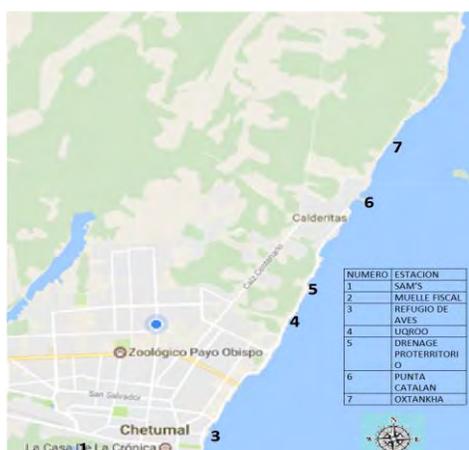


Fig. 5 Estaciones de muestreo.

En cada estación se seleccionó al azar 3 raíces de mangle con una longitud mayor a 40 cm, esto para evitar tomar muestras que nos hayan tenido el tiempo suficiente para ser colonizados o que puedan estar devastados por depredadores bentónicos (Aaroon *et al.*, 1992), una vez seleccionada las raíces se procedió a hacer un raspado con una longitud aproximada de 10 cm alrededor de la circunferencia de la raíz, esto con ayuda de una navaja, el rapado se depositó con el debido cuidado de evitar pérdidas de material biológico en una bolsa de plástico en la cual se tenía agua tomada del mismo sitio y formol al 10% el cual sirvió como fijador. En sitio también se tomó con ayuda de un nucleador una muestra de sedimento el cual fue llevado junto con el material biológico al laboratorio para su análisis.

In situ se midieron las variables ambientales que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1. Parámetros medidos.

Parámetro	Equipo
Temperatura y oxígeno disuelto.	Oxímetro Hanna HI 9143
Salinidad.	Salinity Refractometer vista A366ATC
Conductividad	Conductivity meter Hanna HI 8033
pH	pH Hanna HI 98130

Métodos de laboratorio.

En laboratorio se realizó la determinación de la materia orgánica del sedimento muestreado mediante la técnica de oxidación con dicromato de potasio en medio ácido de igual forma al sedimento se le aplicó la determinación granulométrica por el método de tamizado, esto se efectuó mediante el uso de mallas con distintas aperturas (1mm, 0.750, 0.355, 0.150, 0.106 y 0.075 mm) para conocer el tipo de arena que se encuentra en dichos puntos y con esto obtener una caracterización más amplia.

Las muestras biológicas se separaron en el laboratorio por estación, se hizo la identificación de los poliquetos asociados a las raíces del mangle, para esto, las muestras fueron lavadas con abundante agua dulce para eliminar el rastro de formol, el lavado se realizó a través de un tamiz fino de 0.075 mm de apertura esto para evitar al máximo las pérdidas de material biológico, luego del lavado las muestras fueron pasadas en recipientes con alcohol al 70% y posteriormente fueron separados e identificados los poliquetos que en ellas se encontraban. Esta separación e identificación se llevó a cabo a través de un estereomicroscopio (VELAB VE-S5) y un microscopio (VELB).

Diversidad Ecológica.

Con los datos obtenidos se calculó los índices ecológicos, los cuales son considerados como medidas cuantitativas que nos permiten evaluar la estructura y funcionamiento de un ecosistema y con eso valorar el estado presente y futuro de la estructura.

El índice de Shannon-Weaver es uno de los índices más utilizados para cuantificar la biodiversidad, este índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y la abundancia relativa (Pla, 2006).

Shannon (H') la cual está dada por:

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

Donde:

S: número de especies (riqueza de especies)

P_i: porción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (abundancia relativa de la especie)

N_i: número de individuos de la especie i

N: número de todos los individuos de todas las especies.

Este índice es de gran importancia ya que existe una relación entre los valores obtenidos y la contaminación existente en el cuerpo de agua donde se ha tomado la muestra, esta relación nos dice que cuando obtenemos un índice mayor $H > 3$ son aguas limpias y $H < 3$ existe un grado de contaminación en el agua. (Wilhm & Dorris, 1968)

Tabla 2 Relación entre el índice de Shannon Wiener y la contaminación.

Valor de índice de Shannon y Wiener	Interpretación.
H > 3	Aguas limpias
H entre 2-3	Agua ligeramente contaminada.
H entre 1-2	Agua mediamente contaminada.
H entre 0-1	Agua fuertemente contaminada.

Otro índice que fue empleado es el de equidad o uniformidad (J') de Pielou (1975), este índice se usa muy comúnmente en conjunto con el índice de Shannon y nos indica la uniformidad de la abundancia entre las poblaciones de la comunidad. La equidad está dada por:

$$J' = (H' \text{ (observada)}) / (H' \text{ máx.})$$

Donde:

H' : índice de Shannon

H máx.: diversidad de especies bajo condiciones de igualdad máxima.

La H máx. (Diversidad máxima) está dada por:

$$H \text{ Max} = \log S$$

Donde:

H máx. = diversidad de especies bajo condiciones de igualdad máxima.

S = Número de especies de la comunidad.

La relación encontrada entre los valores de equidad y homogeneidad están dados de la siguiente forma (Tabla 3):

Tabla 3 relación entre equidad y homogeneidad.

Valores.	Significancia.	Diversidad.
0 – 0.33	Heterogéneo en abundancia.	Diversidad baja.
0.34 – 0.66	Ligeramente heterogéneo en abundancia.	Diversidad media.
> 0.67	Homogéneo en abundancia	Diversidad alta.

Biomasa.

La medición de la biomasa es uno de los métodos más sencillos para describir el grado de contaminación que puede llegar a tener un ecosistema, este se relaciona con la abundancia de las especies, estudios como el realizado por Rodríguez (2016) demuestran que la biomasa disminuye cuando esta es medida en lugares con una contaminación mayor.

Se ha demostrado que la biomasa en tiene una relación con el grado de estrés por contaminación, ya que los organismos con un mayor grado de estrés no alcanzan niveles grandes de biomasa, es decir a menor contaminación mayor biomasa.

La biomasa es vista como la cantidad de materia viviente encontrado en el ecosistema.

RESULTADOS.

Estructura de los poliquetos asociados a raíces de *Rhizophora mangle*.

Se recolectó un total de 114 organismos en dos temporadas, registrándose 64 organismos para la temporada de nortes y 50 organismos para la temporada de secas. Durante las dos temporadas se registraron cuatro familias de poliquetos, con un total de siete géneros, correspondientes a ocho especies: *Neanthes caudata*, *Nereis oligohalina*, *Rullierinereis fauchaldi*, *Laeonereis culveris*, *Capitella capitata*, *Streblospio benedicti*, *Dipolydora*. cf. *armata* y una especie no identificada de Sepullidae sp. (Fig.6)

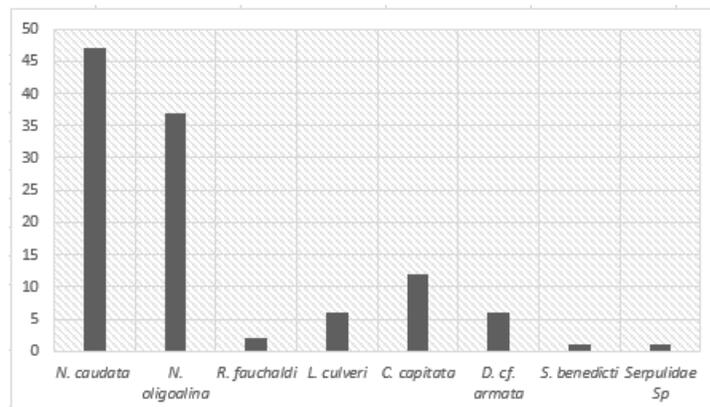


Fig. 6 Abundancias por especies encontradas en la bahía de Chetumal Quintana Roo.

Durante el primer muestreo que corresponde a la temporada de nortes, la especie de mayor abundancia fue *N. caudata*, constituyendo el 54.8 % de la abundancia total, seguido por *N. oligohalina* con el 24.1 % y *C. capitata* con un 11.2 %; y las especies de menor abundancia registradas son *R. fauchaldi* y *D. cf. armata* con un 3.2 % cada una y por último *L. culveri* con el 1.6 %. Las especies con mayor abundancia pertenecen a la misma familia Nereididae con el 84 % de la abundancia total (Fig. 7).

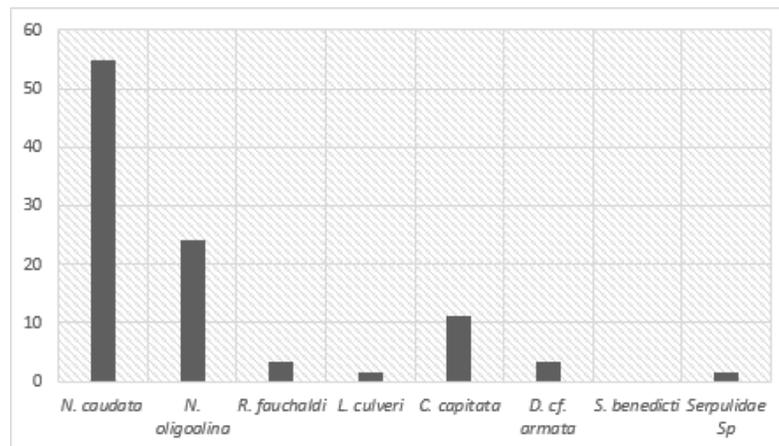


Fig. 7. Abundancias por especies pertenecientes a la temporada de nortes encontradas en la bahía de Chetumal Quintana Roo.

Para el segundo muestreo correspondiente a la temporada de secas, la especie con mayor abundancia fue *N. oligohalina* quien registró 44 % de la abundancia total, seguido por *N. caudata* con un 26 %, *L. culveri* y *C. capitata* con un 10 % cada una, *Dypolidora Cf armata* 8% y por último *S. benedicti* con el 2 % de la abundancia total. Para la especie de Serpulidae y *R. faulchaldi* no se tuvieron registros en esta temporada. Las especies con mayor abundancia pertenecen a la misma familia Nereididae con el 80 % de la abundancia total (Fig. 8).

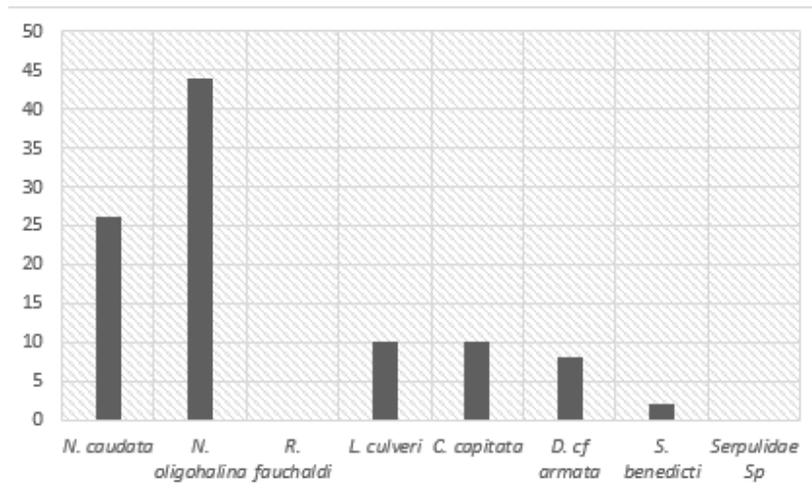


Fig. 8. Abundancias por especies pertenecientes a la temporada de secas encontradas en la bahía de Chetumal Quintana Roo.

Identificación taxonómica.

Familias.

Durante las dos temporadas estacionales de muestreo se registraron un total de 4 familias de poliquetos, siendo Nereididae, Capitellidae, Spionidae y Serpulidae. La familia Nereididae fue la de mayor abundancia con 82 %, seguida de Capitellidae con 10%. La familia que registró la menor abundancia fue Serpulidae con 0.89 %.

En la temporada de nortes se recolectaron las cuatro familias, mientras que en la temporada de secas no se registró la familia Serpulidae, siendo esta la única diferencia en cuanto a la presencia de familias.

Especies por familia.

Se identificó un total de 8 especies de poliquetos para las dos temporadas de muestreo, cabe mencionar que se encontró un organismo de una especie de Serpulidae, y debido a que es un fragmento muy corto del organismo no se pudo identificar más que a nivel de familia.

A continuación se presenta una lista taxonómica de los poliquetos asociados a las raíces de *Rhizophora mangle* del área estudiada.

Phyllum: Annelida.

Clase: Polychaeta.

Orden: Scolecida

Familia: Capitellidae.

Género: *Capitella*.

Especie: *C. capitata*

Orden: Aciculata.

Familia: Nereididae.

Género: *Laeonereis*

Especie: *Laeonereis culveri*

Orden: Sabellida
Familia: Serpulidae
Género: no identificado
Especie: no identificado

Orden: Terebellida
Familia: Spionidae
Género: *Streblospio*
Especie: *S. benedicti*

Orden: Aciculata
Familia: Nereididae
Género: *Rullierinereis*
Especie: *R. fauchaldi*

Orden: Phyllodocida
Familia: Nereididae
Género: *Nereis*
Especie: *N. oligohalina*

Orden: Phyllodocida
Familia: Nereididae
Género: *Neanthes*
Especie: *N. caudata*

Orden: Canalipalpata
Familia: Spionidae
Género: *Dipolydora*
Especie: *D. cf. armata*

Se registraron 8 especies de poliquetos en los dos muestreos de los cuales la especie *N. caudata* fue la de mayor abundancia con el 41.96 % del total, seguido por *N. oligohalina* con el 33.04 %, *C. capitata* con el 10.71 %, y *L. culveri* y *D. cf. armata* ambas con el 10.71 %, *R. fauchaldi* con el 1.79 % y por último, *S. benedicti* y una especie sin identificar de Serpulidae ambas con el 0.89 %.

Estructura comunitaria.

Para el primer muestreo la abundancia promedio fue de 9 individuos, siendo la especie más abundante *N. caudata* con un total de 34 individuos, *N. oligohalina* con 15, *C. capitata* con 7, *D. cf. armata* y *R. fauchaldi* con 2 individuos cada uno y por último *L. culveri* y 1 individuo de Serpulidae.

La abundancia más alta de *N. caudata* se dio en la estación de Punta Catalán con 22 individuos, la de *N. oligohalina* se dio en la estación Sam's con 5 individuos y la mayor abundancia de *C. capitata* se dio en la estación de Drenaje Proterritorio con 4 individuos. Las especies con la menor abundancia fueron *L. culveri* y un individuo de Serpulidae con un individuo cada una las cuales se encontraron en la estación de Oxtankah y Refugio de aves respectivamente.

Con respecto a las estaciones con mayor abundancia durante la temporada de nortes fueron Punta Catalán, Sam's y Drenaje Proterritorio con 29, 9 y 8 individuos respectivamente, seguidos por Muelle fiscal con 7 individuos. Las estaciones con la menor abundancia fueron Refugio de aves y UQROO con 4 y 2 individuos respectivamente. (Fig. 9).

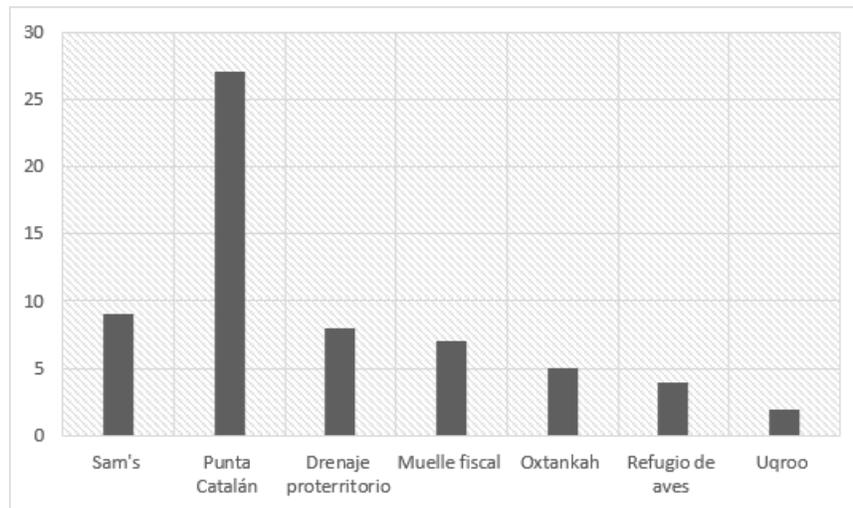


Fig. 9 Abundancias del primer muestreo por estación.

La abundancia promedio para la segunda temporada de muestreo fue de 7 individuos por estación correspondiente a la temporada de secas, la especie que registró más abundancia fue *N. oligohalina* con un total de 22 individuos, seguido por *N. caudata* con 13 individuos y las especies con la menor abundancia fueron *D. cf. armata* y *S. benedicti* que presentaron 4 y 1 individuos, respectivamente.

La mayor abundancia de *N. oligohalina* se presentó en la estación de Oxtankah con 7 individuos, seguido por la estación de Punta Catalán con 6 individuos, para *N. caudata* la estación que presentó mayor abundancia fue Punta Catalán con 6 individuos, *D. cf. armata* sólo se registró para la estación de Drenaje Proterritorio con cuatro individuos, por último *S. benedicti* sólo se registró en la estación de Punta Catalán con un sólo individuo.

La estación que presentó la mayor abundancia fue Punta Catalán con 19 individuos seguido por la estación de Oxtankah y Drenaje Proterritorio con 9 individuos cada uno; las estaciones que presentaron una menor abundancia fueron Refugio de aves y UQROO con 2 y 1 individuos, respectivamente como se puede observar en la (Fig. 10)

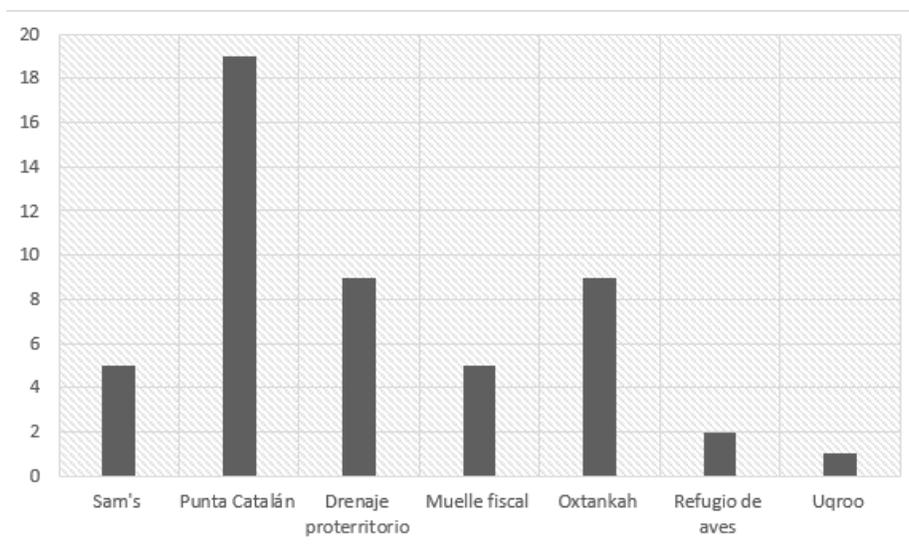


Fig. 10 Abundancias del segundo muestreo por estación.

Índice de Diversidad de Shannon-Wiener (H') y equidad de Pielou.

Para la temporada de Nortes correspondiente al primer muestreo, el índice de diversidad de Shannon-Wiener se encontró entre 0 y 0.458 bits/ind., con valores de riqueza de especies que osciló entre 1 y 3 especies y con una equidad entre 0 y 0.29.

La estación con mayor diversidad fue Oxtankah con 0.458 bits/ind (Fig. 11) con una riqueza de especies de 3 y una $J' = 0.289$, donde la especie que presentó la mayor abundancia fue *N. oligohalina* y *R. fauchaldi* que representaron el 40 % cada una de la abundancia total registrada para esa área. La estación con la menor diversidad fue la UQROO, obteniendo un registro de 0 bits/ind., con una $S = 1$ y $J' = 0$, en ésta estación sólo se registró la *N. oligohalina* que representó el 100 % de la abundancia. La estación de Sam's registró una $H' = 0.298$ bits/ind., con una $S = 2$ y una $J' = 0.298$, donde la especie con mayor abundancia fue *N. oligohalina* que representó el 55.6 % de la abundancia total de la estación. La estación Muelle fiscal registró una diversidad de 0.259 bits/ind., con una $S = 2$ y una $J' = 0.259$, en esta estación la especie que presentó la mayor abundancia fue *N. caudata* con el 71.4 % de la abundancia total. La estación Refugio de aves obtuvo una diversidad $H' = 0.4515$ bits/ind., una abundancia de $S = 3$ y una $J' = 0.28$; la especie con la mayor abundancia fue *N. oligohalina* la cual representó el 50 % del total de la abundancia. En Drenaje Proterritorio se registró $H' = 0.42$ bits/ind., una $S = 3$ y una $J' = 0.26$; la especie con la mayor abundancia fue *C. capitata* con el 50 % de la abundancia total. Punta Catalán registró una $H' = 0.26$ bits/ind., una $S = 2$ y una $J' = 0.26$; la especie con la mayor abundancia fue *N. caudata* con el 81.4 % de la abundancia total. (Fig. 11)

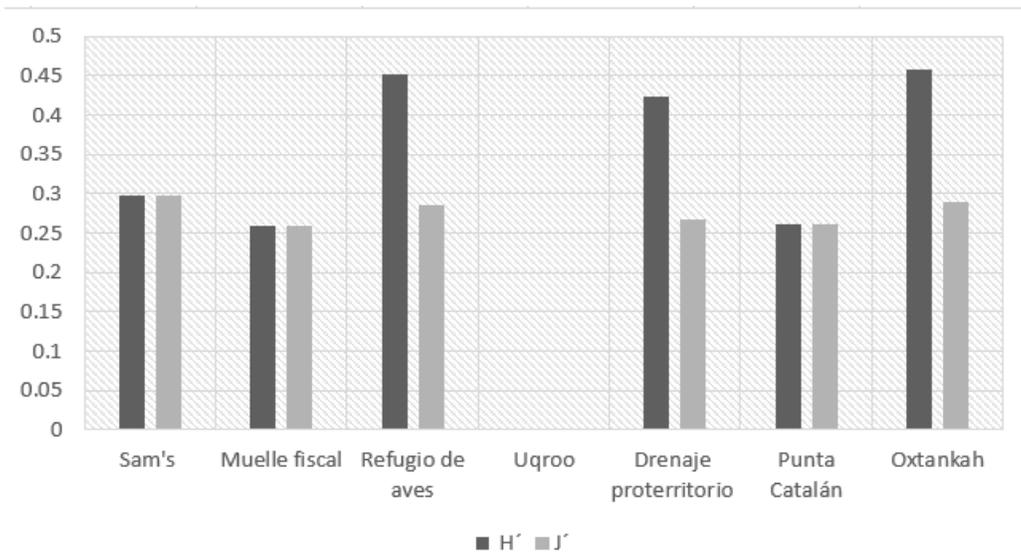


Fig 11. Índice de Shannon-Wiener y equidad de Pielou en las 7 estaciones del Primer muestreo.

Para la segunda temporada de muestreos correspondiente a la temporada de Secas la diversidad de Shannon-Wiener se encontró entre 0 y 0.63 bits/ind con una abundancia que se encontró entre 1 y 5 especies y una equidad Pielou que varío entre 0 y 0.30.

La estación que presentó la mayor diversidad fue Punta Catalán con $H' = 0.63$ bits/ind., una $J' = 0.27$ y una riqueza $S = 5$; la especie con mayor abundancia en esta estación fue *N. caudata* y *N. oligohalina* las cuales representaron cada una el 31.5 % de la abundancia total, constituyendo el 63 % de la abundancia total de la estación. Drenaje Proterritorio registró la segunda diversidad más alta con $H' = 0.46$ bis/ind., una $S = 4$ y una $J' = 0.23$; la especie que registró la abundancia más alta fue *D. cf. armata* con el 44.4 % de la abundancia total de la estación de muestreo; Refugio de aves registró una $H' = 0.45$ bits/ind una $S = 2$ y una $J' = 0.30$ en esta estación sólo se registró dos especies, las cuales tuvieron la misma abundancia, es decir el 50 % cada una, las especies registradas fueron *N. caudata* y *N. oligohalina*; Sam's registró una $H' = 0.29$ bits/ind., una $S = 2$ y una $J' = 0.29$, en esta estación la especie con la mayor abundancia fue *N. oligohalina* con el 60 % de la abundancia total de la estación; Muelle Fiscal registró una $H' = 0.29$ bits/ind., una $S = 2$ y

una $J' = 0.29$, donde la especie con mayor abundancia fue *N. caudata* que representó el 60 % de la abundancia total de la estación de muestreo.

Las estaciones que registraron la menor diversidad fueron Oxtankah y UQROO; para la estación de Oxtankah se registró una $H' = 0.23$ bits/Ind., una $S = 2$ y una $J' = 0.23$ para esta estación la especie con la mayor abundancia fue *N. oligohalina* con el 77.8 % de la abundancia total; UQROO registró una $H' = 0$, con una $S = 1$ y una $J' = 0$, en esta estación de muestreo sólo se registró a *N. caudata*, dominando el 100% de la abundancia de la estación. (Fig. 12).

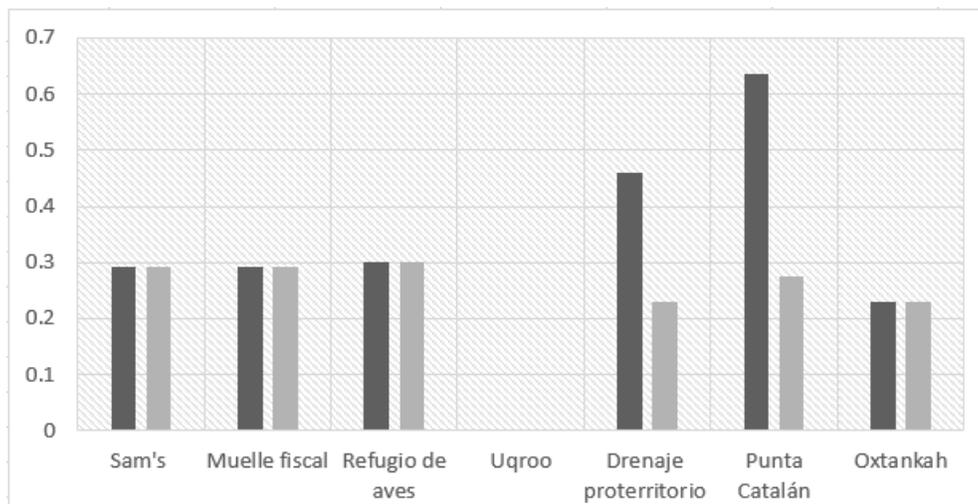


Fig 12. Índice de Shannon-Wiener y equidad de Pielou en las 7 estaciones del segundo muestreo.

Cálculo de biomasa total (Método clásico)

La biomasa para el primer muestreo demuestra un comportamiento esperado ya que disminuye en los puntos que se presentan más céntricos con relación a la mancha urbana de la ciudad y aumenta en los picos donde la mancha urbana disminuye (Fig. 13). La biomasa obtenida se encuentra entre los valores de 0.0205 y 0.1151 g., siendo la estación de Sam's la que registró la mayor biomasa con 0.1151 g; la estación que registró la menor biomasa fue la de Refugio de Aves.

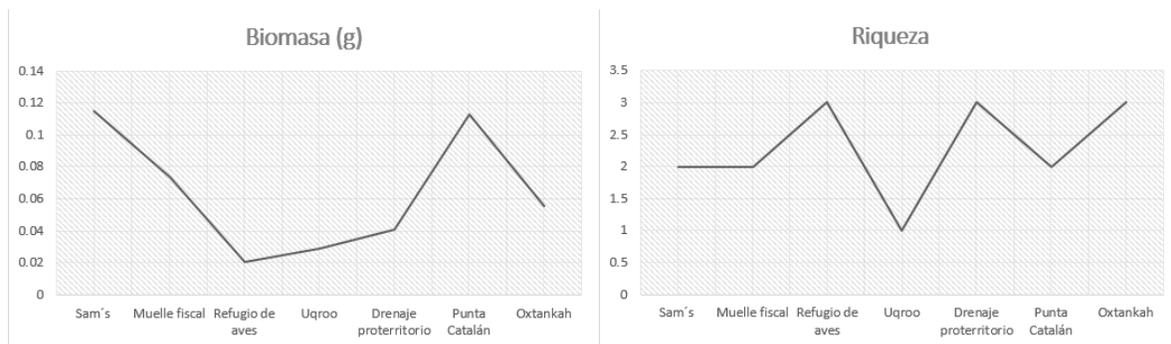


Fig. 13 Biomasa total y riqueza específica para los 7 puntos de muestreo de la primera temporada.

Para la segunda temporada de muestreo la biomasa y la abundancia van casi de la mano mostrando picos en los mismos puntos de muestreo. Para esta temporada la biomasa tuvo una variación entre 0.0096 y 0.0945 g (Fig. 14) donde la estación que presentó el mayor valor para la abundancia fue Punta Catalán con 0.0945 g y la que presentó la menor biomasa fue Drenaje Proterritorio con 0.0096 g.

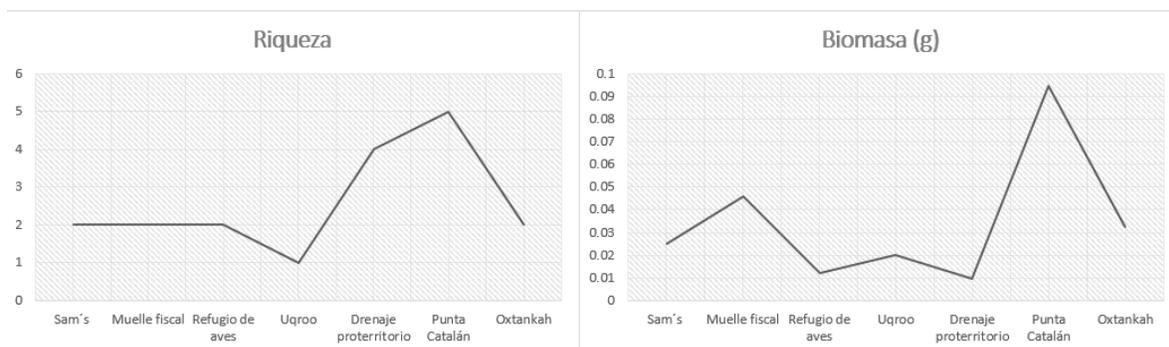


Fig. 14 Biomasa total y riqueza específica para los 7 puntos de muestreo de la segunda temporada.

Parámetros Hidrológicos en las estaciones de muestreo.

Los parámetros fisicoquímicos fueron medidos *in situ* y de igual manera se hizo pruebas de laboratorio para el caso del porcentaje de materia orgánica.

Temperatura del agua (°C)

Los valores correspondientes al parámetro de la temperatura del agua para la Bahía de Chetumal dieron como resultado los valores más altos en la temporada de secas correspondiente al mes de junio con $31.1\text{ °C} \pm 3,18\text{ °C}$ (Tabla 5), por el contrario, el valor más bajo se registró en la temporada de nortes correspondiente al mes de enero con $25\text{ °C} \pm 3,62\text{ °C}$ (Tabla 4). La temperatura promedio para ambas temporadas de muestreo se encontró por arriba de la media estacional de 26 °C , ambas temporadas obtuvieron una temperatura promedio de 28.62 °C y para la temporada de nortes 26.6 °C y para la temporada de secas 30.6 °C , estas temperaturas fueron las medias registradas para cada temporada de muestreo. Con respecto a la temporada de Nortes la temperatura varió entre 25 y 28.2 °C siendo Punta Catalán la estación donde se registró la temperatura más baja y Sam's la estación donde se registró la temperatura más alta. La temporada de secas la temperatura se encontró entre los 29.9 y 31.8 °C registrándose la temperatura más baja en la estación Refugio de aves y la más alta en Uqroo.

Oxígeno disuelto.

El análisis espacio-temporal mostró que en la temporada de nortes presentó el valor más alto de oxígeno disuelto con 6.3 mg/L en la estación de muestreo Uqroo (Tabla 4), por el contrario el valor más bajo se registró para la temporada de secas con 1.1 mg/L correspondiente a la estación refugio de aves (Tabla 5). Con respecto a la temporada de nortes el valor promedio fue de 4.95 mg/L encontrándose por encima del promedio obtenido para la temporada de secas de 4.10 mg/L . Los valores registrados para la temporada de nortes se encontraron entre 2.6 y 6.3 mg/L , siendo la estación Sam's donde se encontró el valor más bajo y UQROO la estación donde se encontró el valor más alto (Tabla 4), los valores registrados para la temporada de secas se encontró entre 1.1 y 5.4 mg/L donde la estación con la menor concentración fue refugio de aves y la que presentó la mayor concentración fue Drenaje proterritorio (Tabla 5).

Salinidad ‰

El promedio temporal con el valor más alto con respecto a la salinidad se registró para la temporada de nortes con 7.1 ± 1.1 ‰ por el contrario el valor más bajo se registró para la temporada de secas con 4.9 ± 1.1 ‰, con respecto a la temporada de nortes los valores se encontraron entre 3 y 10 ‰. Donde Sam's reportó el valor más bajo y Punta Catalán el más alto (Tabla. 4). La temporada de secas registró valores que se encontraron entre 1 y 11 ‰ donde el menor valor se encontró en Sam's y Muelle Fiscal y el más alto se encontró en Punta Catalán (Tabla 5).

Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos del primer muestreo

Estación	Temperatura (°C)	Oxígeno (mg/L)	Salinidad (‰)	Conductividad (S/m)	pH	% de materia orgánica
Sam's	28.2	2.60	3	13.3	7.8	1.127472527
Muelle fiscal.	27.8	5.75	5	11.3	7.6	0.507362637
Refugio de aves	27.4	5.9	7	8.4	7.55	2.029450549
Uqroo	26.7	6.3	8	13	7.9	1.409340659
Drenaje proterritorio	25.10	5.15	8	13.10	7.54	1.296593407
Punta Catalán	25	4.3	10	13.2	7.25	1.352967033
Oxtankah	26	4.7	9	9.6	7.3	1.352967033

Conductividad S/m

El valor promedio más alto correspondiente a la conductividad se registró en la temporada de nortes con un promedio de 11.7 ± 0.7 S/m por lo contrario el valor más bajo se registró para la temporada de secas correspondiente al mes de junio con 10.44 ± 0.56 S/m, con respecto a la temporada de nortes la conductividad varió entre 8.4 y los 13.3 S/m donde la estación Refugio de aves registró el valor más bajo y Sam's el más alto (Tabla 4) la temporada de secas registró valores de conductividad entre 2.9 y 14.4 S/m donde el valor

más alto se encontró en Punta Catalán y por el contrario a lo que ocurrió en la temporada de nortes el valor más bajo se registró en Refugio de aves

pH

El análisis del nivel de pH para este estudio a lo largo de la Bahía de Chetumal registró un pH para la mayoría de las estaciones neutro, registrando el valor promedio más elevado para la temporada de nortes correspondiente al mes de enero con un valor de 7.56 ± 0.33 , la temporada de secas registró un valor promedio cercano al valor neutro de 6.89 ± 0.33 , con respecto a la temporada de nortes, esta presentó valores neutros a lo largo de toda la Bahía de Chetumal entre 7.25 y 7.9 teniendo así Punta Catalán el valor más bajo y Uqroo el valor más alto (Tabla. 4), la temporada de secas presentó valores con una variación mayor de 6.23 y 7.58, siendo Refugio de aves la estación con el menor valor y UQROO la estación con el mayor valor (Tabla 5)

Materia orgánica.

Las pruebas realizadas para la detección del porcentaje de materia orgánica en la Bahía de Chetumal para este estudio, registraron el valor promedio más alto para la temporada de secas en el mes de junio con un promedio de $1.67 \pm 0.189\%$ de C orgánico, por el contrario la temporada de nortes registró un porcentaje promedio de $1.29 \pm 0.189\%$ de C orgánico, el valor más alto se registró en la temporada de secas en la estación Uqroo con 2.53 % de C orgánico (Tabla 5), el valor más bajo se registró en la temporada de nortes en la estación Muelle Fiscal con 0.507 % de C orgánico (Tabla 4).

Tabla 5. Parámetros fisicoquímicos del segundo muestreo

Estación	Temperatura (°C)	Oxígeno (mg/L)	Salinidad (‰)	Conductividad		% de materia orgánica
				(S/m)	pH	
Sam's	30	2.3	1	7.4	7.42	1.296593407
Muelle fiscal.	30.7	4.9	1	8.6	6.48	1.634835165
Refugio de aves	29.9	1.1	1.3	2.9	6.23	1.916703297
Uqroo	31.8	5.2	4	13.2	7.58	2.536813187
Drenaje proterritorio	30.1	5.4	6	13.4	6.7	1.127472527
Punta Catalán	31.2	5.2	11	14.4	7.12	1.296593407
Oxtankah	31.7	4.54	10	14	6.73	1.916703297

Para las pruebas de granulometría, los resultados fueron los mismos en todas las estaciones de muestreo, registrando el mismo tipo de sedimento, para todas las estaciones, siendo arena fina.

Comportamiento de riqueza frente a los parámetros fisicoquímicos.

A continuación, se mostrará la comparación entre la abundancia específica y los distintos parámetros fisicoquímicos medidos para la primera temporada de muestreo.

Temperatura

Para la primera temporada de muestreo la temperatura se encontró entre 25 y 28.2 °C donde la temperatura más alta se encontró en Sam's estación cuya riqueza fue de 2 especies, la temperatura más baja se registró en la estación Punta Catalán cuya riqueza fue de 2 especie, para esta temporada la correlación presento un valor de $R= 0.24$ siendo una correlación negativa débil (Fig. 14).

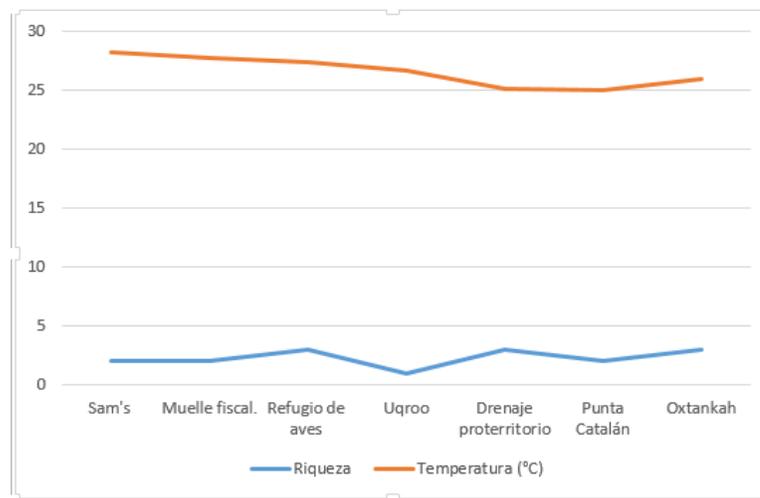


Fig. 14 Temperatura y riqueza primera temporada.

Oxígeno disuelto.

El oxígeno se encontró entre 2.6 y 6.3 mg/l, el valor más alto se registró en la estación Uqroo cuya riqueza fue de una especie, el valor más bajo se encontró en la estación Sam's cuya riqueza fue de 2 especies, el oxígeno para este muestreo en específico tuvo una correlación baja de $R= 0.18$ (Fig. 15),

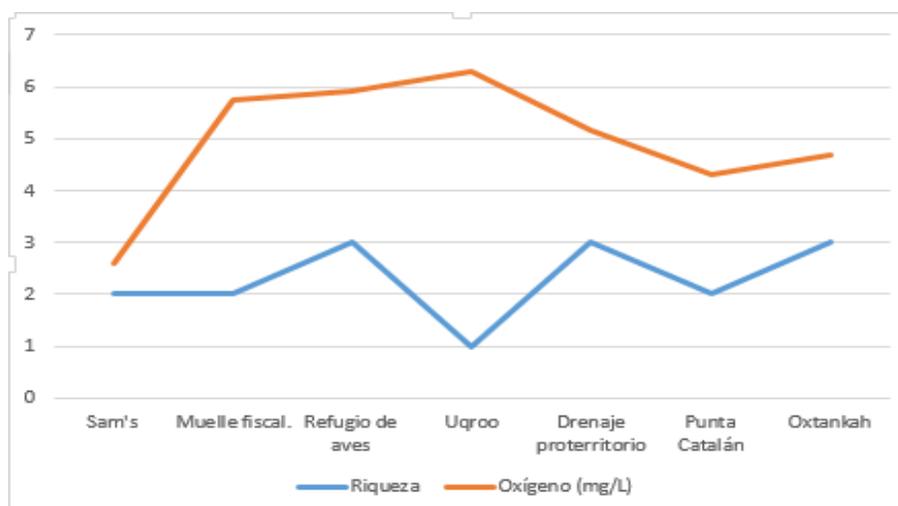


Fig. 15 Oxígeno disuelto y riqueza primera temporada.

Salinidad

La salinidad se registró entre 3 y 10 ‰ el valor más alto se encontró en Punta Catalán donde la riqueza registrada fue de 2 especies, el valor más bajo se registró en Sam's cuya riqueza fue de 2 especies, el valor obtenido de la correlación para estas dos variables fue de $R= 0.2$ (Fig. 16)

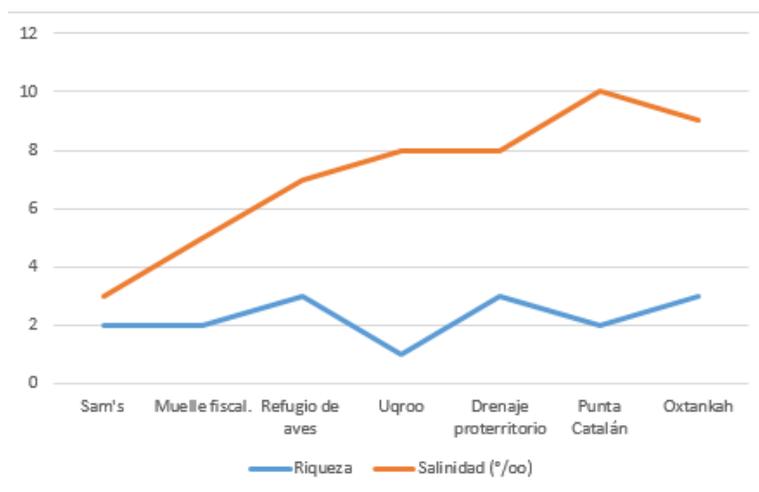


Fig. 16 Salinidad y riqueza primera temporada.

Conductividad.

La conductividad se registró entre 8.4 y 13.3 S/m, el valor más alto se encontró en Sam's que registró una riqueza de 2 especies y el valor más bajo se registró en Refugio de aves cuya riqueza fue de 3 especies, la correlación establecida para estos dos parámetros fue de $R= 0.41$ estipulando una correlación media baja positiva. (Fig. 17)

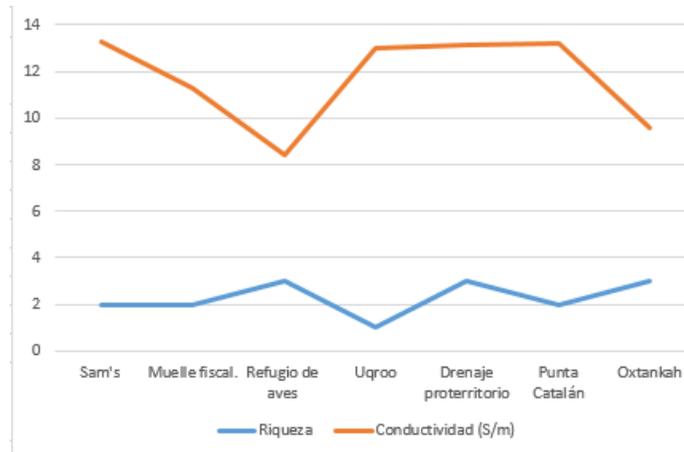


Fig. 17 Conductividad y riqueza primera temporada.

El pH.

El pH mantuvo a lo largo de todas las estaciones de muestreo un valor neutro, la estación donde el pH obtuvo el valor más alto fue Uqroo con un pH de 7.9 y una riqueza de 1 especie, y el valor más bajo se registró en Punta Catalán con un pH de 7.2 y una riqueza de 2 especies, la correlación para estos parámetros obtuvo el valor de $R= -0.76$ teniendo así una correlación negativamente fuerte. (Fig. 18)

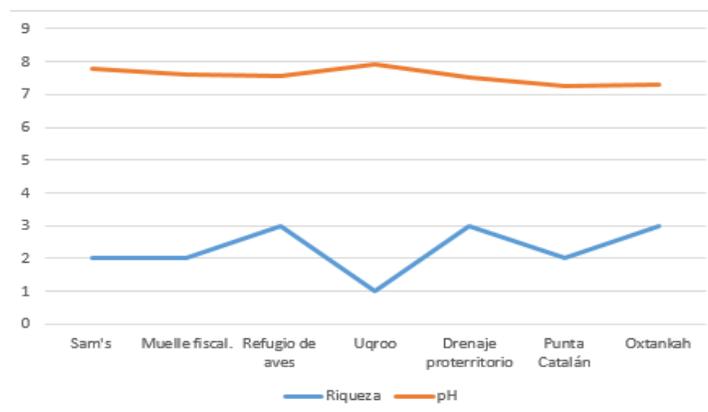


Fig. 18 pH y riqueza primera temporada.

Porcentaje de materia orgánica.

El porcentaje más alto de materia orgánica se registró en Refugio de aves con 2.03 %, la riqueza en ese punto fue de 3 especies, el valor más bajo se encontró en Muelle Fiscal con el 0.51 % y con una riqueza de 2 especies. La correlación de la materia orgánica y la riqueza fue de $R= 0.33$ teniendo una correlación positiva no tan fuerte (Fig. 19).

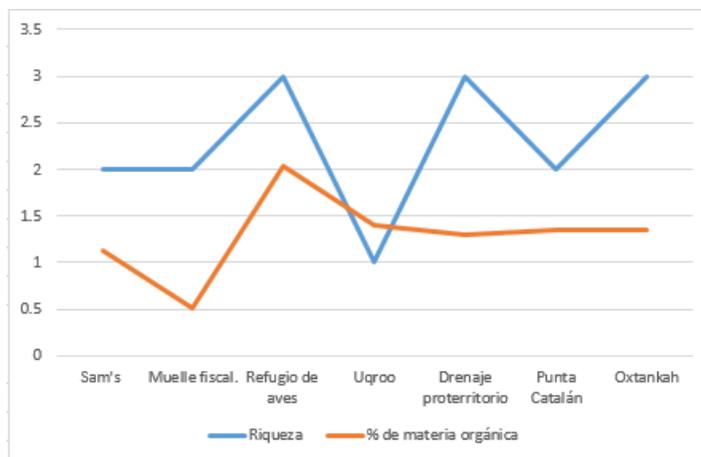


Fig. 19 porcentajes de materia orgánica y riqueza primera temporada.

Segunda temporada las comparaciones son las siguientes.

Temperatura.

Para el segundo muestreo la temperatura más alta se registró en la estación Uqroo con 31.8 °C, donde la riqueza fue de 1 especie, la temperatura más baja se presentó Refugio de aves con 29.9°C y una riqueza de 2 especies, la correlación para estos parámetros alcanzó un valor de $R=-0.3$ considerándose una correlación media baja negativa (Fig. 20).

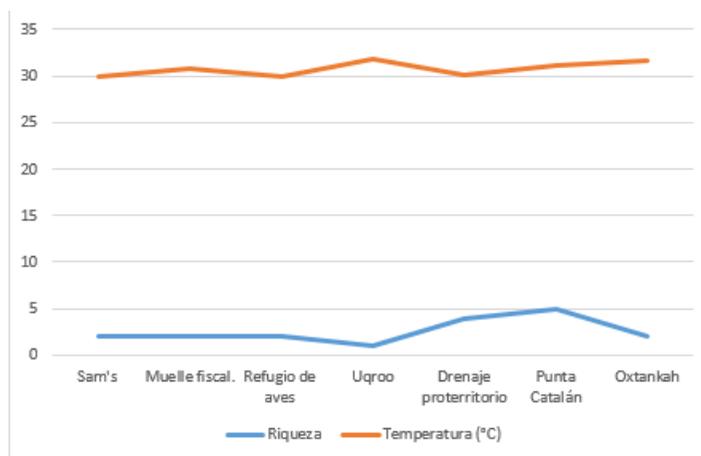


Fig. 20 temperatura y riqueza segunda temporada.

Oxígeno disuelto

Para la segunda temporada de muestreo correspondiente a la temporada de secas el oxígeno se registró entre 1.1 y 5.4 mg/L, la concentración más baja se encontró en Refugio de aves donde se obtuvo una riqueza de 2 especies. La concentración más alta se registró en Drenaje proterritorio cuya riqueza fue de 4 especies, la correlación para estas variables fue $R=0.3$ siendo un valor medio bajo positivo (Fig. 21).

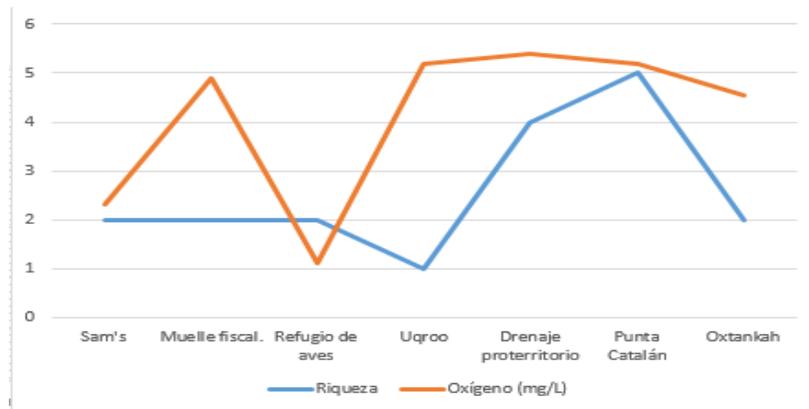


Fig. 21 Oxígeno y riqueza segunda temporada.

Salinidad.

La salinidad para la segunda temporada varió entre 1 y 11 ‰. La concentración más alta se registró en Punta Catalán, la riqueza para ese mismo punto fue de 5 especies, mientras que la concentración más baja se registró en Sam's y Muelle fiscal ambas con 1 ‰, de igual forma la riqueza para esos dos puntos fue de 2 especies, la correlación de estas variables presentó un valor de $R=0.6$ considerándose un valor medio, alto positivo (Fig. 22).

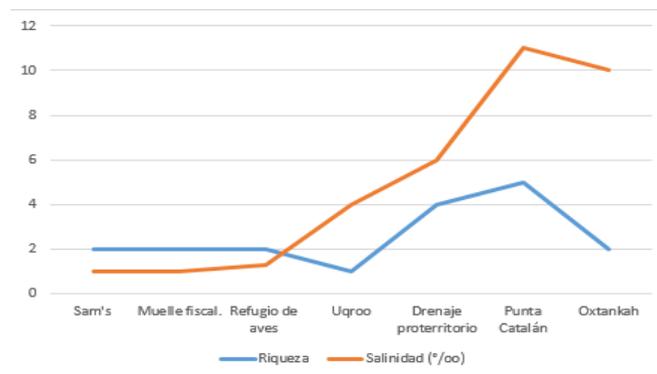


Fig. 22 Salinidad y riqueza segunda temporada.

Conductividad.

La conductividad se registró entre 2.1 y 14.4 S/m, la concentración más baja se encontró en Refugio de aves cuya riqueza fue de 2 especies, la concentración más alta correspondiente a la de 14.4 S/m se registró en Punta Catalán con una riqueza de 5 especies, la correlación de estas variables fue de $R=0.3$ siendo una correlación media baja, positiva (Fig. 23).

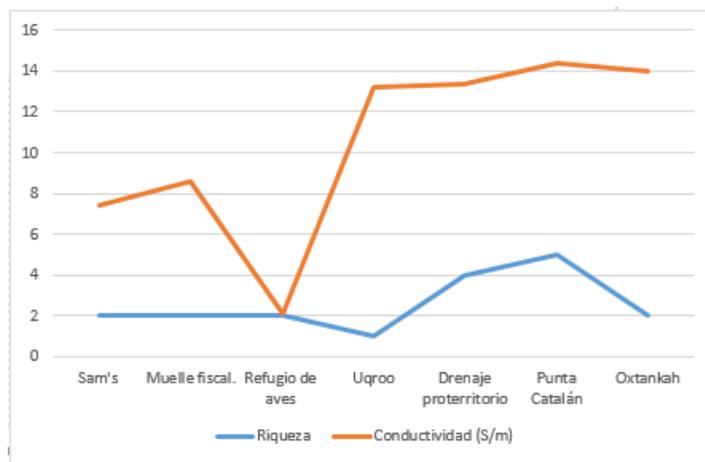


Fig. 23 Conductividad y riqueza segunda temporada.

pH.

Para la temporada de secas el pH registrado varió entre 6.2 y 7.58 donde el valor más bajo se registró en Refugio de aves, cuya riqueza fue de 2 especies, el valor más alto se registró en Uqroo donde la riqueza fue de una especie. La correlación entre la riqueza y el pH alcanzaron un valor de $R= 0.7$ teniendo una correlación positiva fuerte (Fig 24).

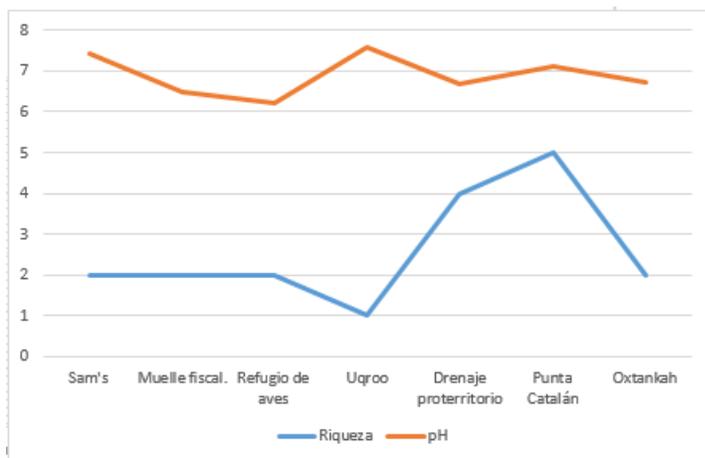


Fig. 24 pH y riqueza segunda temporada.

Porcentaje de materia orgánica.

Para la segunda temporada la relación inversa y la correlación fuertemente negativa es más notoria, el valor más alto se encontró de Uqroo con un valor de 2.53% de materia orgánica cuya riqueza fue de una especie, el valor más alto con respecto al porcentaje de materia orgánica se registró en Punta Catalán con una riqueza de 5 especies. La correlación para estos dos factores alcanzó un valor de $R = -0.76$ considerándose una correlación negativa fuerte. (Fig. 25)

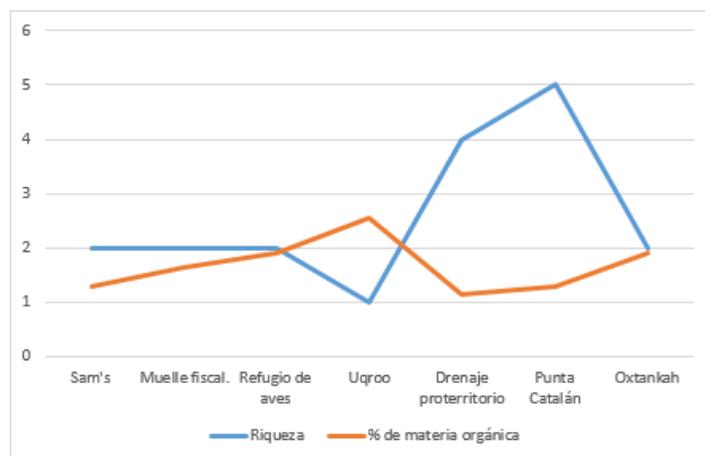


Fig. 25 Porcentaje de materia orgánica y riqueza segunda temporada.

RELACIÓN ENTRE OXÍGENO DISUELTO, SALINIDAD, MATERIA ORGÁNICA, ÍNDICE DE SHANNON-WIENER Y BIOMASA.

El oxígeno disuelto, la salinidad y la materia orgánica son parámetros que se ven relacionados directamente con la biomasa, abundancia y con el índice de diversidad de Shannon-Wiener. A continuación, se presenta una comparación entre estos tres factores para la temporada de nortes.

Primera temporada.

Oxígeno disuelto, riqueza y biomasa.

La concentración más alta de biomasa se registró en Sam's con 0.1151 g, la riqueza con 2 especies y el oxígeno disuelto obtuvo un valor de 2.6 mg/L, el valor más bajo de biomasa se registró en Refugio de aves donde el oxígeno disuelto alcanzó un valor de 5.9 mg/L y la riqueza registrada fue de 3 especies (Fig. 26).

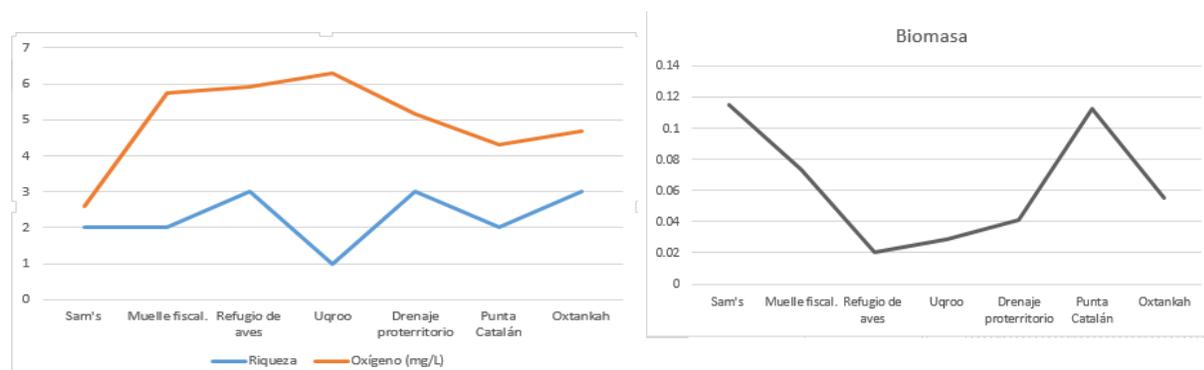


Fig. 26 Riqueza, oxígeno y biomasa primera temporada.

Salinidad. Riqueza y biomasa.

La salinidad se comporta con una pendiente ascendente como se observa en la gráfica 27, Refugio de aves, estación cuya biomasa alcanzo el valor más bajo con 0.0205 g y registró una salinidad de 7 ‰ y una riqueza de 3 especies. La estación Sam's mostró la biomasa más alta y registró una salinidad de 3 ‰ y una riqueza de 2 especies (Fig. 27).

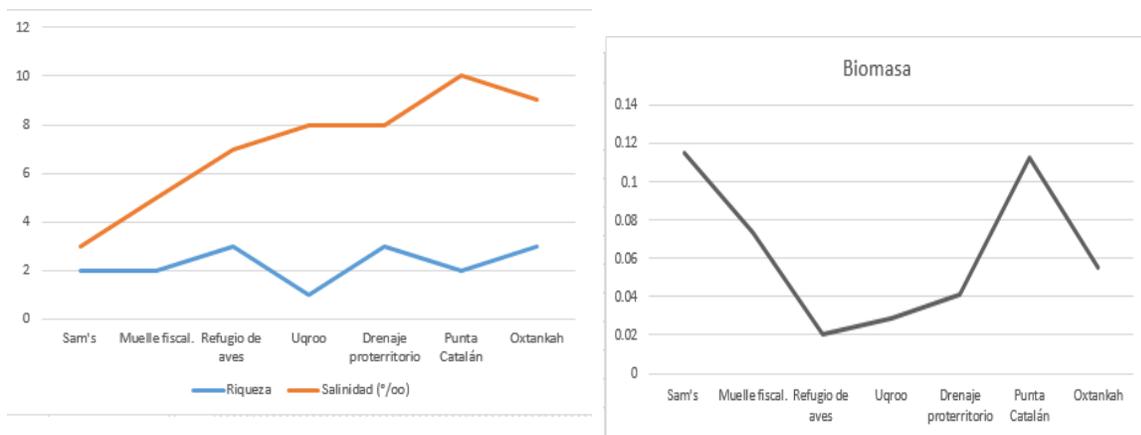


Fig. 27 Riqueza, salinidad y biomasa primera temporada.

Porcentaje de Materia orgánica.

El porcentaje más alto de materia orgánica se registró en refugio de aves con 2.03% de carbón orgánico, la biomasa para esta estación presentó la biomasa más baja con 0.0205 g y una riqueza de 2 especies, el porcentaje más bajo de materia orgánica se registró en Muelle Fiscal con 0.507 % que registró una biomasa de 0,0738 g y una riqueza de 2 especies. (Fig. 28)

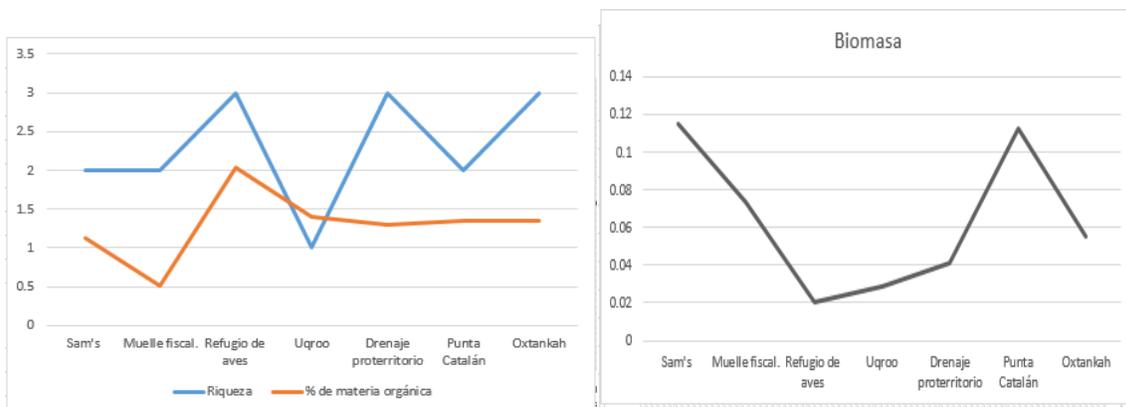


Fig. 28 Riqueza, porcentaje de materia orgánica y biomasa primera temporada.

Segunda temporada.

Oxígeno disuelto.

La concentración de oxígeno disuelto más bajo se presentó en Refugio de aves con 1.1 mg/L, la biomasa presentada para esta estación fue de 0.0124 g y la riqueza registrada fue de 2 especies. La estación que presentó la concentración más alta de oxígeno disuelto fue Drenaje proterritorio con 5.4 mg/L, la biomasa para esta estación fue de 0.0096 g y la riqueza fue de 3 especies (Fig. 29).

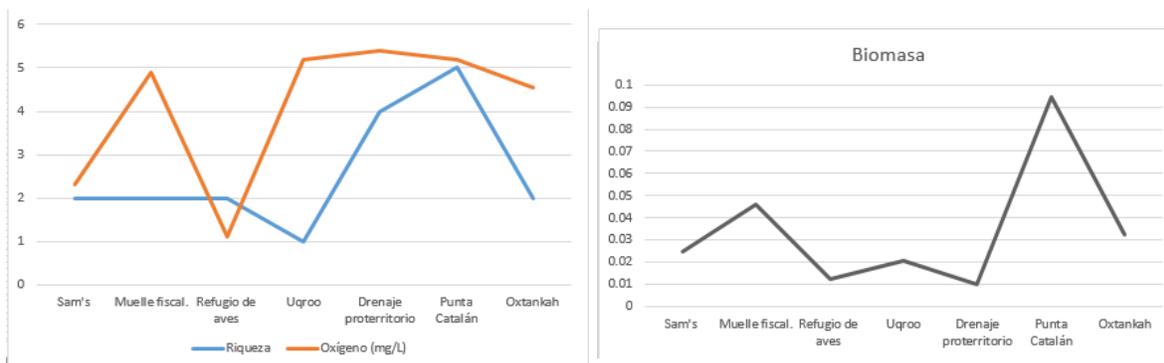


Fig. 29 Riqueza, oxígeno y biomasa segunda temporada.

Salinidad.

El valor más alto de salinidad se registró en Punta Catalan con 11 ‰, estación que coincidió con el valor mas alto en biomasa con 0.0945 g y en el valor mas alto en riqueza con 5 especies, el valor mas bajo con respecto a la salinidad se registró en Sam's y muelle fiscal con 1 ‰, la biomasa mas baja de estos dos puntos se registro en Sam's con un valor de 0.0249 g y una riqueza de 2 especies (Fig. 30).

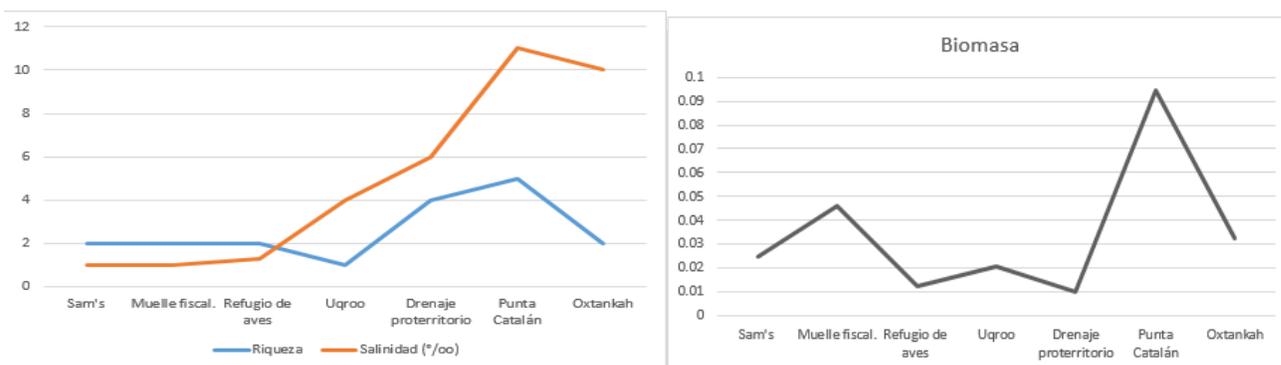


Fig. 30 Riqueza, salinidad y biomasa segunda temporada.

Materia orgánica.

La materia orgánica se comportó de manera prácticamente inversa a la riqueza y la biomasa teniendo una menor biomasa y riqueza en los puntos donde la materia orgánica aumenta. El valor más alto de porcentaje de materia orgánica se presentó en la estación Uqroo con 2.54 % de carbón orgánico estación donde la riqueza tuvo un descenso con una sola especie, la biomasa para esta estación registró 0.0203 g. el valor más bajo para el porcentaje de materia orgánica se registró en Drenaje proterritorio con 1.12 %, estación cuya riqueza registró 4 especies, la biomasa para esta estación fue de 0.0096 g. (Fig. 31).

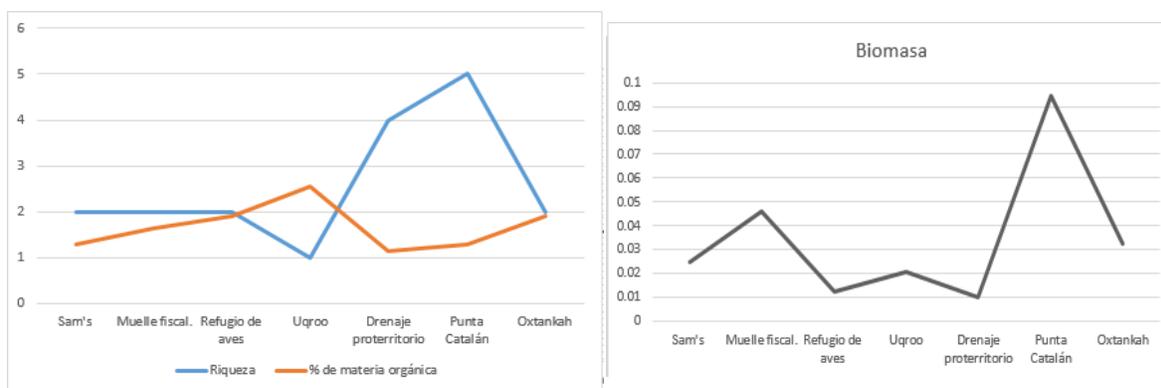


Fig. 31 Riqueza, porcentaje de materia orgánica y biomasa segunda temporada.

DISCUSIONES

Parámetros Hidrológicos.

Los valores de los parámetros fisicoquímicos para la temporada de nortes presentaron un pH que oscila entre (7.25-7.9), oxígeno disuelto (2.6-6.3 mg/L), temperatura (25-28 °C) y la salinidad (3-10 ‰); y en la temporada de secas el pH (6.2-7.4), oxígeno disuelto (1.1-5.4 mg/L), temperatura (29-31.8 °C) y la salinidad (1-11 ‰). Rodríguez (2016) registró un pH (6.2- 7.3), oxígeno disuelto (1.8-5.5), temperatura (28.5-36.9 °C), salinidad (1 y 7 ‰) siendo un pH idéntico para la temporada de secas, con tendencias más alcalinas para la temporada de nortes; el oxígeno en comparación con las dos temporadas de muestreo de la presente investigación no existe una gran variación ya que los valores no sobrepasa 1 mg/l; la temperatura en comparación con la temporada de nortes registró una temperatura más alta. En la temporada de secas la temperatura se encuentra dentro de los parámetros medidos por Rodríguez (2016) sin embargo no alcanza su valor más alto en ningún momento. La salinidad reportada por Rodríguez (2016) se encuentra entre 1 y 7 ‰ estas variaciones pueden ser el factor que origina la diferencia de riqueza y abundancia de las especies encontradas; Márquez y Jiménez (2002) mencionaron que las condiciones ambientales como la salinidad, temperatura, turbidez, pH, granulometría, materia orgánica, la vecindad con otros ecosistemas e inclusive la cantidad de lluvia que se tiene al año son factores fundamentales que afectan la estructura y la composición ambiental de los ecosistemas. La bahía de Chetumal cuenta con influencia de diferentes cuerpos de agua tanto dulce como marino, haciéndolo un ecosistema con alta variabilidad ambiental y cambios estacionales importantes, además, Delgado-Blas *et al.*, (2007) señalan que pueden ser los aportes del Río Hondo y las escorrentías de las ciudades, que favorecen el cambio de las condiciones fisicoquímicas de la Bahía, partiendo de lo anterior la Bahía de Chetumal es un ecosistema con muchas influencias tanto por lluvias, cuerpos de agua y el aporte del río Hondo que nos genera un ecosistema sumamente cambiante.

La abundancia de las especies en ambas temporadas se relaciona directamente con la salinidad, influyendo en el comportamiento, se tiene concentraciones altas en Punta Catalán tanto de salinidad (10 y 11 ‰ para nortes y secas respectivamente) como en abundancia (27 y 19 ind para nortes y secas respectivamente); Quijano (2009) menciona que las

variables fisicoquímicas son de vital importancia en el estudio de la macrofauna asociada a las raíces de mangle ya que estas afectan los patrones de distribución y abundancia; Cárdenas y Mair (2014) señalan que al haber alteraciones en las características fisicoquímicas como la salinidad, temperatura, concentración de oxígeno entre otros parámetros condicionan el asentamiento y colonización de especies bénticas; igualmente, Quiceno y Palacios (2008) concluyeron que los ambientes eurihalinos favorecen la presencia de especies bénticas; Solan y Wigham (2005) mencionan que las especies faunísticas dependen del oxígeno disuelto para respirar, por lo que éste factor es determinante en la reducción de la riqueza de las especies. De igual forma, Rodríguez (2016) registró para la bahía de Chetumal una tendencia que relaciona a la fauna del bentos con las concentraciones de salinidad y otros parámetros hidrológicos que refuerza lo mencionado por Salgado y Hendrickx (2002) indicando la estrecha relación entre estos parámetros y la abundancia de las especies. Los valores del porcentaje de materia orgánica se comportaron de manera inversa con la abundancia de las especies teniendo una menor abundancia en las estaciones donde la materia orgánica era mayor, este resultado coincide con lo encontrado por Delgado-Blas *et al.*, (2007) donde la abundancia y diversidad de especies se encuentran de manera inversa a la materia orgánica. Partiendo de lo anterior demostramos la importancia de los parámetros hidrológicos en la composición biológica de un ecosistema teniendo en cuenta que los cambios fisicoquímicos afectan directamente la abundancia y la diversidad, esto sucede constantemente en los ambientes estuarinos los cuales se discutirá a continuación.

Abundancia.

Ambas temporadas registraron 112 individuos. La temporada de nortes registró 52 Nereididae, 7 Capitellidae, 2 Spionidae y un individuo de Serpulidae, la temporada de secas registró 40 individuos de Nereididae, 5 Capitellidae y 5 Spionidae. Para ambas temporadas de muestreo la familia con mayor abundancia fue Nereididae, seguido por Capitellidae; sin embargo, Rodríguez (2016) registró para la bahía de Chetumal a la familia Serpulidae como la de mayor abundancia con 50 ind., seguido por Sabellidae con 37 ind, Capitellidae con 22 ind., Nereididae con 6 ind. y Spionidae con 4 ind. En el presente trabajo la familia

Sabellidae no se registró; así como también, en ambos estudios se obtuvo una estructura de familias completamente diferente. Ya que las especies de macroinvertebrados, sufren cambios tanto en abundancia como en riqueza en periodos relativamente cortos de tiempo, cambios que pueden ser originados por factores climáticos, condiciones ambientales del día de la recolecta del material biológico, depredación por otras especies y/o la disponibilidad de alimento (García y Palacios, 2007).

De las cuatro familias registradas de poliquetos, Nereididae y Capitellidae fueron las más abundantes y de mayor riqueza de especies, en cambio Spionidae y Serpulidae fueron las de menor abundancia y riqueza de especies; Rivero *et al.* (2005) consideran a Nereididae y Capitellidae como el modelo bioindicador debido a su tolerancia a ciertos contaminantes que otras especies no logran tolerar, debido a esto estas familias son muy abundantes. También, Mendez (1993) menciona que Nereididae y Capitellidae se encuentran relacionados como oportunistas ya que proliferan en condiciones en las que otras familias no pueden hacerlo.

Se registraron ocho especies: *N. caudata*, *N. oligohalina*, *R. fauchaldi*, *L. culveris*, *C. cf. capitata*, *S. benedicti*, *D. cf. armata* y una especie de Serpulidae que debido al mal estado del organismo no se pudo identificar a nivel de género. Una de las diferencias de las dos temporadas de muestreo es que en la primera temporada no se recolectó a *S. benedicti*, y en la segunda temporada no se recolectó a *R. fauchaldi* ni al espécimen no identificado perteneciente a Serpulidae. Esto se debe a lo mencionado por Garcia y Palacios (2007) quienes demostraron que las especies cambian con el plano temporal en abundancia, distribución y especies esto debido a los cambios que sufren los ecosistemas marinos, ya que con el paso del tiempo y debido a las condiciones climatológicas un sistema puede cambiar sus concentraciones fisicoquímicas así también debido a los cambios antropogénicos a los que pueden estar sometidos los ecosistemas, sin embargo, existen especies permanentes. Las dos temporadas de muestreo registraron a Nereididae como la familia de mayor abundancia siendo la especie *N. caudata* con 34 individuos y *N. oligohalina* con 22 individuos; siendo las especies con mayor abundancia para la temporada de nortes y secas respectivamente, sin embargo, la especie con la mayor distribución espacial fue *N. oligohalina* para ambas temporadas de muestreo. Glasby y Fauchald (2000),

Tovar-Hernandez *et al.*, (2014) y Arteaga-Flores y Londoño (2015) señalan a Nereididae como una de las familias más abundantes y con una importancia ecológica elevada, esto se ve reforzado con la presente investigación pues la dominancia de esta familia fue muy amplia en el área de estudio.

Gray y Pearson (1982) señalan a *Capitella capitata* y *Streblospio benedicti* como indicadores de contaminación, así mismo Méndez y Green-Ruiz (1998) registraron a *C. Capitata* como indicador de contaminación por materia orgánica ya que esta especie presenta una correlación positiva con dicho contaminante; también, Méndez (2003) encontró que las especies *C. capitata* y *S. benedicti* proliferan en condiciones adversas en las que otras especies desaparecen; así como también, indican los cambios o predicen lo que sucederá en el ecosistema, lo cual es una señal de alarma importante que un buen bioindicador debe de tener como es la capacidad de advertir tempranamente los cambios que están por ocurrir (Jofré, 2009).

Índices de Shannon-Wiener.

Las estaciones que presentaron el mayor índice diversidad de Shannon-Wiener fueron Oxtankah y Punta Catalán con 0.458 y 0.63 para la temporada de nortes y secas respectivamente, esto se debe a que reflejaron una mayor abundancia y riqueza de especies en comparación a las demás estaciones, los valores del índice de diversidad oscilaron entre 0 – 0.458 y 0 – 0.63 bits/ind para la temporada de nortes y la temporada de secas respectivamente. Los valores de equidad registrados en las estaciones se consideran heterogéneos en abundancias y con una baja diversidad de especies siendo valores entre 0.259–0.298 y 0.230–0.301 para la temporada de Nortes y Secas respectivamente. Rodríguez (2016) registró valores de diversidad de Shannon-Wiener entre 0.83 y 2.53 bits/Ind, valores elevados a comparación de los obtenidos en esta investigación, sin embargo, es importante mencionar que Rodríguez (2016) estudio todo el bentos asociado a raíces de mangle el cual hace que se incremente la riqueza de especies y sus abundancias logrando de esta manera valores más altos de diversidad; es relevante mencionar que durante el presente estudio igual se encontraron una gran cantidad de especies de invertebrados asociadas a las raíces del mangle pero al no ser estas parte del objetivo del estudio no se tomaron en cuenta para la caracterización.

Jost (2009) menciona que es necesario reconocer la complejidad de las comunidades aplicadas a la medida de la diversidad biológica y sus cambios como la biología de la conservación y el impacto ambiental; así mismo, Jiménez (2007) menciona que los valores de $H' < 2$ bits/ind. Indican que el sistema está siendo sometido a una tensión, debido a vertederos de aguas residuales, pluviales, dragados o por embarcaciones; también, menciona que el valor de H' suele disminuir mucho en aguas muy contaminadas, y a la inversa, mientras mayor sea el valor del índice de Shannon-Wiener se considera agua con mejor calidad. En ninguna de las dos temporadas de muestreo se obtuvo valores de diversidad mayores a 3 bits/ind lo que nos describiría ambientes sanos, ni siquiera hubo valores cercanos a este lo que es preocupante pues tenemos valores que describen ambientes altamente contaminados, esto puede corroborarse con la presencia de las especies *Capitella capitata* y *Streblospio benedicti* consideradas como un factor de alarma ya que solo se hacen presentes cuando los niveles de contaminación son altos. Podemos deducir que existe una fuerte contaminación que se da por la influencia de las salidas de agua pluvial, por la poca o nula importancia del gobierno y la población por mantener limpias las aguas de la bahía e inclusive por la influencia del Río Hondo que termina descargándose en la Bahía. De la Torre (2014) señala que las comunidades que habitan los manglares e inclusive el manglar mismo pueden ser utilizado como bioindicador pues los cambios de coloración del manglar pueden indicar la presencia de mercurio en los sedimentos. Sin embargo, no se omite el hecho de que el comportamiento de los poliquetos está directamente ligado a la salinidad y como en todos los ambientes estuarios la riqueza y por ende los índices se ven afectados por los factores ambientales del ecosistema.

Biomasa.

La biomasa se registró entre 0.0205-0.1151g y 0.0096-0.0945g, encontrándose el valor más alto en la estación Sam's y Punta Catalán para la temporada de nortes y seca respectivamente, en ambos casos, la biomasa se incrementó en las estaciones lejanas a la mancha urbana de igual manera demostró un comportamiento ligado con la salinidad y en menor medida con la abundancia; Vázquez *et al.*, (2006) mencionaron que el descenso de biomasa y riqueza pueden indicar un gran impacto antropogénico al que se expone un sistema. Por lo tanto, es de esperarse que las zonas céntricas a la mancha urbana como lo es

Refugio de aves, Uqroo y Drenaje Proterritorio demuestran una biomasa menor a comparación de las zonas alejadas de ella.

Ambientes Estuarinos.

La Bahía de Chetumal es un sistema costero con aportes de diferentes fuentes de agua dulce lo cual genera condiciones estuarinas; Ibáñez (2009) describe los ambientes estuarinos como masas de agua que se encuentran próximas a las desembocaduras de ríos lo que los vuelve parcialmente salinas aunado a esto, los ambientes estuarinos reciben una notable influencia de flujos de agua dulce, la United Nations Educational, Scientific and Cultural Organizatio (UNESCO) (1989) define a los estuarios como un cuerpo de agua costero semicerrado que cuenta con una conexión libre con el mar abierto y dentro del cual el agua marina esta mensurablemente diluida con agua dulce proveniente de múltiples fuentes. Pauly (1975), Castro (1982), Raz-Guzman (1995) y Guevara *et al.*, (2007) señalaron la gran influencia de las variables ambientales en la estructura y dinámica de las comunidades estuarinas, indicando a la temperatura y la salinidad como los principales factores que influyen en la dinámica de las comunidades estuarinas; también, Correia (1998) describió como las especies bentónicas en ambientes estuarinos disminuían y aumentaban en relación a la salinidad encontrando un mayor número de especies donde la salinidad es mayor; Díaz *et al.*, (2004) registró valores de cero para el índice de diversidad de Shannon-Wiener para un sistema estuario, donde igual describió que los valores más altos se registraron donde la salinidad era alta, de acuerdo con lo anterior para el sistema de la Bahía de Chetumal encontramos que los cambios en la abundancia de las especies se debe a los cambios en las concentraciones del ecosistema y estos se deben a la gran influencia que recibe la Bahía de sistemas como lo son el Rio Hondo y los nacimientos de agua.

CONCLUSIONES.

La familia más abundante fue Nereididae conformando casi el 80 % de los organismos registrados.

La especie con mayor abundancia fue *Neanthes caudata* debido a que es una especie oportunista que prolifera en condiciones en las que otras especies no pueden hacerlo, las especies con la menor abundancia fueron *Streblospo benedicti* y una especie no identificada de Serpulidae.

La temporada que presento la mayor abundancia, riqueza y biomasa fue la de nortes en comparación con la temporada de secas, las temporadas invernales han demostrado tener una abundancia mayor en comparación de otras, algunos investigadores coinciden en que los poliquetos prefieren las temperaturas frías de invierno.

Para la temporada de nortes la estación con mayor abundancia fue Punta Catalán y la de mayor riqueza de especies fue Oxtankah. Para la temporada de secas la estación con la mayor abundancia y riqueza de especies fue Punta Catalán para ambas temporadas la estación Punta Catalán destaco en abundancia y riqueza, estas estaciones en particular se encuentran alejadas de la mancha urbana y presentan concentraciones de salinidad mayores a las demás.

Se rechaza la hipótesis planteada en este estudio donde se dice que las zonas cercanas a las descargas de agua pluvial tendrían mayor abundancia, ya que las zonas que presentaron la mayor abundancia fueron las que se encontraban alejadas de la mancha urbana con menos influencia antropogénicas

La salinidad, oxígeno disuelto y materia orgánica son factores que afectan directamente a la abundancia de los poliquetos aceptando así la hipótesis planteada al inicio con respecto al impacto que estos factores fisicoquímicos tienen sobre la diversidad y abundancia de las especies, en específico de los poliquetos.

El grado de contaminación por materia orgánica marca un comportamiento en comparación con la abundancia ya que estas se comportaron de manera inversa, es decir a mayor porcentaje de materia orgánica la abundancia es menor y viceversa.

Los valores de los índices de diversidad nos indican que existe una contaminación pero que esta no es lineal, sin embargo, de acuerdo con los diferentes estudios realizados en ecosistemas estuarios, los cuales corresponden al mismo ecosistema de la bahía, concluimos que estos resultados se deben a la variación en los parámetros hidrológicos como la salinidad ya que la especie elegida como objeto de estudio demostró una estrecha relación con la salinidad.

La abundancia, la distribución y la riqueza de las especies se ven directamente relacionado con las concentraciones de salinidad.

Se reporta la presencia de una especie de *Dipolydora*, cuyo registro podría ser nuevo para la bahía de Chetumal, su identificación taxonómica es complicada pues no cumple con las claves taxonómicas existentes de ninguna especie en específico, por ende, nos hace pensar que la distribución de este grupo aún no está del todo definida y abre el panorama a seguir investigando sobre el comportamiento de las especies.

RECOMENDACIONES.

- Se debe alentar a futuros investigadores a realizar más estudios de este tipo, ya que son estudios poco costosos, ricos en información y de gran importancia tanto ambiental como ecológica.
- Se debe realizar monitoreos constantes a la bahía para poder describir de una manera más exacta el comportamiento de las especies y de la contaminación, de la misma forma encontrar y registrar nuevas especies y así las autoridades puedan tomar las medidas pertinentes para combatir, eliminar y controlar la contaminación que afecta a nuestra bahía.
- Considerar investigaciones que vayan dirigidas a una sola especie de poliqueto como bioindicador de algún contaminante.
- Se sugiere para estudios posteriores considerar más análisis fisicoquímicos y de otros componentes para tener una caracterización más amplia de la zona que incluya análisis de plaguicidas, herbicidas, fertilizantes, detergentes, hidrocarburos, metales pesados etc. y con esto poder ligar el comportamiento de las especies con posibles fuentes antropogénicas que podrían estar influyendo en las condiciones de los sistemas acuáticos.
- Hacer la valoración económica de los servicios ambientales que provee estos ecosistemas.

LITERATURA CITADA.

Aaron M. Ellison E. (1992) the ecology of Belizean mangrove-root fouling communities: Patterns of epibiont distribution and abundance, and effects on root growth. *Hydrobiologia*.

Arteaga-Flores y Lodoño-Meza (2015) NERÉIDIDOS (NEREIDIDAE, POLYCHAETA, ANNELIDA) ASOCIADOS A RAÍCES DE MANGLE ROJO, RHIZOPHORA MANGLE, EN ISLAS SAN ANDRÉS Y PROVIDENCIA, CARIBE COLOMBIANO, Santa Marta, Colombia.

Bastida J (2003) el mar y los poliquetos, Jornada UNAM, Recuperado de : <http://www.jornada.unam.mx/2003/10/27/eco-polique.html>

Bravo, E (1991) Sobre la cuantificación de la diversidad ecológica. 86-93 pp

Washington, H (1984) Diversity, biotic and similarity indices: A review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water Res* 18 (6). 653-694

Browe, J y Zar, J (1989). *Field and laboratory methods for general ecology*. Wm. C. Brown Co. Dubuque, Iowa, 226 pp

Calderón A (2017) Determinación de la concentración letal media (CL50) del Malatión y Clorpirifos-Etil en organismos de *Capitella ef. capitata* de la Bahía de Chetumal. Tesis de licenciatura. División de Ciencias e Ingeniería. Universidad de Quintana Roo campus Chetumal, Quintana Roo, México, 83 pp

Capo M. A (2002) Capítulo 9: Bioindicadores y biomarcadores. *Biomonitores. Biosensores. Indicadores biológicos. Animal centinela. Bioensayos en medio ambiente EN PRINCIPIOS DE ECOTOXICOLOGIA: DIAGNOSTICO, TRATAMIENTO Y GESTION DEL MEDIO AMBIENTE*. S.A. MCGRAW-HILL/ INTERAMERICANA DE ESPAÑA. España. 311

Cárdenas M, Mair J. 2014. Caracterización de macroinvertebrados bentónicos de dos ramales estuarinos afectados por la actividad industrial, estero Salado-Ecuador, Santa Marta, Colombia, escuela de ciencias ambientales, Universidad Espíritu Santo-Ecuador.

Castilla A (2017) Recala cuerpo de delfín sin vida en el Santuario del Manatí. Novedades de Quintana Roo. Recuperado de: <https://sipse.com/novedades/delfin-muerto-recala-santuario-manati-bahia-chetumal-profepa-red-varamiento-254758.html>

CONABIO. (2013) Manglares en México: Superficies de manglares en México, México: Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad.

CONABIO. (2015) Ficha técnica para la evaluación de los sitios prioritarios para la conservación de los ambientes costeros y océanos de México, México: comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad.

CONABIO. (2017) Manglares de México: monitoreo 1970/1980-2015, México: Comisión Nacional para el conocimiento de la biodiversidad y uso de la biodiversidad

De la Lanza G, Hernández S, Carbajal J (2000) Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Biondicadores) Plaza y Valdez, DF, México. 622 pp

Delgado Blas, V. H. (2004) *Espionidos (polychaeta; sda) del gran caribe*. México: ECOSUR

Delgado B, Kuk G y Tejero J (2015) poliquetos de sustrato arenoso como bioindicadores de contaminación por materia orgánica en la zona urbana de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, recuperado de: http://web.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/memorias/Extenso/CA/EC/CAC-41.pdf asp 13/02/2017

Delgado Blas, V. H., Hernández , H. A., y Kuk, J. G. (2011). Distribución espacial y temporal de poliquetos (polychaeta: annelida) de la bahía de Chetumal, Quintana Roo. En V.H. Delgado Blas, J. S. Ortégón Aguilar, M. M. Vázquez González, A. González Damián, y J. Hernández Rodríguez, Avances de ciencia y tecnología en

Quintana Roo (Primera edición ed., págs. 1-285). Chetumal, Quintana Roo, México: Plaza y Valdez S.A. de C.V

Del Pilar Y, Giménez F, De la Ossa J, Sánchez J, Ramos A, (2013) Guía practica para la identificación de familias de poliquetos (Kidness Polychaeta Guide) 4 a ed. Club universitario, San Vicente Alicante, España. 111 pp

Díaz S, Cano E, Aguirre A & Ortega R (2004) Diversidad, abundancia y conjuntos ictiofaunísticos del sistema lagunar–estuarino Chantuto-Panzacola, Chiapas, México; revista Biología Tropical 52 (1) pag: 187 – 199

Espinoza Avalos J. Islebe G. Hernandez Arana H (2009) El sistema ecológico de la bahía de Chetumal/ Corozal: costa occidental del mar caribe recuperado de: <http://www.ecosur-qroo.mx/img/files/libbahia.pdf>

Fernández M. (2003) Los gusanos flotantes. Jornada UNAM, recuperada de <http://www.jornada.unam.mx/2003/10/27/eco-polique.html>

FERNÁNDEZ-Rodríguez, Vanessa, Londoño-Mesa, Mario h., & Ramírez Restrepo, John Jairo. (2016). polychaetes from red mangrove (*Rizophora mangle*) and their relationship with the water conditions in the gulf of urabá, colombian caribbean. *acta biológica colombiana*, 21(3), 611-618. <https://dx.doi.org/10.15446/abc.v21n3.50796>

Flores F, Agraz C y Benítez D (2007) Ecosistemas acuáticos: importancia, retos y prioridades para su conservación. En Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México (O Sánchez, M Herzig, E Peters, R Márquez y L Zambrano, Ed). Unidos para la conservación AC, San Nicolás de Hidalgo, pp 147-166

García J & Placio J (2007) Macroinvertebrados asociados a las raíces sumergidas del Mangle Rojo (*Rhizophoda mangle*) en las Bahías Turbo y El Uno, Golfo de Urabá (Caribe Colombiano) Grupo de investigación en Gestión y Modelación Ambiental, GAJA

- Glasby, C.J. y K. Fauchald. (2000). Key to the families of Polychaeta. 53-61. En: Beesley, P. L., G. J. B. Ross y C. J. Glasby (Eds.). Polychaetes & allies: The Southern synthesis. Fauna of Australia, 4A. Polychaeta, Myzostomida, Pogonophora, Echiura, Sipuncula. CSIRO Publishing, Melbourne. 465 p.
- González I (2017) Recupera México área de manglares. (2017, February 3). *Reforma* [México D.F., México], p. 16. Retrieved from <http://go.galegroup.com/ps/i.do?p=IFME&sw=w&u=pu&v=2.1&it=r&id=GALE%7CA49894442&sid=summon&asid=c1ca127549e24b80d48d9600a7f714ac>
- Gray JS & TH Pearson. 1982. Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. 1. Comparative methodology. Marine Ecology Progress Series 9: 111-119
- Guevara, Emma, Álvarez, Hernán, Mascaró, Maite, Rosas, Carlos, & Sánchez, Alberto. (2007). Hábitos alimenticios y ecología trófica del pez *Lutjanus griseus* (Pisces: Lutjanidae) asociado a la vegetación sumergida en la Laguna de Términos, Campeche, México. *Revista de Biología Tropical*, 55(3-4), 989-1004. Retrieved February 14, 2018, from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442007000300022&lng=en&tlng=es.
- INEGI (2017) Información climática; México; Instituto Nacional de Estadística y Geografía: México.
- Jiménez J (2007) Índices biológicos y su relación con la calidad del agua; Revista científica de ecología y medio ambiente, papel de los estudios comportamentales en ecología: vol. 26 numero 3.
- Jofré M, 2009. Indicadores biológicos de calidad ambiental. Jornada Cerrada UNSL recuperado de: http://www.fev.org.ar/uploads/2/0/8/5/20850604/indicadores_biologicos_de_calidad_ambiental_jornada_serrana_nov2009.pdf
- Jost, L. 2009. Mismeasuring biological diversity: response to Hoffmann and Hoffmann (2008). *Ecological Economics*, 68: 925-928.

- Kuk José, Delgado Víctor, Tejero Jorge (2007) poliquetos de sustrato arenoso como bioindicadores de contaminación por materia orgánica en la zona urbana de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo. Universidad de Quintana Roo
- Magurran, A (1988). Ecological diversity and its measurement, Londres, Croom Helm. London. 179 pp
- Márquez, B & Jiménez, M. (2002) Moluscos asociados a las raíces sumergidas del mangle rojo *Rhizophora mangle*, en el Golfo de Santa Fe, Estado de Sucre, Venezuela, Revista de Biología Tropical, 50(3/4) 1101-1112
- Méndez, N. 1993. “*Capitella capitata* (Polychaete: Capitellidae) as a biological indicator of organic matter pollution in the zone of Barcelona, Spain”. *Qualité Milie Marini. Indicateurs biologiques et physico-chimiques*: 161-173.
- Méndez N. (2003) poliquetos y contaminación. Jornada UNAM, recuperada de <http://www.jornada.unam.mx/2003/10/27/eco-polique.html>
- Méndez, N. y M. Green-Ruiz. 1998. “Superficial sediments and their relation to polychaete families in a subtropical embayment, México”. Revista de Biología Tropical 46(2): 237-248. Consultado el 14 de octubre de 2014. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S003477441998000200008yscript=sci_arttextylng=pt.
- Nagelkerken, I., (2009). Evaluation of Nursery function of Mangroves and Seagrass beds for Tropical Decapods and Reef fishes: Patterns and Underlying Mechanisms. En.: Ecological Connectivity among Tropical Coastal Ecosystems. Springer. New York, pp 357-399.
- Pielou, E (1975). Ecological diversity. New York: Wiley Interscience.
- Pla, L; (2006). Biodiversidad: inferencia basada en el índice de shannon y la riqueza. Interciencia, 31() 583-590. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33911906>
- Pocklington P & PG Wells. 1992. Polychaetes. Key Taxa for Marine Environmental Q
Pocklington P & PG Wells. 1992. Polychaetes. Key Taxa for Marine Environmental

Quality Monitoring. Marine Pollution Bulletin. 24 (12): 593-598. Quality Monitoring. Marine Pollution Bulletin. 24 (12): 593-598.

Programa de Naciones Unidas y Medio Ambiente, PNUMA. 1992 Rio de Janeiro

Quiceno P, Palacios Jaime 2008. Aporte al conocimiento de los macroinvertebrados asociados a las raíces del Mangle (*Rizophora mangle*) en la Ciénaga la Boquilla, municipio de San Onofre, Sucre; sistema de información científica; Revistas Científicas de América Latina y el Caribe.

Quijano Juan 2009. Macroinvertebrados asociados a las raíces del mangle rojo (*Rhizophora mangle*, Linnaeus 1753), en el complejo de Ciénegas de la Bahía de Cispatá, Córdoba Caribe Colombiano; Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Ciencias Naturales, Programa de Biología marina.

Reish DJ. 1998. The use of larvae and small species of polychaetes in marine toxicological testing. En: Wells PG, K Lee & C Blaise (eds), Microscale testing in aquatic toxicology. Advances, techniques and practice 26: 383-393. CRC Press, Boca Ratón

Rivero, S., Elías, R. y E. Vallarino. 2005. "Primeros datos de la macroinfauna del puerto de Mar del Plata (Argentina), y el uso de poliquetos como indicadores de contaminación" *Gestión y Ambiente* Volumen 18 (1): 189-204 junio de 2015 issn 0124.177X. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 40 (2): 101-108. 203

Rodríguez Acosta Julio Cesar (2016) Caracterización de la fauna asociada a las raíces de *Rhizophora mangle* en la bahía de Chetumal Quintana Roo (tesis para obtener el grado de ingeniero ambiental) Universidad de Quintana Roo, Chetumal.

Rubiano Olaya, Luis Juan, & Chaparro de Valencia, Martha. (2006). delimitación de áreas de isocontaminación atmosférica en el campus de la universidad nacional de colombia mediante el análisis de bioindicadores (líquenes epífitos). *acta biológica colombiana*, 11(2), 82-102. recuperado en 12 de julio de 2017, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0120548x2006000200007&lng=es&tlng=es.

- Salgado-Barragán J.y Hendrickx M.E. (2002). Distribution and abundance of barnacles (Crustacea:Cirripedia) associated with prop roots of *Rhizophora mangle* L., in a lagoon of northwest México. Sinaloa. Pp. 45-60, in: M.E. Hendrickx (ed.). Contributions to the Study of East Pacific Crustaceans. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.
- Solan M & Wigham B (2005) Biogenic particle reworking and bacterial-invertebrate interactions in marine sediments. *Coast Estuar Stud* 60: 105 – 124
- Tovar-Hernández, Salazar-silva, León-González, Luis F, Carrera-Parra, Salazar-Vallejo (2014) Biodiversidad de Polychaeta (Annelida) en México, *Revista Mexicana de Biodiversidad*.
- UNESCO (1989) *Sistemas costeros templados de América Latina: Estuarios. Lagunas costeras y Bahías* United Nations Educational, Scientific and Cultural Organizations
- Vázquez S, Mejía González I, Pérez R, Castro T, 2006. Bioindicadores como herramienta para determinar la calidad del agua. UAM-X recuperado de: <http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n60ne/Bio-agua.pdf>
- Velázquez, V. E. y Vega, C. M. 2004. Los peces como indicadores del estado de salud de los ecosistemas acuáticos. *Biodiversitas*. 57:12-15
- Vicencio (2012) *Rhizophora mangle* Linnaeus, 1753 como especie sombrilla y razón biológica para la protección y restauración de la laguna de Tampamachoco, Veracruz, México. *BIOCYT* 18, 341-352
- Villamar F. (2005). Estudio taxonómico y distribución de los poliquetos bentónicos en la zona intermareal de las provincias de Esmeraldas y Manabí (Ecuador), *acta oceanográfica del pacifico*.
- Wilhm, J & Dorris T (1968) *Biological parameters for water Quality Criteria* (Vol. 18 (6)). Bioscience.