



**ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA Y FUNCIÓN DE LAS COMUNIDADES
ÍCTICAS EN HUMEDALES CON IMPACTO ANTRÓPICO EN LA COSTA NORTE
DE YUCATÁN.**

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS
(BIOLOGÍA MARINA)

PRESENTA:

MARCO ANTONIO FLORES RIVERO

TUTOR PRINCIPAL:

DR. DANIEL ARCEO CARRANZA
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:
Dr. XAVIER CHIAPPA CARRARA
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM
DRA. MARÍA EUGENIA VEGA CENDEJAS
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS, MÉRIDA

DRA. CECILIA ROBLES MENDOZA
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM
DR. JUAN JACOBO SCHMITTER SOTO
EL COLEGIO DE LA FRONTERA SUR, CHETUMAL

ASESOR EXTERNO:
M. EN C. MARIBEL BADILLO ALEMÁN
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

Sisal ,Yucatán, Enero 2020.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA Y FUNCIÓN DE LAS COMUNIDADES
ÍCTICAS EN HUMEDALES CON IMPACTO ANTRÓPICO EN LA COSTA NORTE
DE YUCATÁN.**

TESIS

PRESENTA:

MARCO ANTONIO FLORES RIVERO

TUTOR PRINCIPAL:

DR. DANIEL ARCEO CARRANZA
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:

Dr. XAVIER CHIAPPA CARRARA
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

DRA. MARÍA EUGENIA VEGA CENDEJAS
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS, MÉRIDA

DRA. CECILIA ROBLES MENDOZA
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

DR. JUAN JACOBO SCHMITTER SOTO
EL COLEGIO DE LA FRONTERA SUR, CHETUMAL

ASESOR EXTERNO:

M. EN C. MARIBEL BADILLO ALEMÁN
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

Sisal, Yucatán, Enero, 2020.

Resumen

Los humedales son zonas en transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que tienden a estar inundados de manera temporal o permanente, influenciados o no por las mareas. Estos sitios se caracterizan por su gran diversidad y su alta productividad. Además se les considera como fuentes de transformación de materiales biológicos y químicos, capaces de absorber contaminantes. Actualmente, la fragmentación del hábitat, el crecimiento poblacional, la explotación del manto freático, el relleno de los cuerpos de agua, son algunos de los ejemplos de impactos antrópicos que afectan estos sistemas, generando pérdidas de territorio y de diversidad. Entre los organismos afectados por la pérdida del hábitat se encuentran los peces, las comunidades de éstos organismos son consideradas importantes debido a la capacidad de transformar la energía mediante el consumo de productores primarios y otras materias, de esta forma hacen que la energía se encuentre disponible para todos los niveles tróficos más altos.

El uso de peces y su ecología trófica en estudios han sido de gran ayuda a la hora de determinar el papel funcional de las comunidades ícticas en el ecosistema, los cambios de dietas en los peces generados por la variación del hábitat y su transformación son útiles cuando se requiere evaluar la calidad ambiental de un sitio. Debido al continuo deterioro de los humedales por las actividades humanas, a la reducción de su superficie y a la pérdida de su diversidad, el presente proyecto plantea evaluar a la comunidad de peces en los humedales de Progreso y Chicxulub en la costa norte de Yucatán con diferentes impactos y con ello contribuir al conocimiento taxonómico y ecológico de los peces en dichos sistemas. De esta manera se pretende relacionar las variables hidrológicas y su temporalidad como influencia en la distribución y abundancia de los peces.

El humedal de Chicxulub (Cxlb) presentó altas concentraciones de sólidos disueltos y salinidad elevada, la temperatura fue mayor y el oxígeno fue bajo en comparación con lo encontrado para el humedal de Progreso (Pso). La temperatura fue mayor en ambos humedales durante las lluvias y menor durante la temporada de nortes. La salinidad fue alta en lluvias (152.51 ‰) en el humedal de Cxlb. En contraste, estas condiciones hacen del humedal de Cxlb un ambiente hiperhalino, además, la baja concentración de oxígeno disuelto hacen del cuerpo de agua un ambiente hipóxico. Con base en los criterios ecológicos de la Comisión Nacional del Agua utilizados en México los humedales de Pso y Cxlb son clasificados con calidad pobre para la vida acuática. De manera espacial y temporal, la concentración promedio de amoníaco presente en ambos humedales está por debajo de la concentración tóxica para organismos marinos.

Se capturaron un total de 4862 organismos con un peso de 5.31 kg. La riqueza de especies fue mayor en el humedal de Progreso (18) que en Chicxulub (11). La diversidad y la equidad de especies son mayores para el humedal de Pso, siendo mayor durante lluvias. *Gambusia yucatanana* fue la especie más abundante en ambos sistemas. De acuerdo con el IVI, *F. grandissimus* fue la especie dominante en el humedal de Cxlb, mientras que *G. yucatanana* fue la dominante en Pso.

Dentro de la red trófica de la ciénega de Pso podemos encontrar especies de niveles tróficos bajos como consumidores de primer orden (*C. artifrons*, *F. polyommus*, *J. pulchra*, *G. yucatanana*, *P. velífera*, *M. trichodon*), consumidores de segundo orden (*A. mitchilli*, *E. harengulus*, *M. colej*, *E. gula*, *E. lefroyi*) y aquellos de tercer orden (*C. nebulosus*, *F. grandissimus*, *O. saurus*, *E. saurus*). En Cxlb los peces ictiófagos únicamente se encontraron en lluvias y nortes, particularmente durante los meses en que la salinidad y temperatura no eran tan altas. En este sentido podemos identificar una red trófica funcional para los humedales de Progreso y Chicxulub.

En este estudio se puede observar que las variables que más influyen en la variación de la distribución de las especies en el humedal de Pso son fosfatos, amonio y la temperatura, mientras que para el humedal de Cxlb los factores que más influyen son la temperatura, oxígeno y los sólidos disueltos totales.

Durante el trabajo de campo, se observó que los humedales de Cxlb y Pso se han visto perjudicados por actividades humanas, como el turismo, el relleno del cuerpo de agua, el vertido de desechos sólidos y aguas residuales a la ciénega, la tala del manglar, etc. Sin embargo, se puede dar una aproximación de que el humedal de Chicxulub es el más perjudicado tanto por efectos antrópicos como ambientales, esto basándose en la diversidad de especies que presenta, la concentración de nutrientes y las variables hidrológicas como temperatura, oxígeno y salinidad.

Abstrac

Wetlands are areas in transition between aquatic and terrestrial systems that tend to be temporarily or permanently flooded, whether or not influenced by tides. These sites are characterized by their great diversity and high productivity. They are also considered as sources of transformation of biological and chemical materials, capable of absorbing contaminants. Currently, habitat fragmentation, population growth, the exploitation of the water table, the filling of water bodies, are some of the examples of anthropic impacts that affect these systems, generating losses of territory and diversity. Among the organisms affected by habitat loss are fish, the communities of these organisms are considered important due to the ability to transform energy through the consumption of primary producers and other materials, thus making energy available for all higher trophic levels.

The use of fish and its trophic ecology in studies has been a great help in determining the functional role of fish communities in the ecosystem, changes in fish diets generated by habitat variation and transformation are useful when it is necessary to evaluate the environmental quality of a site. Due to the continuous deterioration of wetlands because of human activities, the reduction of their surface area and the loss of their diversity, the present project proposes to evaluate the fish community in the wetlands of Progreso and Chicxulub on the north coast of Yucatán with different impacts and with that contribute to the taxonomic and ecological knowledge of fish in these systems. In this way it is intended to relate the hydrological variables and their temporality as an influence on the distribution and abundance of the fish.

The Chicxulub (Cxl) wetland had high concentrations of dissolved solids and high salinity, the temperature was higher and the oxygen was low compared to that found for the Progreso (Pso) wetland. The temperature was higher in both wetlands during the rains and lower during the northern season. Salinity was high during rainy season (152.51 ‰) in the Cxl wetland. In contrast, these conditions make the Cxl wetland a hyperhaline environment, in addition, the low concentration of dissolved oxygen makes the water body a hypoxic environment. Based on the ecological criteria of the National Water Commission used in Mexico, the wetlands of Pso and Cxl are classified with poor quality for aquatic life. Spatially and temporally, the average concentration of ammonia present in both wetlands is below the toxic concentration for marine organisms.

A total of 4862 organisms with a weight of 5.31 kg were captured. Species richness was higher in the Progreso wetland (18) than in Chicxulub (11). The diversity and equity of species are greater for the Pso wetland, being greater during rains. *Gambusia yucatanana* was the most abundant species in both systems. According to IVI, *F. grandissimus* was the dominant species in the Cxlb wetland, while *G. yucatanana* was the dominant species in Pso.

Within the trophic network of the swamp of Pso we can find species of low trophic levels as first-order consumers (*C. artifrons*, *F. polyommus*, *J. pulchra*, *G. yucatanana*, *P. vellifera*, *M. trichodon*), consumers of second order (*A. mitchilli*, *E. harengulus*, *M. colei*, *E. gula*, *E. lefroyi*) and those of third order (*C. nebulosus*, *F. grandissimus*, *O. saurus*, *E. saurus*). In Cxlb, the ichthyophagous fish were only found in rainy and north seasons, particularly during the months when the salinity and temperature were not so high. In this sense we can identify a functional trophic network for the wetlands of Progreso and Chixchulub.

In this study it can be observed that the variables that most influence the variation of the distribution of the species in the Pso wetland are phosphates, ammonium and temperature, while for the Cxlb wetland the factors that most influence are the temperature, oxygen and total dissolved solids. During the field work, it was observed that the Cxlb and Pso wetlands have been damaged by human activities, such as tourism, the filling of the water body, the dumping / tip out of solid waste and sewage into the swamp, the mangrove felling, etc. However, an approximation can be given in that the Chicxulub wetland is the most affected by both anthropic and environmental effects, based on the diversity of species it presents, the concentration of nutrients and hydrological variables such as temperature, oxygen and salinity.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México y al Programa de Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología (PCMyL).

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada.

A mi director de tesis Dr. Daniel Arceo Carranza por el apoyo académico y apoyo en campo.

Al comité Tutor y Jurado Dr. Xavier Chiappa Carrara, Dra. Cecilia Robles Mendoza, Dr. Juan Jacobo Schmitter Soto y Dra. María Eugenia Vega Cendejas por sus observaciones y aportaciones para este trabajo.

A la M. en C. Maribel Badillo Alemán por su apoyo en laboratorio y observaciones hechas al trabajo.

Agradecimiento especial al M. en C. Johnny Omar Valdez Iuit por su apoyo logístico y en la colecta de muestras biológicas.

Agradecimiento a la Biól. Mirella Jovita Hernández de Santillana por su apoyo en la corroboración taxonómica de los ejemplares de peces.

A mis padres, hermana y abuela, por formar parte importante en mi vida, apoyarme y sobre todo por todo el cariño brindado.

A mis amigos sisaleños, Pily, Gaby, Giss, Rodri, Lau, Leo, Chus, Pedro, Areli, Xóchitl, Luis, Lesli y demás, que me acompañaron y brindaron su amistad durante esta etapa.

A Xoch por brindarme su compañía, cariño, apoyo incondicional, observaciones y gran ayuda en la elaboración de esta tesis, pero sobre todo por permitirme formar parte de su vida.

A Scarlett por ser la principal motivación para todos los proyectos.

La presente tesis se realizó bajo el marco del Proyecto "Evaluación de la calidad de humedales costeros mediante índices de estado trófico y del estado de salud de peces" Financiado por el Programa de Apoyo a Proyectos para Innovar y Mejorar la Educación (PAPIME-UNAM) número PE203318.

El grupo de trabajo forma parte de la Red para el Conocimiento de los Recursos Costeros del Sureste (RECORECOS).

Contenido

.....	1
.....	2
RESUMEN	3
ABSTRAC.....	5
AGRADECIMIENTOS	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
ÍNDICE DE TABLAS.....	12
ÍNDICE DE ANEXOS.....	14
1.- INTRODUCCIÓN	15
2.- ANTECEDENTES.....	17
3.- JUSTIFICACIÓN.....	19
4.- HIPÓTESIS	20
5.- OBJETIVO GENERAL	20
5.1.-OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
6.- ÁREA DE ESTUDIO.....	21
6.1.- PROGRESO	23
6.2.- CHICXULUB.....	23
7.- MATERIAL Y MÉTODOS	25
7.1.-VARIABLES HIDROLÓGICAS	25
7.2.-ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD ÍCTICA	26
7.3.-COMPOSICIÓN ALIMENTARIA.....	29
7.4 ANÁLISIS DE DATOS	31
8.- RESULTADOS.....	32
8.1.- VARIACIÓN ESPACIAL DE LAS VARIABLES HIDROLÓGICAS EN PROGRESO	32
8.2 VARIACIÓN ESPACIAL DE LAS VARIABLES HIDROLÓGICAS EN CHICXULUB.....	32
8.1.2.- VARIACIÓN TEMPORAL DE LOS PARÁMETROS AMBIENTALES EN PROGRESO	35
8.1.3.- VARIACIÓN TEMPORAL DE LOS PARÁMETROS AMBIENTALES EN CHICXULUB	38

8.2 VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD ÍCTICA	41
8.3 COMPOSICIÓN ALIMENTARIA	49
8.3.1 PROGRESO	49
8.3.2 CHICXULUB	54
8.4 RELACIÓN DE LAS ESPECIES CON LAS VARIABLES AMBIENTALES	58
8.4.1 PROGRESO	58
8.4.1.1 Lluvias.....	61
8.4.1.2.- Nortes.....	63
8.4.1.3.- Secas.....	65
8.4.2.- CHICXULUB.....	67
8.4.2.1.- Lluvias.....	69
8.4.2.2.- Nortes.....	71
9.- DISCUSIÓN	73
9.1.- VARIACIÓN ESPACIAL DE LOS PARÁMETROS AMBIENTALES	73
9.2 ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD ÍCTICA	75
9.3 COMPOSICIÓN ALIMENTARIA	78
9.4 RELACIÓN DE LAS ESPECIES ÍCTICAS CON LAS VARIABLES AMBIENTALES	85
CONCLUSIONES.....	90
REFERENCIAS	92
ANEXOS	109

Índice de Figuras

FIGURA 1.-MAPA DEL ÁREA DE ESTUDIO CORRESPONDIENTE AL HUMEDAL DE LA RESERVA ESTATAL CIÉNEGAS Y MANGLARES DE LA COSTA NORTE DE YUCATÁN DE PUERTO PROGRESO EN DONDE SE HACE REFERENCIA A LOS 6 SITIOS DE MUESTREO SITIOS DE MUESTREO DE PROGRESO 1, 2 Y 3, ESTÁN REPRESENTADOS POR Pso; LOS SITIOS MUESTREADOS EN CHICXULUB 1, 2 Y 3, ESTÁN REPRESENTADOS POR CXLB.	22
FIGURA 2.- FOTOGRAFÍAS TOMADAS DE ALGUNOS PUNTOS DE LA CIÉNEGA DE PROGRESO (A, C, E) Y CHICXULUB (B, D, F) CON ALGUNOS DE LOS IMPACTOS ANTRÓPICOS COMO: ACUMULACIÓN DE BASURA PLÁSTICA (A, C, D), ESTABLECIMIENTO DE VIVIENDAS SOBRE LA CIÉNEGA (F) Y SU USO COMO BASURERO CLANDESTINO (B Y C), ASÍ COMO EVIDENCIA DE ACTIVIDADES DE RESTAURACIÓN JUNTO A LA PISTA DE REMO Y CANOTAJE (E).	24
FIGURA 3.- VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISIQUÍMICOS EVALUADOS EN LOS HUMEDALES DE PROGRESO (Pso) Y CHICXULUB (CXLB) DURANTE SEPTIEMBRE DEL 2018 A JULIO DEL 2019, EN LA COSTA NORTE DE YUCATÁN, MÉXICO. SE PRESENTAN LOS VALORES DEL ANALISIS DE VARIANZAS (KRUSKAL-WALLIS) KW Y P<0.05** □ MEDIA, MEDIA ± SE, I MEDIA ± 2*SD, ° OUTLIERS Y * VALORES EXTREMOS	33
FIGURA 4.- VARIACIÓN DE LOS NUTRIENTES EVALUADOS EN LOS HUMEDALES DE PROGRESO (Pso) Y CHICXULUB (CXLB) DURANTE SEPTIEMBRE DEL 2018 A JULIO DEL 2019, EN LA COSTA NORTE DE YUCATÁN, MÉXICO. SE PRESENTAN LOS VALORES DEL ANALISIS DE VARIANZAS (KRUSKAL-WALLIS) KW Y P<0.05** □ MEDIA, MEDIA ± SE, I MEDIA ± 2*SD, ° OUTLIERS Y * VALORES EXTREMOS.....	34
FIGURA 5.- VARIACIÓN TEMPORAL DE LOS PARÁMETROS FISIQUÍMICOS DEL HUMEDAL DE PROGRESO DURANTE SEPTIEMBRE DEL 2018 A JULIO DEL 2019, EN LA COSTA NORTE DE YUCATÁN, MÉXICO. SE PRESENTAN LOS VALORES DEL ANALISIS DE VARIANZAS (KRUSKAL-WALLIS) KW Y P<0.05** □ MEDIA, MEDIA ± SE, I MEDIA ± 2*SD, ° OUTLIERS Y * VALORES EXTREMOS. LL=LLUVIAS, N= NORTES, S=SECAS.....	36
FIGURA 6.- VARIACIÓN DE LOS NUTRIENTES EVALUADOS TEMPORALMENTE EN EL HUMEDAL DE PROGRESO DURANTE SEPTIEMBRE DEL 2018 A JULIO DEL 2019, EN LA COSTA NORTE DE YUCATÁN, MÉXICO. SE PRESENTAN LOS VALORES DEL ANALISIS DE VARIANZAS (KRUSKAL-WALLIS) KW Y P<0.05** □ MEDIA, MEDIA ± SE, I MEDIA ± 2*SD, ° OUTLIERS Y * VALORES EXTREMOS	37
FIGURA 7.- VARIACIÓN TEMPORAL DE LOS PARÁMETROS FISIQUÍMICOS DEL HUMEDAL DE CHICXULUB DURANTE SEPTIEMBRE DEL 2018 A JULIO DEL 2019, EN LA COSTA NORTE DE YUCATÁN, MÉXICO. SE PRESENTAN LOS VALORES DEL ANÁLISIS DE VARIANZAS (KRUSKAL-WALLIS) KW Y P<0.05** □ MEDIA, MEDIA ± SE, I MEDIA ± 2*SD, ° OUTLIERS Y * VALORES EXTREMOS	39
FIGURA 8.- VARIACIÓN DE LOS NUTRIENTES EVALUADOS TEMPORALMENTE EN EL HUMEDAL DE CHICXULUB DURANTE SEPTIEMBRE DEL 2018 A JULIO DEL 2019, EN LA COSTA NORTE DE YUCATÁN, MÉXICO. SE PRESENTAN LOS VALORES DEL ANALISIS DE VARIANZAS (KRUSKAL-WALLIS) KW Y P<0.05** □ MEDIA, MEDIA ± SE, I MEDIA ± 2*SD, ° OUTLIERS Y * VALORES EXTREMOS	40
FIGURA 9.- ABUNDANCIA RELATIVA DE LAS FAMILIAS REGISTRADAS PARA LOS HUMEDALES DE PROGRESO Y CHICXULUB, EN LA COSTA NORTE DE YUCATÁN MÉXICO.....	43
FIGURA 10.- DIVERSIDAD Y EQUIDAD ESTIMADAS PARA LOS HUMEDALES DE CHICXULUB (CXLB) Y PROGRESO (Pso), EN LA COSTA NORTE DE YUCATÁN, MÉXICO. LAS LINEAS VERTICALES REPRESENTAN LAS DESVIACIONES ESTANDAR, EL TRIANGULO ES LA MEDIA CALCULADA PARA CADA ÍNDICE.....	43

FIGURA 11.- ANÁLISIS MULTIDIMENSIONAL DE LOS HUMEDALES DE PROGRESO (P) Y CHICXULUB (C) QUE MUESTRA EL ORDENAMIENTO DE LOS SITIOS MUESTREADOS CON BASE EN LA SIMILITUD DE LA COMPOSICIÓN DE ESPECIES, EN GRIS CLARO SE PRESENTAN ESPECIES MARINO-EURIALINO Y EN GRIS OSCURO ORGANISMOS ESTUARINOS.....	44
FIGURA 12.- DIVERSIDAD Y EQUIDAD ESTIMADAS TEMPORALMENTE PARA LOS HUMEDALES DE CHICXULUB (ARRIBA) Y PROGRESO (ABAJO), EN LA COSTA NORTE DE YUCATÁN, MÉXICO. LAS LÍNEAS VERTICALES REPRESENTAN LAS DESVIACIONES ESTÁNDAR, EL TRIÁNGULO ES LA MEDIA CALCULADA PARA CADA ÍNDICE.....	45
FIGURA 13.- REPRESENTACIÓN DE LA ICTIOFAUNA DOMINANTE REGISTRADA EN LOS HUMEDALES DE PROGRESO Y CHICXULUB, EN LA COSTA NORTE DE YUCATÁN, MÉXICO, DE ACUERDO AL ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA (IVI).....	46
FIGURA 14.- REPRESENTACIÓN DE LA ICTIOFAUNA DOMINANTE REGISTRADA TEMPORALMENTE EN LOS HUMEDALES DE PROGRESO (PSO) Y CHICXULUB (CXLB), EN LA COSTA NORTE DE YUCATÁN, MÉXICO, DE ACUERDO AL ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA (IVI).	48
FIGURA 15.- VARIACIÓN DEL ESPECTRO TRÓFICO DE <i>C. ARTIFRONS</i> EN EL HUMEDAL DE PROGRESO, EN UN CICLO ANUAL (2017-2018), EN LA COSTA NORTE DE YUCATÁN, MÉXICO.....	50
FIGURA 16.- VARIACIÓN DEL ESPECTRO TRÓFICO DE <i>G. YUCATANA</i> EN EL HUMEDAL DE PROGRESO, EN UN CICLO (2017-2018), EN LA COSTA NORTE DE YUCATÁN, MÉXICO.	51
FIGURA 17.- VARIACIÓN DEL ESPECTRO TRÓFICO DE <i>P. VELIFERA</i> EN EL HUMEDAL DE PROGRESO, EN UN CICLO ANUAL (2017-2018), EN LA COSTA NORTE DE YUCATÁN, MÉXICO.....	51
FIGURA 18.- VARIACIÓN DEL ESPECTRO TRÓFICO DE <i>C. ARTIFRONS</i> EN EL HUMEDAL DE CHICXULUB, EN UN CICLO ANUAL (2017-2018), EN LA COSTA NORTE DE YUCATÁN, MÉXICO.....	55
FIGURA 19.- VARIACIÓN DEL ESPECTRO TRÓFICO DE <i>G. YUCATANA</i> EN EL HUMEDAL DE CHICXULUB, EN UN CICLO ANUAL (2017-2018), EN LA COSTA NORTE DE YUCATÁN, MÉXICO.....	55
FIGURA 20.- ANÁLISIS DE REDUNDANCIA (RDA) DEL HUMEDAL DE PROGRESO BASADO EN LA ABUNDANCIA DE LAS ESPECIES (FLECHAS AZULES) CON LAS VARIABLES AMBIENTALES LAS CUALES ESTÁN REPRESENTADAS POR FLECHAS ROJAS.	59
FIGURA 21.- BILOT DEL ANÁLISIS DE REDUNDANCIA (RDA) BASADO EN LA ABUNDANCIA DE LAS ESPECIES DEL HUMEDAL DE PROGRESO DURANTE LA TEMPORADA DE LLUVIAS CON LAS VARIABLES AMBIENTALES, LAS CUALES ESTÁN REPRESENTADAS POR FLECHAS ROJAS, LAS FLECHAS AZULES REPRESENTAN A LAS ESPECIES.....	61
FIGURA 22.- BILOT DEL ANÁLISIS DE REDUNDANCIA (RDA) BASADO EN LA ABUNDANCIA DE LAS ESPECIES DEL HUMEDAL DE PROGRESO DURANTE LA TEMPORADA DE NORTES CON LAS VARIABLES AMBIENTALES, LAS CUALES ESTÁN REPRESENTADAS POR FLECHAS ROJAS, LAS FLECHAS AZULES REPRESENTAN A CADA UNA DE LAS ESPECIES ENCONTRADAS.	63
FIGURA 23.- BILOT DEL ANÁLISIS DE REDUNDANCIA (RDA) BASADO EN LA ABUNDANCIA DE LAS ESPECIES CON LAS VARIABLES AMBIENTALES DEL HUMEDAL DE PROGRESO DURANTE LA TEMPORADA DE SECAS. LAS FLECHAS AZULES REPRESENTAN A CADA UNA DE LAS ESPECIES ENCONTRADAS MIENTRAS QUE LAS FLECHAS ROJAS REPRESENTAN A LAS VARIABLES HIDROLÓGICAS ANALIZADAS.....	65
FIGURA 24.- BILOT DEL ANÁLISIS DE REDUNDANCIA (RDA) BASADO EN LA ABUNDANCIA DE LAS ESPECIES DEL HUMEDAL DE CHICXULUB CON LAS VARIABLES AMBIENTALES LAS CUALES ESTÁN REPRESENTADAS POR FLECHAS ROJAS, LAS FLECHAS AZULES REPRESENTAN A LAS ESPECIES.	67

FIGURA 25.- BIPLLOT DEL ANÁLISIS DE REDUNDANCIA (RDA) BASADO EN LA ABUNDANCIA DE LAS ESPECIES DEL HUMEDAL DE CHICXULUB CON LAS VARIABLES AMBIENTALES DURANTE LA TEMPORADA DE LLUVIAS. LAS VARIABLES AMBIENTALES ESTÁN REPRESENTADAS POR FLECHAS ROJAS, LAS FLECHAS AZULES REPRESENTAN A LAS ESPECIES.	69
FIGURA 26.- BIPLLOT DEL ANÁLISIS DE REDUNDANCIA (RDA) BASADO EN LA ABUNDANCIA DE LAS ESPECIES DEL HUMEDAL DE CHICXULUB CON LAS VARIABLES AMBIENTALES DURANTE LA TEMPORADA DE NORTES. LAS VARIABLES AMBIENTALES ESTÁN REPRESENTADAS POR FLECHAS ROJAS, LAS FLECHAS AZULES REPRESENTAN LAS ESPECIES.	71

Índice de Tablas

TABLA 1.- RIQUEZA DE ESPECIES REGISTRADA PARA EL HUMEDAL DE PROGRESO EN LA COSTA NORTE DE YUCATÁN, MÉXICO. SE PRESENTAN LOS PESOS Y TALLAS (LS) MÍNIMOS Y MÁXIMAS REGISTRADAS PARA CADA ESPECIE.	41
TABLA 2.- RIQUEZA DE ESPECIES REGISTRADA PARA EL HUMEDAL DE CHICXULUB EN LA COSTA NORTE DE YUCATÁN, MÉXICO. SE PRESENTAN LOS PESOS Y TALLAS (LS) MÍNIMOS Y MÁXIMAS REGISTRADAS PARA CADA ESPECIE.	42
TABLA 3.- ÍNDICES DE IMPORTANCIA RELATIVA CALCULADOS PARA LAS ESPECIES DE PECES ANALIZADAS DEL HUMEDAL DE PROGRESO, EN LA COSTA NORTE DE YUCATÁN, MÉXICO. EN NEGRITAS SE PRESENTAN LOS VALORES MÁS ALTOS OBTENIDOS DEL IIR.	53
TABLA 4.- ÍNDICES DE IMPORTANCIA RELATIVA CALCULADOS PARA LAS ESPECIES DE PECES ANALIZADAS DEL HUMEDAL DE CHICXULUB, EN LA COSTA NORTE DE YUCATÁN, MÉXICO. EN NEGRITAS SE PRESENTAN LOS VALORES MÁS ALTOS OBTENIDOS DEL IIR.	57
TABLA 5.- RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE REDUNDANCIA (RDA) DE LAS ESPECIES CON LAS VARIABLES AMBIENTALES DEL HUMEDAL DE PROGRESO.	58
TABLA 6.- CORRELACIÓN DE SPEARMAN DE LAS VARIABLES HIDROLÓGICAS Y LAS ESPECIES ABUNDANTES DEL HUMEDAL DE PROGRESO. SE MUESTRAN CON * ÚNICAMENTE LAS QUE TUVIERON AL MENOS UNA CORRELACIÓN SIGNIFICATIVA $P < 0.05$. SE MUESTRA LA PRIMERA LETRA DEL GÉNERO Y LAS TRES PRIMERAS POR ESPECIE.	60
TABLA 7.- RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE REDUNDANCIA (RDA) DE LAS ESPECIES CON LAS VARIABLES AMBIENTALES DEL HUMEDAL DE PROGRESO DURANTE LA TEMPORADA DE LLUVIAS.	61
TABLA 8.- CORRELACIÓN DE SPEARMAN DE LAS VARIABLES HIDROLÓGICAS Y LAS ESPECIES ABUNDANTES DEL HUMEDAL DE PROGRESO DURANTE LA TEMPORADA DE LLUVIAS. SE MUESTRAN CON * LAS VARIABLES QUE TUVIERON AL MENOS UNA CORRELACIÓN SIGNIFICATIVA $P < 0.05$	62
TABLA 9.- RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE REDUNDANCIA (RDA) DE LAS ESPECIES CON LAS VARIABLES AMBIENTALES DEL HUMEDAL DE PROGRESO DURANTE LA TEMPORADA DE NORTES.	63
TABLA 10.- CORRELACIÓN DE SPEARMAN DE LAS VARIABLES HIDROLÓGICAS Y LAS ESPECIES ABUNDANTES DEL HUMEDAL DE PROGRESO DURANTE LA TEMPORADA DE NORTES. SE MUESTRAN CON * LAS VARIABLES QUE TUVIERON AL MENOS UNA CORRELACIÓN SIGNIFICATIVA $P < 0.05$	64
TABLA 11.- RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE REDUNDANCIA (RDA) DE LAS ESPECIES CON LAS VARIABLES AMBIENTALES DEL HUMEDAL DE PROGRESO DURANTE LA TEMPORADA DE SECAS.	65
TABLA 12.- CORRELACIÓN DE SPEARMAN DE LAS VARIABLES HIDROLÓGICAS Y LAS ESPECIES ABUNDANTES DEL HUMEDAL DE PROGRESO DURANTE LA TEMPORADA DE SECAS. SE MUESTRAN CON * LAS VARIABLES QUE TUVIERON AL MENOS UNA CORRELACIÓN SIGNIFICATIVA $P < 0.05$	66

TABLA 13.- RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE REDUNDANCIA (RDA) DE LAS ESPECIES CON LAS VARIABLES AMBIENTALES DEL HUMEDAL DE CHICXULUB.	67
TABLA 14.- CORRELACIÓN DE SPEARMAN DE LAS VARIABLES HIDROLÓGICAS Y LAS ESPECIES ABUNDANTES. SE MUESTRAN CON * ÚNICAMENTE LAS QUE TUVIERON AL MENOS UNA CORRELACIÓN SIGNIFICATIVA $P < 0.05$	68
TABLA 15.- RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE REDUNDANCIA (RDA) DE LAS ESPECIES CON LAS VARIABLES AMBIENTALES DURANTE LA TEMPORADA DE LLUVIAS DEL HUMEDAL DE CHICXULUB.	69
TABLA 16.- CORRELACIÓN DE SPEARMAN DE LAS VARIABLES HIDROLÓGICAS Y LAS ESPECIES ABUNDANTES DEL HUMEDAL DE CHICXULUB DURANTE LA TEMPORADA DE LLUVIAS. SE MUESTRAN CON * ÚNICAMENTE LAS QUE TUVIERON AL MENOS UNA CORRELACIÓN SIGNIFICATIVA ($P < 0.05$).	70
TABLA 17.- RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE REDUNDANCIA (RDA) DE LAS ESPECIES CON LAS VARIABLES AMBIENTALES DURANTE LA TEMPORADA DE NORTES DEL HUMEDAL DE CHICXULUB.	71
TABLA 18.- CORRELACIÓN DE SPEARMAN DE LAS VARIABLES HIDROLÓGICAS Y LAS ESPECIES ABUNDANTES DEL HUMEDAL DE CHICXULUB DURANTE LA TEMPORADA DE LLUVIAS. SE MUESTRAN CON * ÚNICAMENTE LAS QUE TUVIERON AL MENOS UNA CORRELACIÓN SIGNIFICATIVA ($P < 0.05$).....	72

Índice de Anexos

ANEXO 1.- VARIABLES HIDROLÓGICAS Y CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES DE MANERA ESPACIAL Y TEMPORAL EN EL HUMEDAL DE PROGRESO. SE MUESTRAN PROMEDIOS Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR (SD).....	109
ANEXO 2.- VARIABLES HIDROLÓGICAS Y CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES DE MANERA ESPACIAL Y TEMPORAL EN EL HUMEDAL DE CHICXULUB. SE MUESTRAN PROMEDIOS Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR (SD).....	110
ANEXO 3.- CONTRIBUCIÓN DE CADA PRESA A LA DIETA DE LOS PECES DEL HUMEDAL DE PROGRESO DURANTE EL AÑO 2017-2018. SE PRESENTAN LOS PORCENTAJES DEL ÍNDICE DE IMPORTANCIA RELATIVA (IIR).....	111
ANEXO 4.- CONTRIBUCIÓN DE CADA PRESA A LA DIETA DE LOS PECES DEL HUMEDAL DE PROGRESO DURANTE EL AÑO 2017-2018. SE PRESENTAN LOS PORCENTAJES DEL ÍNDICE DE IMPORTANCIA RELATIVA (IIR).....	115

1.- INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Ley de Aguas Nacionales (DOF, 1992), se denominan humedales las zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres, constituyen áreas de inundación temporal o permanente y pueden estar o no influenciados por mareas, cuyos límites están constituidos por vegetación hidrófila capaz de tolerar la anegación de los suelos hídricos.

Estos sitios se caracterizan por su alta productividad y diversidad biológica, son considerados como fuentes de transformación de materiales biológicos y químicos, filtros naturales capaces de absorber contaminantes dentro de los ciclos hidrológicos, así como ser receptores de aguas naturales o artificiales (Cervantes, 2007).

Dentro de los servicios que prestan los humedales se encuentra la regulación de emisiones a la atmósfera, esto por efecto de la vegetación sobre el ambiente, así mismo proporcionan un hábitat único para una amplia variedad de flora y fauna, protección contra tormentas y huracanes, estabilización de costas y control de erosión (Mitsch & Gosselink, 2007; Berlanga-Robles *et al.*, 2008).

Antiguamente, los humedales fueron considerados como lugares peligrosos y sin valor económico, esta idea generó el mal uso y abuso de estos ambientes, lo que ocasionó la modificación de sus regímenes hidrológicos y ciclos de nutrientes (Cervantes, 2007). Aunado a esto, la construcción de caminos y puertos, el crecimiento poblacional, el dragado, la explotación del manto freático, el relleno de los cuerpos de agua, la fragmentación del hábitat, la intrusión de agua marina a través de aperturas en la duna costera, los huracanes, entre otros, son algunos ejemplos de los impactos antrópicos y naturales que afectan a los humedales (Agardy *et al.*, 2005; Febles-Patrón *et al.*, 2009; Laiolo & Arroyo, 2011).

La convención Ramsar designó 142 humedales para México, lo que representa casi nueve millones de hectáreas, sin embargo, las constantes presiones antropogénicas han conducido a la reducción de la superficie y a la disminución de la resiliencia de estos ecosistemas, ocasionando pérdidas de hasta un 62.1% de los humedales principalmente hacia las zonas costeras del Golfo de México y Pacífico sur (Agardy *et al.*, 2005; Landgrave & Moreno-Cassasola, 2012).

La vulnerabilidad de las especies frente a los disturbios ambientales antes mencionados no es uniforme, esto depende de la capacidad de resiliencia de cada una para responder y adaptarse a las nuevas condiciones climáticas (González-Zuarth & Vallarino, 2014). Los humedales son característicos por la compleja estructura ecológica y la gran variedad de hábitats con la que cuentan. Esto ofrece condiciones adecuadas para el desarrollo de una parte o todo el ciclo de vida de múltiples organismos, en especial de los peces (Lara-Domínguez & Yáñez-Arancibia, 1999; Ayala-Pérez, 2006).

Las comunidades de peces son consideradas como una de las más importantes debido a su capacidad de transformar la energía mediante el consumo de los productores primarios, detritus u otras materias, de esta forma hacen que la energía este disponible para los niveles tróficos más altos (Yáñez-Arancibia & Nugent, 1977; Ramírez-Villaruel, 1994). Así mismo, es posible determinar la composición, abundancia y distribución espacio-temporal de otro tipo de comunidad biótica que forme parte del componente alimenticio de los peces (Taylor, 1997; Borges *et al.*, 2010).

Los estudios ecológicos basados en peces y su ecología trófica son útiles a la hora de determinar el papel funcional de las comunidades ícticas en un ecosistema (Cruz-Escalona *et al.*, 2000). Los cambios en la dieta de los peces en un sistema de humedales que ocurren a causa de la homogeneización de la biota por la introducción de especies, la variación del hábitat, la acelerada transformación de los ecosistemas naturales, entre otros factores, son considerados como herramienta en la evaluación de la calidad ambiental en un sitio (Moreno, 2001; Van de Zander, 2005; Sass *et al.*, 2007).

Así mismo, analizar la diversidad de las comunidades resulta importante a la hora de evaluar los efectos de los cambios en el ambiente, esto con el fin de diseñar estrategias encaminadas hacia la conservación y recuperación a escala local y regional en los ecosistemas naturales y modificados (Mercado *et al.*, 2002).

En Yucatán, el aumento de actividades antropogénicas como la construcción de caminos, obras en el puerto de altura de Progreso y sus actividades turísticas, así como cambios en el uso de suelo y el régimen de los flujos de agua, p.ej. el relleno de la ciénega y con esto la contaminación de los humedales por desechos sólidos y materia orgánica, han ocasionado el incremento de la pérdida de los humedales costeros (Batllori *et al.*, 2006; Zaldívar *et al.*, 2010).

2.- Antecedentes

Los humedales son considerados como ambientes dinámicos, las fluctuaciones generadas durante temporadas de lluvias o secas ocasionan cambios en la química del agua afectando la riqueza y abundancia de los organismos que habitan en estos sistemas (Taylor, 1997; Schwartz & Jenkins, 2000).

Aunque se sabe que la degradación física, química y biológica es un problema mayor que afecta a los ecosistemas acuáticos, la pérdida de diversidad ha recibido relativamente poca atención, a pesar de que ésta sea una variable que define la salud del ecosistema (Velázquez-Velázquez & Vega-Cendejas, 2004).

Las comunidades de peces han resultado ser buenos indicadores en los programas de bio-monitoreo de los ecosistemas acuáticos. Estos organismos presentan ciertas ventajas para ser considerados como herramientas en la evaluación ambiental; son organismos relativamente fáciles de identificar y que se pueden procesar en el sitio, además de que existe bastante información sobre la historia de vida de muchas especies, son organismos que se encuentran en todos los niveles tróficos y en distintos tipos de ambientes, bajo diferentes condiciones, y además existen muchas especies de importancia comercial (Karr, 1981; Fausch *et al.*, 1990; Velázquez-Velázquez & Vega-Cendejas, 2004; Miranda & De Carvalho-Souza, 2016; Wesch *et al.*, 2016).

Al respecto, se han realizado trabajos de evaluación basados en la estructura de la comunidad íctica en sistemas acuáticos como humedales costeros, estuarios, lagunas y ciénegas (Weisberg *et al.*, 1997; Teels *et al.*, 2004; Wilcox *et al.*, 2002; Uzarski *et al.*, 2005) de diferentes zonas, implementando diversos indicadores para su evaluación.

En México, se han llevado a cabo un gran número de estudios en dónde se evalúa la diversidad de peces y el uso que éstos le dan a los humedales en el norte de México, como el estuario Conchalito en la Paz Baja California Sur o en los estuarios del Pacífico mexicano central (González-Acosta *et al.*, 2005; Sandoval-Huerta *et al.*, 2014). También hay estudios enfocados a describir la estructura de las comunidades de peces en sistemas estuarinos del Golfo de México, como en la Laguna de Términos, Campeche (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1980; Ayala-Pérez *et al.*, 2003) o la Laguna de Pueblo Viejo en Veracruz (Castillo-Rivera *et al.*, 2005).

Por otro lado, en la península de Yucatán se han elaborado trabajos enfocados a registrar la dinámica de comunidades de peces, ya sea en lagunas costeras (Vega-Cendejas *et al.*, 1997a b; Vega-Cendejas & Hernández, 2004; Arceo *et al.*, 2010; Bonilla, 2014), en petenes costeros (Torres-Castro *et al.*, 2009) o en humedales tropicales al este de la península (Córdova & Zambrano, 2016).

En otros trabajos toman a los peces como indicadores del éxito de restauración con base en las funciones ecológicas del manglar en la costa de Celestún, Yucalpetén y Progreso (Arceo-Carranza *et al.*, 2016). En la Laguna Bocas de Dzilam, se investigó a las comunidades de peces con relación a las variables hidrológicas, siendo la salinidad y la temperatura las más influyentes en la distribución de la ictiofauna (Arceo-Carranza & Vega-Cendejas, 2009).

En relación con la alimentación, se encuentran estudios del estado trófico de la Sardina vivita de hebra (*Opisthonema oglinum*) en Celestún (Vega-Cendejas *et al.*, 1997b), la dinámica trófica de una comunidad íctica en la misma zona (Vega-Cendejas & Arreguín-Sánchez, 2001; Arceo-Carranza *et al.*, 2013) y las preferencias alimenticias del Sargo (*Lagodon rhomboides*) en la Laguna Costera de Chelem (Canto-Maza & Vega-Cendejas, 2008).

Poot-Salazar y colaboradores (2005), realizaron un estudio de los hábitos alimenticios del Bolín Yucateco (*Floridichthys polyommus*) en la Laguna de Puerto Viejo en Quintana Roo y Chelem en Yucatán, reportando diferencias tróficas para la especie entre ambos sistemas. En la Bocana de la Carbonera en Yucatán, se realizó un estudio de los cambios alimenticios en tres especies de *Spherooides* después al huracán Isidoro, encontrándose competencia por el alimento y el desplazo del Tamborín Manchado (*Spherooides spengleri*) del sitio (Palacios-Sánchez & Vega-Cendejas, 2010).

Con lo que respecta a la caracterización hidrológica, en los humedales de Chabihau Batllori & Febles (2007) describen los cambios hidrológicos de la laguna costera asociado al impacto del Huracán Isidoro e impactos antrópicos. Echeverría-Ávila (2014) determinó las características del suelo e hidrológicas previo y posterior de la restauración de manglar negro (*Avicennia germinans*) en Progreso, además menciona al Puerto de Progreso como sitio prioritario con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación hidrológica a nivel nacional. Por otro lado, Teutli (2004) encontró salinidades superficiales e intersticiales de Chicxulub y Progreso con valores mayores a los 130, influyendo en el desarrollo estructural de la vegetación y densidad de plántulas.

En la zona costera de Yucatán, Herrera-Silveira *et al.*, (2004), donde se evaluó la calidad del agua de Dzílám, Sisal y Progreso, encontrando que la peor calidad se registró en los dos últimos sitios debido a actividades antrópicas. Aranda y colaboradores (2006) encontraron que Progreso al tener una mayor población y desarrollo turístico, mantiene una calidad de agua nutritiva que se ve más afectada por los desechos y aguas residuales. Herrera-Silveira & Morales (2009) mencionaron que las condiciones mesotróficas del cuerpo de agua en el área Chuburná-Progreso-Chicxulub está relacionada con las entradas de aguas residuales domésticas, además del patrón de corrientes costeras que se han visto modificadas. Palacios *et al.*, (2019) colocan a Progreso y Chicxulub como zonas de alto impacto, en donde las actividades antrópicas ocasionan la eutrofización del agua, limitando la diversidad y distribución de los grupos tróficos de peces.

3.- Justificación

Los ecosistemas acuáticos de México continúan siendo deteriorados por las actividades humanas, los humedales se han visto perjudicados por el uso irracional del agua, la fragmentación del hábitat, eutrofización por materia orgánica entre otros, esto ha ocasionado la reducción de la superficie de estos sistemas, afectando a la fauna local, principalmente a los peces.

Estudios previos han evaluado la calidad de los sistemas acuáticos basados en las asociaciones de peces en los sistemas acuáticos, dando buenos resultados como herramientas de evaluación ambiental. Por esta razón, el uso de los peces ha sido reconocido favorablemente como buenos indicadores de la calidad ambiental debido a su fácil identificación, a las diferentes posiciones que ocupan dentro de las cadenas tróficas y su amplia información histórica con la que cuentan (Karr, 1981).

Debido a estas razones,, el presente proyecto plantea evaluar a la comunidad de peces en los humedales de la costa norte de Yucatán con diferentes impactos y con ello contribuir al conocimiento taxonómico y ecológico de los peces en dichos sistemas. De esta manera se pretende relacionar las variables hidrológicas físicas y químicas y su temporalidad como influencia en la distribución y abundancia de los peces.

4.- Hipótesis

Se podrá observar mayor riqueza y diversidad de especies en los sitios que presenten un menor nivel de impacto antropogénico.

5.- Objetivo general

Analizar la estructura espacial y temporal de la comunidad íctica, así como los hábitos alimenticios de la ictiofauna en los humedales de Progreso y Chicxulub, en la Costa Norte de Yucatán, los cuales presentan diferentes niveles de impacto.

5.1.-Objetivos específicos

- Determinar las características fisicoquímicas de los humedales de Progreso y Chicxulub en la costa norte de Yucatán, y en sus diferentes temporadas climáticas.
- Analizar los parámetros comunitarios espacial y temporalmente de la comunidad íctica en los humedales de Progreso y Chicxulub, Yucatán.
- Identificar las especies dominantes de acuerdo con su valor de importancia
- Describir la dieta de manera espacial y temporal de la comunidad íctica en los humedales de Progreso y Chicxulub, Yucatán.
- Identificar las variables físicas y químicas que influyen en la comunidad de peces de los humedales de la costa norte de Yucatán

6.- Área de estudio

El área de estudio se encuentra en el municipio de Progreso, abarca una porción del humedal perteneciente a la Reserva Estatal Ciénegas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán, la cual se ubica desde la entrada a Puerto Progreso hasta la zona de Chicxulub puerto con una extensión de 44.21 km² (Figura 1). Se ubica entre los paralelos 21°08' y 21°13' de latitud norte; los meridianos 89°30' y 89°35' de longitud oeste. Colinda al norte con el Golfo de México y el municipio de Ixil; al este con los municipios de Ixil y Mococho, al sur con Conkal y al oeste con el municipio de Progreso.

En la zona se presentan tres temporadas climáticas, una temporada de lluvias (julio-octubre) con una precipitación anual de 543 mm. Una temporada con efectos de vientos fríos provenientes del norte (noviembre-febrero) y una época de secas (marzo-junio). La humedad en promedio es de 80% con una presión atmosférica promedio de 1014 milibarios. Los vientos dominantes soplan en dirección suroeste. La temperatura media anual es de 26°C.

El uso de suelo y la vegetación dividen de la siguiente manera: zona urbana (5.40%), agricultura (1.42%) y pastizal (0.59%), selva (45.78%), manglar (14.05%), pastizal halófilo (11.70%), área sin vegetación (3.03%), vegetación halófila (1.35%), tular (0.79%) y vegetación de dunas costeras (0.26%).

En la costa existe una franja arenosa que separa el mar de la ciénega, en el resto del territorio municipal no existen corrientes superficiales de agua. Es importante mencionar que el 70% de las viviendas que se encuentran sobre la franja costera que inicia desde Progreso son ocupadas durante épocas de vacaciones de verano o decembrinas, por turistas que las rentan de manera semanal o mensual (Atlas de Peligros, 2011).

Se tomaron tres puntos de muestreo para cada zona, a lo largo de la ciénega que abarca desde Progreso hasta Chicxulub, estos fueron ubicados en los pasos de agua a lo largo de la ciénega.

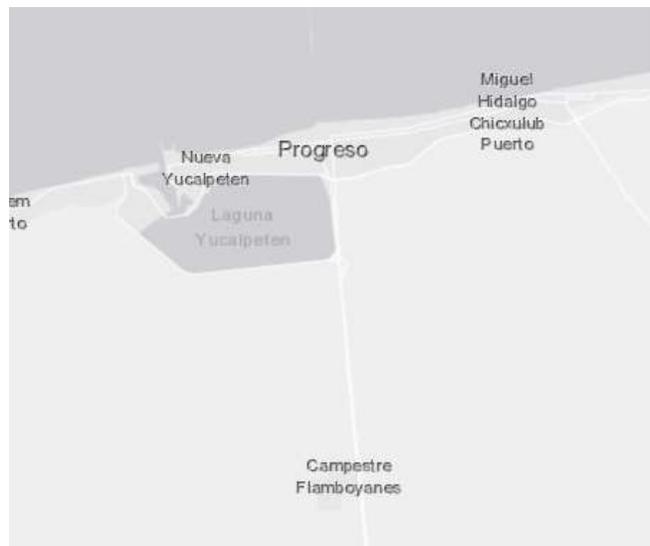


Figura 1.-Mapa del área de estudio correspondiente al humedal de la Reserva Estatal Ciénegas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán de puerto Progreso en donde se hace referencia a los 6 sitios de muestreo Sitios de muestreo de Progreso 1, 2 y 3, están representados por Pso; los sitios muestreados en Chicxulub 1, 2 y 3, están representados por Cxlb.

6.1.- Progreso

Para la zona de Progreso, los puntos Pso 1 (21.2843 N, 89.6346 W) y Pso 2 (21.2864 N, 89.6247 W) se encuentran sobre la carretera vieja que conecta con la entrada a Chicxulub puerto. El sitio Pso 3 (21.2695 LN, 89.6607 LW) se ubica sobre la carretera Mérida-Progreso, en el paso de agua que conecta la ciénega con la región de Yucalpetén junto a la pista de remo y canotaje, en este sitio se observan actividades de restauración y canales de conexión hídrica (*Figura 2E*).

La vegetación que predomina en la ciénega se compone de mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle negro (*Avicennia germinans*) y mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) principalmente.

Durante los monitoreos en los sitios de muestreo se observó la presencia de basura plástica, electrodomésticos y residuos orgánicos, dispuestos sobre la antigua carretera de Progreso (*Fig. 2A y 2C*).

6.2.- Chicxulub

En Chicxulub los puntos Cxlb 1 (21.2867 N, 89.6014 W) y Cxlb 2 (21.2849 N, 89.6002 °W) se encuentran sobre la carretera Conkal-Chicxulub Puerto, el punto Cxlb 3 (21.2916 N, 89.5967 W) se encuentra a 551 m de la carretera Telchac-Progreso y de la entrada a Chicxulub Puerto (*Figura 1*).

La vegetación que predomina en la ciénega se compone de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) <,mangle negro (*Avicennia germinans*) y mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) principalmente.

Dentro de los problemas que presenta el humedal de Chicxulub están la deforestación del manglar con el fin de rellenar con escombros la ciénega para ampliar terrenos donde se pretende la construcción de viviendas, el uso de la ciénega como basurero clandestino y el vertido de aguas residuales provenientes de los asentamientos irregulares (*Fig. 2*). El sitio Cxlb 3, es el punto más cercano a la zona habitada de Chicxulub y donde se observó mayor cantidad de basura a las orillas de la ciénega.



Figura 2.- Fotografías tomadas de algunos puntos de la ciénega de Progreso (A, C, E) y Chicxulub (B, D, F) con algunos de los impactos antrópicos como: acumulación de basura plástica (A, C, D), establecimiento de viviendas sobre la ciénega (F) y su uso como basurero clandestino (B y C), así como evidencia de actividades de restauración junto a la pista de remo y canotaje (E).

7.- Material y métodos

7.1.-Variables hidrológicas

Las variables hidrológicas (oxígeno disuelto mg/L, salinidad ‰, temperatura °C y sólidos disueltos g/L (TDS)) se registraron *in situ* por medio de una sonda multi-paramétrica YSI 556MPS en cada punto de muestreo, y la profundidad con una regla de madera graduada (1.5 m), los puntos fueron geo-referenciados con un GPS Garmin HZ Legend. Para la cuantificación de nutrientes se tomaron muestras de agua superficial con ayuda de frascos ámbar, conservándolas en hielo para su posterior análisis en el laboratorio.

En el laboratorio de química en el Parque Científico Tecnológico de Yucatán, se determinó la concentración de nitrógeno inorgánico disuelto (amonio μM , nitritos μM y nitratos μM) junto con el fósforo total (μM) siguiendo la técnica de Strickland & Parsons (1972).

La toxicidad del amonio se atribuye principalmente al amoníaco o amonio no-ionizado (Emerson *et al.*, 1975), Los métodos analíticos tradicionales no permiten cuantificar por separado a las dos especies del amonio, aunque puede obtenerse el porcentaje del amonio total usando cálculos a partir del equilibrio amonio-agua.

De acuerdo con Bower & Bidwell (1978), la proporción del amoníaco dependerá de la temperatura, el pH y la salinidad del agua, por lo tanto el cálculo para conocer la fracción no ionizada del amoníaco se llevó a cabo siguiendo lo propuesto por Whitfield (1974):

$$\% \text{ de amonio no ionizado} = 100 / [1 + \text{antilog} (pK_a^s(T) - pH)]$$

Donde:

$$pK_a^s = pK_a^w + (0.1552 - 0.0003142t) * If \quad (\text{Khoo } et al., 1977).$$

$$pK_a^w = 0.0901821 + 2729.92/T \quad (\text{Emerson } et al., 1975).$$

$$If = 19.9273 S‰ / (1000 - 1.005109 S‰) \quad (\text{Whitfield, 1974}).$$

7.2.-Estructura de la comunidad íctica

Se llevaron a cabo seis muestreos bimensuales a lo largo de un año, de septiembre del 2017 a julio del 2018. Las colectas de peces fueron mediante tres lances de atarraya en los pasos de agua en dos zonas de la ciénega, la parte correspondiente a Progreso y la parte de Chicxulub. En cada zona se muestreó en tres lugares distintos con el fin de abarcar la mayor área posible. Los organismos obtenidos fueron fijados en formol al 10% y etiquetados para su posterior análisis en el laboratorio.

En el Laboratorio de Ecología Costera de la UMDI Sisal, los peces se lavaron con agua corriente y se colocaron en alcohol al 70% para preservarlos y manipularlos. Se identificaron hasta el nivel de especie con claves taxonómicas especializadas (Castro Aguirre *et al.*, 1999; Miller *et al.*, 2009) y posteriormente se registraron las medidas morfométricas, con ayuda de un ictiómetro se registró la talla en cm tomando en cuenta la longitud estándar. Con una balanza digital ($\pm 1g$) y una analítica OHAUS se obtuvo el peso en gramos.

La diversidad de especies se calculó mediante el índice de Shannon (Spellerberg & Fedor, 2003), la cual es una medida promedio de la incertidumbre en predecir a qué especie pertenece un individuo seleccionado al azar de una colección de S especies y N individuos. Permite establecer comparaciones con otras áreas geográficas en las cuales se haya aplicado el mismo índice. El valor del índice se incrementa con el número de especies y distribución equitativa en sus abundancias.

La equidad (J') se estimó con el índice de equidad de Pielou (1969), el cual hace referencia a la distribución de la abundancia entre las especies y se obtiene a partir de la relación entre la diversidad observada H' y la máxima posible $H'_{\text{máx}}$. Los valores de J' se presentan en el intervalo de ~ 0 (no equidad) a 1 (igualdad total de las abundancias):

$$J' = \frac{H}{H'_{\text{máx}}}$$

Dónde:

J' = Índice de equidad de Pielou

H' = Índice de diversidad de Shannon

$H_{\text{máx}}$ = Diversidad máxima

Para conocer la dominancia de las especies encontradas, se estimó el Índice de Valor de Importancia (IVI), el cual nos permite cuantificar la importancia de las especies y su probable influencia en el lugar. Este índice integra los atributos de la comunidad y brinda una perspectiva más completa de la estructura de la comunidad (Brower, 1997)

Para calcularlo se necesita integrar tres atributos, la biomasa, la densidad y la frecuencia relativa, todas expresadas en porcentaje. El IVI puede tomar valores de 0 a 3 (o 300%), dividiendo el índice entre 3 (100%) indica el porcentaje de importancia, lo cual generalmente estima la influencia o importancia de las especies de peces en una comunidad.

Por lo tanto:

$$IVI = \frac{Br + Dr + Fr}{3}$$

En dónde:

$$Br = \frac{Pi}{PT} * 100$$

Br = Porcentaje de la biomasa

Pi = Peso total de la especie *i*

PT = Peso total de la muestra

El cálculo de la densidad (*Dc*) de peces se obtuvo realizando el cálculo de peces capturados por cada lance de atarraya (*Nc*)

$$Nc = \frac{N}{L}$$

Dónde:

N = Número total de peces capturados

L = Número de lances realizados

Posteriormente se determinó la densidad (*Dc*) mediante la siguiente fórmula:

$$Dc (\text{peces}/m^2) = \frac{Nc}{Aa}$$

Dónde

Nc = Numero promedio de peces por lance de atarraya

Aa = Área promedio de la atarraya (m^2)

Si se asume que el área de la atarraya es similar a la de un círculo, la distancia D es el diámetro del círculo. Por lo tanto, el área o superficie (Aa) de la atarraya se calculó mediante la siguiente formula:

$$Aa = \pi \cdot r^2$$

La abundancia relativa es un índice que se utiliza para identificar las especies más importantes dentro de una comunidad, ya sea por el aporte en peso o número de individuos. De esta manera se denotó la importancia de cada especie en número y biomasa, así como a los cambios espaciales y temporales (Horn, Allen, & , 1985).

$$\% N = \frac{Ni}{NT} * 100$$

Dónde:

$\%N$: Porcentaje de la abundancia relativa

Ni : Número de individuos de la especie i capturada

NT : Número total de los individuos de todas las especies

7.3.-Composición alimentaria

Una vez identificadas las especies de peces presentes en el humedal de Progreso, se procedió a analizar la composición de la dieta. Para ello se tomaron organismos de cada especie identificada para el análisis, extraer el estómago y examinar su contenido. Se procedió a separar las presas encontradas en los contenidos estomacales hasta el taxón más bajo posible con ayuda de claves especializadas.

Se estimó el porcentaje de área (PA) que consiste en distribuir uniformemente cada uno de los tipos de presa del contenido estomacal sobre una superficie milimétrica y considerar el área ocupada como el 100% (Vega-Cendejas, 1990). El área ocupada por cada presa se representa como un porcentaje del área total de todas las presas. Este método proporciona una representación de la abundancia y se puede aplicar a todos los componentes alimenticios (Hyslop, 1980).

$$PA_i = \frac{\sum A_i}{n(100)}$$

Dónde:

PA_i= Porcentaje de área

A_i= Área que ocupa un determinado tipo alimenticio

N= Número total de estómagos examinados

El método de frecuencia de aparición consiste en contabilizar las veces que aparece una presa determinada en el contenido estomacal (Hyslop, 1980). Este método indica las posibles preferencias alimenticias y su cálculo es por medio de la siguiente ecuación:

$$\%FO = \frac{E}{NE}$$

Dónde:

%FO= Porcentaje de frecuencia de ocurrencia

E= Número de estómagos que presentaron un determinado tipo de alimento

NE= Número total de estómagos con alimento

Con los resultados obtenidos por medio del método de porcentaje de área y de frecuencia de aparición, se obtuvo el índice de importancia relativa (IIR) con el fin de evitar sesgos y sobreestimar o subestimar la abundancia de los componentes alimenticios (Hyslop, 1980). Este índice es útil para interpretar de mejor manera la importancia de las presas y expresarlo en porcentajes, sin embargo, en presencia de aquellas presas muy pequeñas o de materia orgánica, se propone el uso de área y no el peso en la cuantificación de la dieta (Vega-Cendejas, 1990; Vital-Rodríguez, 2011; Ramírez-Herrejón *et al.*, 2013; Mar-Silva *et al.*, 2014). El IIR contiene el porcentaje de área y la frecuencia de ocurrencia porcentual (Cortés, 1977).

$$IIR = \frac{\%A \times \%F.O}{100}$$

Dónde:

%A= Porcentaje de área

%F.O.= Porcentaje de frecuencia de aparición

7.4 Análisis de datos

Los datos de las variables ambientales, de nutrientes, diversidad y equidad fueron agrupados por zona y por temporada climática, cada análisis fue tratado de manera independiente. Se realizaron pruebas para la verificación de las suposiciones de normalidad (Kolgomorov-Smirnov) y homoscedasticidad de los datos (Levene). Si las suposiciones no se cumplían se procedió a realizar la prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis. Los análisis se realizaron usando el programa STATISTICA 7.0 (STATSoft inc., 2004).

Se elaboró una matriz de similitud de Bray-Curtis para generar un gráfico de ordenación escalado multidimensional no métrico (MDS) con base en la abundancia de las especies de peces encontradas basándose en la categoría ecológica reportada para cada organismo por Arceo-Carranza & Vega-Cendejas (2009).

Posteriormente se realizaron análisis de correspondencia sin tendencia (DCA) de los datos de abundancia de las especies, con el fin de evaluar la longitud de los gradientes. Leps y Smilauer (2003) sugieren que para un valor de longitud de gradiente por encima de cuatro es recomendable realizar algún método unimodal (CA o CCA), por el contrario, para un valor de longitud de gradiente menor a tres es recomendable realizar algún método lineal (RDA o PCA). Sobre estos supuestos, se realizó un análisis de redundancia (RDA) para examinar las relaciones entre las variables ambientales presentadas en cada uno de los humedales y las abundancias de especies de peces en los sitios de muestreos, esto se elaboró usando el programa CANOCO para Windows 4.5 (Ter Braak & Smilauer, 2002).

8.- Resultados

8.1.- Variación espacial de las variables hidrológicas en Progreso

Los promedios de las variables ambientales medidas en el humedal de Progreso (Pso) se presentan en la figura 3 y anexo 1. Se puede observar que Pso mantiene una temperatura promedio de $27.12^{\circ}\text{C} \pm 3.95$, una salinidad de $36.5\text{‰} \pm 7.87$, la concentración promedio de oxígeno disuelto es de $5.09\text{ mg/L} \pm 3.54$ y de TDS de $34.79\text{ g/L} \pm 6.95$.

Por otro lado, la concentración promedio de amonio fue de $14.76\text{ }\mu\text{M} \pm 8.04$, de nitrito se obtuvo un promedio de $1.97\text{ }\mu\text{M} \pm 1.87$, de nitrato $3.48\text{ }\mu\text{M} \pm 3.62$, fosfatos $15.86\text{ }\mu\text{M} \pm 4.18$ y de amoníaco $1.69\text{ }\mu\text{M} \pm 1.82$ (*Figura 4, Anexo 1*).

8.2 Variación espacial de las variables hidrológicas en Chicxulub

Los promedios de las variables ambientales obtenidas en el humedal de Chicxulub (Cxl) se presentan en la figura 3 y anexo 2. La temperatura promedio registrada fue de $29.7^{\circ}\text{C} \pm 4.33$, la salinidad promedio fue de $114.13\text{‰} \pm 88.28$ y los TDS de $64.96\text{ g/L} \pm 37.05$, mientras que la concentración promedio de oxígeno registrado fue de $4.12\text{ mg/L} \pm 3.77$.

Los nutrientes registrados fueron el amonio con una concentración de $17.09\text{ }\mu\text{M} \pm 10.49$, el nitrito con $2.60\text{ }\mu\text{M} \pm 2.62$, el nitrato con $3.22\text{ }\mu\text{M} \pm 2.83$, los fosfatos con 15.78 ± 1.44 y el amoníaco con $1.51\text{ }\mu\text{M} \pm 1.53$ (*Figura 4, Anexo 2*).

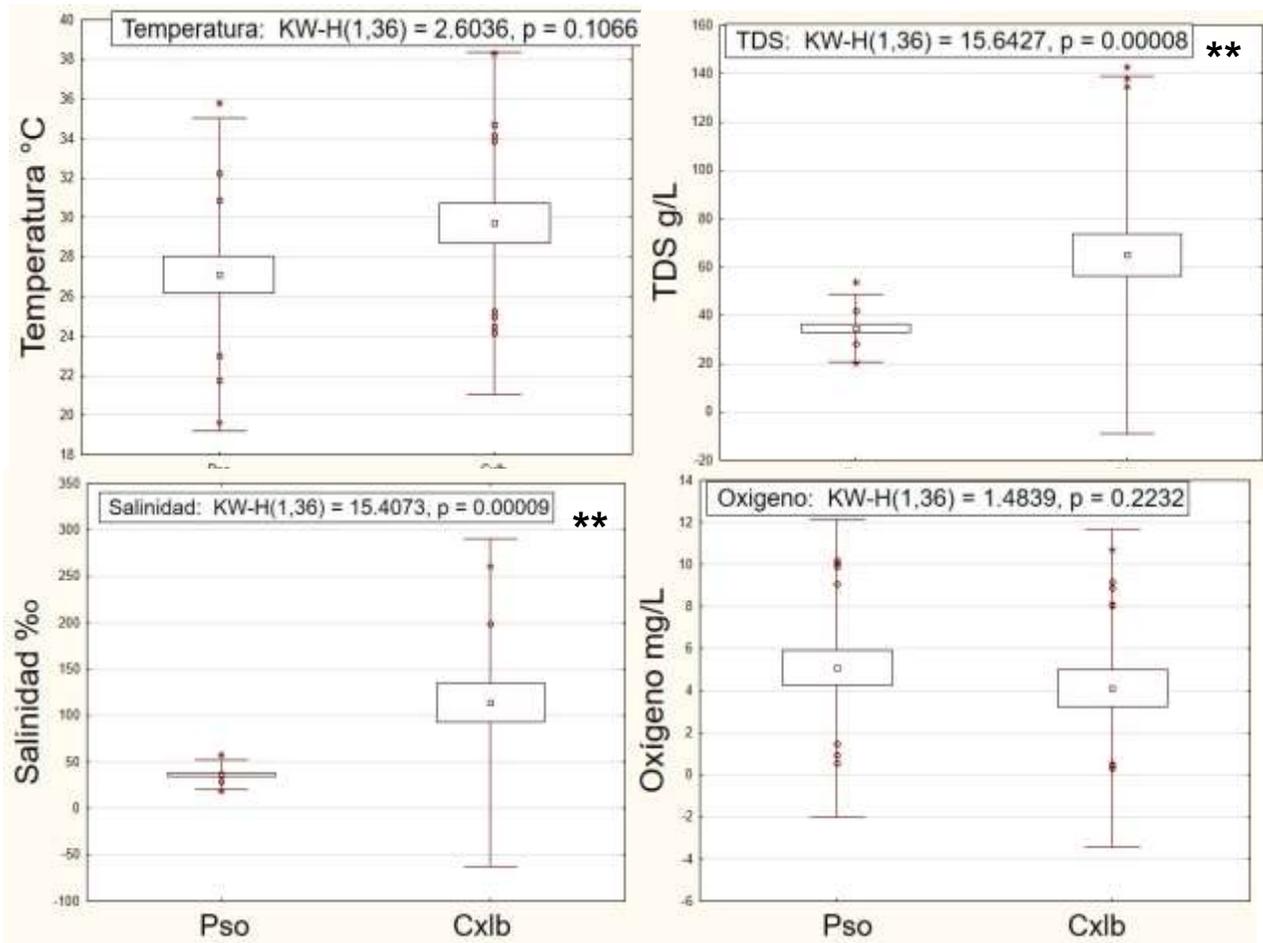


Figura 3.- Variación de los parámetros fisicoquímicos evaluados en los humedales de Progreso (Pso) y Chicxulub (Cxlb) durante septiembre del 2018 a julio del 2019, en la Costa Norte de Yucatán, México. Se presentan los valores del análisis de varianzas (Kruskal-Wallis) KW y $p < 0.05^{**}$ □ Media, □ Media \pm SE, I Media \pm 2*SD, ° outliers y * valores extremos

La mayor temperatura se registró en Cxlb, esto mismo se observó para TDS y salinidad. Para la zona de Pso, la concentración de oxígeno fue mayor. Se encontraron diferencias significativas entre las variables de TDS (KW=15.64; $p < 0.05$) y salinidad (KW=15.40; $p < 0.05$) entre ambos humedales de acuerdo a lo obtenido con el análisis de varianzas de Kruskal-Wallis (*Error! No se encuentra el origen de la referencia.*).

El nitrito fue mayor en la zona de Cxlb, lo mismo se observó para el amonio, mientras que el amoniaco fue mayor en Pso. El nitrato fue relativamente más alto en Pso. Para los fosfatos, tanto en Pso como en Cxlb se registraron valores similares. De acuerdo con el análisis de varianzas, no se encontraron diferencias significativas de los nutrientes entre los humedales de Pso y Cxlb $p > 0.05$.

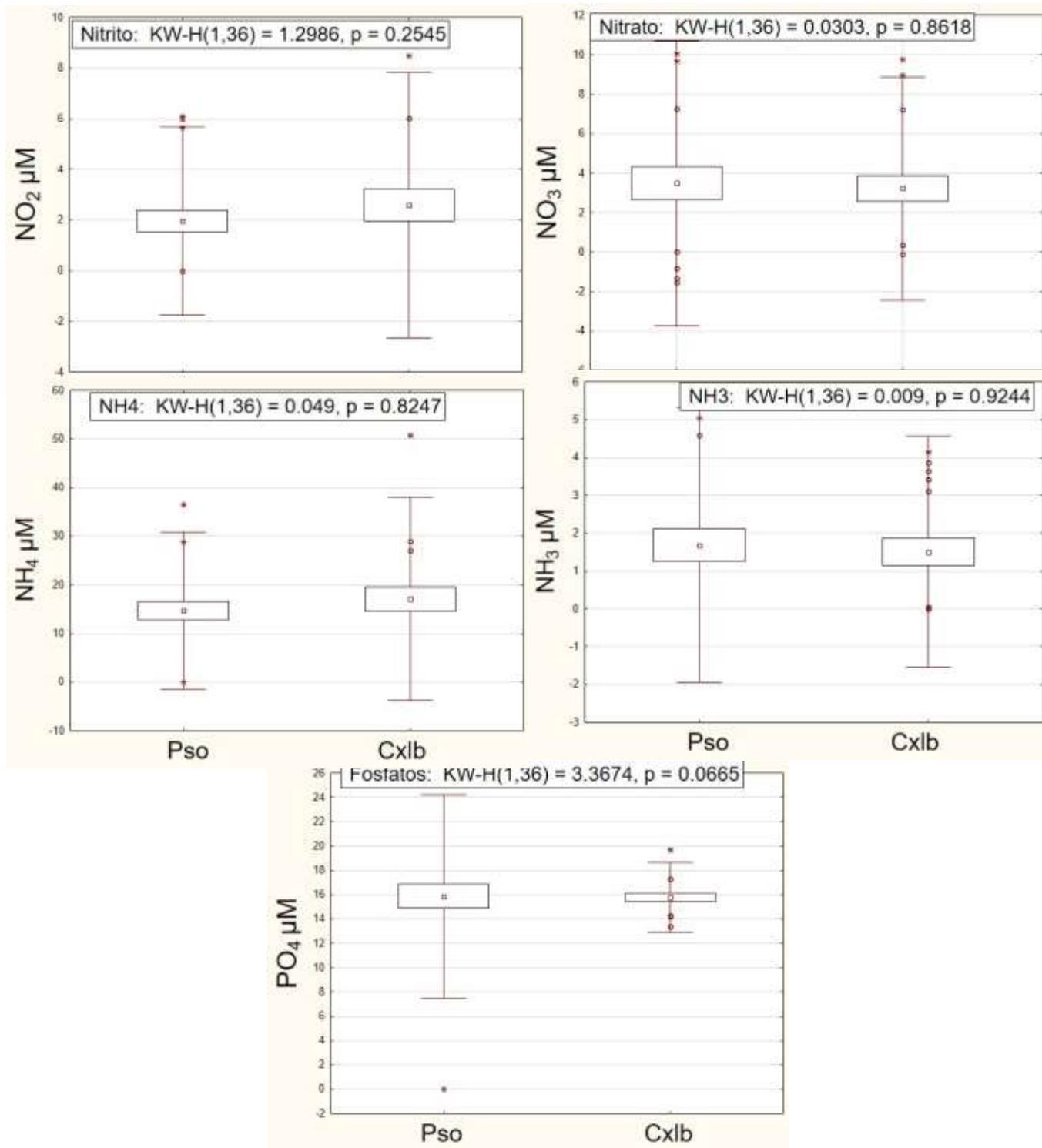


Figura 4.- Variación de los nutrientes evaluados en los humedales de Progreso (Pso) y Chicxulub (Cxlb) durante septiembre del 2018 a julio del 2019, en la Costa Norte de Yucatán, México. Se presentan los valores del análisis de varianzas (Kruskal-Wallis) KW y $p < 0.05^{**}$ □ Media, \square Media \pm SE, I Media \pm 2*SD, ° outliers y * valores extremos

8.1.2.- Variación temporal de los parámetros ambientales en Progreso

La temperatura promedio registrada en Pso fue mayor durante la temporada de lluvias con $29.75\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3.16$ y la menor de $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3.18$ durante los nortes. La concentración media de TDS fue mayor durante lluvias ($35.77\text{ g/L} \pm 11.44$) y menor en secas ($33.79\text{ g/L} \pm 3.9$), mientras que la salinidad promedio se registró mayor durante la temporada de secas ($37.54\text{ }_{\text{‰}} \pm 3.40$) y menor durante nortes ($35.39\text{ }_{\text{‰}} \pm 4.65$). La concentración más baja de oxígeno disuelto se encontró durante la temporada de lluvias ($3.78\text{ mg/L} \pm 3.23$), mientras que la concentración más alta registrada fue en la temporada de secas ($6.93\text{ mg/L} \pm 3.20$) (*Anexo 1*). Al realizar el análisis de varianzas (Kruskal-Wallis), únicamente se encontraron diferencias significativas para la temperatura entre temporadas ($p < 0.05$) (***¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.***).

La concentración de nitrito fue mayor durante la temporada de secas ($3.74\text{ }\mu\text{M} \pm 2.43$) y menor durante nortes ($0.98\text{ }\mu\text{M} \pm 0.49$). Por otro lado, el nitrato fue mayor durante la temporada de lluvias ($5.25\text{ }\mu\text{M} \pm 4.05$) y menor durante las secas ($1.49\text{ }\mu\text{M} \pm 3.52$) (*Anexo 1*).

La concentración de amonio durante la temporada de nortes fue la más alta registrada ($16.52\text{ }\mu\text{M} \pm 11.85$), mientras que la más baja fue durante las lluvias ($12.84\text{ }\mu\text{M} \pm 3.45$), el amoníaco fue mayor durante la temporada de lluvias ($2.97\text{ }\mu\text{M} \pm 1.88$) y menor durante secas ($0.12\text{ }\mu\text{M} \pm 0.08$). Finalmente, la concentración de fosfatos fue mayor durante la temporada de lluvias ($17.48\text{ }\mu\text{M} \pm 0.94$) y menor durante los nortes ($13.21\text{ }\mu\text{M} \pm 6.55$) (*Anexo 1*). Al realizar el análisis de varianza (Kruskal-Wallis), se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) únicamente en la concentración de amoníaco entre las temporadas del humedal de Pso (*Figura 6*).

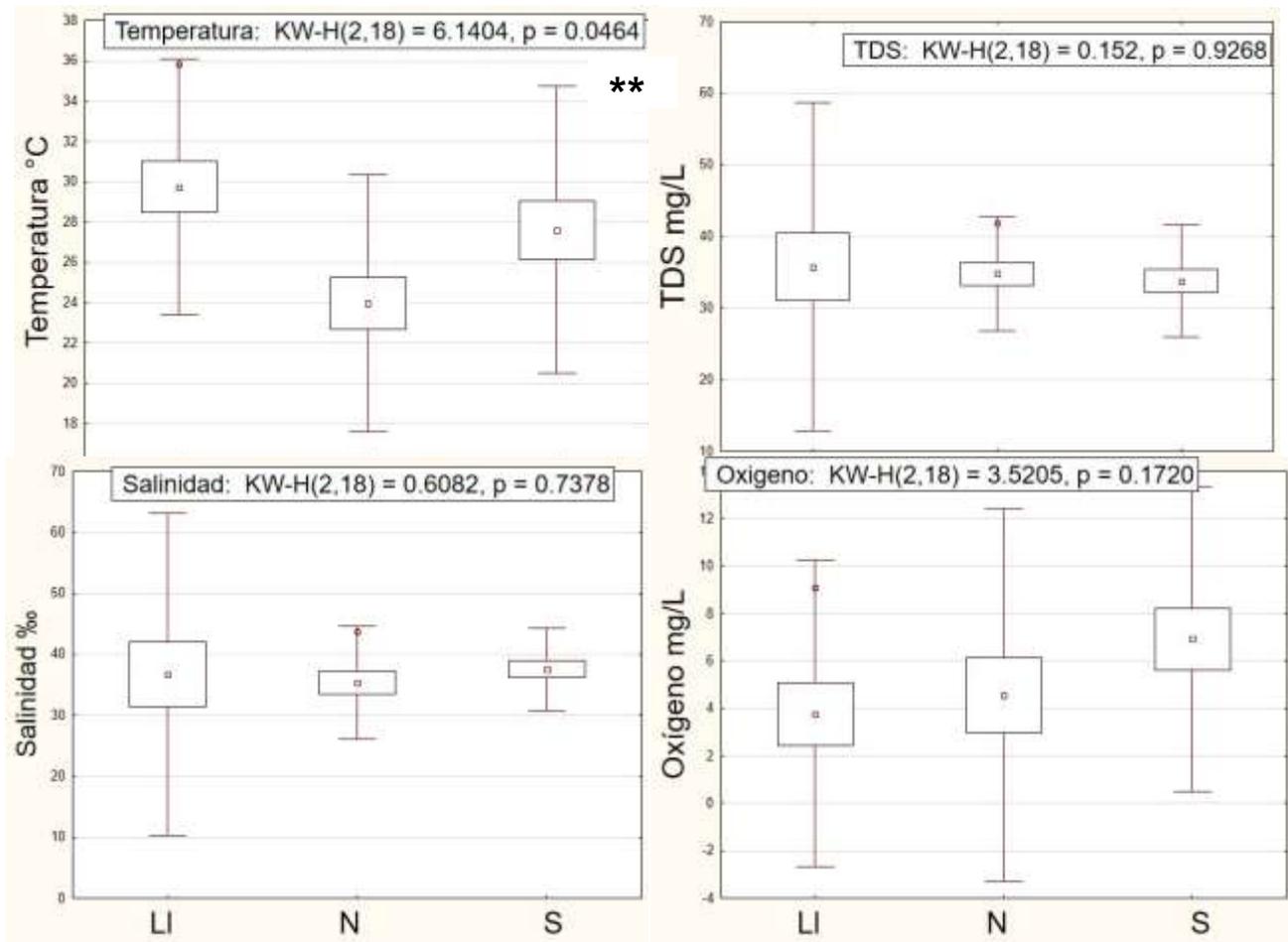


Figura 5.- Variación temporal de los parámetros fisicoquímicos del humedal de Progreso durante septiembre del 2018 a julio del 2019, en la Costa Norte de Yucatán, México. Se presentan los valores del análisis de varianzas (Kruskal-Wallis) KW y $p < 0.05^{**}$ □ Media, □ Media \pm SE, I Media \pm 2*SD, ° outliers y * valores extremos. LI=Lluvias, N= Nortes, S=Secas.

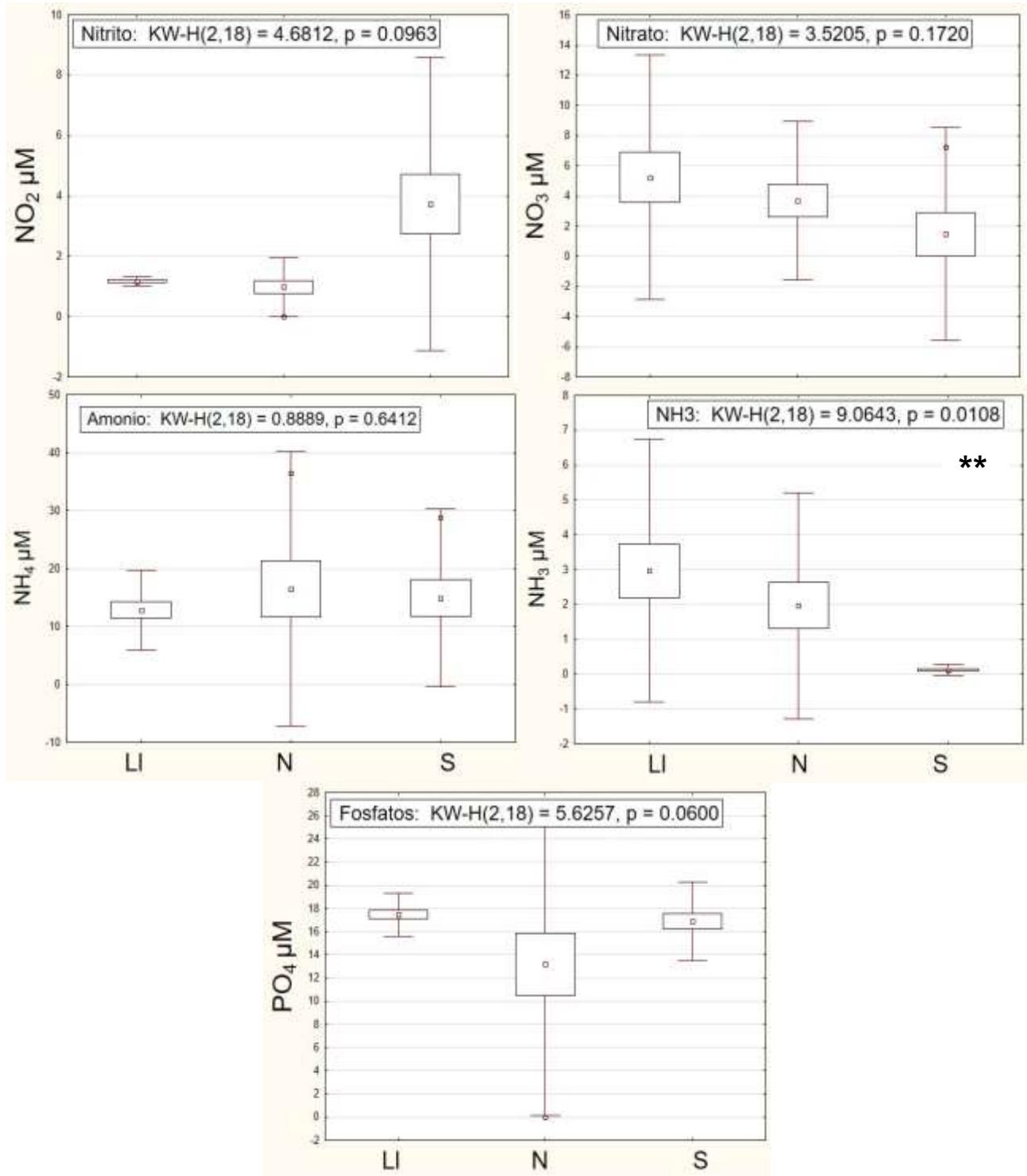


Figura 6.- Variación de los nutrientes evaluados temporalmente en el humedal de Progreso durante septiembre del 2018 a julio del 2019, en la Costa Norte de Yucatán, México. Se presentan los valores del analisis de varianzas (Kruskal-Wallis) KW y $p < 0.05^{**}$ □ Media, □ Media \pm SE, I Media \pm 2*SD, ° outliers y * valores extremos

8.1.3.- Variación temporal de los parámetros ambientales en Chicxulub

La temperatura de Cxlb fue mayor durante lluvias ($32.45\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1.58$) y menor durante la temporada de nortes ($25.79\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1.43$). La concentración de TDS fue mayor durante las lluvias ($90.45\text{ g/L} \pm 52.73$) y menor durante los nortes ($41.94\text{ g/L} \pm 7.38$). De la misma manera, la salinidad fue mayor durante la temporada de lluvias ($152.52\text{ }_{\text{‰}} \pm 118.69$) y secas ($145.8\text{ }_{\text{‰}} \pm 58.78$) siendo menor durante los nortes ($44\text{ }_{\text{‰}} \pm 8.73$). El oxígeno disuelto fue mayor durante la temporada de nortes ($7.19\text{ mg/L} \pm 2.0$) y menor durante la temporada de secas ($0.92\text{ mg/L} \pm 0.74$) (Anexo 2). La temperatura fue la única variable que mostró diferencias significativas entre temporadas de acuerdo a lo obtenido con el análisis de varianza de Kruskal-Wallis ($p < 0.05$) (Figura 7).

En la Figura 8 se presenta la variación de los nutrientes cuantificados, en donde el nitrito fue mayor durante la temporada de secas ($5.15\text{ }\mu\text{M} \pm 3.36$) y fue menor durante los nortes ($1.18\text{ }\mu\text{M} \pm 0.08$). De acuerdo al análisis de varianza (Kruskal-Wallis), se encontraron diferencias significativas entre temporadas ($K=10.04$, $p<0.05$).

El nitrato fue mayor durante la temporada de lluvias ($3.96\text{ }\mu\text{M} \pm 3.61$) y menor durante la temporada de secas ($1.94\text{ }\mu\text{M} \pm 2.01$) (Anexo 2). Por el contrario, el amonio fue mayor en secas ($22.27\text{ }\mu\text{M} \pm 15.14$) y menor en nortes ($12.92\text{ }\mu\text{M} \pm 2.08$), mientras que el amoníaco estimado fue mayor durante la temporada de nortes ($2.23\text{ }\mu\text{M} \pm 1.42$) y menor en temporada de secas ($0.15\text{ }\mu\text{M} \pm 0.11$). La concentración de fosfatos resultó menor en temporada de nortes ($15.49\text{ }\mu\text{M/L} \pm 0.74$) y mayor durante la temporada de secas ($16.21\text{ }\mu\text{M/L} \pm 2.24$) (Anexo 2). Se encontraron diferencias significativas entre temporadas ($p < 0.05$) para la concentración de amoníaco en Chicxulub (Figura 8).

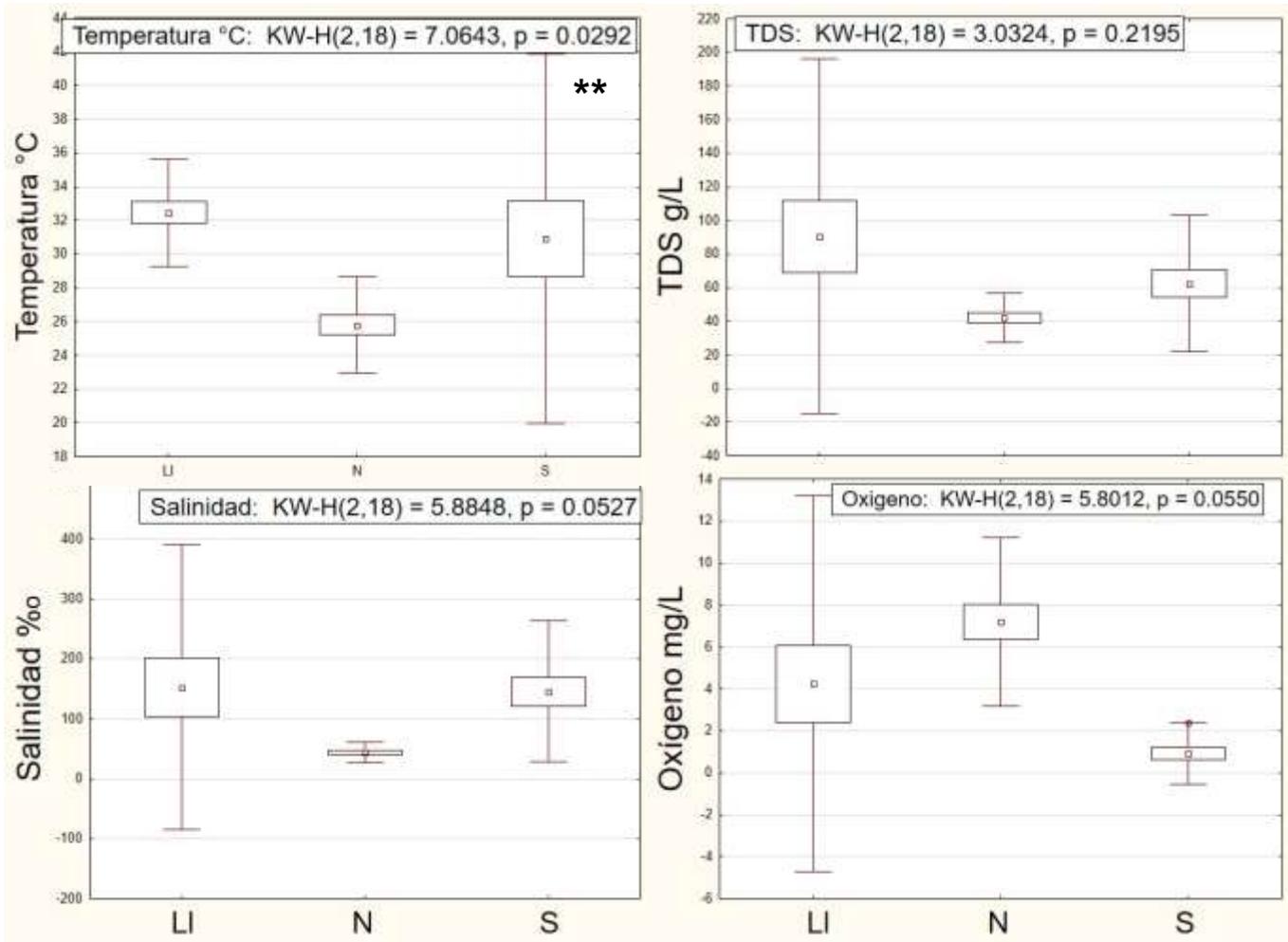


Figura 7.- Variación temporal de los parámetros fisicoquímicos del humedal de Chicxulub durante septiembre del 2018 a julio del 2019, en la Costa Norte de Yucatán, México. Se presentan los valores del análisis de varianzas (Kruskal-Wallis) KW y $p < 0.05^{**}$
 □ Media, ▭ Media \pm SE, I Media \pm 2*SD, ° outliers y * valores extremos

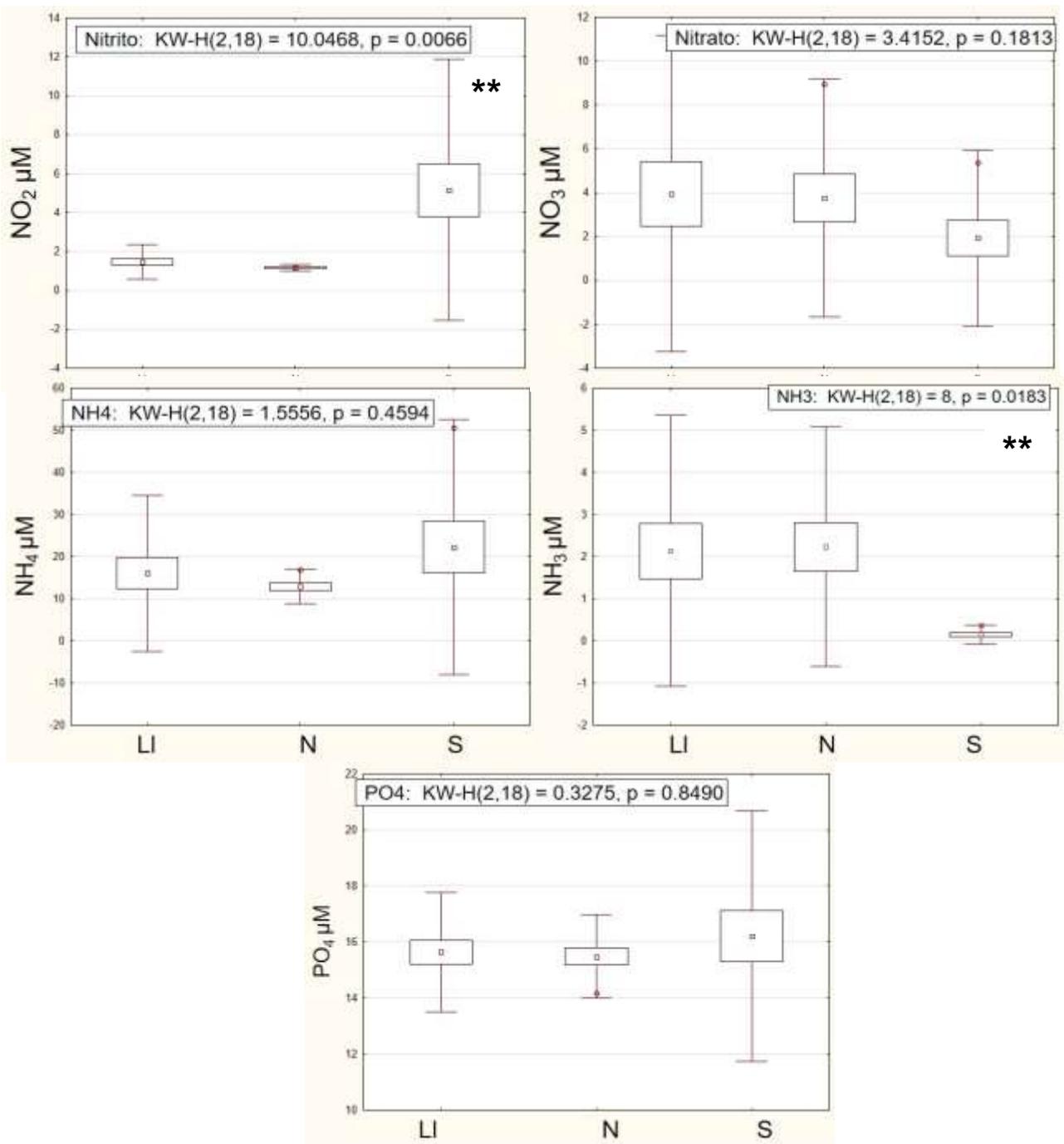


Figura 8.- Variación de los nutrientes evaluados temporalmente en el humedal de Chicxulub durante septiembre del 2018 a julio del 2019, en la Costa Norte de Yucatán, México. Se presentan los valores del análisis de varianzas (Kruskal-Wallis) KW y $p < 0.05^{**}$ □ Media, □ Media \pm SE, I Media \pm 2*SD, ° outliers y * valores extremos

8.2 Variación espacial y temporal de la estructura de la comunidad íctica

Se capturaron un total de 4862 organismos con un peso total de 5.31 kg, de los cuales 3654 individuos pertenecen al humedal de Progreso (Pso) con un peso de 2.24 kg, distribuidos en 12 familias y 18 especies. De las doce familias identificadas para el humedal de Pso, Gerreidae y Cyprinodontidae son las mejor representadas con 4 y 3 especies respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1.- Riqueza de especies registrada para el humedal de Progreso en la costa Norte de Yucatán, México. Se presentan los pesos y tallas (LS) mínimos y máximas registradas para cada especie.

Familia	Especie	Peso (g)		Talla (cm)	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Elopidae	<i>Elops saurus</i>	314	314	-	37.9
Engraulidae	<i>Anchoa mitchilli</i>	0.16	2.5	2.8	6.8
Mugilidae	<i>Mugil trichodon</i>	27.9	37.7	10.6	12.4
Atherinopsidae	<i>Menidia colei</i>	0.03	1.7	0.09	4.8
Belonidae	<i>Strongylura notata</i>	2.7	22.4	20.6	22.1
Fundulidae	<i>Fundulus grandissimus</i>	3.0	26.4	3.3	9.8
Poecilidae	<i>Gambusia yucatanana</i>	0.01	2.1	0.24	4.2
	<i>Poecilia velifera</i>	0.05	5.8	1.0	8.0
Cyprinodontidae	<i>Jordanella pulchra</i>	0.1	0.7	1.8	2.8
	<i>Floridichthys polyommus</i>	0.3	18.3	2.0	9.3
	<i>Cyprinodon artifrons</i>	0.4	3.5	1.2	5.7
Carangidae	<i>Oligoplites saurus</i>	-	0.8	-	4.9
Gerreidae	<i>Eucinostomus lefroyi</i>	3.3	4.5	5.9	6.5
	<i>Eucinostomus gula</i>	1.7	8.2	4.0	6.8
	<i>Eucinostomus harengulus</i>	0.9	11.30	3.3	7.6
	<i>Gerres cinereus</i>	15.8	25.5	8.1	9.9
Sciaenidae	<i>Cynoscion nebulosus</i>	4.1	5.7	7.8	8.4
Cichlidae	<i>Mayaheros urophthalmus</i>	0.9	115.0	3.8	17.2

De las 19 especies encontradas en este estudio, *Fundulus persimilis* es considerada endémica del estado de Yucatán, *F. grandissimus*, *Menidia colei*, *Poecilia velifera* y *Floridichthys polyommus* son endémicos de la Península de Yucatán. Estas especies a excepción de *F. polyommus* están incluidas en la lista de especies en riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 de protección a especies nativas de México bajo la categoría “Amenazada”, mientras que *F. persimilis* se encuentra en la categoría de “Sujeta a protección especial”. En este estudio no se registraron especies exóticas o introducidas.

En el humedal de Chicxulub (CxlB), se encontraron 1208 organismos con un peso de 3064.20 kg, distribuidos en 6 familias y 11 especies (*¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.*). De las seis familias registradas para CxlB, Poeciliidae y Cyprinodontidae fueron las mejores representadas con tres especies descritas para cada una.

Tabla 2.- Riqueza de especies registrada para el humedal de Chicxulub en la costa norte de Yucatán, México. Se presentan los pesos y tallas (LS) mínimos y máximas registradas para cada especie.

Familia	Especie	Peso (g)		Talla (cm)	
		Mín	Máx	Mín	Máx
Engraulidae	<i>Anchoa mitchilli</i>	0.1	3.2	2.2	7.4
Atherinopsidae	<i>Menidia colei</i>	0.003	1.0	0.09	4.9
Belonidae	<i>Strongylura notata</i>	5.5	42.3	16.8	30.9
Fundulidae	<i>Fundulus grandissimus</i>	1.9	26.4	3.0	18.6
	<i>Fundulus persimilis</i>	-	3.6	-	6.2
Poeciliidae	<i>Gambusia yucatana</i>	0.06	1.1	1.6	3.9
	<i>Belonesox belizanus*</i>	-	-	-	-
	<i>Poecilia velífera</i>	0.2	3.5	2.1	5.7
Cyprinodontidae	<i>Jordanella pulchra</i>	2.0	2.8	0.2	0.6
	<i>Floridichthys polyommus</i>	0.9	4.5	3.3	8.1
	<i>Cyprinodon artifrons</i>	0.05	3.8	1.2	4.9

*Registro visual

Las familias más abundantes para los humedales de Pso y CxlB fueron Poeciliidae (Pso= 77.39%; CxlB=42.30%) y Cyprinodontidae, ésta última familia resultó ser más abundante para CxlB (18.29%) que para Pso (11.33%) (Figura 9). Dentro de los poecílicos, *Gambusia yucatana* fue la más abundante para Pso (61.49%) y CxlB (34.93%). Dentro de los cyprinodóntidos, *Cyprinodon artifrons* fue el más abundante en ambas zonas de muestreo (Pso=10.91; CxlB= 16.47%).

Los fundúlidos fueron más abundantes en CxlB (18.04%), principalmente *F. grandissimus* con el 17.96% de la abundancia encontrada para esta zona. Del mismo modo los atherinopsílicos fueron los más abundantes en CxlB (19.53%) (Figura 9).

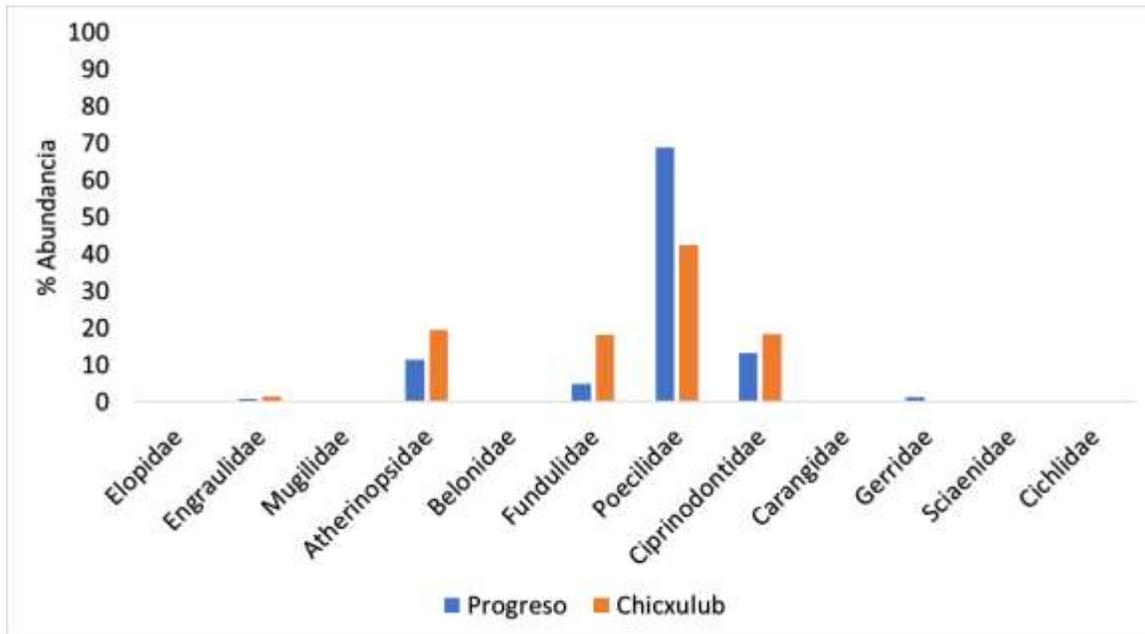


Figura 9.- Abundancia relativa de las familias registradas para los humedales de Progreso y Chicxulub, en la costa Norte de Yucatán México.

La diversidad y equidad estimadas para los humedales de Yucatán fueron mayores en la zona de Pso que en la zona de Cxlb (Figura 10). Para Pso, la diversidad media fue de 0.856 y para Cxlb de 0.704, en cuanto a la equidad, en Pso fue de 0.557 y para la zona de Cxlb fue de 0.453. De acuerdo al análisis de varianzas realizado (Kruskal-Wallis) no se encontraron diferencias significativas de la diversidad y equidad entre las zonas de muestreo ($p > 0.05$).

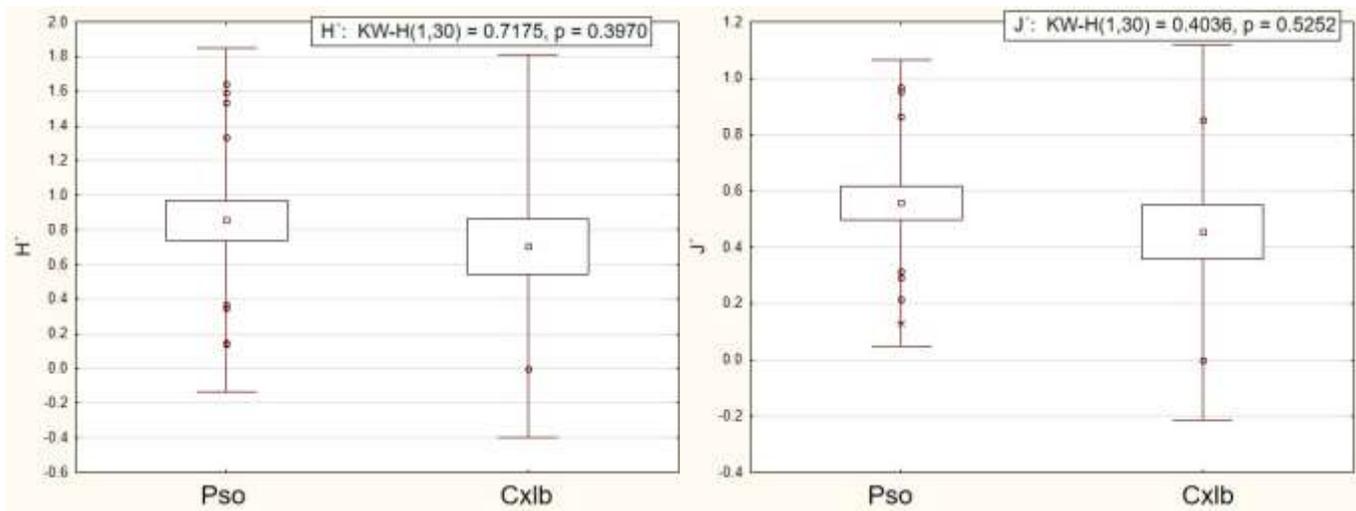


Figura 10.- Diversidad y equidad estimadas para los humedales de Chicxulub (Cxlb) y Progreso (Pso), en la Costa Norte de Yucatán, México. Las líneas verticales representan las desviaciones estandar, el triángulo es la media calculada para cada índice.

El análisis MDS generado con base en las abundancias de las categorías ecológicas previamente registradas, mostró una diferenciación en la distribución de las especies entre los puntos muestreados para cada zona (*Figura 11*).

En el humedal de Pso los peces marino-eurihalinos representaron el 10.65% de la abundancia mientras que los organismos estuarinos el 89.35% del total de las especies capturadas. En Cxlb los organismos marino-eurihalinos representan el 22.86. En la figura 11 se puede observar que hay una mayor abundancia de organismos marino-eurihalinos en el sitio 3 del humedal de Pso y en el sitio 1 de Cxlb. Estos organismos se distribuyen de manera más abundante principalmente durante la temporada de nortes, disminuyendo la abundancia en temporada de secas en ambos humedales.

Los organismos estuarinos presentaron una mayor distribución en los puntos 2 y 3 del humedal de Pso principalmente durante la temporada de secas y lluvias, mientras que en Cxlb la abundancia de estos organismos es menor, esto se puede observar durante la temporada de secas en los sitios 1, 2 y 3 de Cxlb, que esta representada en la parte inferior izquierda de la figura 11.

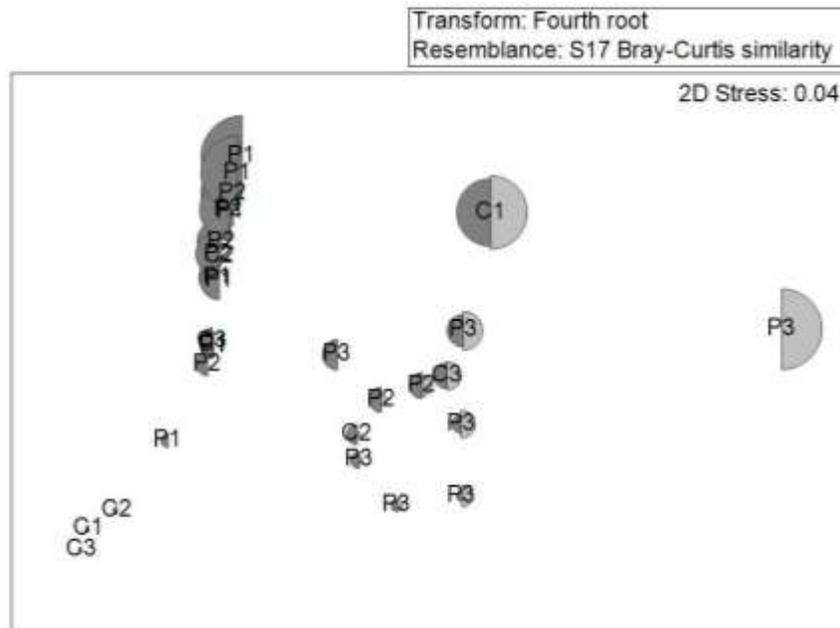


Figura 11.- Análisis multidimensional de los humedales de Progreso (P) y Chicxulub (C) que muestra el ordenamiento de los sitios muestreados con base en la similitud de la composición de especies, en gris claro se presentan especies marino-eurihalino y en gris oscuro organismos estuarinos

Temporalmente, la diversidad más alta se obtuvo durante lluvias para la zona de Cxlb (1.07) y Pso (0.911). De la misma manera, la equidad más alta fue obtenida durante la misma temporada (Cxlb:0.65; Pso: 0.64). En nortes la diversidad en Cxlb fue de 0.86 y la equidad de 0.58, mientras que en Pso la diversidad fue de 0.74 y la equidad de 0.45, siendo estos dos últimos los valores más bajos estimados para la zona de Pso (Figura 12).

Durante la temporada de secas, en Cxlb no se capturaron organismos, pero en Pso sí, obteniéndose una diversidad de 0.91 y una equidad de 0.57. Únicamente se encontraron diferencias significativas de estos parámetros comunitarios entre las temporadas del humedal de Cxlb ($p < 0.05$) (Figura 12).

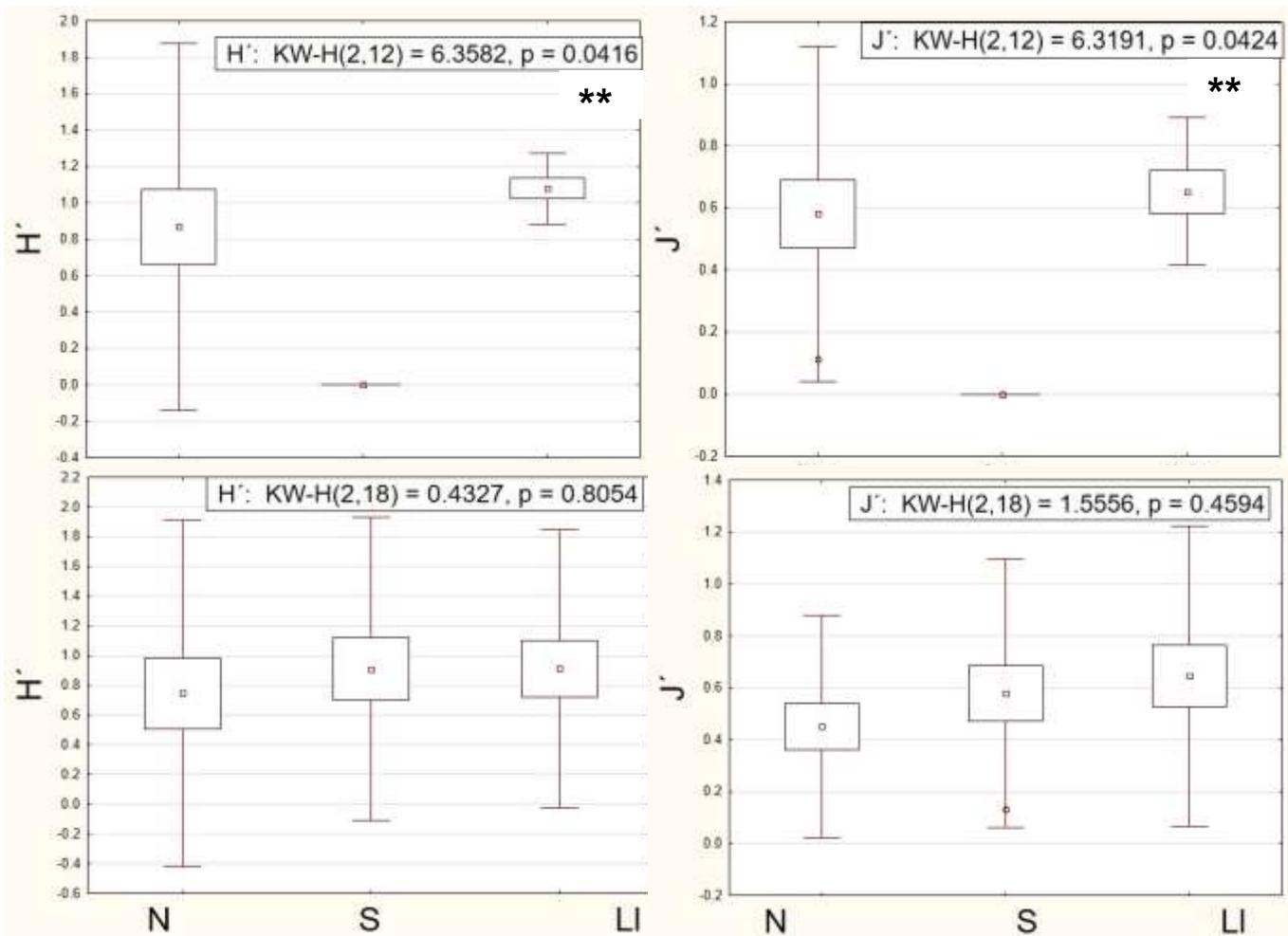


Figura 12.- Diversidad y equidad estimadas temporalmente para los humedales de Chicxulub (Arriba) y Progreso (Abajo), en la Costa Norte de Yucatán, México. Las líneas verticales representan las desviaciones estándar, el triángulo es la media calculada para cada índice

De acuerdo con la biomasa, densidad y frecuencia, de las diez especies registradas para el humedal de Cxlb, *F. grandissimus* (39.27%), *G. yucatanana* (17.31%), *C. artifrons* (15.45%) y *P. velífera* (9.70%) son los que representaron el 81.75% del total del valor de importancia, colocándolas como las especies más dominantes para esta zona (*Figura 13*).

Por otro lado, para el humedal de Progreso, las especies que dominaron más esta zona fueron *G. yucatanana*, *P. velífera*, *C. artifrons*, *M. colei*, *E. harengulus* y *F. grandissimus*, representando un 75.16% del total del valor de importancia (*Figura 13*).

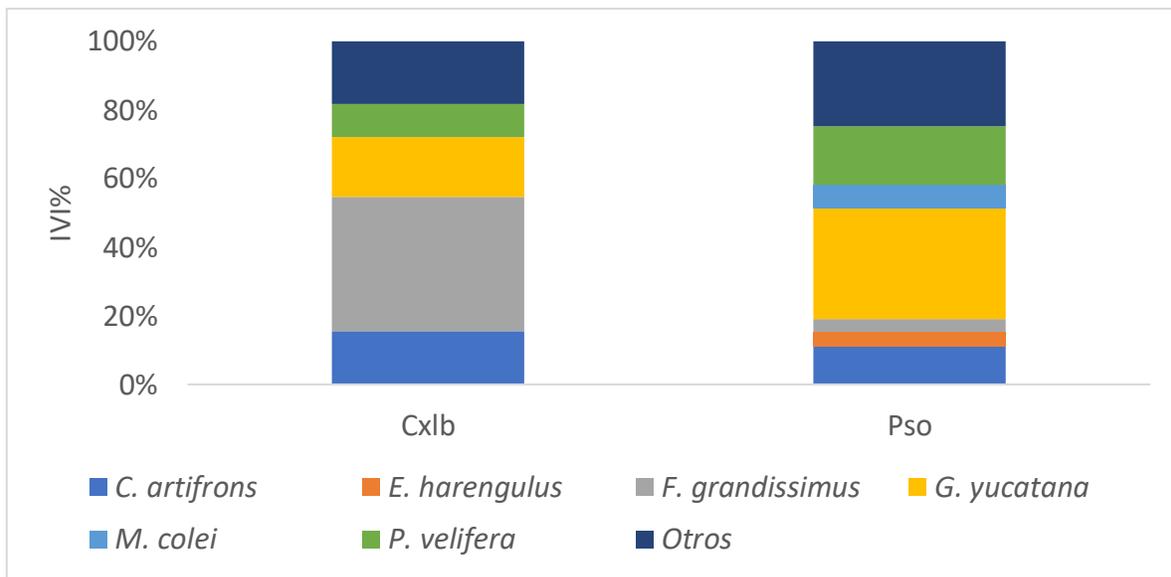


Figura 13- Representación de la ictiofauna dominante registrada en los humedales de Progreso y Chicxulub, en la Costa Norte de Yucatán, México, de acuerdo al Índice de Valor de Importancia (IVI).

De manera temporal, durante los nortes, las especies más dominantes para Cxlb fueron *F. grandissimus* , *G. yucatanana* , *C. artifrons* y *P. velífera* . Estas especies representaron el 83.77% del valor de importancia. Para la zona de Pso, la especie más dominante en la misma temporada fue *G. yucatanana* , seguido de *M. colei* , *P. velífera* y *C. artifrons* , sumando un total de 75.39% del IVI (*Figura 14*).

Para la temporada de secas, la zona de Cxlb tuvo únicamente a *C. artifrons* como la especie dominante, mientras que la zona de Pso *G. yucatanana* , *P. velífera* , *C. artifrons* , *E. harengulus* y *F. grandissimus* , fueron las especies dominantes de acuerdo al IVI (78.28) (*Figura 14*).

La temporada de lluvias estuvo dominada por *C. artifrons* , *S. notata* , *F. polyommus* , *P. velífera* y *F. grandissimus* en la zona de Cxlb (IVI=86.55%). En esta misma temporada, en Pso la dominancia estuvo compuesta por *G. yucatanana* , *P. velífera* , *C. artifrons* y *E. saurus* , sumando un total de 78.07% del IVI calculado para esta zona (*Figura 14*).

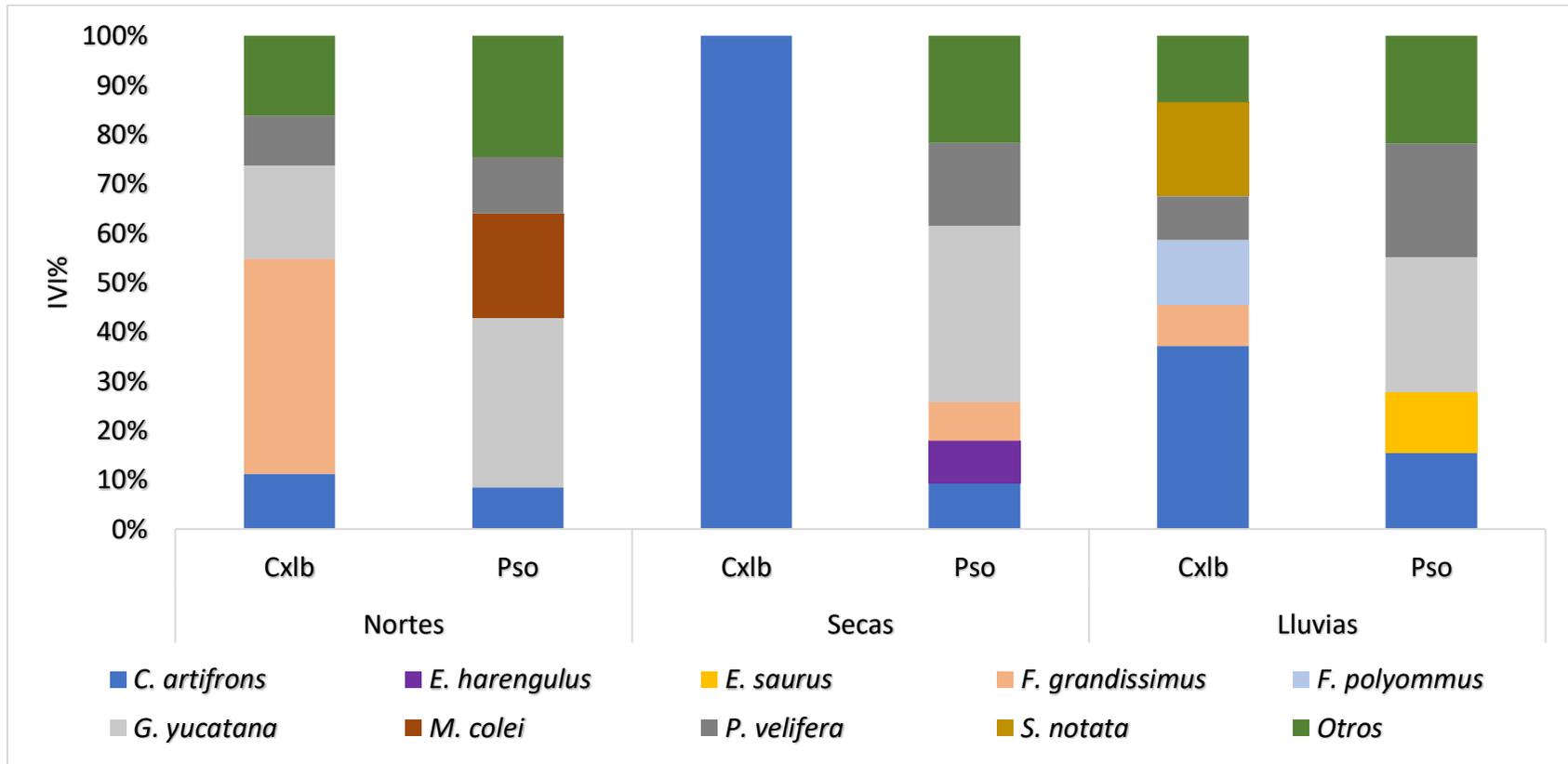


Figura 14.-Representación de la ictiofauna dominante registrada temporalmente en los humedales de Progreso (Pso) y Chicxulub (Cxlb), en la Costa Norte de Yucatán, México, de acuerdo al Índice de Valor de Importancia (IVI).

8.3 Composición alimentaria

8.3.1 Progreso

De las 18 especies encontradas en el humedal de Progreso (Pso), *E. saurus*, *E. lefroyi* y *M. trichodon* fueron donadas a la Colección Ictiológica Regional de la UNAM en Yucatán. Se analizaron 1286 tractos digestivos de 15 especies de peces, de los cuales el 49% corresponde a *G. yucatanana*, el 23% a *P. velífera*, el 12% a *C. artifrons* y 9% a *M. colei*.

Debido a que no todas las especies se lograron capturar durante todo el año, únicamente se logró graficar el Índice de Importancia Relativa (IIR) de aquellas especies en donde se podía visualizar la variación temporal del espectro trófico. Tal es el caso de *C. artifrons*, en donde su alimento base son diatomeas (50.95 %IIR, *Tabla 3*), principalmente del género *Navícula* y *Nitzchia* (*Anexo 3*), y como segundo componente detritus (46.42 %IIR) (*Figura 15*).

Cyprinodon artifrons se alimenta durante todo el año de diatomeas y detritus, sin embargo, también se logró observar que este organismo ingiere otras fuentes de alimento como foraminíferos, copépodos, larvas mysis, entre otros, principalmente durante el mes de septiembre que corresponde a la época de lluvias (*Figura 15*). En esta misma temporada disminuye el consumo de detritus (48 %IIR) y aumenta la ingesta de diatomeas (46.86 %IIR), posteriormente durante los nortes, la ingesta de detritus aumenta (56 %IIR) y disminuye ligeramente el consumo de diatomeas (40.2 %IIR), incrementado el consumo de éstas para la temporada de secas (49.40 %IIR). Durante el análisis del contenido estomacal se pudo registrar la presencia de microfibras plásticas (MFP) y algunos fragmentos de microplásticos, estos representaron apenas el 0.1 % IIR (*Tabla 3*).

Gambusia yucatanana fue otra especie que se logró capturar a lo largo del año de muestreo. En la *Figura 16* se puede observar la variación de su espectro trófico, en donde se aprecia que las diatomeas son su componente alimenticio principal (66.69 %IIR) (*Tabla 3*).

De manera temporal, en lluvias los copépodos fueron el alimento principal, particularmente durante septiembre seguido por el consumo de diatomeas, el cual tuvo un incremento importante en la temporada de nortes con un máximo de 56.91 %IIR durante el mes de noviembre. En esta última temporada, se observa además la ingesta de peces como larvas de *G. yucatanana* (*Anexo 3*), además de detritus.

Para secas, el consumo de diatomeas disminuyó durante el mes de abril, pero incrementó hacia el mes de mayo, se observa además el consumo de insectos como himenópteros, hemípteros, dípteros, coleópteros, así como de poliquetos y algunos peces. En esta misma temporada se encontró un incremento en la ingesta de detritus, el cual representó el 40% del IIR durante la temporada de secas (Figura 16).

Poecilia velifera se alimentó durante todo el año principalmente de detritus y diatomeas (Tabla 3). De manera temporal, en lluvias, el consumo de detritus fue el más importante de acuerdo al IIR, en julio se encontró un mayor consumo de cianobacterias y las diatomeas fueron el segundo alimento principal durante el mes de septiembre seguido del consumo de foraminíferos (Figura 17).

Durante la temporada de nortes, el consumo de cianobacterias se redujo considerablemente, incrementando el consumo de diatomeas principalmente durante el mes de enero. Finalmente, durante secas, el consumo de diatomeas aumentó durante el mes de abril, la ingesta de cianobacterias comenzó a incrementar durante el mes de mayo (Figura 17). Durante el procesamiento del contenido estomacal se pudo observar la presencia de pequeñas fibras plásticas (MFP) en *P. velifera*, aunque su presencia solo representó el 0.0002 % del IIR (Anexo 3).

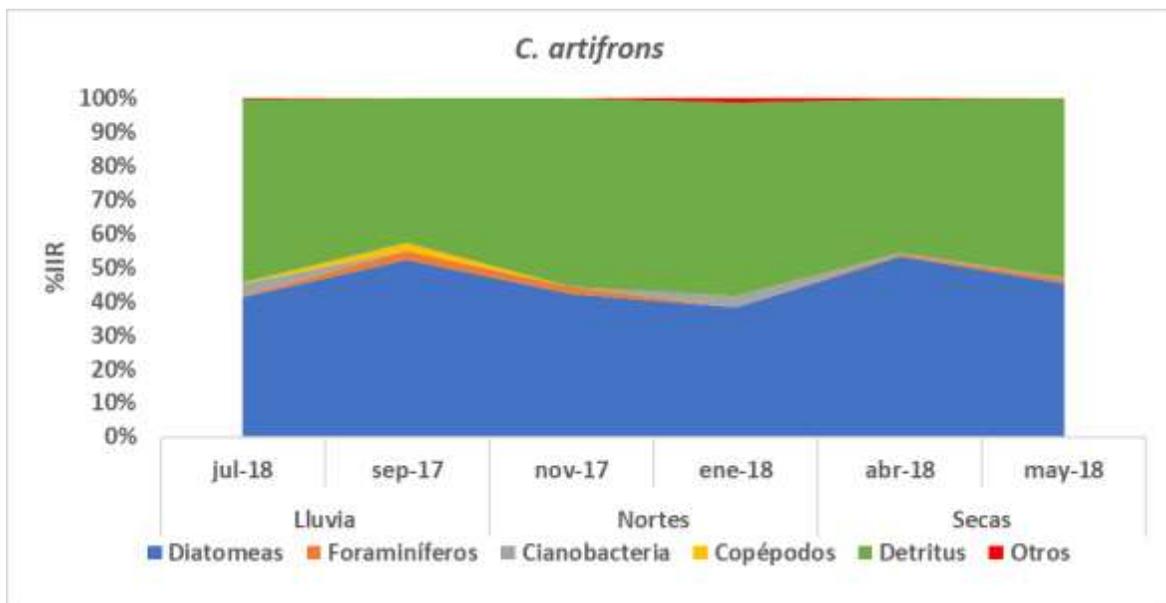


Figura 15.-Variación del espectro trófico de *C. artifrons* en el humedal de Progreso, en un ciclo anual (2017-2018), en la costa norte de Yucatán, México.

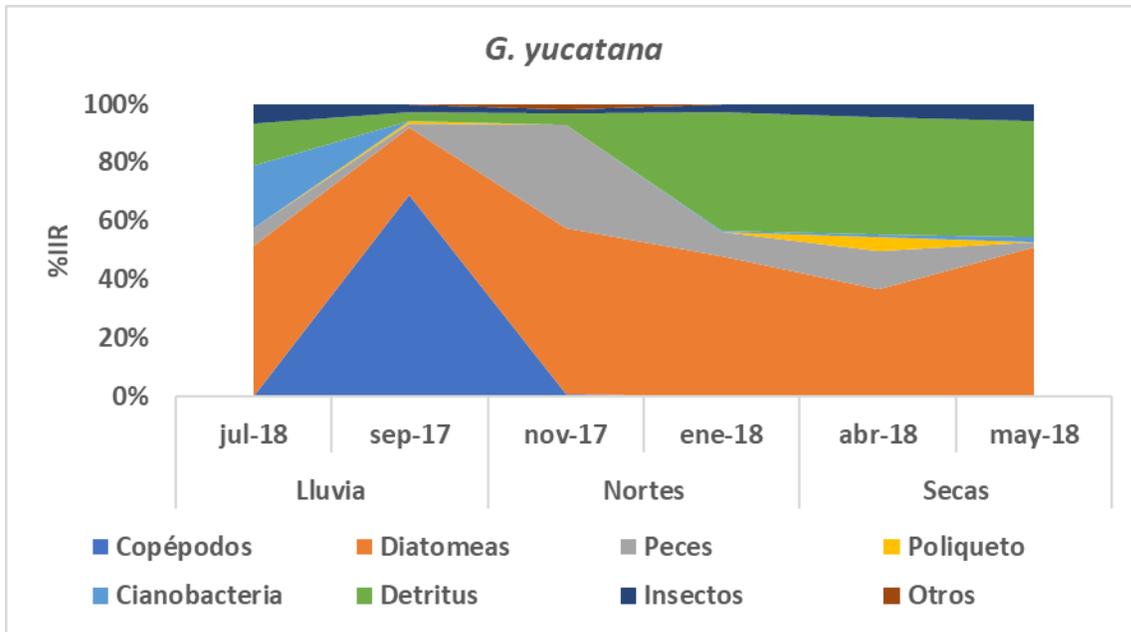


Figura 16.- Variación del espectro trófico de *G. yucatanana* en el humedal de Progreso, en un ciclo (2017-2018), en la costa corte de Yucatán, México.

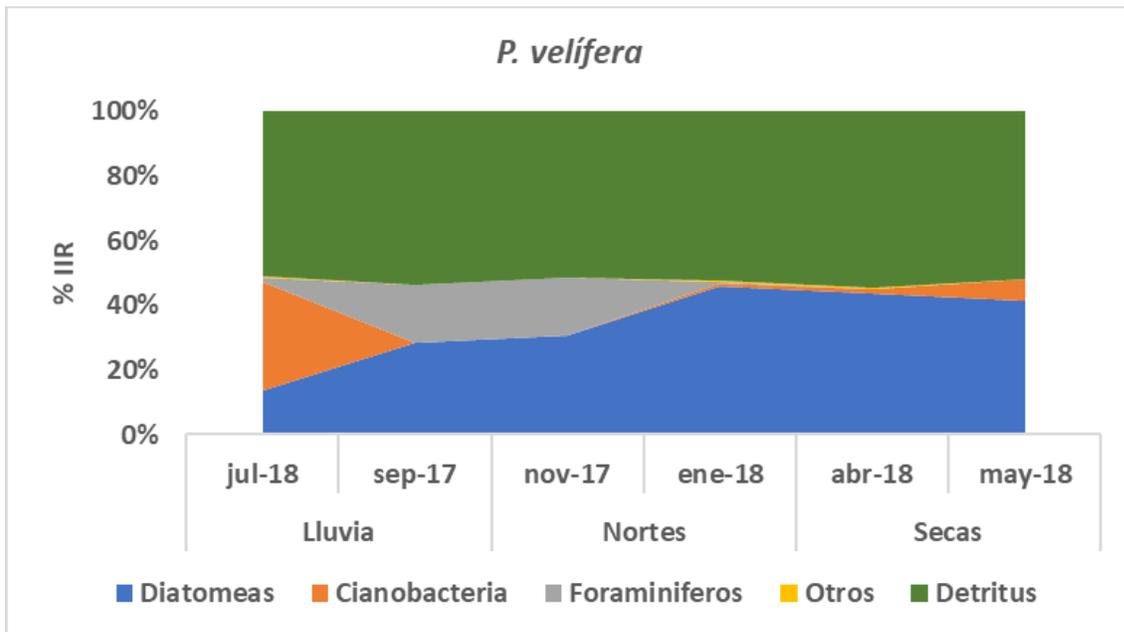


Figura 17.- Variación del espectro trófico de *P. velífera* en el humedal de Progreso, en un ciclo anual (2017-2018), en la costa corte de Yucatán, México.

En la *Tabla 3*, se presentan los valores del IIR calculado para cada especie analizada del humedal de Progreso. Se observó que *A. mitchilli* consume principalmente copépodos ciclopoideos y calanoideos (98.05 %IIR), siendo estos últimos los más ingeridos. *Menidia colei* es otro de los organismos que basa su alimentación en el consumo de copépodos (64.99 %IIR).

Dentro de la familia Gerreidae, se encontró que *Eucinostomus gula* y *E. harengulus* consumen principalmente anfípodos, lo que representa el 48.33 % y 42.04 % del IIR. Dentro de los anfípodos, el género *Corophium* fue el más consumido por *E. gula*, por otro lado, los tanaidáceos fueron el alimento principal de *E. harengulus* (*Anexo 3*). Para *G. cinereus*, el consumo de moluscos es su fuente principal de alimento (52.89 %IIR), básicamente bivalvos.

Jordanella pulchra se alimenta de diatomeas principalmente del género *Navicula*, mientras que *F. polyommus* es un organismo que de igual forma basa su alimentación en el consumo de diatomeas de los géneros *Navícula* y *Nitzschia* (*Tabla 3; Anexo 3*). Durante el procesamiento de las muestras, se logró observar la presencia de microfibras en ambas especies. Sin embargo, estas solo representaron el 0.119% y el 0.005% del IIR respectivamente.

Mayaheros urophthalmus, consume peces como parte de su dieta. Similarmente *O. saurus* y *S. notata* basa su alimentación en el consumo de peces (100% y 98.39% IIR respectivamente) además de la ingesta de poliquetos e insectos (*Tabla 3*). *Cynoscion nebulosus* basa su alimentación en el consumo de peces. Por otro lado, *F. grandissimus* se alimenta de peces en 96.15% de su dieta, incluido *C. artifrons* es parte de su dieta (*Tabla 3*).

Tabla 3.-Índices de Importancia Relativa calculados para las especies de peces analizadas del humedal de Progreso, en la Costa Norte de Yucatán, México. En negritas se presentan los valores más altos obtenidos del IIR.

<i>ITEM</i>	<i>A. mit</i>	<i>C. art</i>	<i>C. neb</i>	<i>E. gul</i>	<i>E. har</i>	<i>F. gran</i>	<i>F. pol</i>	<i>G. cin</i>	<i>J. pul</i>	<i>G. yuc</i>	<i>M. col</i>	<i>M. uro</i>	<i>O. sau</i>	<i>P. vel</i>	<i>S. not</i>
<i>Cianobacteria</i>	-	0.1	-	-	-	-	0.05	-	8.68	6.1	0.02	-	-	12.88	-
<i>Bacillariophyceae</i>	0.07	50.95	-	21.22	-	-	87.83	39.99	76.11	66.68	17.46	10.14	-	25.82	-
<i>Dinoflagelados</i>	-	0.01	-	0.09	-	-	0.005	-	-	0.02	-	-	-	0.13	-
<i>Foraminíferos</i>	-	1.92	-	-	-	-	0.6	1.9	1.03	0.11	-	-	-	1.21	-
<i>Rotíferos</i>	-	<0.01	-	-	-	-	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ostracodo</i>	-	-	-	-	4.17	-	-	-	-	< 0.01	-	3.91	-	0.01	-
<i>Copépodos</i>	98.05	0.6	-	6.06	32.31	-	1.65	4.95	1.31	5.29	64.99	13.74	-	< 0.01	-
<i>Anfípodo</i>	0.05	-	-	48.34	42.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Crustáceos no id.</i>	0.71	< 0.01	-	-	0.12	-	-	0.27	0.12	-	0.22	4.17	-	-	-
<i>Poliqueto</i>	-	-	-	-	2.75	-	0.02	-	-	0.31	-	-	-	-	0.55
<i>Moluscos no id.</i>	-	-	-	-	-	-	-	52.89	-	-	-	-	-	-	-
<i>Insectos</i>	-	0	-	-	9.87	3.85	-	-	-	3.4	-	-	-	-	1.07
<i>Peces</i>	0.05	< 0.01	100	1.75	-	96.15	-	-	-	9.14	13.26	63.87	100	0	98.38
<i>Detritus</i>	1.07	46.42	-	22.54	8.74	-	9.78	-	12.75	8.95	4.05	4.17	-	59.95	-
<i>MFP</i>	-	0.001	-	-	-	-	< 0.01	-	0.12	-	-	-	-	< 0.01	-
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

*MFP: Microfibras plásticas

8.3.2 Chicxulub

Se analizó el contenido estomacal de 10 especies del humedal de Chicxulub. Se revisó un total de 474 tractos digestivos de los cuales el 22% corresponde a *G. yucatanana*, el 22% a *M. coleii*, el 21% a *F. grandissimus* y el 19% a *C. artifrons*.

Al igual que en Progreso, se estimó el %IIR para cada una de las especies analizadas, debido a que no todas las especies se lograron capturar durante todo el año, únicamente se pudieron graficar aquellas en donde se podía visualizar la variación del espectro trófico. Tal es el caso de *C. artifrons* (*Figura 18*), donde su alimentación a lo largo del año se basa en el consumo de detritus y diatomeas del género *Nitzschia* y *Navicula* (*Tabla 4, Anexo 4*). También se logró observar la presencia de microfibras, sin embargo, estas representaron el 0.02 % del índice de importancia relativa (*Tabla 4*)

Durante la temporada de lluvias, en el mes de julio no se lograron capturar organismos, sin embargo, en septiembre se observó que *C. artifrons* se alimentó de diatomeas (40.01 %IIR) y principalmente de detritus (56.59 %IIR). En nortes, el alimento principal fue el detritus (49.73 %IIR) y diatomeas (46.06 %IIR). En secas, durante el mes de abril no se lograron capturar organismos (*Figura 18*) pero para mayo se observó que *C. artifrons* se alimentó de detritus (42.18 %IIR) cianobacterias (26.78 %IIR) y quironómidos (18.75 %IIR).

Otro organismo que se encontró durante la mayor parte del muestreo fue *G. yucatanana*. E (*Figura 19*). Durante la temporada de lluvias *G. yucatanana* se alimentó de copépodos calanoideos y ciclopoideos, para nortes, la alimentación cambió, disminuyó la ingesta de copépodos y aumentó la de cianobacterias y detritus para el mes de noviembre, las diatomeas tuvieron un incremento importante para el mes de enero y como segundo componente se encontraron insectos (*Figura 19*). El consumo de peces fue menor en comparación con lo encontrado para Pso y únicamente se encontró presencia de su ingesta en la temporada de lluvias y nortes.

En la tabla 4 se presentan los IIR de cada organismo analizado del humedal de Chicxulub. *Anchoa mitchilli* presentó un consumo de copépodos, principalmente de calanoideos, esto mismo se observó para *F. polyommus*, donde fue mayor la ingesta de calanoideos que de ciclopoideos (*Anexo 4*). Durante el análisis de contenido estomacal, se observó la presencia de fibras plásticas en *F. polyommus*, éstas representaron el 0.10 % del IIR (*Tabla 4*). *Menidia coleii* también es un organismo que se alimenta de copépodos principalmente de calanoideos (*Anexo 4*).

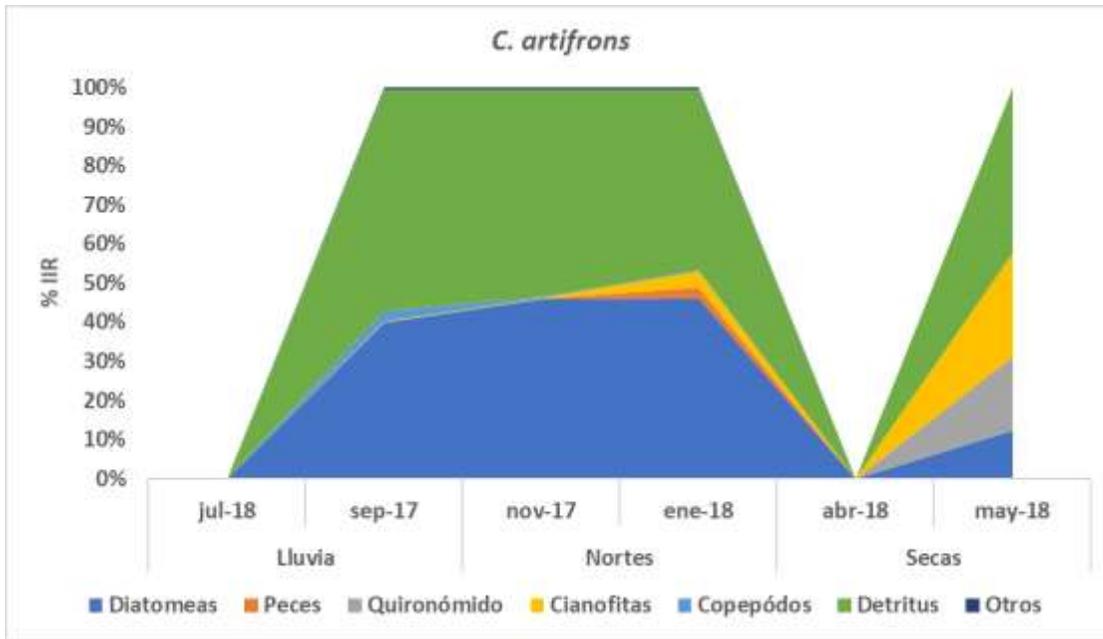


Figura 18.- Variación del espectro trófico de *C. artifrons* en el humedal de Chicxulub, en un ciclo anual (2017-2018), en la costa norte de Yucatán, México.

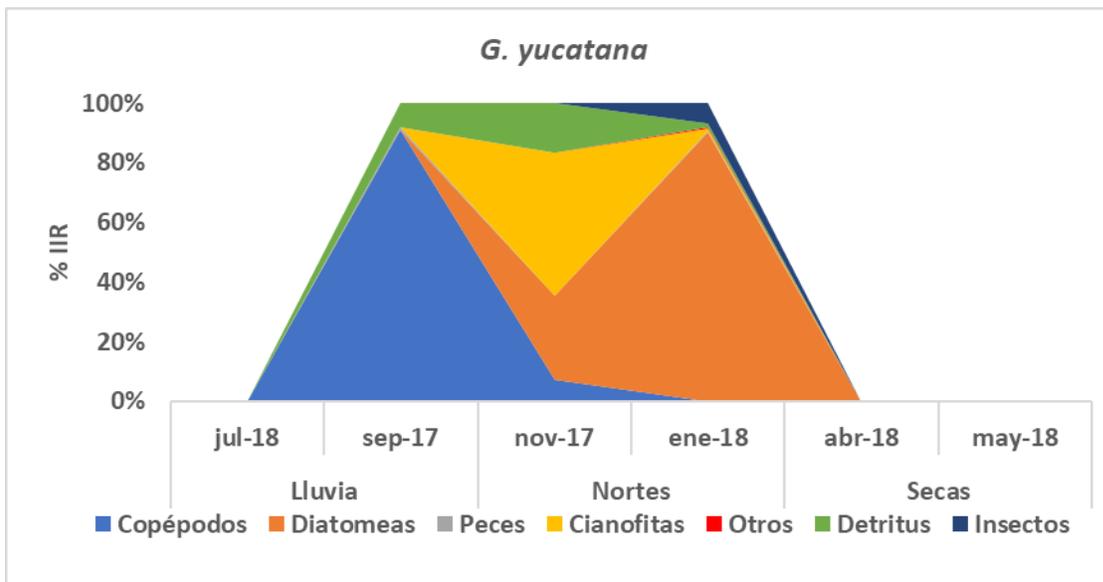


Figura 19.- Variación del espectro trófico de *G. yucatanana* en el humedal de Chicxulub, en un ciclo anual (2017-2018), en la costa norte de Yucatán, México.

Fundulus grandissimus se alimentó principalmente de peces (99.86 %IIR), incluido *C. artifrons*. *Strongylura notata* es otra especie que se alimenta de peces y de algunos insectos como hormigas del género *Pseudomyrmex* (Tabla 4).

Se observó durante el análisis de contenido estomacal que *P. velífera* y *J. pulchra* son especies que basan su dieta en el consumo de detritus y diatomeas principalmente (Tabla 4). También se determinó que *J. pulchra* contenía restos de micro fibras plásticas en el tracto digestivo, la presencia de éstas representó el 0.053% del IIR (Tabla 4).

Tabla 4.- Índices de Importancia Relativa calculados para las especies de peces analizadas del humedal de Chicxulub, en la Costa Norte de Yucatán, México. En negritas se presentan los valores más altos obtenidos del IIR

<i>ITEM</i>	<i>A. mit</i>	<i>C. art</i>	<i>F. gran</i>	<i>F. pol</i>	<i>J. pul</i>	<i>G. yuc</i>	<i>M. col</i>	<i>S. not</i>	<i>P. vel</i>
<i>Cianobacteria</i>	-	0.53	-	0.030	3.87	9.62	-	-	0.58
<i>Bacillariophycea</i>	0.25	42.6	-	27.45	33.96	53.07	0.14	-	23.57
<i>Dinoflagelados</i>	-	0.1	-	< 0.01	-	-	-	-	-
<i>Foraminíferos</i>	-	0.22	-	0.31	0.46	0.13	-	-	0.2
<i>Rotíferos</i>	-	-	-	0.03	-	-	-	-	-
<i>Copépodos</i>	93.93	0.71	-	70.79	0.59	21.68	97.67	-	0.02
<i>Crustáceos no id.</i>	0.25	-	-	-	0.67	0.13	-	-	-
<i>Poliqueto</i>	-	-	-	0.01	-	-	-	-	-
<i>Quironómidos</i>	-	0.03	-	-	-	-	-	-	-
<i>Insectos</i>	-	-	0.14	-	-	2.69	-	20	< 0.01
<i>Peces</i>	3.1	0.01	99.86	0.16	-	2.29	-	80	-
<i>Detritus</i>	2.47	55.78	-	1.21	60.4	10.39	2.19	-	75.63
<i>MFP</i>	-	0.02	-	0.01	0.05	-	-	-	-
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100

*MFP: Microfibras plásticas

8.4 Relación de las especies con las variables ambientales

Los resultados de DCA indicaron que debido a la longitud del gradiente menor a 3, los datos se comportan de manera lineal, por lo tanto se decidió realizar análisis de redundancia (RDA) para ambos sitios.

8.4.1 Progreso

Se realizó un análisis de redundancia de las 9 variables medidas (salinidad, temperatura, oxígeno disuelto, TDS, nitritos, nitratos, amonio, amoniaco y fosfatos) basado en las abundancias de las especies registradas. Los resultados indicaron que los ejes 1 y 2 cuentan con el 89.2% de la variabilidad explicada (Tabla 5). En la figura 20 se observa que, de acuerdo a la longitud de los vectores, el amonio (eje 1, $r = 0.56$), los fosfatos (eje 2, $r = -0.93$) y la temperatura (eje2 $r = -0.68$) son las variables que presentan una mayor relación sobre la comunidad de peces.

Tabla 5.- Resultados del análisis de redundancia (RDA) de las especies con las variables ambientales del humedal de Progreso.

Ejes	1	2	3	4
Eigenvalores	0.492	0.084	0.061	0.008
Correlación especies-ambiente	0.798	0.904	0.807	0.516
Porcentaje de varianza acumulada				
Especies	49.2	57.6	63.7	64.5
Relación especie-ambiente	76.2	89.2	98.6	99.9

Las especies relacionadas con altas salinidades son *J. pulchra*, *G. yucatanana* y *P. velífera*, mientras que los peces del componente marino se vieron influenciados por las bajas salinidades que se presentaron en Pso (Fig. 20). Además, se observa que *E. harengulus*, *C. nebulosus* y *O. saurus* están relacionados de manera inversa con nitritos, nitratos, amonio y amoniaco, mientras que la distribución de *F. polyommus*, *A. mitchilli*, *G. cinereus*, *S. notata*, *E. saurus*, *E. gula*, *M. trichodon*, *F. grandissimus*, *C. artifrons*, *E. lefroyi* y *M. urophthalmus* se ve mas influenciada por la temperatura y de manera inversa el oxígeno disuelto (Fig. 20).

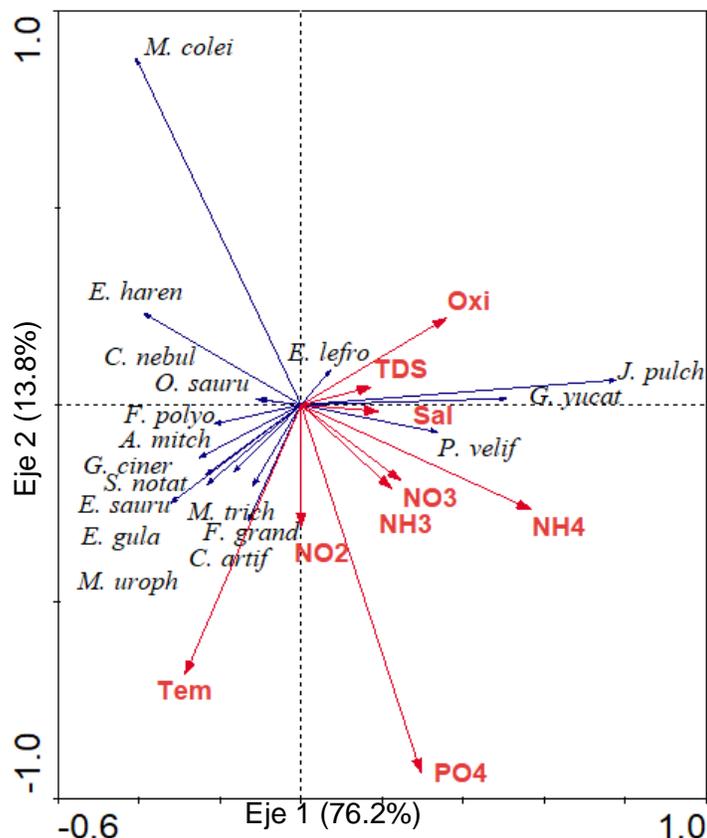


Figura 20.- Análisis de redundancia (RDA) del humedal de Progreso basado en la abundancia de las especies (flechas azules) con las variables ambientales las cuales están representadas por flechas rojas.

Se encontró una correlación positiva entre *E. saurus* y la temperatura, mientras que los TDS y salinidad mostraron una correlación negativa (Tabla 6). *Mayaheros urophthalmus* tuvo una correlación negativa con la salinidad. El amonio se correlacionó positivamente con *G. yucatanana* y negativamente con *M. colei*. El nitrito se vio correlacionado positivamente con *G. cinereus* y *S. notata*, mientras que los fosfatos tuvieron una correlación negativa con *M. colei*. Finalmente, *P. velifera* fue la única especie que se correlacionó de manera positiva con el amoniaco.

Tabla 6.- Correlación de Spearman de las variables hidrológicas y las especies abundantes del humedal de Progreso. Se muestran con * únicamente las que tuvieron al menos una correlación significativa $p < 0.05$. Se muestra la primera letra del género y las tres primeras por especie.

Especie	Tem	TDS	Sal	Oxi	NH4	NO2	NO3	PO4	NH3
A. mit	-0.0209	-0.1344	-0.1929	-0.2400	0.0554	0.1342	-0.0827	0.0235	-0.1201
C. art	0.3350	-0.3208	-0.1296	0.0725	-0.1439	0.3231	-0.3717	0.1733	-0.2148
C. neb	-0.0832	-0.1270	-0.1696	-0.1756	0.1091	-0.1001	0.0763	-0.0771	-0.0310
E. gul	0.1803	0.0377	-0.0305	-0.1401	-0.2016	0.1500	0.1626	0.2356	-0.1134
E. har	-0.1195	-0.0237	-0.0933	-0.1512	-0.3252	0.2899	-0.4554	-0.2000	-0.3580
E. lef	-0.0426	0.0108	-0.0461	0.1721	-0.1572	-0.1694	-0.1910	-0.0740	-0.1674
E. sau	0.5490*	-0.5208*	-0.5500*	0.2819	-0.2074	-0.1128	-0.1307	0.0350	0.1009
F. grand	0.3668	-0.2346	-0.0069	0.1917	-0.1789	0.4653	-0.4338	0.1303	-0.1451
F. pol	-0.0041	-0.0556	-0.1314	0.0089	-0.2155	-0.2260	-0.0686	-0.0627	-0.2005
G. cin	0.1208	-0.0394	-0.0818	-0.1727	-0.0972	0.4933*	-0.3332	0.2057	-0.2001
G. yuc	-0.3644	0.2394	0.1967	-0.1447	0.6714*	0.1025	0.0537	0.1555	0.2603
J. pul	-0.2708	0.1230	0.1374	0.2958	0.4220	-0.0207	0.1631	0.1666	0.1350
M. col	-0.4584	-0.0405	-0.0866	0.0669	-0.4798*	-0.2360	-0.2896	-0.9363*	-0.2586
M. tri	0.1025	0.0891	0.0503	-0.1643	-0.1557	-0.1115	0.4556	0.1475	-0.0006
M. uro	0.1392	-0.4659	-0.5547*	-0.3558	0.0422	-0.2593	0.0194	0.0345	-0.0310
O. sau	-0.0832	-0.1270	-0.1696	-0.1756	0.1091	-0.1001	0.0763	-0.0771	-0.0310
P. vel	0.0893	0.2650	0.2479	0.1155	0.2217	0.1220	0.3204	0.2553	0.5295*
S. not	0.1208	-0.0394	-0.0818	-0.1727	-0.0972	0.4933*	-0.3332	0.2057	-0.2001

8.4.1.1 Lluvias

El RDA basado en la abundancia de especies y las variables hidrológicas durante la temporada de lluvias, mostró que los ejes 1 y 2 cuentan con el 93.3% de la variabilidad explicada (Tabla 7). El diagrama realizado muestra que, de acuerdo con la longitud del vector, el nitrato (eje 1, $r = 0.697$), amonio (eje 1, $r = 0.697$), amoníaco (eje 1, $r = 0.654$) y fosfatos (eje 2, $r = -0.445$) son los que presentan una mayor relación con la comunidad de peces en el humedal de Progreso (Figura 21).

Tabla 7.- Resultados del análisis de redundancia (RDA) de las especies con las variables ambientales del humedal de Progreso durante la temporada de lluvias.

Ejes	1	2	3	4
Eigenvalores	0.854	0.079	0.067	0.000
Correlación especies-ambiente	1.000	1.000	1.000	1.000
Porcentaje de varianza acumulada				
Especies	85.4	93.3	100.0	100.0
Relación especie-ambiente	85.4	93.3	100.0	100.0

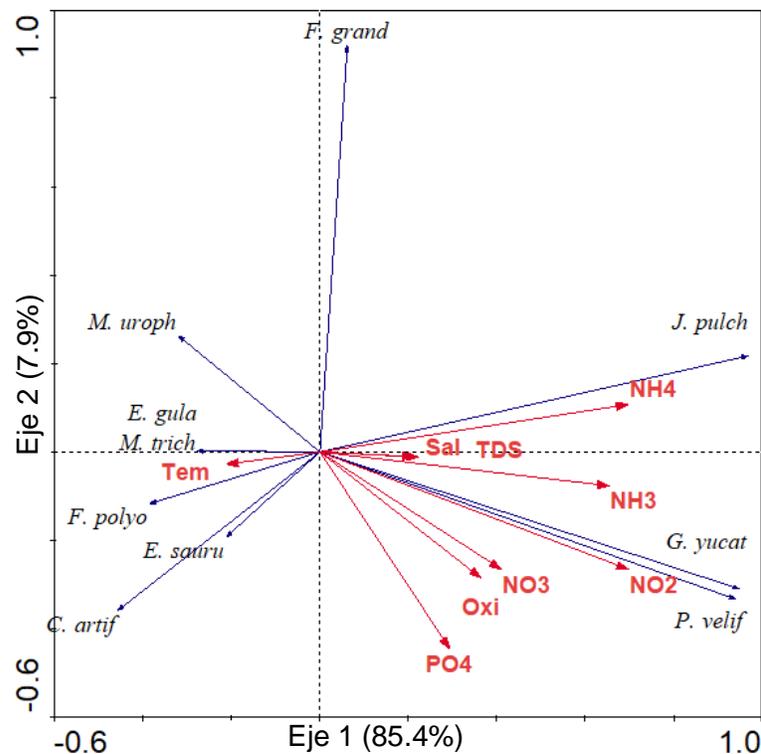


Figura 21.- Biplot del análisis de redundancia (RDA) basado en la abundancia de las especies del humedal de Progreso durante la temporada de lluvias con las variables ambientales, las cuales están representadas por flechas rojas, las flechas azules representan a las especies.

En la *Figura 21* se puede observar que *C. artifrons*, *E. saurus*, *F. polyommus*, *M. trichodon*, *E. gula* y *M. urophthalmus*, están relacionados de manera positiva con la temperatura, y de manera inversa con la concentración de nutrientes, TDS, oxígeno disuelto y salinidad. Por otro lado, *J. pulchra*, *G. yucatanana* y *P. velífera*, se ven relacionados de manera positiva con la concentración de nutrientes, salinidad y sólidos disueltos.

Para la temporada de lluvias se observó una correlación positiva de *E. saurus* con la temperatura. Por otro lado, *M. urophthalmus* presentó una correlación negativa con los TDS, el nitrato y los fosfatos, mientras que *F. polyommus* obtuvo una correlación negativa con el amonio (*Tabla 8*).

Tabla 8.- Correlación de Spearman de las variables hidrológicas y las especies abundantes del humedal de Progreso durante la temporada de lluvias. Se muestran con * las variables que tuvieron al menos una correlación significativa $p < 0.05$.

Especie	Temp	TDS	Sal	Oxí	NH4	NO2	NO3	PO4	NH3
<i>C. art</i>	-0.2130	-0.4044	-0.4027	-0.3120	0.0681	-0.4382	-0.6356	-0.3909	-0.5945
<i>E. gul</i>	-0.1560	0.0641	0.0521	-0.1545	-0.4396	-0.2788	0.5826	0.4479	-0.3359
<i>E. sau</i>	0.9394*	-0.6633	-0.6499	0.8059	-0.6759	-0.3419	-0.4428	-0.5339	-0.1438
<i>F. gran</i>	0.1167	-0.3188	-0.3157	-0.0681	0.1370	-0.3713	-0.5420	-0.7200	-0.1731
<i>F. pol</i>	0.4334	-0.3484	-0.3512	0.3527	-0.8203*	-0.4669	0.2649	0.0848	-0.3979
<i>G. yuc</i>	-0.2412	0.2670	0.2567	0.3902	0.6347	0.7627	0.5378	0.4818	0.6509
<i>J. pul</i>	-0.2588	0.1667	0.1578	0.2536	0.7632	0.5854	0.2578	0.1246	0.5678
<i>M. tri</i>	-0.1560	0.0641	0.0521	-0.1545	-0.4396	-0.2788	0.5826	0.4479	-0.3359
<i>M. uro</i>	0.2621	-0.8156*	-0.8095	0.0820	-0.1071	-0.7174	-0.9536*	-0.9550*	-0.6373
<i>P. vel</i>	-0.1568	0.2443	0.2354	0.4621	0.5760	0.7655	0.5290	0.4661	0.6728

8.4.1.2.- Nortes

Los ejes 1 y 2 del RDA realizado con base en las abundancias de especies y variables hidrológicas para el humedal de Pso, indican que cuentan con el 99% de la variabilidad explicada (Tabla 9). El biplot realizado indica de acuerdo con la longitud del vector, que el amoniaco (eje 1, $r = 0.856$), el nitrito (eje 1, $r = 0.693$) y la temperatura (eje 2, $r = -0.877$), son las variables que muestran una mayor relación de las variables ambientales con la comunidad de peces (Figura 22).

Tabla 9.- Resultados del análisis de redundancia (RDA) de las especies con las variables ambientales del humedal de Progreso durante la temporada de nortes.

Ejes	1	2	3	4
Eigenvalores	0.762	0.228	0.009	0.001
Correlación especies-ambiente	1.000	1.000	1.000	1.000
Porcentaje de varianza acumulada				
Especies	76.2	99.0	99.9	100.0
Relación especie-ambiente	76.2	99.0	99.9	100.0

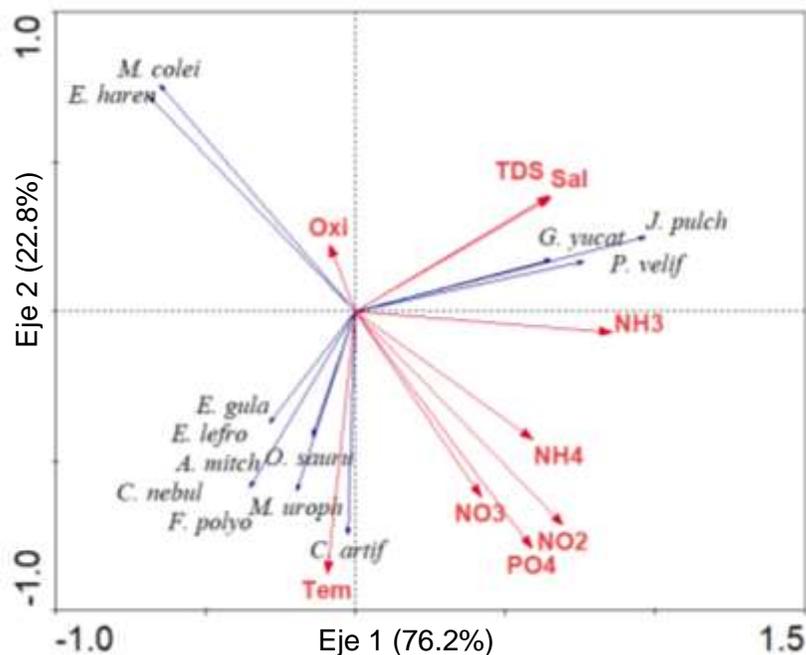


Figura 22.- Biplot del análisis de redundancia (RDA) basado en la abundancia de las especies del humedal de Progreso durante la temporada de nortes con las variables ambientales, las cuales están representadas por flechas rojas, las flechas azules representan a cada una de las especies encontradas.

El RDA realizado para la temporada de nortes en Pso, mostró que *M. colei* y *E. harengulus* se ven relacionados positivamente con las altas concentraciones de oxígeno en el sistema y de manera inversa van a estar relacionados con las concentraciones de nutrientes. Se observó que *G. yucatanana*, *P. velífera* y *J. pulchra*, están relacionadas de manera positiva con la salinidad, TDS y amoníaco, mientras que *E. gula*, *E. lefroyi*, *A. mitchilli*, *O. saurus*, *C. nebulosus*, *F. polyommus* y *C. artifrons* se vieron relacionados con la temperatura (Figura 22).

Eucinostomus harengulus tuvo una correlación negativa con el nitrito y los fosfatos. *Floridichthys polyommus* presentó una correlación positiva con la temperatura, esto mismo se observó en *G. yucatanana* y *P. velífera* con los TDS, la salinidad y el amoníaco. Por otro lado, *M. colei* tuvo una correlación negativa con las variables de nitritos y fosfatos (Tabla 10).

Tabla 10.- Correlación de Spearman de las variables hidrológicas y las especies abundantes del humedal de Progreso durante la temporada de nortes. Se muestran con * las variables que tuvieron al menos una correlación significativa $p < 0.05$.

Especie	Temp	TDS	Sal	Oxi	NH4	NO2	NO3	PO4	NH3
<i>A. mit</i>	0.2775	-0.4373	-0.4408	-0.2448	0.0730	0.2403	0.1648	0.1017	-0.1513
<i>C. art</i>	0.7614	-0.5992	-0.6071	0.0788	0.0297	0.5544	0.2412	0.4774	-0.1348
<i>C. neb</i>	0.2775	-0.4373	-0.4408	-0.2448	0.0730	0.2403	0.1648	0.1017	-0.1513
<i>E. gul</i>	0.7083	-0.1873	-0.1966	0.6639	-0.1482	0.1092	-0.3688	0.1809	-0.0883
<i>E. har</i>	-0.5234	-0.1583	-0.1529	0.3072	-0.7304	-0.9851*	-0.7905	-0.9668*	-0.6236
<i>E. lef</i>	0.7083	-0.1873	-0.1966	0.6639	-0.1482	0.1092	-0.3688	0.1809	-0.0883
<i>F. pol</i>	0.8266*	-0.4249	-0.4357	0.4885	-0.0987	0.2394	-0.2551	0.2286	-0.1693
<i>G. yuc</i>	-0.3931	0.9578*	0.9580*	-0.3828	0.8047	0.3258	0.3073	0.2820	0.8990*
<i>J. pul</i>	-0.3083	0.7157	0.7142	-0.0247	0.4575	0.4927	0.2520	0.3722	0.8037
<i>M. col</i>	-0.6034	-0.1376	-0.1311	0.2275	-0.7103	-0.9937*	-0.7440	-0.9844*	-0.6118
<i>M. uro</i>	0.3574	-0.6094	-0.6093	-0.4823	0.1000	0.2927	0.4842	0.2569	-0.2903
<i>O. sau</i>	0.2775	-0.4373	-0.4408	-0.2448	0.0730	0.2403	0.1648	0.1017	-0.1513
<i>P. vel</i>	-0.2626	0.9660*	0.9633*	-0.1170	0.7298	0.4196	0.1944	0.3588	0.9553*

8.4.1.3.- Secas

Los resultados del RDA realizado para el humedal de Pso durante la temporada de secas mostraron que los dos primeros ejes cuentan con el 98.6% de la variabilidad explicada, entre las abundancias de la comunidad de peces y las variables hidrológicas (Figura 23). La longitud del vector indicó que el oxígeno (eje 2, $r = 0.435$) y la salinidad (eje 2, $r = 0.8202$) son las variables hidrológicas que mas influyen en la distribución de los peces en el humedal de Progreso (Figura 23).

Tabla 11.- Resultados del análisis de redundancia (RDA) de las especies con las variables ambientales del humedal de Progreso durante la temporada de secas

Ejes	1	2	3	4
Eigenvalores	0.952	0.034	0.012	0.002
Correlación especies-ambiente	1.000	1.000	1.000	1.000
Porcentaje de varianza acumulada				
Especies	95.2	98.6	99.8	100.0
Relación especie-ambiente	95.2	98.6	99.8	100.0

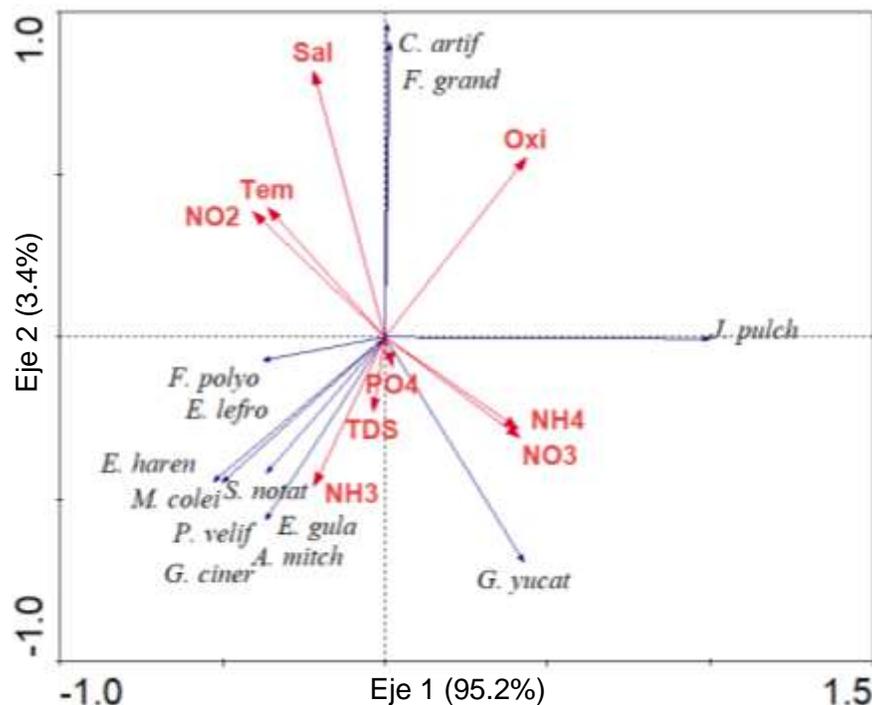


Figura 23.- Biplot del análisis de redundancia (RDA) basado en la abundancia de las especies con las variables ambientales del humedal de Progreso durante la temporada de secas. Las flechas azules representan a cada una de las especies encontradas mientras que las flechas rojas representan a las variables hidrológicas analizadas

En secas, el RDA mostró que *C. artifrons* y *F. grandissimus* están relacionados con la salinidad, el oxígeno, temperatura y nitrito, y de manera inversa con la concentración de TDS, amonio, amoníaco, nitratos y fosfatos. Los peces del componente marino como *M. colei*, *E. harengulus*, *E. gula*, *S. notata*, *G. cinereus*, *A. mitchilli*, *E. lefroyi* se vieron relacionados con la concentración de TDS, fosfatos y amoníaco, de manera inversa con el oxígeno y salinidad. *Gambusia yucatanana* se observó relacionada con el nitrato y el amonio y de manera inversa con el nitrito, salinidad y la temperatura.

En el humedal de Pso durante la temporada de secas, se observó que *E. harengulus* y *M. colei* presentaron una correlación negativa con el oxígeno, mientras que *G. yucatanana* lo hizo con la salinidad.

Tabla 12.- Correlación de Spearman de las variables hidrológicas y las especies abundantes del humedal de Progreso durante la temporada de secas. Se muestran con * las variables que tuvieron al menos una correlación significativa $p < 0.05$.

Especie	Temp	TDS	Sal	Oxi	NH4	NO2	NO3	PO4	NH3
A. mit	0.1954	-0.0126	-0.5130	-0.6555	-0.2098	0.3858	-0.3927	0.7025	0.6604
C. art	0.5485	-0.3533	0.7389	0.5785	-0.2896	0.5765	-0.4084	0.1711	-0.2757
E. gul	0.1954	-0.0126	-0.5130	-0.6555	-0.2098	0.3858	-0.3927	0.7025	0.6604
E. har	0.0138	0.1524	-0.5032	-0.8739*	-0.3581	0.1423	-0.3908	0.3650	0.4032
E. lef	-0.3991	0.3671	0.0079	-0.5041	-0.3359	-0.5319	-0.0065	-0.7327	-0.5549
F. gran	0.4908	-0.3061	0.5902	0.3757	-0.3844	0.5498	-0.4985	0.2641	-0.2568
F. pol	-0.3991	0.3671	0.0079	-0.5041	-0.3359	-0.5319	-0.0065	-0.7327	-0.5549
G. cin	0.1954	-0.0126	-0.5130	-0.6555	-0.2098	0.3858	-0.3927	0.7025	0.6604
G. yuc	-0.1546	-0.0590	-0.8329*	-0.2684	0.2458	-0.0593	0.0995	0.6200	0.5358
J. pul	-0.3604	-0.0383	-0.2255	0.4328	0.4104	-0.4041	0.4149	0.0285	-0.2133
M. col	0.0571	0.1162	-0.5150	-0.8385*	-0.3296	0.2027	-0.3986	0.4518	0.4717
P. vel	0.3890	-0.2363	-0.4885	-0.2934	-0.0116	0.5178	-0.2569	0.7373	0.8107
S. not	0.1954	-0.0126	-0.5130	-0.6555	-0.2098	0.3858	-0.3927	0.7025	0.6604

8.4.2.- Chicxulub

Se realizó un análisis de redundancia de las 9 variables medidas (salinidad, temperatura, oxígeno disuelto, TDS, nitritos, nitratos, amonio, amoniaco y fosfatos) basado en las abundancias de las especies registradas, los resultados indicaron que los ejes 1 y 2 cuentan con el 97.5% de la variabilidad explicada (Tabla 13). En la figura 24 se observa que de acuerdo a la longitud de los vectores, la temperatura (eje 1, $r = -0.74$), el oxígeno (eje 1, $r = -0.58$) y los TDS (eje 2 $r = 0.43$) son las variables que presentan una mayor relación sobre la comunidad de peces.

Tabla 13.- Resultados del análisis de redundancia (RDA) de las especies con las variables ambientales del humedal de Chicxulub.

Ejes	1	2	3	4
Eigenvalores	0.327	0.036	0.007	0.002
Correlación especies-ambiente	0.628	0.530	0.658	0.505
Porcentaje de varianza acumulada				
Especies	32.7	36.3	37	37.2
Relación especie-ambiente	87.8	97.5	99.2	99.9

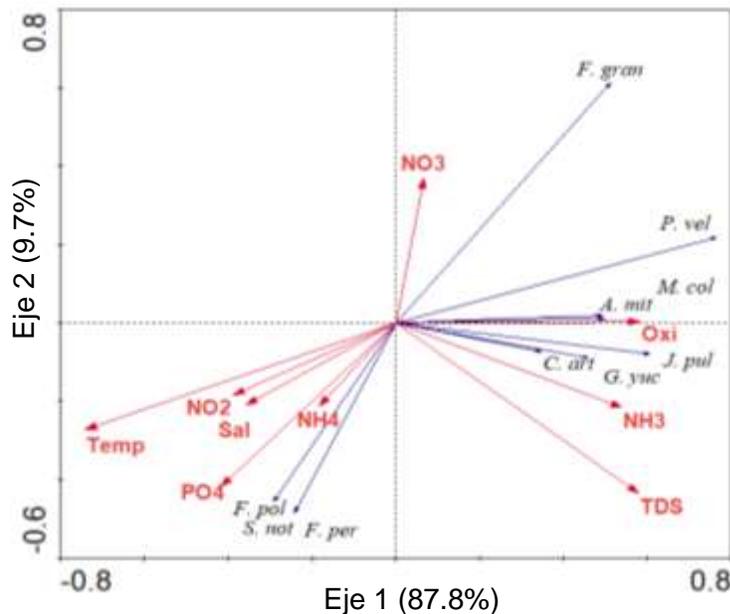


Figura 24.- Biplot del análisis de redundancia (RDA) basado en la abundancia de las especies del humedal de Chicxulub con las variables ambientales las cuales están representadas por flechas rojas, las flechas azules representan a las especies.

El humedal de Cxlb mostró en el biplot RDA que *A. mitchilli*, *M. colej*, *P. vellífera*, *J. pulchra*, *G. yucatan* y *C. artifrons* presentan una relación con la concentración de oxígeno, amoníaco y TDS, mientras que de manera inversa, presentaron relación con la temperatura, salinidad, amonio, fosfatos y nitritos. Por otro lado, *F. polyommus*, *S. notata* y *F. persimilis* se vieron correlacionados con los fosfatos, amonio, salinidad, nitrito y la temperatura (Figura 24).

El análisis de correlación de Spearman realizado para el humedal de Cxlb indicó una correlación positiva del oxígeno disuelto con *C. artifrons*.

Tabla 14.- Correlación de Spearman de las variables hidrológicas y las especies abundantes. Se muestran con * únicamente las que tuvieron al menos una correlación significativa $p < 0.05$.

Especie	Temp	TDS	Sal	Oxi	NH4	NO2	NO3	PO4	NH3
<i>A. mit</i>	-0.352	0.266	-0.170	0.269	-0.085	-0.183	0.152	-0.212	0.217
<i>C. art</i>	-0.270	0.189	-0.469	0.637*	-0.396	-0.487	0.147	-0.227	0.561
<i>F. gran</i>	-0.565	0.006	-0.329	0.299	-0.231	-0.327	0.280	-0.494	0.143
<i>F. per</i>	0.219	-0.118	-0.184	0.209	-0.183	-0.173	-0.096	0.074	0.358
<i>F. pol</i>	0.181	-0.215	-0.272	0.269	-0.247	-0.254	0.038	0.058	0.322
<i>G. yuc</i>	-0.285	0.304	-0.177	0.317	-0.108	-0.192	0.016	-0.173	0.341
<i>J. pul</i>	-0.435	0.377	-0.198	0.340	-0.088	-0.219	0.016	-0.230	0.336
<i>M. col</i>	-0.357	0.307	-0.171	0.305	-0.093	-0.187	0.021	-0.183	0.272
<i>P. vel</i>	-0.512	0.484	-0.251	0.483	-0.185	-0.283	0.036	-0.297	0.416
<i>S. not</i>	0.219	-0.118	-0.184	0.209	-0.183	-0.173	-0.096	0.074	0.358

8.4.2.1.- Lluvias

El RDA realizado para el humedal de Cxlb durante la temporada de lluvias mostró que los dos primeros ejes cuentan con el 100% de la variabilidad explicada (*Tabla 15*). Con base en el diagrama biplot realizado, se puede observar que el amonio (eje 1; $r = 0.85$), los TDS (eje 2, $r = 0.967$), la salinidad (eje 2; $r = 0.966$) y el oxígeno disuelto (eje 2; $r = 0.95$) son las variables que cuentan con la mayor relación sobre la comunidad de peces.

Tabla 15.- Resultados del análisis de redundancia (RDA) de las especies con las variables ambientales durante la temporada de lluvias del humedal de Chicxulub.

Ejes	1	2	3	4
Eigenvalores	0.955	0.045	0.000	0.000
Correlación especies-ambiente	1.000	1.000	0.000	0.000
Porcentaje de varianza acumulada				
Especies	95.5	100.0	0.0	0.0
Relación especie-ambiente	95.5	100.0	0.0	0.0

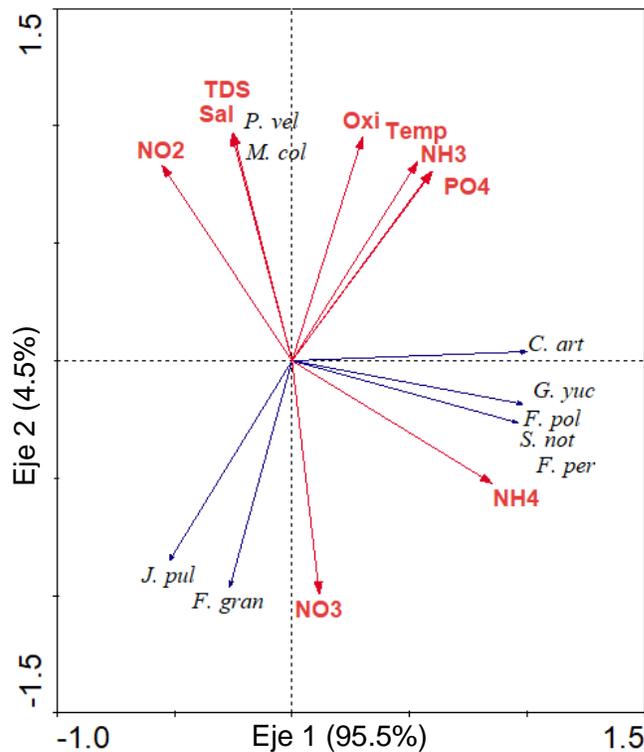


Figura 25.- Biplot del análisis de redundancia (RDA) basado en la abundancia de las especies del humedal de Chicxulub con las variables ambientales durante la temporada de lluvias. Las variables ambientales están representadas por flechas rojas, las flechas azules representan a las especies.

Durante las lluvias, el RDA mostró que *P. velífera* y *M. colei* presentan una distribución con respecto a la salinidad, TDS, oxígeno, temperatura y nutrientes como el nitrito, amoníaco y fosfatos, mientras que de manera inversa se vieron correlacionados *J. pulchra* y *F. grandissimus*. Las especies *C. artifrons*, *G. yucatanana*, *F. polyommus*, *S. notata* y *F. persimilis* se vieron relacionadas con la concentración de amonio (Figura 25).

La correlación de Spearman de los parámetros ambientales con la abundancia de las especies del humedal de Cxlb durante la temporada de lluvias mostró que *F. grandissimus* tiene una correlación negativa con el oxígeno disuelto. Por otro lado, *M. colei* y *P. velífera* presentaron una correlación positiva con los sólidos disueltos y la salinidad. Finalmente, en la Tabla 16 se puede observar que *J. pulchra* mostró una correlación negativa con la temperatura.

Tabla 16.- Correlación de Spearman de las variables hidrológicas y las especies abundantes del humedal de Chicxulub durante la temporada de lluvias. Se muestran con * únicamente las que tuvieron al menos una correlación significativa ($p < 0.05$).

Especie	Temp	TDS	Sal	Oxi	NH4	NO2	NO3	PO4	NH3
<i>C. art</i>	0.5655	-0.2139	-0.2199	0.3381	0.8312	-0.5219	0.0778	0.6228	0.6269
<i>F. gran</i>	-0.9574	-0.8660	-0.8629	-0.9993*	0.2778	-0.6547	0.9265	-0.9344	-0.9325
<i>F. per</i>	0.2889	-0.5000	-0.5053	0.0369	0.9606	-0.7559	0.3764	0.3563	0.3612
<i>F. pol</i>	0.3666	-0.4271	-0.4327	0.1189	0.9345	-0.6996	0.2990	0.4319	0.4367
<i>G. yuc</i>	0.2889	-0.5000	-0.5053	0.0369	0.9606	-0.7559	0.3764	0.3563	0.3612
<i>J. pul</i>	-0.9999*	-0.6934	-0.6889	-0.9704	0.0005	-0.4193	0.7857	-0.9965	-0.9961
<i>M. col</i>	0.6847	1.0000*	1.0000*	0.8470	-0.7209	0.9449	-0.9905	0.6311	0.6269
<i>P. vel</i>	0.6847	1.0000*	1.0000*	0.8470	-0.7209	0.9449	-0.9905	0.6311	0.6269
<i>S. not</i>	0.2889	-0.5000	-0.5053	0.0369	0.9606	-0.7559	0.3764	0.3563	0.3612

8.4.2.2.- Nortes

Durante la temporada de nortes, el RDA realizado para Cxlb mostró que los dos primeros ejes tienen el 98.9% de la variabilidad explicada. De acuerdo en la longitud del gradiente, el nitrato (eje 1; $r = 0.69$) y el amonio (eje 2; $r = 0.55$) son las variables ambientales que cuentan con la mayor relación sobre la comunidad de peces (*Tabla 17*)

Tabla 17.- Resultados del análisis de redundancia (RDA) de las especies con las variables ambientales durante la temporada de nortes del humedal de Chicxulub.

Ejes	1	2	3	4
Eigenvalores	0.909	0.080	0.009	0.002
Correlación especies-ambiente	1.000	1.000	1.000	1.000
Porcentaje de varianza acumulada				
Especies	90.9	98.9	99.7	100.0
Relación especie-ambiente	90.9	98.9	99.7	100.0

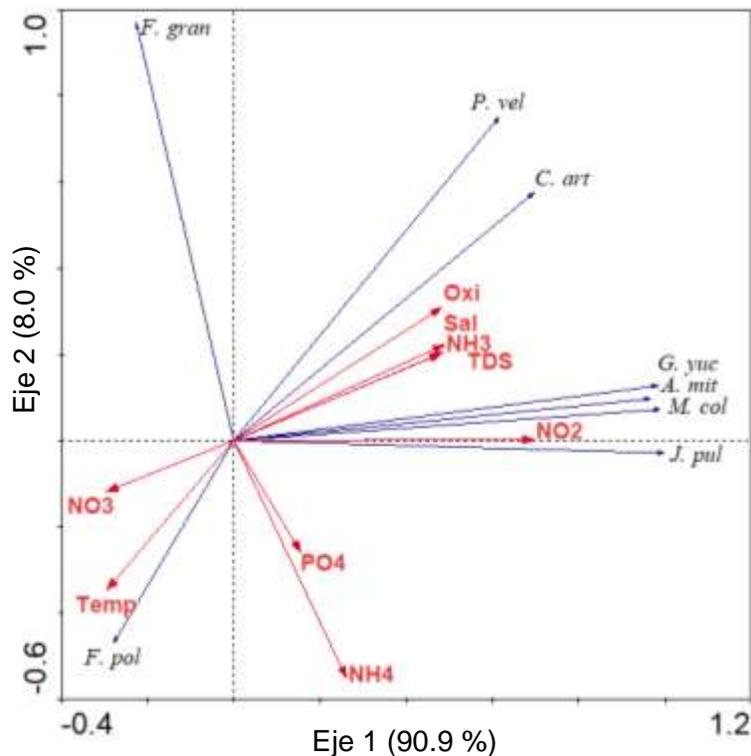


Figura 26.- Biplot del análisis de redundancia (RDA) basado en la abundancia de las especies del humedal de Chicxulub con las variables ambientales durante la temporada de nortes. Las variables ambientales están representadas por flechas rojas, las flechas azules representan las especies.

Durante la temporada de nortes, el RDA permitió ver que *P. velífera*, *C. artifrons*, *G. yucatanana*, *A. mitchilli*, *M. colei* y *J. pulchra* tienen una distribución con respecto al oxígeno, salinidad, TDS, amoníaco y nitrito. Por otro lado, *F. polyommus* se vió correlacionado con la temperatura y nitrato. Los fosfatos y amonio se vieron correlacionados de manera inversa con *F. grandissimus*.

La correlación de Spearman mostró una correlación de *F. polyommus* con la temperatura en el humedal de Cxlb durante la temporada de nortes (*Tabla 18*).

Tabla 18.- Correlación de Spearman de las variables hidrológicas y las especies abundantes del humedal de Chicxulub durante la temporada de lluvias. Se muestran con * únicamente las que tuvieron al menos una correlación significativa ($p < 0.05$).

	Temp	TDS	Sal	Oxi	NH4	NO2	NO3	PO4	NH3
A. mit	-0.1972	0.3635	0.3508	0.3593	0.1412	0.5303	-0.0692	0.0614	0.3104
C. art	-0.1718	0.4223	0.4127	0.5417	-0.2973	0.3858	-0.0718	0.2567	0.2568
F. gran	-0.3176	0.1115	0.0942	0.1778	-0.5532	-0.1391	-0.0751	-0.3565	0.1225
F. pol	0.8463*	-0.4904	-0.4673	-0.3422	-0.3127	-0.4774	0.4692	0.6001	-0.6897
G. yuc	-0.2719	0.4232	0.4134	0.4206	0.1538	0.6039	-0.1937	0.0485	0.4075
J. pul	-0.3381	0.5182	0.5139	0.4957	0.3241	0.7271	-0.3145	0.1431	0.5163
M. col	-0.1991	0.4116	0.4096	0.4410	0.1111	0.6190	-0.2540	0.1579	0.3990
P. vel	-0.5651	0.6541	0.6393	0.7108	-0.1341	0.5619	-0.3375	0.0619	0.5739

9.- Discusión

9.1.- Variación espacial de los parámetros ambientales

El humedal de Chicxulub (Cxlb) presentó altas concentraciones de sólidos disueltos y salinidad elevada, la temperatura fue mayor y el oxígeno fue bajo en comparación con lo encontrado para el humedal de Progreso (Pso).

La temperatura fue mayor en ambos humedales durante las lluvias y menor durante la temporada de nortes. Los frentes fríos acompañados de vientos y lluvia ocasionan la disminución de la temperatura ambiental y sobre el cuerpo de agua, además el aporte de agua incrementa el nivel de oxígeno y la suspensión de sólidos disueltos en la columna de agua (Ayala-Pérez *et al.*, 2003), tal como se observó en la figura 5 y 7 en los humedales de Pso y Cxlb, donde la concentración de sólidos disueltos fue mayor durante lluvias.

Cabe señalar que la salinidad fue alta en la temporada de secas, pero principalmente en lluvias alcanzó valores máximos de 152.51 ‰ en el humedal de Cxlb, descendiendo en la temporada de nortes a valores similares a lo reportado por Ayala-Pérez *et al.* (2003) y Muñoz-Rojas *et al.* (2013), donde la precipitación pluvial se retrasa y por lo tanto tarda en llegar a la costa.

En contraste, tanto en lluvias como en secas, la temperatura fue alta, estas condiciones hacen del humedal de Cxlb un ambiente hiperhalino, similar a lo encontrado por Teutli (2004) y Batlori-Sampedro *et al.*, (2006) . Además, la baja concentración de oxígeno disuelto hacen del cuerpo de agua un ambiente hipóxico, debido al aumento de la carga de nutrientes disueltos, la temperatura y la oxidación de materia orgánica (Herrera-Silveira, *et al.*, 2004).

Por otro lado, en el humedal de Pso, la salinidad fue más alta durante la temporada de sequías. Así mismo, el oxígeno presentó su mayor valor en esta época, dado la constante insolación y evaporación que se da durante esta época. En Pso, la salinidad no fue tan alta en comparación con la obtenida en Cxlb, esto probablemente se deba al aporte de agua proveniente de la Laguna de Chelem (Arceo-Carranza *et al.*, 2016) o a filtración de agua subterráneas (Herrera-Silveira *et al.*, 2002) es por ello que se mantiene en un promedio de 37.54 ‰. Además el alto contenido de oxígeno durante la temporada de secas nos indica

un aporte de agua oxigenada que proviene de la Laguna de Chelem y filtraciones de agua subterránea, lo que incrementa el valor de éste parámetro en el cuerpo de agua.

De acuerdo con Herrera-Silveira *et al.* (2004), los nutrientes sirven como indicadores de impactos antropogénicos, además la carga de éstos se da mediante la filtración de agua incrementando su concentración durante épocas de veraneo (Troccoli, 2001; Herrera-Silveira *et al.*, 2002).

Con base en los criterios ecológicos de la Comisión Nacional del Agua utilizados en México (DOF, 1985) y a lo encontrado por Herrera-Silveira *et al.*, 2004. Los humedales de Pso y Cxlb son clasificados con calidad pobre para la vida acuática. Los valores de referencia para nitrito ($0.14 \mu\text{M}$), nitrato ($2.86 \mu\text{M}$), amonio ($0.71 \mu\text{M}$) y fosfatos ($0.2 \mu\text{M}$) son menores en comparación a los obtenidos para cada humedal.

De manera espacial y temporal, la concentración promedio de amoníaco presente en ambos humedales esta por debajo de la concentración tóxica para organismos marinos ($16.44 \mu\text{M}$) (USEPA, 1989).

Herrera-Silveira y colaboradores (2004) mencionaron que los criterios de la calidad del agua en México resultan ser inapropiados, ya que generalizan a las aguas del Golfo de México, Caribe y mares del Pacífico, teniendo características hidrológicas totalmente distintas, suponiendo que las actividades humanas son homogéneas, además deberían revisarse los criterios de referencia de acuerdo con las características de cada sitio.

9.2 Estructura de la comunidad íctica

Se tienen registradas 563 especies de peces en sistemas lagunares-estuarinos de México (Castro-Aguirre *et al.*, 1999). En Yucatán se han registrado cerca de 154 especies que habitan en las reservas y áreas protegidas de Celestún, Dzilam y Ría Lagartos, así como en ciénegas de Progreso, Sinanché, Yobaín y Chelem (Vega-Cendejas & Hernández de Santillana, 2010).

La riqueza de especies fue mayor en el humedal de Progreso (18) que en Chicxulub (11) (*Tabla 1 y 2*). Pso posee mayor riqueza de especies comparada con la encontrada por Arceo-Carranza y colaboradores (2016), en donde registraron 12 especies. Estudios previos realizados en zonas aledañas han reportado una riqueza menor a la registrada para el humedal de Pso; por ejemplo, Ordóñez-López *et al.* (2013) encuentra 12 especies para Chuburná y 5 para Yucalpetén, Arceo-Carranza *et al.*, (2016) reportan 13 especies para Yucalpetén. Por el contrario, Chumba-Segura *et al.* (2015) mencionan que para ciénegas se han registrado alrededor de 19 especies de peces y para lagunas costeras se tiene un registro de 90 especies, Leal *et al.*, (2008) reporta 36 especies de peces para la Laguna de Chabihau y Vargas & Vega-Cendejas (2010) encontraron 53 especies para la Laguna de Chelem.

Los pecílidos fueron los organismos más abundantes para ambos humedales, aunque se registraron más para Pso. Dentro de esta familia se distingue a *G. yucatanana* como la especie más abundante en ambos sistemas, esto concuerda con lo reportado por Arceo-Carranza y colaboradores (2016). Además esta especie es endémica de la Península de Yucatán y presenta una amplia distribución en los humedales dulceacuícolas, salobres, marinos e hiperhalinos de la región. *Poecilia velifera* se encuentra en la Norma Oficial Mexicana (NOM-059) sujeta a protección especial (Semarnat, 2002), y tiene una amplia distribución en la península desde cenotes costeros en Quintana Roo hasta ambientes salobres en la costa norte de Yucatán, como Progreso, la laguna de Términos, Campeche, etc. (Schmitter-Soto, 1998).

La diversidad y la equidad de especies son mayores para el humedal de Pso, esto se debe a que la boca de comunicación con el mar se encuentra más cerca de Progreso que de Chicxulub, por lo tanto, el sitio presenta condiciones marinas mientras que el humedal de Cxlb presenta condiciones hipersalinas e hipóxicas, además de una menor profundidad. En este sentido, la presencia de especies del componente marino incrementan la diversidad del sitio. De acuerdo con Simier *et al.*, (2004), la diversidad se ve influenciada por la

comunicación que tiene el estuario con el mar, las infiltraciones de agua dulce, además de la disponibilidad de hábitats como praderas de pastos, manglares, marismas, etc., todo esto se refleja en la colonización de éstos hábitats por diferentes especies de peces.

Durante el periodo de lluvias la diversidad fue más alta, debido a un aporte significativo de agua cargada de nutrientes y materia orgánica estimulando a las cadenas tróficas por la alta disponibilidad de recursos tróficos, lo que se traduce en el ingreso de especies al sistema para aprovechar estas fuentes de alimentación (Castillo-Rivera et al. 1994, 2003), tal como se observa en el número de presas consumidas por *G. yucatanana*, que durante esta temporada presentó más variedad.

De acuerdo a la categoría ecológica utilizada (Arceo-Carranza & Vega-Cendejas, 2009), las especies marino eurihalinas se distribuyeron principalmente en el sitio 3 del humedal de Pso y estas representaron el 14% de la abundancia de todo el humedal. Mientras que las especies estuarinas, con abundancias importantes en Pso, se registraron principalmente en el sitio 1 y 2, principalmente durante la temporada de secas donde únicamente se encontraron algunos ejemplares de *C. artifrons* en el humedal de Cxlb.

Las especies estuarinas representan el 86% de la abundancia total (*Figura 11*). El sitio 3, por su mayor cercanía al estero de Yucalpetén y a la Laguna de Chelem, permite el tránsito de los peces marinos a la ciénega de Progreso. Además, este sitio presentó características marinas en cuanto a salinidad, temperatura y buena concentración de oxígeno en comparación con Cxlb, si bien, es conocido que hay diversas variables ambientales, que influyen sobre el desplazamiento y diversidad de los peces (Thiel, et al., 1995; Fraser, 1997; Díaz-Ruiz et al., 2012), éstas pudieron influir en que se encontraran peces marinos durante la mayoría de las temporadas climáticas en Pso aunque en abundancias más bajas.

Lo anterior se confirma con lo observado en el sitio 1 del humedal de Cxlb, donde se presentó una abundancia considerable de especies marino eurihalinas (*Figura 11*), probablemente se deba a su cercanía al sitio 3 de Pso. Además estas abundancias se presentaron durante la temporada de nortes similar a lo encontrado en Dzilam y Xel-Há (Arceo-Carranza & Vega-Cendejas, 2009; Aldana et al., 2016), época en la cual se ha reportado que especies marinas utilizan los humedales costeros como zonas de refugio (Gallardo Torres et al., 2012; Arceo-Carranza et al., 2016), ya que es donde el cuerpo de agua no presenta condiciones hiperhalinas y mantiene adecuadas concentraciones de oxígeno para ese sitio (*Figura 7*), lo que probablemente permitiría el desplazamiento hasta esa zona de algunas especies marinas.

Dentro de las especies registradas se tienen algunas de importancia comercial como, *A. mitchilli*, *M. curema*, *E. gula*, y *C. nebulosus* (Arceo-Carranza & Vega-Cendejas, 2009), y algunas otras marinas eurihalinas como, *E. harengulus*, *E. lefroyi*, *G. cinereus*, *E. saurus*, *S. notata*, y *O. saurus*, considerados organismos migratorios que utilizan los humedales para pasar una parte o todo su ciclo de vida en ellos (Vega-Cendejas, 2004; Gallardo-Torres, *et al.*, 2012).

De acuerdo con el IVI, *F. grandissimus* fue la especie dominante en el humedal de Cxlb, mientras que *G. yucatanana* fue la dominante en Pso. Temporalmente, durante los nortes *F. grandissimus* fue la dominante en Cxlb, mientras que en secas y en lluvias la dominancia fue de *C. artifrons*, cabe señalar que durante secas, únicamente se encontraron algunos ejemplares de *C. artifrons*, esto explica que la dominancia que tuvo durante esta temporada puede atribuirse a su tolerancia a las condiciones extremas de salinidad, temperatura y oxígeno disuelto (Anexo 4).

Es bien conocida la capacidad que tiene *C. artifrons* para vivir en ambientes acuáticos con niveles de salinidad superiores a 100 ‰ y con bajas concentraciones de oxígeno disuelto, esto les da una ventaja para aprovechar los recursos alimenticios de esta manera y evitar la competencia (Vega-Cendejas & Hernández-Santillana, 2004; Vega-Cendejas & Hernández-de Santillana, 2014), lo anterior puede explicar la dominancia que presenta durante las temporadas de lluvias y secas, en donde se registraron altas salinidades.

En el humedal de Pso hubo dominancia por parte de *G. yucatanana* y *M. colei* durante la temporada de nortes. En secas y lluvias la dominancia fue mayor para *G. yucatanana* y *P. velífera*. La alta dominancia y abundancia de *G. yucatanana* concuerda con lo encontrado por Arceo-Carranza *et al.* (2016) para el sitio de Progreso.

Se conoce bien la capacidad que tienen algunos pecílidos de vivir desde ambientes marinos a dulceacuícolas y *G. yucatanana* es la especie más eurihalina dentro de su género (Miller, *et al.*, 2005), pues se ha reportado que tolera salinidades de al menos 34-37 (Carter, 1981; Chumba-Segura, 1985). De acuerdo con el estudio de Torres-Castro *et al.*, (2009), *G. yucatanana* prefirió ambientes de bajas salinidades inclusive por debajo de <2‰, lo que permite inferir que la alta salinidad que presenta el humedal de Chicxulub funge como barrera en la distribución de esta especie y de algunas otras.

Lo anterior se puede observar en la *Figura 14*, en donde *G. yucatanana* es la segunda especie dominante de acuerdo al IVI en Cxlb durante la temporada de nortes, en la cual su contribución fue de 19%, disminuyendo totalmente para la temporada de secas y

reapareciendo durante lluvias, aunque con un porcentaje menor (5.70%IVI), esto quizá en la búsqueda de recursos alimenticios.

9.3 Composición alimentaria

La variación hidrológica en los humedales provocada por la estacionalidad puede ocasionar cambios importantes en las fuentes de alimento, modificando de esta forma la dieta de los peces, haciendo que compartan los mismos recursos o cambiando sus hábitos alimenticios usando más y distintas presas (Hahn *et al.*, 2004; Pouilly *et al.*, 2006; Silva *et al.*, 2012).

Para el humedal de Pso los únicos organismos que no se pudieron procesar debido al bajo número de captura fueron *E. saurus*, *E. lefroyi* y *M. trichodon*, sin embargo, *E. saurus* es considerado un organismo del tercer orden, carnívoro y cuya alimentación se basa principalmente en peces y camarones (Cervigón, 1980; Santos-Martínez & Arboleda, 1993).

Por otro lado, los guérridos son peces importantes en la pesca comercial y artesanal (Figueiredo & Menezes, 1980). Estos peces son organismos bentófagos que con su boca protáctil ingieren sustratos blandos y arenosos con el propósito de consumir invertebrados béticos (Arenas-Granados & Acero, 1992; Nelson, 2006). *Eucinostomus lefroyi* se alimenta de poliquetos, copépodos, cirrípedios y de algunos insectos (Teixeira & Helmer, 1997). Se distribuye desde el oeste del Atlántico hasta Brasil (Fraser & Gilmore, 2015) y para México se tienen datos de su presencia en Laguna Madre, Tamaulipas, en el sistema Tuxpan-Tampamachoco y Laguna de Sontecomapan en Veracruz y en Campeche en la laguna de Términos (Castro-Aguirre *et al.*, 1999).

Los mugílidos son organismos importantes desde el punto de vista comercial, tanto en pesquerías como en la piscicultura extensiva y semi-intensiva (Hotos & Vlahos, 1998). La familia Mugilidae cuenta con una gran plasticidad ecológica lo que le permite consumir alimentos como detritus, algas, crustáceos, moluscos, e insectos (Fernández-Delgado *et al.*, 2000; Cardona, 2001). En particular, *M. trichodon* es un organismo bentófago que se alimenta de algas bentónicas y detritus (González-Sansón & Álvarez-Lajonchère, 1978).

En el humedal de Pso el espectro trófico de *C. artifrons*, se basa principalmente en el consumo de detritus y como segundo componente se encuentran las diatomeas del género *Navícula* y *Nitzschia* (Anexo 3). Para Cxlb, *C. artifrons* se alimenta igualmente de detritus

y diatomeas de los géneros *Nitzchia* y *Navicula* (*Tabla 4, Anexo 4*). Estos resultados concuerdan con lo mencionado por Miller y colaboradores (2005) para *C. artifrons*, donde se menciona que este pez se alimenta principalmente de detritus y algas.

A lo largo del año, se logró observar que *C. artifrons* se alimenta principalmente de detritus en ambos humedales, siendo las diatomeas el segundo componente consumido por este organismo (*Figuras 15 y 18*). En un estudio realizado por Horstkotte & Strecker (2005) se hace mención que el detritus es parte importante de la alimentación de las especies del género *Cyprinodon*, lo que concuerda con lo encontrado en este estudio así mismo Strecker (2006) encuentra que dentro la fauna nativa en la Laguna Chichancanab, las especies del género *Cyprinodon* se alimentan de los sedimentos del fondo y que al menos una especie se basa exclusivamente en sedimentos (*C. beltrani*).

Durante el final de lluvias e inicio de nortes se observó un incremento en el consumo de diatomeas en ambos sistemas (*Figura 15 y 18*). Herrera-Silveira & Díaz-Arce (1999) mencionan que durante lluvias el incremento de nutrientes como nitratos y sílice así como baja salinidad, favorece la presencia de bacillarofitas, esto concuerda con lo encontrado donde los niveles de nitratos fueron mayores para lluvias y nortes, la salinidad promedio encontrada fue de 35.38‰ para Progreso y en Chicxulub de 44.1‰ durante nortes.

Durante nortes y lluvias, se encontró la presencia de mas grupos tróficos como copépodos calanoideos y ciclopoideos, asi como dinoflagelados, foraminíferos, rotíferos y algunos huevecillos de peces. Durante estas temporadas se encontró una mayor variedad de componentes tróficos en ambos humedales en comparación con la temporada de secas, esto se debe al aporte de materia orgánica y nutrientes al sistema durante lluvias, por lo tanto la estacionalidad podría aumentar las variaciones de presas en el sistema como resultado de la entrada y aporte de agua (Castillo-Rivera *et al.*,1994; Silva *et al.*,2012).

Además, durante el mes de abril en temporada de secas, no se lograron capturar organismos, es por ello que no se tienen datos de alimentación para *C. artifrons*. Sin embargo, para mayo, los tractos digestivos procesados mostraron que este organismo se alimenta de diatomeas y quirónomidos, la ausencia de ejemplares en el mes de julio no permitió evaluar la alimentación de *C. artifrons*.

Gambusia yucatanana durante la temporada de lluvias en Pso, consumió principalmente copépodos. En Cxlb se observó el mismo patrón, siendo en nortes la temporada dónde las diatomeas fueron el alimento principal.

Por otro lado, durante secas en Pso, se encontró la presencia de insectos, larvas de peces (*G. yucatanana*) y huevecillos, aunque su consumo de peces comenzó desde enero durante los nortes, esta continuó en una menor cantidad durante la temporada de secas en el humedal de Pso. En Cxlb durante la misma temporada climática, no se lograron capturar organismos principalmente durante el mes de abril, ya que las condiciones no permitieron encontrar organismos en el cuerpo de agua, en mayo se logró observar la presencia de copépodos y diatomeas como alimentos principales.

La presencia de insectos (colémbolos, hemípteros, coleópteros y hormigas) cercano a la temporada de secas en Pso y Cxlb hace pensar que la disponibilidad de recursos disminuyó y que *G. yucatanana* comenzó a ingerir presas que caían o se encontraban cerca del cuerpo de agua. El consumo de algas, insectos y peces ya ha sido reportado en otro trabajo (Hinojosa-Garro *et al.*, 2013), además se menciona que gracias a las adaptaciones fisiológicas con las que cuenta la familia Poeciliidae, es que logran explotar distintos recursos alimenticios (Gibb *et al.*, 2008; Miller, 2009).

La alimentación de *Poecilia velifera* en Pso se baso principalmente en detritus y diatomeas a lo largo del año. En Cxlb, esta especie se alimentó principalmente de detritus y diatomeas. Schmitter-Soto, (1998) menciona que *P. velifera* es omnívora pero que predomina la materia vegetal en su alimentación. Hinojosa-Garro *et al.* (2013) encontraron como alimento

principal detritus y agrupa a esta especie como un organismo detrívoro-hervívoro, Froese & Pauly (2019) mencionan que esta especie es omnívora pero puede alimentarse de zoobentos y materia de origen vegetal en forma de detritus. En este estudio se puede observar que *P. velifera* es omnívoro, cuya alimentación se basa principalmente de detritus y diatomeas.

En el humedal de Pso, *F. polyommus* consume preferentemente diatomeas. Poot-Salazar *et al.*, (2005) encontraron que *F. polyommus* para la Laguna de Chelem se alimenta principalmente de fitoplancton, además encontraron 80 componentes alimenticios en esta laguna y 126 componentes alimenticios en la Laguna de Puerto Viejo. Para este estudio se encontraron 22 componentes alimenticios (Anexo 1). Schmitter-Soto, (1998) menciona que *F. polyommus* se alimenta de detritus, copépodos, anfípodos y algas; los peces tienen una gran plasticidad trófica en relación con la disponibilidad de alimento, requerimientos fisiológicos y nutricionales (Wootton, 1990).

En el humedal de Cxlb, *F. polyommus* se alimentó principalmente de copépodos (65% IIR), esto es similar a lo encontrado por Poot-Salazar *et al.*, (2005) en Laguna Puerto Viejo y en la Laguna de Chelem. Así mismo, Vega-Cendejas *et al.*, (2000) cataloga a esta especie como consumidor de microcustráceos.

Jordanella pulchra se alimentó principalmente de detritus y diatomeas en el humedal. Hinojosa-Garro *et al.*, (2013) encontraron que *J. pulchra* consume principalmente detritus y algunos dípteros. En este estudio la alimentación de este organismo se basó en diatomeas del género *Navicula*, cianofitas y copépodos. Vega-Cendejas & Arreguín-Sánchez, (2001) agrupan a esta especie en la Laguna de Celestún como alimentadora de microcrustáceos y fitoplancton.

Los peces son importantes dentro de los humedales costeros debido a la capacidad que tienen de transferir la energía a niveles tróficos más altos mediante el consumo de detritus y consumidores primarios (Yáñez-Arancibia & Nugent, 1977; Ramírez-Villarreal, 1994), si bien Poot-Salazar *et al.* (2005) mencionan que especies de la familia Cyprinodontidae no tienen importancia comercial, estos organismos son fundamentales en la transformación y transferencia de energía hacia los niveles tróficos más altos (Vega-Cendejas, 1998), debido a su considerable consumo de detritus y materia vegetal, además, *G. yucatanensis* y *P. velifera* son especies importantes en las cadenas tróficas ya que son recurso alimenticio para peces más grandes y como control de plagas (Chumba-Segura, 1985; Ramo & Busto, 1993).

De acuerdo con Elliot *et al.*, (2007), mencionan que existen siete gremios alimenticios en peces estuarinos, dentro de ellos los zooplanctívoros incluyen especies que se alimentan de pequeños crustáceos (Copépodos) en la columna de agua, dentro de los peces que entran en dicha categoría se encuentran *A. mitchilli* y *M. colei*. Ayala-Pérez *et al.*, (1997) coloca a *A. mitchilli* como consumidor de primer orden que se alimenta principalmente de materia orgánica, crustáceos, copépodos y diatomeas. Vega-Cendejas & Arreguín-Sánchez (2001) ubican a *A. mitchilli* como consumidora de microcrustáceos y fitoplancton, al igual que *M. colei*. Estos resultados coinciden con lo encontrado en este trabajo, en donde los copépodos son el alimento preferencial registrado en los análisis de contenido estomacal para ambos humedales.

Dentro de los peces piscívoros se tiene a *C. nebulosus*, *F. grandissimus*, *M. urophthalmus*, *O. saurus* y *S. notata*. De acuerdo con Elliot *et al.* (2007) las especies piscívoras se alimentan principalmente de peces aunque pueden incluir en su dieta macrocrustáceos y cefalópodos. Según McMichael Jr & Peters (1989), larvas de 8-15 mm (LS) de *C. nebulosus* se alimentan de copépodos y peces. En este estudio se logró identificar larvas de *G. yucatanana* como presas de este organismo.

Oligoplites saurus se considera como una especie ictiófaga en humedales de Yucatan (Arceo & Chiappa, 2015). Además se ha reportado como especie zooplanctívora durante temporada de secas y piscívora durante las lluvias (Ramos-Campos *et al.*, 2015). También se alimentan de peces y crustáceos (Froese & Pauly, 2019), aunque se ha hecho mención de su comportamiento lepidófago (Sazima & Uieda, 1980).

Strongylura notata mostró un comportamiento piscívoro tanto en el humedal de Pso como en el de Cxlb. Se logró identificar a *C. artifrons* como parte de su alimentación, además de gusanos poliquetos y hormigas. Esto concuerda con lo encontrado por Arceo-Carranza *et al.*, (2004) quien reporta 29 presas encontradas para la Laguna de Alvarado, Veracruz, en donde logró identificar peces, poliquetos, avispas y camarones peneidos como las presas más dominantes.

Mayaheros urophthalmus es catalogada como omnívora (Schmitter-Soto, 1998) que incluye en su dieta detritus, crustáceos, plantas y peces de la familia Poeciliidae y Characidae, además de moluscos poliquetos y esponjas. Hinojosa-Garro *et al.* (2013) menciona que esta especie es de hábitos detritívoros/omnívoros. Sin embargo, en este estudio se encontró que se alimenta principalmente de peces (*C. artifrons*). Esto concuerda con lo reportado

por Bergmann (2002), donde menciona que *M. urophthalmus* se alimenta principalmente de peces en ambientes dulceacuícolas y aguas salobres.

Fundulus grandissimus se alimenta principalmente de peces, aunque en el presente trabajo sólo se registró *C. artifrons* como presa. Otros autores han reportado a *C. artifrons*, *J. pulchra*, *G. yucatanana*, *M. colei* y *P. mexicana* como parte de su dieta (Álvarez-Fuentes, 2016).

Las especies zoobentívoras son aquellas que se alimentan de organismos que viven en el sedimento, sobre él o en la interfase agua-sedimento (Elliot *et al.*, 2007). Dentro de las especies procesadas que mostraron un comportamiento zoobentívoro están los peces de la familia Gerridae, *E. gula*, *E. harengulus* y *G. cinereus*. Las dos primeras mostraron como alimento principal microcrustáceos, anfípodos del género *Corophium* y *Tanaidacea*, mientras que *G. cinereus* mostró una alimentación basada principalmente de moluscos.

Vega-Cendejas & Arreguín-Sánchez (2001) colocan a *E. gula* como un bentófago. Arceo-Carranza (2010) encuentra que *E. gula* se alimenta principalmente de organismos de la familia *Corophiidae* y Chi-Espínola *et al.* (2018) menciona que *E. harengulus* y *E. gula* se alimentan principalmente de poliquetos, anfípodos y tanaidáceos.

Los moluscos encontrados en el estómago de *G. cinereus* se encontraban bastante digeridos y las conchas destrozadas por los procesos de digestión. Sin embargo se pudo observar que eran en su mayoría bivalvos y gastrópodos, esto concuerda con lo encontrado por Chávez-Comparán & Hamann (1989) quienes menciona que *G. cinereus* muestra un comportamiento omnívoro y que además de detritus, este organismo consume principalmente gastrópodos, cirrípedos y anfípodos.

Dentro de la red trófica de la ciénega de Pso podemos encontrar especies de niveles tróficos bajos como consumidores de primer orden, ya que se alimentan de detritus y microalgas (*C. artifrons*, *F. polyommus*, *J. pulchra*, *G. yucatanana*, *P. velífera*, *M. trichodon*), consumidores de segundo orden en donde podemos ubicar a aquellos zoobentívoros y consumidores de copépodos, insectos y bivalvos (*A. mitchilli*, *E. harengulus*, *M. colei*, *E. gula*, *E. lefroyi*) y aquellos de tercer orden que funcionan en este ecosistema como depredadores, en donde encontramos los que se alimentan casi o exclusivamente de peces (*C. nebulosus*, *F. grandissimus*, *O. saurus*, *E. saurus*). En este sentido podemos identificar una red trófica funcional para los humedales de Progreso y Chicxulub.

Sin embargo, en Cxlb los peces íctiofagos únicamente se encontraron en lluvias y nortes, particularmente durante los meses en que la salinidad y temperatura no eran tan altas (septiembre, noviembre y enero), en comparación con Pso donde estos organismos fueron encontrados al menos una vez por temporada climática.

Es bien sabido que los peces responden a cambios inducidos en su medio, ya sea por factores como actividades antropogénicas, descargas de aguas residuales, acidificación del agua o a las variables fisicoquímicas como oxígeno, salinidad, temperatura, nitratos, etc., que tienen un efecto en la distribución de la comunidad íctica, así como en su estructura trófica, abundancia y diversidad (Gratwicke & Speig, 2005; Rossi, Nagelkerken *et al.*, 2016; Palacios *et al.*, 2019). Aunado a esto, la ausencia o presencia de organismos carnívoros y el incremento de organismos omnívoros nos puede indicar la calidad de un ambiente (Karr, 1981; Velázquez-Velázquez & Vega-Cendejas, 2004).

La ciénega de Cxlb, durante la temporada de secas e inicio de lluvias, no cuenta con la calidad necesaria para sostener una red trófica funcional, tanto por los impactos antrópicos y condiciones hidrológicas. Además la presencia de microfibras plásticas dentro del tracto digestivo de *C. artifrons*, *F. polyommus*, y *J. pulchra* reflejan el impacto de las actividades humanas como la pesca, asentamientos humanos, rellenos insalubres de la ciénega con residuos sólidos y basura (Batllori *et al.*, 2006), lo cual está teniendo un alcance hasta la ciénega de Pso, y esto se refleja en la presencia de microfibras de plástico encontradas en los estómagos de *C. artifrons*, *F. polyommus*, *P. velífera* y *J. pulchra*.

9.4 Relación de las especies ícticas con las variables ambientales

Las variaciones de los parámetros fisicoquímicos como la temperatura, salinidad, disponibilidad de nutrientes entre otros factores, influyen sobre los cambios en la comunidad íctica (Sánchez, 1993; Castillo-Rivera & Zárate-Hernández, 2001). En este estudio se puede observar que las variables que más influyen en la variación de la distribución de las especies en el humedal de Pso son fosfatos, amonio y la temperatura (*Figura 20*), mientras que para el humedal de Cxlb los factores que más influyen son la temperatura, oxígeno y los sólidos disueltos totales.

En muchos sistemas costeros, la temperatura y la salinidad imponen patrones en la distribución de las comunidades ícticas (Vega-Cendejas & Hernández-Santillana, 2004). La temperatura puede actuar de distintas maneras en los organismos controlando aspectos fisiológicos y bioquímicos, además de interactuar con otros factores ambientales como salinidad, oxígeno y metales pesados (Chung, 1980; Childs *et al.*, 2008).

La salinidad es el parámetro que más influye en la distribución de los organismos y esta se puede ver influenciada por las temporadas climáticas (Reid & Wood, 1976; Ley *et al.*, 1999) y puede incrementar o disminuir dependiendo de la temporada. En secas la alta insolación y elevada evaporación pueden incrementar la cantidad de sal en el cuerpo de agua (Lara-Domínguez *et al.*, 2006), como sucede en la ciénega de Cxlb, en donde estas condiciones de hiperhalinidad se ven más evidentes debido a la escasa profundidad y falta de entradas de agua marina.

Las variaciones de salinidad imponen patrones en la distribución de la comunidad de peces en los humedales, esto se puede ver en el caso de Pso, durante todo el ciclo de muestreo las especies marinas registradas se distribuían en salinidades bajas, mientras que especies estuarinas como *G. yucatanana*, *J. pulchra* y *P. velifera*, se vieron relacionadas a las altas salinidades. Además, es evidente el cambio que hubo durante la temporada de secas, en donde *C. artifrons* y *F. grandissimus* se vieron mejor correlacionados a salinidades altas, esto debido a una mejor adaptación y mayor tolerancia a condiciones extremas de salinidad, temperatura, oxígeno disuelto y pH.

Además, la distribución de organismos dulceacuícolas como *M. urophthalmus* se vio relacionada con este parámetro, de acuerdo al RDA se logró observar que dicho organismo está inversamente relacionada con la salinidad, es decir, que se encuentra en sitios con

bajas salinidades, esto concuerda con lo encontrado por Chávez-López *et al.* (2005) durante su estudio, en donde únicamente encontraron ejemplares de *M. urophthalmus* en la temporada de lluvias y nortes, siendo estas temporadas donde se registraron los valores más bajos de salinidad.

En Cxlb, en septiembre, durante la temporada de lluvias se pudo observar a *P. velifera* y *M. colei* en algunos sitios donde se registraron altas salinidades (48.9‰). Sin embargo en el mes de julio donde la salinidad fue mayor a los 100‰, únicamente se lograron identificar ejemplares de *C. artifrons*. Esto mismo se observó para la temporada de secas, donde sólo se obtuvo el registro de *C. artifrons*. La capacidad que tiene *C. artifrons* de tolerar alta salinidad explica por qué se obtuvieron ejemplares de dicha especie en Cxlb durante la temporada de secas, esto concuerda con lo reportado por Vega-Cendejas & Hernández-Santillana, (2004) donde reportan la dominancia de *C. artifrons* en Ría Lagartos con salinidades superiores a 80‰.

La presencia de organismos marinos fue mayor en la zona 3 de Progreso, que corresponde al punto más cercano al estero de Yucalpetén y con la Laguna de Chelem. En esta zona se registraron condiciones marinas que favorecen la presencia de organismos del componente marino como *E. saurus*. El encontrar peces juveniles puede indicar el papel ecológico que juega este humedal al proporcionar refugio y zona de alimentación a los peces que entran, esto se ha visto en otros sistemas como en Río Lagartos (Vega-Cendejas & Hernández-Santillana, 2004) y Celestún (Arceo-Carranza *et al.*, 2016).

El oxígeno disuelto (OD) se ve influenciado por la temperatura, el aumento de esta en el agua disminuye el contenido de oxígeno disuelto y hace a los organismos acuáticos más vulnerables a enfermedades, parásitos y sustancias químicas tóxicas (Miller, 1994). Además el OD actúa como barrera física en la distribución de las especies (Marshall & Elliot, 1997).

Según Cyrus & Blaber (1987), la importancia de la turbidez recae en la protección que puede brindar a peces juveniles de sus predadores. La concentración de sólidos disueltos fue mayor en Cxlb que en Pso., Scannell & Duffy (2007) mencionan que los cambios en la concentración de los sólidos suspendidos puede deberse a la descarga de afluentes industriales, cambios en el balance del agua como flujos limitados, incremento de precipitación o por la intrusión de agua marina, y que además estos sólidos pueden causar toxicidad a través del aumento en la salinidad debido a cambios en la composición iónica.

En relación a esto, se realizaron las mediciones para identificar si las descargas de agua doméstica o la basura vertida a la ciénega puede afectar la distribución de las especies. Uno de los compuestos que favorecen la contaminación orgánica y la eutrofización, es el nitrógeno. Se sabe que este nutriente es esencial para la vida y que sus formas biológicamente disponibles como el nitrato, nitrito y amonio son una porción pequeña del nitrógeno disponible en la tierra, por lo tanto este elemento limita la producción primaria en ecosistemas marinos costeros (Howarth & Marino, 2006).

El amoníaco, otra forma nitrogenada que se encuentra en el medio ambiente, en especial en el medio acuático, resulta ser tóxico para los organismos que viven en este medio (Randall & Tsui, 2002). La toxicidad del amoníaco dependerá tanto del pH como de la temperatura, y en menor grado de la salinidad, entre más altos sean los dos primeros mayor será su toxicidad (Emerson *et al.*, 1975, Randall & Tsui, 2002).

En el caso de los humedales estudiados, se puede apreciar que en Pso la comunidad íctica se distribuye en su mayoría en concentraciones menores de compuestos nitrogenados, mientras que para Cxlb, *C. artifrons*, *G. yucatanana* y *J. pulchra*, la concentración de amoníaco no parece afectar su distribución. Con respecto a las concentraciones tóxicas para peces, la USEPA (1989) menciona que el valor promedio de toxicidad para organismos marinos es de 16.44 μM y que para organismos dulceacuícolas es de 24.66 μM , en este estudio los valores que se obtuvieron del amoníaco son menores a las concentraciones tóxicas antes mencionadas, esto probablemente se deba a que las altas salinidades disminuyen la concentración de amoníaco presente en el agua (Bower & Bidwell, 1978).

Por otra parte, el fosfato junto con el nitrato soluble en agua pueden ocasionar el crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas que al morir se descomponen y generan ambientes anóxicos afectando severamente a los peces, como se ha mencionado el oxígeno puede afectar la composición de las especies por medio de sus límites de tolerancia de cada especie (Miller, 1994; Arceo-Carranza, 2010).

De acuerdo con Ngatia *et al.*, (2019) los humedales actúan como trampas del nitrógeno y fósforo, logrando sedimentar las partículas de nitrógeno y fosfato, además son claves para la eliminación de fosfato mediante su absorción por parte de microbios, vegetación, acumulación de turba y precipitación por hierro y aluminio (Vymazal, 2007; Kadlec & Wallace, 2008). Sin embargo, condiciones anaeróbicas favorecen la liberación de fosfatos (Bostrom, 1984), esto explica porque durante la temporada de secas, que fue donde se registraron las concentraciones más bajas de oxígeno, los fosfatos incrementaron en el

humedal de Cxlb. Para Pso los fosfatos fueron altos durante lluvias que fue donde se registró la concentración más baja de oxígeno disuelto. En ambos humedales, la concentración de fosfatos fue mayor a los límites permisibles de acuerdo a los criterios ecológicos de la Comisión Nacional del Agua (DOF, 1985).

Por otro lado, el nitrito es un componente dentro del ciclo del nitrógeno, el cual puede ser absorbido a través del epitelio de la branquia de los peces, acumulándose en altas concentraciones en los fluidos corporales (Jensen, 2003), generando de esta forma trastornos fisiológicos, lo que contribuye a la toxicidad por nitrito, principalmente influyendo en el transporte de oxígeno (Kroupova *et al.*, 2005).

El nitrato tiene una absorción más limitada que la del nitrito y del amonio en organismos acuáticos, sin embargo éste actúa de la misma manera que el nitrito, afectando principalmente el transporte de oxígeno (Cheng & Chen, 2002), y esto dependerá de su concentración en el medio y del tiempo de exposición del organismo a este nutriente (Camargo *et al.*, 2005). En ambos humedales, la concentración de nitrito y nitrato se encontraron por encima del límite permisible de acuerdo con los Criterios ecológicos de la Comisión Nacional del Agua en México.

El incremento de la concentración de nutrientes en los humedales estudiados puede estar relacionado con procesos naturales o con actividades antropogénicas. De acuerdo a lo publicado en el DOF (1985), los humedales de Progreso y Chicxulub se posicionan como pobres para el cuidado de la vida acuática. Estudios previos (Herrera-Silveira *et al.*, 2004; Palacios *et al.*, 2019), reportan la relación del nitrito, fosfato, amonio, salinidad y oxígeno con procesos de eutrofización y descargas de agua subterráneas, evidenciando actividades de contaminación antrópicas (Aranda *et al.*, 2006; Herrera y Morales, 2009).

Por otro lado, procesos naturales como nortes, lluvias, huracanes, alta salinidad, sequías y la temperatura del agua, influyen incrementando la concentración de nutrientes, esto debido que se promueve la descomposición de la materia orgánica o bien, favorecen el transporte de nutrientes y resuspensión de sedimentos (Merino, 1997; Herrera-Silveira & Morales-Ojeda, 2009; May-Kú *et al.*, 2016; Palacios *et al.*, 2019).

Durante el trabajo de campo, se observó que los humedales de Cxlb y Pso se han visto perjudicados por actividades humanas, como el turismo, el relleno del cuerpo de agua, el vertido de desechos sólidos y aguas residuales a la ciénega, la tala del manglar, etc.. Sin embargo, se puede dar una aproximación en que el humedal de Chicxulub es el más perjudicado tanto por efectos antrópicos como ambientales, esto basándose en la

diversidad de especies que presenta, la concentración de nutrientes y las variables hidrológicas como temperatura, oxígeno y salinidad. Además, el relleno de la ciénega con materiales sólidos y la presencia de microfibras plásticas encontradas en el tracto digestivo de los peces estudiados nos muestra el impacto que tiene este humedal y el alcance que está teniendo hasta el humedal de Progreso.

Conclusiones

- El humedal de Chicxulub mostró que es un ambiente hiperhalino, con bajas concentraciones de oxígeno durante la temporada de secas, que logra alcanzar temperaturas de hasta 32.45°C durante lluvias y que presenta una alta concentración de sólidos disueltos durante la temporada de lluvias y secas.
- El humedal de Progreso mostró que es un ambiente con tendencia a tener características marinas, presenta una temperatura promedio de 27.11°C y con buena concentración de oxígeno disuelto, bajas concentraciones de sólidos disueltos y sales.
- En Chicxulub se obtuvieron los valores más altos de amonio, nitrito y fosfatos durante la temporada de secas, y los nitratos fueron más altos durante lluvias. Progreso presenta niveles altos de amonio, nitrito y fosfatos durante la temporada de secas, mientras que en lluvias se tienen los niveles más altos de nitratos. Los resultados de nutrientes arrojan que ambos humedales son clasificados como pobres para el cuidado de la vida acuática debido a impactos relacionados a las actividades humanas.
- Progreso es más diverso durante la temporada de lluvias y cuenta con una mayor equidad, posee una riqueza de 18 especies de peces, siendo *G. yucatanana* la más abundante.
- Especialmente en Progreso, *G. yucatanana*, *P. velífera*, *C. artifrons* y *M. colei* son las especies más dominantes. De manera temporal, *G. yucatanana* es la dominante a lo largo del año.
- Chicxulub es más diverso durante la temporada de lluvias y cuenta con una riqueza de diez especies, *G. yucatanana* resultó ser la especie más abundante.
- Especialmente, *F. grandissimus* es más dominante en Chicxulub, de manera temporal, *F. grandissimus* es dominante en nortes y *C. artifrons* lo es en secas y lluvias.
- Las especies marinas eurihalinas son más abundantes durante la temporada de nortes en ambos humedales.
- Los peces de los humedales de Progreso presentan gran flexibilidad trófica y ocupan diferentes recursos reflejándose en una red alimenticia con detritívoros, zoobentívoros y piscívoros.

- En Progreso, las variables que influyeron sobre la variación de la distribución de los peces son los fosfatos, el amonio y la temperatura. Para el humedal de Chicxulub, las variables que tienen mayor influencia son el oxígeno, la temperatura y los TDS.
- La concentración de amoníaco registrada en ambos humedales está por debajo del límite de toxicidad, lo que sugiere que los organismos no se ven afectados por la concentración de éste.
- La concentración de nutrientes encontrada en ambos humedales nos indica que hay influencia de las actividades humanas y condiciones ambientales sobre los sistemas acuáticos de Progreso y Chicxulub. Sin embargo, Chicxulub se ha visto más perjudicado.

Referencias

- Agardy, T., Alder, J., Dayton, P., Curran, S., Kitchingman, A., Wilson, M., . . . Vörösmarty, C. (2005). Coastal systems, Ecosystems and human wellbeing: current state and trends. *Island Press, London*, 948 pp.
- Aldana, M. A., Montero, M. J., & Aldana, A. D. (2016). Spatio-temporal variation of the ichthyofauna in Xel-Ha, Mexican Caribbean Marine Park and its relationship to physico-chemical parameters. *Revista de Biología Tropical*, 64 (4): 1353-1367.
- Alvarez-Fuentes, C. J. (2016). Hábitos alimentarios de *Fundulus persimilis* (Milles, 1955) y *Fundulus grandissimus* (Hubbs, 1936) en la costa norte de Yucatán, México. *Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.*, 74.
- Aranda, C. N., Herrera, S. J., & Comin, F. A. (2006). Nutrient water quality in a tropical coastal zone with groundwater discharge, northwest Yucatan, Mexico. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 68: 445-454.
- Arceo-Carranza, D., Franco-López, J., Waggy, L., & Chávez-López, R. (2004). Trophic Comparison of Two Species of Needlefish (Belontiidae) in the Alvarado Lagoonal System, Veracruz, Mexico. *Gulf of Caribbean Research* 16(1): 81-88.
- Arceo-Carranza, D., & Vega-Cendejas, M. E. (2009). Spatial and temporal characterization of fish assemblages in a tropical coastal system influenced by freshwater inputs: northwestern Yucatan peninsula. *Revista de Biología Tropical*, 57(1-2): 89-102.
- Arceo-Carranza, D. . (2010). Patrones espacio-temporales en la estructura funcional de los ensamblajes de peces: Ría Celestún, Yucatán. *Tesis de Doctorado. CINVESTAV. Instituto Politécnico Nacional*, 145.
- Arceo-Carranza, D., Montero-Muñoz, J. L., Hernández-Santillana, M. J., & Vega-Cendejas, M. E. (2010). Influencia del hábitat en las asociaciones nictimerales de peces en una laguna costera tropical. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81: 823-837.
- Arceo-Carranza, D., Vega-Cendejas, M. E., & Hernández de Santillana, M. (2013). Day and night trophic variations of dominant fish species in a lagoon influenced by freshwater seeps. *Journal of Fish Biology*, 82: 54-68.
- Arceo, C. D., & Chiappa, C. X. (2015). Feeding ecology of juvenile marine fish in a shallow coastal lagoon of southeastern Mexico. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 43(4): 621-631.

- Arceo-Carranza, D., Gamboa, E., Teutli-Hernández, C., Badillo-Alemán, M., & Herrera-Silveira, J. A. (2016). Los peces como indicador de restauración de áreas de manglar en la costa norte de Yucatán. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87: 489-496.
- Arenas-Granados, P., & Acero, A. (1992). Organización trófica de las mojarra (Pisces: Gerreidae) de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Caribe Colombiano). . *Revista de Biología Tropical*. 40: 287-302.
- Atlas de Peligros. (2011). *Progreso, Yucatán, Mexico*. Mérida, Yucatán.: Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos.
- Ayala-Pérez, L. A., Rojas-Galaviz, J. L., & Avilés-Alatraste, O. A. (1997). Crecimiento, reproducción y dinámica poblacional de Anchoa mitchilli (Pisces: Engraulidae) en el sistema Palizada-Del Este, Campeche-México. *Revista de Biología Tropical*, 45(1): 507-518.
- Ayala-Pérez , L. A., Ramos, J., & Flores, D. (2003). La comunidad de peces de la Laguna de Términos: estructura actual comparada. *Revista de Biología Tropical*, 51: 783-794.
- Ayala-Pérez, L. A. (2006). Modelo de simulación de la comunidad de peces en el área natural protegida Laguna de Términos Campeche, México. PhD. Thesis. Universidad Autónoma Metropolitana, México. 212pp.
- Batllore, S. E., González, P. J., Díaz, S. J., & Febles, P. J. (2006). Hydrological characterization of the Yucatán's northwest coastal region, Mexico. *Invest. Geog. UNAM*, 59: 74-92 pp.
- Batllore, E., & Febles, J. L. (2007). Changes in the hydrological characteristics of Chabihau coastal wetlands, Yucatan, Mexico, associated with hurricane Isidore impact. *Indian Journal of Marine Sciences*, 36(3): 183-192.
- Bergmann, G. E. (2002). Trophic ecomorphology of the nonindigenous Mayan cichlid 'Cichlasoma (Nandopsis) urophthalmus (Gunther 1862) in southern Florida. *Tesis de Maestría. Universidad de Florida.*, 186.
- Berlanga-Robles, C. A., Ruiz-Luna, A., & Lanza-Espino, G. (2008). *Esquema de clasificación de los humedales de México*. Investigaciones Geográficas. México. 66(1): 25-46.

- Bonilla-Gómez, L. B. (2014). Distribución espacio-temporal y estructura trófica de peces costeros en relación a la dinámica ambiental en la laguna de La Carbonera, Península de Yucatán. *Tesis de Doctorado. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM.*, 126.
- Borges, P. A., Train, S., Dias, J. D., & Bonecker, C. C. (2010). Effects of fish farming on plankton structure in a brazilian tropical reservoir. *Hydrobiologia*, 649: 279-291.
- Bostrom, B. (1984). Potential mobility of phosphorus in different types of lake sediment. *Internationale . Revue der Gesamten Hydrobiologie.* , 69: 457-475.
- Bower, C. E., & Bidwell, J. P. (1978). Ionization of Ammonia in Seawater: Effects of Temperature, pH, and Salinity. *Journal Fish Research Board Canadian*, 35: 1012-1016.
- Brower, J. E., Zar, J. H., & Ende, V. C. (1997). Field and laboratory methods for general ecology. *WBC/McGraw-Hill. USA.*, 273.
- Camargo, J. A., Alonso, A., & Salamanca, A. (2005). Nitrate toxicity to aquatic animals: a review with new data for freshwater invertebrates. *Chemosphere*, 58 (9): 1255-1267.
- Canto-Maza, W., & Vega-Cendejas, M. E. (2008). Hábitos alimenticios del pez Lagodon rhomboides (Perciformes: Sparidae) en la Laguna Costera de Chelem, Yucatán, México. *Revista de Biología Tropical*, 56: 1837-1846.
- Cardona, L. (2001). Non-competitive coexistence between Mediterranean grey mullet: evidence from seasonal changes in food availability, niche breadth and trophic overlap. *Journal of Fish Biology.*, 59: 729-744.
- Carter, H. J. (1981). Aspects of the physiological ecology of species of *Gambusia* from Belize, Central America. *Copeia*, 694-700.
- Castillo-Rivera, M. , Moreno, G., & Iniestra, R. (1994). Spatial, seasonal, and diel variation in abundance of the Bay anchovy, *Anchoa mitchilli* (Teolostei: Engraulidae) in a tropical coastal lagoon of México. *Southwestern Naturalist*, 39(3): 263:268.
- Castillo-Rivera, M., & Zárata-Hernández, R. (2001). Patrones espacio-temporales de la abundancia de peces en la laguna de Pueblo viejo, Veracruz. *Hidrobiología*, 11: 75-84.

- Castillo-Rivera, M., Zárate, R., & Sarvicente-Añorve, L. (2003). Patrones de la diversidad de peces en la laguna de Pueblo Viejo, Veracruz, México. *Hidrobiológica*, 13(4): 289-298.
- Castillo-Rivera, M., Zárate, R., & Ortiz, S. (2005). Variación nictímera y estacional de la abundancia, riqueza y especies dominantes de peces, en un ambiente salobre de sustrato blando. *Hidrobiológica*, 15: 227-238.
- Castro-Aguirre, J. L., Espinosa, H., & Schmitter-Soto, J. J. (1999). Ictiofauna estuarina lagunar y vicaria de México. *Limusa, México, D. F.*, 704.
- Cervantes, M. (2007). Conceptos fundamentales sobre ecosistemas acuáticos y su estado en México. En Ó. Sánchez, M. Herzig, E. Peters, R. Márquez, & L. Zambrano, *Perspectivas sobre la conservación de ecosistemas acuáticos en México*. (pág. 297). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, United States Fish & Wildlife Service, Unidos para la Conservación A.C., Escuela de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México D.F.*, México.
- Cervigón, F. (1980). *Ictiología Marina. Vol. I. Edit. Arte, Caracas, 358 p.*
- Chávez-Comparán, J. C., & Hammann, G. M. (1989). Diet of the mojarra, *Gerres cinereus* and *Diapterus peruvianus* (Pisces: Gerreidae) in Cuyutlan Lagoon, Colima, Mexico, during summer. *Ciencias Marinas*, 15(3): 71-80.
- Chávez-López, R., Peterson, M. S., Brown-Peterson, N. J., Morales-Gómez, A. A., & Franco-López, J. (2005). Ecology of the mayan cichlid, *Cichlasoma urophthalmus* Günther, in the Alvarado lagoonal system, Veracruz, México. *Gulf Caribbean Research*, 17: 123-131.
- Cheng, S. Y., & Chen, J. C. (2002). Study on the oxyhemocyanin, deoxyhemocyanin, oxygen affinity and acid-base balance of *Marsupenaeus japonicus* following exposure to combined elevated nitrite and nitrate. *Aquatic Toxicol*, 61:181-193.
- Chi-Espínola, A. A., Vega-Cendejas, M. E., & Canto-Maza, W. G. (2018). Feeding habits of the mojarra (*Gerreidae*) population in the hyperhaline lagoon system of Ría Lagartos, Yucatan, Mexico. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 46(4): 810-819.
- Childs, A. R., Cowley, P. D., Naesje, T. F., Booth, A. J., Potts, W. M., Thorstad, E. B., & Okland, F. (2008). Do environmental factors influence the movement of estuarine

- fish? A case study using acoustic telemetry. *Estuarine, coastal and Shelf Science*, 78: 227-236.
- Chumba-Segura, L. (1985). *Gambusia yucatanana*. Fauna de los Cenotes de Yucatán. No. 10. Ediciones de la Universidad de Yucatán., 12 pp.
- Chumba-Segura, L., Hernández-Betancourt, S., Sélem-Salas, C., & Barrientos-Medina, R. (2015). Colección Ictiológica. *Bioagrobiencias*, 8(2): 16-22 pp.
- Chung, K. S. (1980). Tolerancia térmica de algunos peces marinos tropicales: Estudio preliminar. *Bolm. Inst. Oceanogr., S. Paulo.*, 29(2): 107-108.
- Córdova-Tapia, F., & Zambrano, L. (2016). Grupos funcionales de peces en un humedal tropical de la península de Yucatán, México. *Ictiología Neotropical*, 14 (2): e150162.
- Cortés, E. (1977). A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Canada Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 4: 726-738.
- Cruz-Escalona, V. H., Abitia-Cárdenas, L. A., & GalvánMagaña, F. (2000). Trophic interrelations of three most abundant fish species from Laguna San Ignacio, Baja California sur, México. *Bulletin of Marine Science*, 66: 361-373.
- Cyrus, D. P., & Blaber, M. J. (1987). The influence of turbidity on juvenile marine fishes in estuaries. Part 2. Laboratory studies, comparisons with field data and conclusions. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 109: 71-91.
- Díaz-Ruiz, S., Aguirre-León, A., Calva-Benítez, L. G., & BarbaMacías, E. (2012). Comportamiento ambiental y estructura comunitaria de peces en el sistema Carretas-Pereyra, Reserva de la Biofera La Encrucijada, Chiapas. En A. J. Sánchez, X. Chiappa-Carrara, & R. Brito Pérez (Eds). *Recursos acuáticos costeros del sureste* (pp. 415-434). México: CONCIYTEY-UNAM.
- DOF. (1985). Criterios ecológicos de calidad del agua. *Diario Oficial de la Federación, México.* , 7-29.
- DOF. (1992). *Ley de las Aguas Nacionales*. 1-110: Secretaría de servicios parlamentarios.
- Echeverría, Á. C. (2014). Evaluación del crecimiento de *Avicennia germinans* (L.) Stearn en un sitio de restauración ecológica en el puerto de Progreso, Yucatán. *Tesis de Licenciatura. UADY, Mérida.*, 78.

- Elliot, M., Whitfield, A. K., Potter, I. C., Blaber, S. J., Cyrus, D. P., Nordlie, F. G., & Harrison, T. D. (2007). The guild approach to categorizing estuarine fish assemblages: a global review. *Fish and Fisheries.*, 8:241-268.
- Emerson, K., Russo, C. R., Lund, R. E., & Thurston, R. V. (1975). Aqueous Ammonia Equilibrium Calculations: Effect of pH and Temperature. *Journal of Fisheries Research Board Canadian* 32: 2379-2383.
- Fausch, K. D., Lyons, J., Karr, R. J., & Angermeier, L. P. (1990). Fish communities as Indicator of environmental degradation. *American Fisheries Symposium*, 8: 123-144.
- Febles-Patrón, J. L., Novelo-López, J., & Batlori-Sampedro, E. (2009). Pruebas de reforestación de mangle en una ciénega costera semiárida de Yucatán, México. *Madera y Bosques*, 15(3): 65-86.
- Fernández-Delgado, C., Drake, P., Arias, A. M., & García, D. (2000). Peces de doñaña y su entorno. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. . *Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.*, 272 pp.
- Figueiredo, J. L., & Menezes, N. A. (1980). Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil, Sao Paulo. v 3: Teleostei. 96 p.
- Fraser, T. H., & (1997). Abundance, seasonality, community indices, trends and relationships with physicochemical factors of traeled fish in upper Charlotte Harbot, Florida. *Bulletin of Marine Science*, 60: 739-763.
- Fraser, T., & Gilmore, G. (2015). *Eucinostomus lefroyi*. *The IUCN Red List of Threatened Species*. 2015: e.T185874A1784783. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015->
- Froese, R., & Pauly, D. (2019). FishBase. *World Wide Web Electronic. Publication*. Recuperado el 27 Abr 2019, www.fishbase.org.
- Gallardo-Torres, A., Badillo-Alemán, M., Galindo-de Santiago, C., Loera-Pérez, J., Rioja-Nieto, R., & Chiappa-Carrara, X. (2012). Listado taxonómico de los peces de la laguna boca de la Carbonera, Yucatán: un primer paso para el manejo y evaluación de los recursos costeros del norte de Yucatán. En A. J. Sánchez, X. Chiappa-Carrara y R. Brito-Peréz (Eds). *Recursos acuáticos costeros del sureste, Vol. II (pp. 270-288)*. Mérida: CONCIYTEY, UNAM.

- Gibb, A., Ferry-Graham, L. A., Hernández, P. L., Romansco, R., & Blanton, J. (2008). Functional significance of intramandibular bending in Poeciliid fishes. *Environmental Biology of Fish*, 83: 507-519.
- González-Sansón, G., Alvarez-Lajonchere, L., & . (1978). Alimentación natural de Mugil liza, M. Curema, M.trichodon y M.hospes (Pisces, Mugilidae) en las lagunas costeras de Tunas de Zaza, Cuba. *Ciencias, Ser. 8, Invest. Mar.*, 41:40 pp.
- González-Acosta, A. F., De la cruz-Agüero, G., De la Cruz-Agüero, J., & Ruiz-Campos, G. (2005). Seasonal pattern of the fish assemblage of El Conchalito mangrove swamp, La Paz Bay, Baja California Sur, Mexico. *Hidrobiológica*, 15: 205-214.
- González-Zuarth, C., & Vallarino, A. (2014). Los bioindicadores ¿una alternativa real para la protección del medio ambiente? En C. A. González-Zuart, A. Vallarino, J. C. Pérez-Jiménez, & A. M. Low-Pfeng, *Bioindicadores: Guardianes de nuestro futuro ambiental* (pág. 779). ECOSUR y INECC, San Cristóbal de las Casas y México, D.F.
- Gratwicke, B., & Speig, M. R. (2005). The relationship between fish species richness, abundance and habitat complexity in a range of shallow tropical marine habitats. *Journal of Fish Biology*, 66(1): 650-667.
- Hahn, N. S., Fugl, R., & Andrian, I. F. (2004). Trophic ecology of the fish assemblages. pp 247-269. In: Thomaz, S.M, a. A. Agostinho & N. S. Hahn. (Eds). *The upper Paraná River and its Floodplain: physical aspects, ecology and conservation*. Leiden, Backhuys.
- Hinojosa-Garro, D., Arceo-Gómez, J., Zambrano, L., & Escalera-Vázquez, L. H. (2013). Composición de la dieta de peces en piscinas permanentes y semipermanentes en humedales tropicales de la Península de Yucatán. *Neotropical ictiology*, 11(4): 881-890.
- Herrera , S. J., & Morales, O. S. (2009). Evaluation of the health status of a coastal ecosystem in southeast Mexico: Assessment of water quality, phytoplankton and submerged aquatic vegetation. *Marine Pollution Bulletin*, 59: 72-86.
- Herrera-Silveira, J. A., & Díaz-Arce, V. (1999). Variaciones del fitoplancton en cuatro lagunas costeras del estado de Yucatán, México. *Revista de Biología Tropical*, 47(Supl. 1): 47-56.

- Herrera-Silveira, J. A., Medina-Gómez, I., Aranda-Cirerol, N., Zaldivar, J. A., Ramírez, J., & Trejo, J. (2002). Trophic status in coastal waters of the Yucatán Peninsula (SE, Mexico) using water quality indicators. *C. A. Brebia (ed) Environmental problems in coastal regions IV, Witpress southampton Boston*, 351-359 pp.
- Herrera-Silveira, J. A., Comin, A. F., Aranda-Cirerol, N., Troccoli, L., & Capurro, L. (2004). Coastal water quality assessment in the Yucatan Peninsula: management implications. *Ocean & Coastal Management*, 47: 625-639.
- Herrera-Silveira, J. A., & Morales-Ojeda, S. M. (2009). Evaluation of the health status of a coastal ecosystem in southeast Mexico: Assessment of water quality, phytoplankton and submerged aquatic vegetation. *Marine Pollution Bulletin*, 59(1): 72-86.
- Horn, M. H., Allen, I. G., & . (1985). Fish community ecology in southern California bays and estuaries, Chap, 8. In: A. Yañez-Arancibia (ed). *Fish Community Ecology in Estuaries and Coastal Lagoons: Towards an Ecosystem Integration. UNAM. Mexico.*, 654 pp.
- Horstkotte, J., & Strecker, U. (2005). Trophic differentiation in the phylogenetically young Cyprinodon species flock (Cyprinodontidae, Teleostei) from Laguna Chichancanab (Mexico). *Biological Journal of the Linnean Society*, 85(1):125-134.
- Hotos, G. N., & Vlahos, N. (1998). Salinity tolerance of *Mugil cephalus* and *Chelon labrosus* (Pisces:Mugilidae) fry in experiential conditions. *Aquaculture*, 167: 329-338.
- Howarth, R. W., & Marino, R. M. (2006). Nitrogen as the limiting nutrient for eutrophication in coastal marine ecosystems: Evolving views over 3 decades. *Limnology and Oceanography*. , ;51:364-376.
- Hyslop, E. J. (1980). Stomach contents analysis: a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*, 17: 411- 417.
- Jensen, F. B. (2003). Nitrite disrupts multiple physiological functions in aquatic animals. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A.*, 135:9-24.
- Kadlec, R. H., & Wallace, S. (2008). *Treatment Wetlands*. 2nd ed. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Karr, R. J. (1981). Assessment of biotic Integrity using fish communities. *Fisheries*, 6 (6): 21-27.

- Khoo, K. H., Culberson, C. H., & Bates, R. G. (1977). Thermodynamics of the dissociation of ammonium ion in seawater from 5 to 40°C. *Journal of Solution Chemistry*, 6(4):281-290.
- Kroupova, H. , Machova, J., & Svobodova, Z. (2005). Nitrite influence on fish: a review. *Veterinarni Medicina Czech*, 50 (11): 461-471.
- Laiolo, P., & Arroyo, S. A. (2011). La fragmentación del hábitat como determinante de la diferenciación de los sistemas de comunicación animal. *Ecosistemas*, 20(2): 46-53.
- Landgrave, R., & Moreno-Cassasola, P. (2012). Evaluación cuantitativa de la pérdida de humedales en México. *Investigación ambiental* , 4(1): 19-35.
- Lara-Domínguez, A. L., & Yáñez-Arancibia. (1999). Productividad secundaria, utilización del hábitat y estructura trófica.. In: Yáñez-Arancibia A, Lara-Domínguez, A.L. (eds). Ecosistemas de Manglar en América Tropical. *Instituto de Ecología, México; UICN/HORMA, Costa Rica; NOAA/NMFS, Silver Springs, MD, USA.*, 153-166.
- Lara-Domínguez, A. L., Yáñez-Arancibia, A., & Sainz-Hernández, E. (2006). A dynamic characterization of water flux through a tropical ephemeral inlet. La Mancha Lagoon Gulf of Mexico. *En V.P. Singh & Y Ju-Xu (Eds), Coastal hydrology and processes (pp. 413-422). Colorado: Water Resources Publication.*
- Leal, S. A., Cabrera, A. M., & Salas, S. (2008). Caracterización de la fauna incidental en la Pesquería Artesanal de Camarón en la Laguna de Chabihau, Yucatán, México. *Proceedings of the 61st Gulf and Caribbean Fisheries Institute* , 61(1): 163-172 pp.
- Leps, J., & Smilauer, P. (2003). *Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO*. United Kingdom: Cambridge, University Press.
- Ley, J. A., McIvor, C. C., & Montague, C. L. (1999). Fishes in mangrove prop-root habitats of northeastern Florida Bay: distinct assemblages across an estuarine gradient. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 48 : 701-723.
- Marshall, S., & Elliot, M. (1997). A comparison of univariate and multivariate numerical and graphical techniques for determining inter- and intraspecific feeding relationships in estuarine fish. *Journal of Fish Biology*, 51: 526-545.
- Mar-Silva, V., Hernández, M. R., & Medina, N. M. (2014). Métodos clásicos para el análisis del contenido estomacal en peces. *Biológicas*, 16(2): 13-16.

- May-Kú, M. A., Valdés-Lozano, D., & Ardisson, P. L. (2016). Spatial and temporal variations in physicochemical characteristics of water and sediment in the Yalahau coastal lagoon, Quintana Roo. *Hydrobiological*, 6(1): 41-51.
- McMichael Jr, R. H., & Peters, M. K. (1989). Early Life History of Spotted Seatrout, *Cynoscion nebulosus* (Pisces" Sciaenidae), in Tampa Bay, Florida. *Estuaries*, 12(2): 98-110.
- Mercado, S. N., Lyons, J. D., Salgado, M. G., & Medina, N. M. (2002). Validation of a fish based Index of biotic Integrity for streams and rivers of central Mexico. *Reviews In fish Biology and Fisheries*, 12: 179-191.
- Merino, M. (1997). Upwelling on the Yucatan shelf: Hydrographic evidence. *Jour. Mar. Syst*, 13(1): 101-121.
- Miller, R. R., Minckley, W. L., Norris, S. S., Hall, G. M. & Schmitter-Soto, J. J. (2009). Peces dulceacuícolas de México. *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México DF.*
- Miller, R. R., Minckley, W. L., & Norris, S. M. (2005). Freshwater fishes of México. *University of Chicago Press, Chicago.*
- Miller, T. J. (1994). Ecología y medio ambiente. Introducción a la ciencia ambiental, el desarrollo sustentable y la conciencia de conservación del planeta tierra. *Wadsworth Publishing Company. Estados Unidos de América.*, ISBN 970-625-027-1.
- Miranda, D. A., & De Carvalho-Souza, G. F. (2016). Are we eating plastic-ingesting fish? *Marine Pollution Bulletin*, 103. 109-114.
- Mitsch, W. J., & Gosselink, J. G. (2007). Wetlands, 4 Edition. New York, 600 p.
- Moreno, C. (2001). Métodos para medir la biodiversidad Manuales y Tesis SEA. Vol. 1. *Zaragoza, España.*, 86 p.
- Muñoz-Rojas, S., Ayala-Pérez, L. A., & Sosa-López, A. (2013). Distribución y abundancia de la comunidad de peces en la porción litoral de la Reserva de la Biósfera Los petenes, Campeche, México. *Revista de Biología Tropical*, 6(1): 213-227.
- Nelson, J. S. (2006). Fish of the world, 4th ed. *New York, J. wiley*, 601 p.
- Ngatia, L., Grace, M. J., Moriasi, D., & Taylor, R. (2019). Nitrogen and Phosphorus Eutrophication in Marine Ecosystems. *Monitoring of Marine Pollution*, 2-18 pp.

- Ordóñez-López, U., Huchin-Sel, R. , Peniche-Pérez, J., Gallegos-Fernández, S., Sosa-Pinto, R., & Vásquez-Yeomans, L. (2013). Variación temporal del ictioplancton colectado con trampas de luz en los puertos de Chuburná y Yucalpetén, Yucatán, México. *Hidrología*, 23(2): 265-273.
- Palacios-Sánchez, S. E., & Vega-Cendejas, M. E. (2010). Cambios alimenticios en tres especies de sfoeroides (Tetraodontiformes: tetraodontidae) posterior al huracán Isodoro en Bocana de la Carbonera, Sureste del Golfo de México. *Rev. Biol. Trop.*, 58: 1223-1227.
- Palacios, S. S., Vega, C. M., Hernández de Santillana, M. J., & Aguilar, M. R. (2019). Anthropogenic impacts in the nearshore fish community of the Yucatan Coastal Corridor. A comparison of protected and unprotected areas. *Journal for Nature Conservation*, 51: 1-9 p.
- Pielou, E. C. (1969). An Introduction to Mathematical Ecology. *Wiley-Interscience John Wiley & Sons*, 285 p.
- Poot-Zalazar, A. V., Canto-Maza, G. W., & Vega-Cendejas, M. A. (2005). Hábitos alimenticios de *Floridichthys polyommus* Hubbs, 1936 (Pisces: Cyprinodontidae) en dos sistemas lagunares costeros. *Hidrobiológica*, 15 (2 Especial): 183-194.
- Pouilly, M., Barrera, S., & Rosales, C. (2006). Changes of taxonomic and trophic structure of fish assemblages along an environmental gradient in the Upper Beni (Bolivia). *Journal of Fish Biology*, 68: 137-156.
- Ramírez-Herrejón, J. P., Castañeda-Sa., L. S., Moncayo-Estrada, R., Caraveo-Patiño, J. , & Balart, E. F. (2013). Trophic ecology of the exotic Lerma livebearer *Poeciliopsis infans* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) in the Lago de Pátzcuaro, Central Mexico. *Revista Biología Tropical*, 61(3): 1289-1300.
- Ramírez-Villarreal, P. (1994). Estructura de las comunidades de peces de La Laguna de Raya, Isla de Margarita, Venezuela. *Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California*, 20(1): 1-26 pp.
- Ramo, C., & Busto, B. (1993). Resources use by herons in a Yucatán wetland during the breeding seasons. *Wilson Bulletin*, 105, 573–586.
- Ramos-Campos, D. M., Ferreira-Da Silva, A., Sales-Dos Santos, N., Cunha-Oliveira, C. E., & Machado-Pessanha, A. L. (2015). Trophic relationships among fish assemblages

- in a mudflat within Brazilian marine protected area. *Brazilian journal of oceanography*, 63(2):135-146.
- Randall, D. J., & Tsui, T. K. (2002). Ammonia toxicity in fish. *Marine Pollution Bulletin*, 45(1-12): 17-23.
- Reid, G. K., & Wood, R. D. (1976). *Ecology of Inland Waters and Estuaries. (second ed.)*, D. Van Nostrand Company, New York.
- Rossi, T. , Nagelkerken, I., Pistevos, C., & Connell, D. (2016). Lost at sea: Ocean acidification undermines larval fish orientation via altered hearing and marine soundscape modification. *Biology Letters*, 12: Article 20150937.
- Sánchez, F. (1993). Las comunidades de peces de la plataforma del Cantábrico. *Pub. Especiales. España: Instituto Español de Oceanografía. Int. J. Trop. Biol*, 66(1): 438-456.
- Sandoval-Huerta, R. E., Madrigal-Guridi, X., Escalera-Vázquez, L. H., Medina-Nava, M., & Domínguez-Domínguez, O. (2014). Fish community structure in four estuaries of the Central Mexican Pacific. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(4): 1184-1196.
- Santos-Martínez, A., & Arboleda, S. (1993). Aspectos biológicos y ecológicos del Macabí *Elops saurus* Linnaeus (Pisces:Elopidae) en la Ciénaga Grande de Santa Marta y Costa Adyacente, Caribe Colombiano. *Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de. Punta Betín*, 22: 77-96.
- Sass, G. Z., Creed, I. F., Bayler, S. E., & Devito, K. J. (2007). Understanding variation in trophic status of lakes in the boreal plain: 20 years retrospective using landsat TM Images. *Remotes Sensing environment*, 109: 127-141.
- Sazima, I., & Uieda, V. S. (1980). Comportamento lepidofágico de *Oligoplites saurus* e registro de lepidofagia em *O. palometa* e *O. saliens* (Pisces, Carangidae). *Revista Brasileira de Biologia*, 40(4): 701-710.
- Schmitter-Soto, J. J. (1998). Catalogo de los peces continentales de Quintana Roo. *El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de las Casas*.
- Semarnat. (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-059-Semarnat-2001 Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en

- riesgo. *Diario Oficial de la Federación*. 6 de marzo de 2002. Segunda Sección, México.
- Silva, C. J., Delariva, R. L., & Bonato, O. (2012). Food-resource partitioning among fish species from a first-order stream in northwestern Paraná, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 6: 567-576.
- Simier, M., Blanc, L., Aliaume, C., Diouf, P. S., & Albaret, J. J. (2004). Spatial and temporal structure of fish assemblages in an "inverse estuary", the Sine Saloum system (Senegal). *Estuarine Coastal Shelf Science*, 59: 69-86.
- Strecker, U. (2006). The impact of invasive fish on an endemic Cyprinodon species flock (Teleostei) from Laguna Chichancanab, Yucatan, Mexico. *Ecology of Freshwater Fish*, 15: 408-418.
- Strickland, J. D., & Parsons, T. R. (1972). A Practical Hand Book of Seawater Analysis. *Fisheries Research Board Canada. Bull.*, 2: 310p.
- Taylor, C. M. (1997). Fish species richness and incidence patterns in isolated and connected stream pools: effects of pool volume and spatial position. *Oecologia*, 110: 560-566.
- Teels, B. M., Mazanti, L. E., & Rewa, C. A. (2004). Using an IBI to assess effectiveness of mitigation measures to replace loss of wetland-stream, ecosystem. *Wetlands*, 24: 375-384.
- Teixeira, R. L., & Helmer, J. L. (1997). Ecology of young mojarra (Pisces: Gerreidae) occupying the shallow waters of a tropical estuary. *Revista Brasileira de Biologia*, 57(4): 637-646.
- Ter Braak, C., & Smilauer, P. (2002). CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). *Biometris, Wageningen*.
- Teutli, H. C. (2004). Estimación del éxito de la restauración hidrológica de zonas de manglar en el norte de Yucatán, México. Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología. Universidad Autónoma de Puebla. 51 pp.
- Thiel, R., Sepúlveda, A., Kafemann, R., & Nellen, W. (1995). Environmental factors as forces structuring the fish community of the Elbe Estuary. *Journal of Fish Biology*, 46: 47-69.

- Torres-Castro, I. L., Vega-Cendejas, M. E., & Schmitter-Soto, J. J. (2009). Ictiofauna de sistemas cárstico-palustre con impacto antrópico: los petenes de Campeche, México. *Revista de Biología Tropical*, 57: 141-157.
- Troccoli, G. L. (2001). Cambios estructurales de fitoplancton costero tropical en una zona carstica: Perspectivas en escala espacial. *Tesis Doctoral, CINVESTAV-IPN, Unidad Mérida, México.*
- USEPA. (1989). Ambient water quality criteria for ammonia (saltwater). *National Technical Information Service, Springfield, VA.*
- Uzarski, D. G., Burton, T. M., Cooper, J. M., Ingram, J. W., & Timmermans, T. S. (2005). Fish habitat use within and across wetland classes in coastal wetlands of the five Great Lakes: Development of a fish-based Index of biotic Integrity. *Journal Great Lakes Research* 31: 171-187.
- Van de Zander, M. J. (2005). The success of animal invaders. *Publications of the National Academy of Science of the United States of America.*, 102 (20): 7055-7056. <https://doi.org/10.1073/pnas.0502549102>.
- Vargas, M. K., & Vega-Cendejas, M. E. (2010). Composición y distribución ictica en el estero de Yucalpetén. En: R. Durán y M. Méndez (Eds). *Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán (p. 496). Mérida: CICY, PPD-FMAM, Conabio, Seduma.*
- Vega, C. M.-E. (1990). Interacción trófica entre los bagres *Arius melanopus* (Agassiz, 1829) y *Arius felis* (Linnaeus, 1766) en las costas de Celestún, Yucatán, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 17 (2): 271-285.
- Vega-Cendejas, M. E., Hernández, M., & Cruz, G. (1997). Los peces de la reserva de la biósfera de Celestún. *Pronatura, península de Yucatán, México.*, 171 p. (a).
- Vega-Cendejas, M. E., Mexicano-Cintora, G., & Arce, A. M. (1997). Biology of the thread herring *Opisthonema oglinum* (Pisces: Clupeidae) from a beach seine fishery of the Campeche Bank, Mexico. *Fisheries Research*, 30: 117-126 (b).
- Vega-Cendejas, M. E. (1998). Trama trófica de la comunidad nectónica asociada al ecosistema de manglar en el litoral Norte de Yucatán. *Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.* 170 p.

- Vega-Cendejas, M. E., Hernández, M., Mexicano, G., Avilés, G., Falfán, E., & García, V. (2000). Informe técnico final del proyecto de investigación "Ecología y evaluación de las poblaciones de peces en los sistemas costeros del Parque Marino Isla Contoy". *Recursos del Mar, Centro de Investigación y Estudios Avanzados, Instituto Politécnico Nacional, Mérida.*, 100 p.
- Vega-Cendejas, M. E., & Arreguín-Sánchez, F. (2001). Energy fluxes in a mangrove ecosystem from a coastal lagoon in Yucatan Peninsula, Mexico. *Ecological Modeling*, 137: 119-133.
- Vega-Cendejas, M. E. (2004). Ictiofauna de la Reserva de la Biosfera Celestún, Yucatán: una contribución al conocimiento de su biodiversidad. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 75(1): 193-206.
- Vega-Cendejas, M. E., & Hernández-Santillana, M. (2004). Fish community structure and dynamics in a coastal hypersaline lagoon, Río Lagartos, Yucatan, Mexico. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 60: 285-299.
- Vega-Cendejas, M. E., & Hernández de Santillana, M. (2010). Peces de sistemas lagunares y ciénegas. In: Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. *CiCY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA*, 406 pp.
- Vega-Cendejas, M. E., & Hernández-de Santillana, M. (2014). Ictiofauna que habita los sistemas costeros del Parque Marino Isla Contoy. *CienciaUAT. Biología y Química*, 9(1): 44-59.
- Velázquez-Velázquez, E., & Vega-Cendejas, M. E. (2004). Los peces como indicadores del estado de salud de los ecosistemas acuáticos. *Biodiversitas*, 57: 12-15.
- Vital-Rodríguez, B. F. (2011). Hábitos alimentarios del género *Chirostoma* del lago de Pátzcuaro Michoacán México. . *Tesis de maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia Michoacán, México.*, 108 pp.
- Vymazal, J. (2007). Removal of nutrients in various types of constructed wetlands. *Science of the Total Environment*, 380: 48-65.
- Weber-Scannell, K. P., & Duffy, K. L. (2007). Effects of Total Dissolved Solids on Aquatic Organisms: A Review of Literature and Recommendation for Salmonid Species . *American Journal of Environmental Sciences*, 3 (1): 1-6.

- Weisberg, S., Ranasinghe, J., Dauer, D. , Schaffner, L., Díaz, R., & Frithsen, J. . (1997). An estuarine benthic Index of biotic Integrity (B-IBI) for Cheseapeake Bay. *Estuaries*, 20: 149-158.
- Wesch, C., Bredimus, K., Paulus, M., & Klein, R. (2016). Towards the suitable monitoring of ingestion of microplastics by marine biota: a review. *Enviromental. Pollution*, 218 (1): 1200-1208.
- Whitfield, M. (1974). The hydrolysis of ammonium ions in sea water. A theoretical study. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, 54: 565-580.
- Wilcox , D. A., Meeker, J. E., Hudson, P. L., Armitage, J. B., Black, G. M., & Uzarski, G. D. (2002). Hydrologic variability and the application of Index of biotic Integrity metrics to wetlands: A great lakes evaluation. *Wetlands*, 20: 149-158.
- Wootton, R. J. (1990). Ecology of Teleost Fishes. *Chapman and Hall. Londres. 404 p.*
- Yáñez-Arancibia, A., & Nugent, R. S. (1977). El papel ecológico de los peces en estuario y laguns costeras. *An. Centro. Cienc, del Mar y Limnol. UNAM*, 4(1): 107-114.
- Yáñez-Arancibia, A., Amezcua-Linares, F., & Day Jr., J. W. (1980). Fish community struture and function in Terminos Lagoon, a tropical estuary in the southern Gulf of Mexico. pp. 465-482. *In: V.S. Kennedy (ed.). Estuarine perspectives. Academic, Nueva York.*
- Zaldívar, J. A., Herrera, S. J., Hernández, T. C., Hernández, S. R., & Caamal, S. J. (2010). Manglares. Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. *Merida. Yucatán.*

Anexos

Anexo 1.- Variables hidrológicas y concentración de nutrientes de manera espacial y temporal en el humedal de Progreso. Se muestran promedios y desviación estándar (SD)

Sitio	Temporada	Temperatura	TDS	Salinidad	Oxigeno	NH4	NO2	NO3	PO4	NH3	
1	Lluvias	28.19	42.01	43.66	6.35	17.32	1.30	9.69	18.40	5.48	
2		30.04	53.60	57.70	1.50	12.48	1.26	6.56	18.15	5.05	
3		28.74	37.27	38.14	2.76	9.75	1.14	10.06	18.34	1.68	
1		26.73	29.14	28.94	0.96	14.46	1.13	1.82	17.14	0.75	
2		28.97	32.34	32.76	2.01	14.98	1.14	1.77	16.38	2.46	
3		35.81	20.28	19.20	9.09	8.08	1.13	1.59	16.45	2.42	
1		25.15	31.76	31.90	0.56	17.94	1.10	7.24	17.53	0.99	
2		25.80	31.25	31.20	2.60	18.28	1.22	4.58	14.57	1.46	
3		28.60	33.28	33.52	9.90	12.93	1.09	1.73	15.63	1.67	
1	Nortes	21.76	41.90	43.70	0.57	36.55	1.22	5.46	16.36	4.58	
2		23.03	36.74	37.63	7.97	13.39	1.26	3.19	15.17	3.07	
3		19.64	33.88	34.38	5.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1		24.49	33.38	33.75	8.19	19.38	1.20	3.96	17.04	0.09	
2		24.30	39.32	40.61	6.85	28.77	2.41	7.25	15.75	0.21	
3		24.71	36.71	37.59	3.63	9.65	1.11	1.44	14.40	0.03	
1		Secas	32.26	28.22	37.14	10.20	10.63	6.00	-0.84	17.54	0.11
2			30.87	31.42	42.15	10.05	9.55	6.10	-1.56	17.39	0.06
3			29.03	33.69	33.97	2.64	11.63	5.66	-1.34	19.31	0.23
Promedio		27.12	34.79	36.55	5.09	14.76	1.97	3.48	15.86	1.69	
S.D		3.95	6.95	7.87	3.54	8.04	1.87	3.61	4.18	1.82	
Temporadas											
Promedio		29.75	35.77	36.73	3.78	12.84	1.18	5.25	17.48	2.97	
S.D LI		3.16	11.44	13.22	3.23	3.45	0.08	4.05	0.94	1.88	
Promedio		24.00	34.80	35.39	4.57	16.52	0.98	3.70	13.21	1.96	
S.D. N		3.18	3.98	4.65	3.94	11.85	0.49	2.62	6.55	1.63	
Promedio		27.61	33.79	37.54	6.93	14.93	3.74	1.49	16.90	0.12	
S.D. S		3.56	3.90	3.40	3.20	7.71	2.43	3.52	1.68	0.08	

Anexo 2.-Variables hidrológicas y concentración de nutrientes de manera espacial y temporal en el humedal de Chicxulub. Se muestran promedios y desviación estándar (SD)

Sitio	Temporada	Temperatura	TDS	Salinidad	Oxigeno	NH4	NO2	NO3	PO4	NH3	
1	Lluvias	33.90	138.20	260.84	0.56	25.15	1.97	7.21	15.44	0.70	
2		32.00	134.60	260.84	0.47	29.04	1.26	9.78	14.58	0.41	
3		30.48	142.70	260.84	0.34	17.10	2.09	1.72	14.28	1.25	
1		30.83	40.60	41.86	5.23	8.17	1.15	1.73	16.03	2.43	
2		33.35	40.60	41.81	8.14	9.30	1.13	1.71	16.69	3.86	
3		34.14	46.02	48.90	10.70	7.71	1.19	1.60	16.82	4.15	
1		26.38	32.31	32.50	4.38	11.49	1.09	4.40	14.19	1.30	
2		27.50	34.46	34.80	5.12	12.44	1.07	8.96	15.62	0.0002	
3		27.20	40.08	42.68	7.50	11.72	1.18	1.83	16.50	1.94	
1	Nortes	25.00	48.32	51.37	8.91	13.57	1.28	2.69	15.56	3.42	
2		24.50	48.11	51.13	9.19	11.46	1.19	2.58	15.57	3.11	
3		24.17	48.38	51.55	8.06	16.83	1.25	2.09	15.48	3.64	
1		25.99	80.31	88.00	0.60	8.52	1.27	5.36	15.18	0.05	
2		25.27	76.88	81.48	0.84	15.95	2.17	3.07	14.71	0.09	
3		27.08	84.93	109.06	2.41	16.48	3.58	1.61	13.41	0.08	
1		Secas	34.69	46.58	198.87	0.50	50.68	8.49	0.35	17.33	0.37
2			34.16	45.95	198.87	0.53	27.08	6.03	-0.11	16.95	0.18
3			38.29	40.26	198.87	0.62	14.94	9.40	1.34	19.69	0.15
Promedio		29.72	64.96	114.13	4.12	17.09	2.60	3.22	15.78	1.51	
S.D		4.33	37.05	88.28	3.77	10.49	2.62	2.83	1.44	1.53	
Temporadas											
Promedio		32.45	90.45	152.52	4.24	16.08	1.46	3.96	15.64	2.13	
S.D LI		1.58	52.73	118.69	4.49	9.27	0.44	3.61	1.06	1.61	
Promedio		25.79	41.94	44.01	7.19	12.92	1.18	3.76	15.49	2.23	
S.D. N		1.43	7.38	8.73	2.00	2.08	0.08	2.70	0.74	1.42	
Promedio		30.91	62.49	145.86	0.92	22.27	5.15	1.94	16.21	0.15	
S.D. S		5.48	20.24	58.78	0.74	15.14	3.36	2.01	2.24	0.11	

Anexo 3.- Contribución de cada presa a la dieta de los peces del humedal de Progreso durante el año 2017-2018. Se presentan los porcentajes del Índice de Importancia Relativa (IIR).

-	Item	A. mit	C. art	C. neb	E. gul	E. har	F. gran
Detritus		1.07	46.42		22.5	8.74	-
Cyanobacteria	<i>Cyanobacteria</i>	-	0.01	-	-	-	-
	<i>Chroococcus</i>	-	0.04	-	-	-	-
	<i>Merismopedia</i>	-	<0.01	-	-	-	-
	<i>Oscillatoraceae</i>	-	0.05	-	-	-	-
Bacillariophyta	<i>Nostoc</i>	-	<0.01	-	-	-	-
	<i>Amphipleura sp.</i>	-	<0.01	-	-	-	-
	<i>Diploneis sp.</i>	-	-	-	-	-	-
	<i>Gyrosigma</i>	-	0.24	-	0.09	-	-
	<i>Trachyneis</i>	-	2.25	-	0.54	-	-
	<i>Navicula sp.</i>	-	30.10	-	1.34	-	-
	<i>Pinnularia</i>	-	5.43	-	-	-	-
	<i>Pleurosigma</i>	-	<0.10	-	-	-	-
	<i>Stauroneis</i>	-	<0.01	-	-	-	-
	<i>Amphora sp.</i>	-	3.41	-	-	-	-
	<i>Climacosphenia sp.</i>	-	<0.01	-	-	-	-
	<i>Cymbella sp.</i>	-	0.36	-	0.71	-	-
	<i>Fragilaria sp.</i>	-	0.01	-	-	-	-
	<i>Synedra</i>	-	0.76	-	18.37	-	-
	<i>Grammatophora</i>	0.01	0.43	-	-	-	-
	<i>Melosira</i>	0.05	2.03	-	0.18	-	-
	<i>Nitzschia</i>	-	5.91	-	-	-	-
Dinophyceae	<i>Gymnodinium</i>	-	0.01	-	0.09	-	-
	<i>Hauerinidae</i>	-	<0.01	-	-	-	-
	<i>Quinqueloculina</i>	-	1.92	-	-	-	-
	<i>Rotaliida</i>	-	-	-	-	-	-
Rotifera	-	<0.01	-	-	-	-	
Ostracoda	-	-	-	-	4.17	-	
Hexanauplia	<i>Calanoida</i>	98.03	0.60	-	3.57	13.08	-
	<i>Cyclopoida</i>	0.01	<0.01	-	2.50	19.23	-
Malacostraca	<i>Mysidacea</i>	-	<0.01	-	-	-	-
	<i>Penaeidae</i>	0.03	-	-	-	-	-
	<i>Tanaidacea</i>	-	-	-	-	38.74	-
	<i>Amphipoda</i>	0.05	-	-	-	-	-
	<i>Corophium</i>	-	-	-	48.3	3.30	-
	<i>*Restos de Crustaceo</i>	-	0.70	-	-	0.12	-
Polychaeta	-	-	-	-	2.75	-	
Mollusca	<i>Bivalvia</i>	-	-	-	-	-	-
	<i>Gasteropoda</i>	-	-	-	-	-	-

	<i>Restos de moluscos</i>	-	-	-	-	-	-
Entognatha	<i>Collembola</i>	-	-	-	-	-	-
Insecta	<i>Hymenoptera</i>	-	-	-	-	-	-
	<i>Formicidae</i>	-	-	-	-	-	-
	<i>Hemiptera</i>	-	-	-	-	-	-
	<i>Belostomatidae</i>	-	-	-	-	<0.01	-
	<i>Corixidae</i>	-	-	-	-	-	3.85
	<i>Diptera</i>	-	<0.01	-	-	-	-
	<i>Chironomidae</i>	-	-	-	-	-	-
	<i>Coleoptera</i>	-	-	-	-	-	-
	<i>Lepidoptera</i>	-	-	-	-	9.87	-
Actinopterygii	<i>*Restos de insecto</i>	-	-	-	-	-	-
	<i>Cyprinodon artifrons</i>	-	-	-	-	-	96.15
	<i>Gambusia yucatana</i>	-	-	-	-	-	-
*Ovocitos		-	<0.01	-	1.75	-	-
*Restos de pez		0.05	<0.01	100.00	-	-	-
MFP		-	0.0007	-	-	-	-
Total		100	100	100	100	100	100

Continuación Anexo 3...

	<i>Item</i>	<i>F.</i> <i>pol</i>	<i>G.</i> <i>cin</i>	<i>J.</i> <i>pul</i>	<i>G.</i> <i>yuc</i>	<i>M.</i> <i>col</i>	<i>M.</i> <i>uro</i>	<i>O.</i> <i>sau</i>	<i>P.</i> <i>vel</i>	<i>S.</i> <i>not</i>
	Detritus	9.7	-	12.6	8.95	4.0	4.17	-	59.9	-
	Cyanobacteria	0.03	-	0.04	0.18	-	-	-	0.11	-
	Cyanobacteria									
	Chroococcus	0.01	-	8.48	5.2	0.02	-	-	12.7	-
	Merismopedia	-	-	0.16	-	-	-	-	0.01	-
	Oscillatoraceae	-	-	-	0.16	-	-	-	-	-
	Nostoc	0.01	-	-	0.55	-	-	-	0.02	-
	Bacillariophyta									
	Amphipleura sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Diploneis sp.	-	-	-	0.14	-	-	-	<0.0 1	-
	Gyrosigma	0.46	0.06	7.64	0.03	-	0.16	-	<0.0 1	-
	Trachyneis	2.32	-	7.56	3.03	2.29	0.49	-	0.36	-
	Navicula sp.	33.9 9	15.5 9	40.8 4	37.4 4	12.9 2	1.31	-	20.6 4	-
	Pinnularia	2.78	6.44	2.07	4.55	0.45	2.78	-	1.16	-
	Pleurosigma	0.10	-	0.16	0.01	-	-	-	-	-
	Stauroneis	-	-	-	-	-	-	-	<0.0 1	-
	Amphora sp.	2.63	1.40	10.9 9	3.37	1.00	-	-	1.08	-
	Climacosphenia sp.	0.18	-	-	0.05	-	-	-	-	-
	Cymbella sp.	1.83	0.08	1.27	1.16	-	-	-	0.67	-
	Fragilaria sp.	2.32	-	0.08	0.09	-	-	-	0.01	-
	Synedra	11.6 3	-	-	4.65	0.04	-	-	0.03	-
	grammatophor a	1.43	-	0.80	0.71	0.10	-	-	0.38	-
	Melosira	0.15	8.91	0.04	4.27	0.63	-	-	0.53	-
	Nitzschia	28.0 2	7.51	4.66	7.20	0.02	5.40	-	0.96	-
	Dinophyceae									
	Gymnodinium	<0.0 1	-	-	0.02	-	-	-	0.13	-
	Hauerinidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Quinqueloculin a	0.57	1.90	1.03	0.09	-	-	-	0.81	-
	Rotaliida	0.04	-	-	0.01	-	-	-	0.39	-
	Rotifera	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ostracoda	-	0.12	-	<0.0 1	-	3.91	-	0.01	-

Hexanauplia	Calanoida	0.92	4.95	0.12	5.27	63.8	2.78	-	<0.0	-
						7			1	
	Cyclopoida	0.72	-	1.19	0.02	1.12	10.9	-	-	-
							6			
Malacostraca	Mysidacea	-	-	-	-	0.22	-	-	-	-
	Penaeidae	-	-	0.12	-	-	-	-	-	-
	Tanaidacea	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Amphipoda	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Corophium	-	-	-	-	-	-	-	-	-
*Restos de Crustaceo	-	-	0.15	-	-	-	4.17	-	-	-
Polychaeta	-	0.03	-	-	0.31	-	-	-	-	0.55
Mollusca	Bivalvia	-	12.2	-	-	-	-	-	-	-
			6							
	Gasteropoda	-	5.21	-	-	-	-	-	-	-
	Restos de moluscos	-	35.4	-	-	-	-	-	-	-
			2							
Entognatha	Collembola	-	-	-	0.08	-	-	-	-	-
Insecta	Hymenoptera	-	-	-	-	-	-	-	-	1.07
	Formicidae	-	-	-	2.52	-	-	-	-	-
	Hemiptera	-	-	-	0.02	-	-	-	-	-
	Belostomatidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Corixidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Diptera	-	-	-	0.08	-	-	-	-	-
	Chironomidae	-	-	-	0.17	-	-	-	-	-
	Coleoptera	-	-	-	0.19	-	-	-	-	-
	Lepidoptera	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Actinopterygii	*Restos de insecto	-	-	-	0.33	-	-	-	-
	Cyprinodon artifrons	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Gambusia yucatanana	-	-	-	9.05	-	-	-	-	-
*Ovocitos		-	-	-	0.08	-	-	-	-	-
*Restos de pez		-	-	-	-	13.2	63.8	100	<0.0	98.3
									1	
MFP		0.005	-	0.12	-	-	-	-	<0.0	-
									1	
Total		100	100	100	100	100	100	100	100	100

Anexo 4.- Contribución de cada presa a la dieta de los peces del humedal de Progreso durante el año 2017-2018. Se presentan los porcentajes del Índice de Importancia Relativa (IIR).

-	Item	A. mit	C. art	C. neb	E. gul	E. har	F. gran
Detritus		1.07	46.42		22.5	8.74	-
Cyanobacteria	<i>Cyanobacteria</i>	-	0.01	-	-	-	-
	<i>Chrococcus</i>	-	0.04	-	-	-	-
	<i>Merismopedia</i>	-	<0.01	-	-	-	-
	<i>Oscillatoraceae</i>	-	0.05	-	-	-	-
Bacillariophyta	<i>Nostoc</i>	-	<0.01	-	-	-	-
	<i>Amphipleura sp.</i>	-	<0.01	-	-	-	-
	<i>Diploneis sp.</i>	-	-	-	-	-	-
	<i>Gyrosigma</i>	-	0.24	-	0.09	-	-
	<i>Trachyneis</i>	-	2.25	-	0.54	-	-
	<i>Navicula sp.</i>	-	30.10	-	1.34	-	-
	<i>Pinnularia</i>	-	5.43	-	-	-	-
	<i>Pleurosigma</i>	-	<0.10	-	-	-	-
	<i>Stauroneis</i>	-	<0.01	-	-	-	-
	<i>Amphora sp.</i>	-	3.41	-	-	-	-
	<i>Climacosphenia sp.</i>	-	<0.01	-	-	-	-
	<i>Cymbella sp.</i>	-	0.36	-	0.71	-	-
	<i>Fragilaria sp.</i>	-	0.01	-	-	-	-
	<i>Synedra</i>	-	0.76	-	18.37	-	-
	<i>Grammatophora</i>	0.01	0.43	-	-	-	-
	<i>Melosira</i>	0.05	2.03	-	0.18	-	-
	<i>Nitzschia</i>	-	5.91	-	-	-	-
Dinophyceae	<i>Gymnodinium</i>	-	0.01	-	0.09	-	-
	<i>Hauerinidae</i>	-	<0.01	-	-	-	-
	<i>Quinqueloculina</i>	-	1.92	-	-	-	-
	<i>Rotaliida</i>	-	-	-	-	-	-
Rotifera	-	<0.01	-	-	-	-	
Ostracoda	-	-	-	-	4.17	-	
Hexanauplia	<i>Calanoida</i>	98.03	0.60	-	3.57	13.08	-
	<i>Cyclopoida</i>	0.01	<0.01	-	2.50	19.23	-
Malacostraca	<i>Mysidacea</i>	-	<0.01	-	-	-	-
	<i>Penaeidae</i>	0.03	-	-	-	-	-
	<i>Tanaidacea</i>	-	-	-	-	38.74	-
	<i>Amphipoda</i>	0.05	-	-	-	-	-
	<i>Corophium</i>	-	-	-	48.3	3.30	-
	<i>*Restos de Crustaceo</i>	-	0.70	-	-	0.12	-
Polychaeta	-	-	-	-	2.75	-	
Mollusca	<i>Bivalvia</i>	-	-	-	-	-	-
	<i>Gasteropoda</i>	-	-	-	-	-	-

	<i>Restos de moluscos</i>	-	-	-	-	-	-
Entognatha	<i>Collembola</i>	-	-	-	-	-	-
Insecta	<i>Hymenoptera</i>	-	-	-	-	-	-
	<i>Formicidae</i>	-	-	-	-	-	-
	<i>Hemiptera</i>	-	-	-	-	-	-
	<i>Belostomatidae</i>	-	-	-	-	<0.01	-
	<i>Corixidae</i>	-	-	-	-	-	3.85
	<i>Diptera</i>	-	<0.01	-	-	-	-
	<i>Chironomidae</i>	-	-	-	-	-	-
	<i>Coleoptera</i>	-	-	-	-	-	-
	<i>Lepidoptera</i>	-	-	-	-	9.87	-
Actinopterygii	<i>*Restos de insecto</i>	-	-	-	-	-	-
	<i>Cyprinodon artifrons</i>	-	-	-	-	-	96.15
	<i>Gambusia yucatana</i>	-	-	-	-	-	-
*Ovocitos		-	<0.01	-	1.75	-	-
*Restos de pez		0.05	<0.01	100.00	-	-	-
MFP		-	0.0007	-	-	-	-
Total		100	100	100	100	100	100

Continuación Anexo 4...

	<i>Item</i>	<i>F.</i> <i>pol</i>	<i>G.</i> <i>cin</i>	<i>J.</i> <i>pul</i>	<i>G.</i> <i>yuc</i>	<i>M.</i> <i>col</i>	<i>M.</i> <i>uro</i>	<i>O.</i> <i>sau</i>	<i>P.</i> <i>vel</i>	<i>S.</i> <i>not</i>
	Detritus	9.7	-	12.6	8.95	4.0	4.17	-	59.9	-
	Cyanobacteria	0.03	-	0.04	0.18	-	-	-	0.11	-
	Cyanobacteria									
	Chroococcus	0.01	-	8.48	5.2	0.02	-	-	12.7	-
	Merismopedia	-	-	0.16	-	-	-	-	0.01	-
	Oscillatoraceae	-	-	-	0.16	-	-	-	-	-
	Nostoc	0.01	-	-	0.55	-	-	-	0.02	-
	Bacillariophyta									
	<i>Amphipleura</i> <i>sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Diploneis sp.</i>	-	-	-	0.14	-	-	-	<0.0 1	-
	Gyrosigma	0.46	0.06	7.64	0.03	-	0.16	-	<0.0 1	-
	Trachyneis	2.32	-	7.56	3.03	2.29	0.49	-	0.36	-
	<i>Navicula sp.</i>	33.9 9	15.5 9	40.8 4	37.4 4	12.9 2	1.31	-	20.6 4	-
	Pinnularia	2.78	6.44	2.07	4.55	0.45	2.78	-	1.16	-
	Pleurosigma	0.10	-	0.16	0.01	-	-	-	-	-
	Stauroneis	-	-	-	-	-	-	-	<0.0 1	-
	<i>Amphora sp.</i>	2.63	1.40	10.9 9	3.37	1.00	-	-	1.08	-
	<i>Climacosphenia</i> <i>sp.</i>	0.18	-	-	0.05	-	-	-	-	-
	<i>Cymbella sp.</i>	1.83	0.08	1.27	1.16	-	-	-	0.67	-
	<i>Fragilaria sp.</i>	2.32	-	0.08	0.09	-	-	-	0.01	-
	Synedra	11.6 3	-	-	4.65	0.04	-	-	0.03	-
	Grammatophor a	1.43	-	0.80	0.71	0.10	-	-	0.38	-
	Melosira	0.15	8.91	0.04	4.27	0.63	-	-	0.53	-
	Nitzschia	28.0 2	7.51	4.66	7.20	0.02	5.40	-	0.96	-
	Dinophyceae									
	Gymnodinium	<0.0 1	-	-	0.02	-	-	-	0.13	-
	Hauerinidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Quinqueloculin a	0.57	1.90	1.03	0.09	-	-	-	0.81	-
	Rotaliida	0.04	-	-	0.01	-	-	-	0.39	-
	Rotifera	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ostracoda	-	0.12	-	<0.0 1	-	3.91	-	0.01	-

Hexanauplia	Calanoida	0.92	4.95	0.12	5.27	63.8	2.78	-	<0.0	-
						7			1	
	Cyclopoida	0.72	-	1.19	0.02	1.12	10.9	-	-	-
							6			
Malacostraca	Mysidacea	-	-	-	-	0.22	-	-	-	-
	Penaeidae	-	-	0.12	-	-	-	-	-	-
	Tanaidacea	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Amphipoda	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Corophium	-	-	-	-	-	-	-	-	-
*Restos de Crustaceo	-	-	0.15	-	-	-	4.17	-	-	-
Polychaeta	-	0.03	-	-	0.31	-	-	-	-	0.55
Mollusca	Bivalvia	-	12.2	-	-	-	-	-	-	-
			6							
	Gasteropoda	-	5.21	-	-	-	-	-	-	-
	Restos de moluscos	-	35.4	-	-	-	-	-	-	-
			2							
Entognatha	Collembola	-	-	-	0.08	-	-	-	-	-
Insecta	Hymenoptera	-	-	-	-	-	-	-	-	1.07
	Formicidae	-	-	-	2.52	-	-	-	-	-
	Hemiptera	-	-	-	0.02	-	-	-	-	-
	Belostomatidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Corixidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Diptera	-	-	-	0.08	-	-	-	-	-
	Chironomidae	-	-	-	0.17	-	-	-	-	-
	Coleoptera	-	-	-	0.19	-	-	-	-	-
	Lepidoptera	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Actinopterygii	*Restos de insecto	-	-	-	0.33	-	-	-	-
	<i>Cyprinodon artifrons</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Gambusia yucatanana</i>	-	-	-	9.05	-	-	-	-	-
*Ovocitos		-	-	-	0.08	-	-	-	-	-
*Restos de pez		-	-	-	-	13.2	63.8	100	<0.0	98.3
									1	
MFP		0.005	-	0.12	-	-	-	-	<0.0	-
									1	
Total		100	100	100	100	100	100	100	100	100