



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
División Académica de Ciencias Biológicas
“Estudio en la duda. Acción en la fe”



**“EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE LA LAGUNA DE LAS
ILUSIONES MEDIANTE LA COMPARACIÓN DE ÍNDICES
BIÓTICOS”**

Trabajo recepcional, en la modalidad de:

Tesis

Para obtener el título en:

Licenciatura en Ingeniería Ambiental

Presenta:

Lidia Itzel Mendoza Martínez

Director:

M. en C. Ernesto Rodríguez Rodríguez

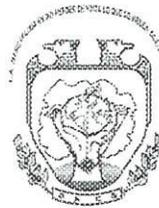
Villahermosa, Tabasco, México

Marzo, 2023



**UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO**

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

DIRECCIÓN
Villahermosa, Tab., a 07 de Marzo de 2023

ASUNTO: Autorización de Modalidad de Titulación

**C. LIC. MARIBEL VALENCIA THOMPSON
JEFE DEL DEPTO. DE CERTIFICACIÓN Y TITULACION
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES
P R E S E N T E**

Por este conducto y de acuerdo a la solicitud correspondiente por parte del interesado, informo a usted, que en base al reglamento de titulación vigente en esta Universidad, ésta Dirección a mi cargo, autoriza a la **C. LIDIA ITZEL MENDOZA MARTINES** egresada de la Lic. en **ING. AMBIENTAL** de la División Académica de **CIENCIAS BIOLÓGICAS** la opción de titularse bajo la modalidad de Tesis denominado: **"EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE LA LAGUNA DE LAS ILUSIONES MEDIANTE LA COMPARACIÓN DE ÍNDICES BIÓTICOS"**.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para saludarle afectuosamente.

A T E N T A M E N T E


**DR. ARTURO GARRIDO MORA
DIRECTOR DE LA DIVISIÓN ACADÉMICA
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**U.J.A.T.
DIVISIÓN ACADÉMICA
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**



C.c.p.- Expediente Alumno de la División Académica
C.c.p.- Interesado



**UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO**

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



**DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIRECCIÓN**

MARZO 07 DE 2023

**C. LIDIA ITZEL MENDOZA MARTINES
PAS. DE LA LIC. EN ING. AMBIENTAL
PRESENTE**

En virtud de haber cumplido con lo establecido en los Arts. 80 al 85 del Cap. III del Reglamento de titulación de esta Universidad, tengo a bien comunicarle que se le autoriza la impresión de su Trabajo Recepcional, en la Modalidad de Tesis denominado: **"EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE LA LAGUNA DE LAS ILUSIONES MEDIANTE LA COMPARACIÓN DE ÍNDICES BIÓTICOS"**, asesorado por M. en C. Ernesto Rodríguez Rodríguez sobre el cual sustentará su Examen Profesional, cuyo jurado está integrado por el Dr. José Roberto Hernández, Barajas, Dra. Melina del Carmen Uribe López, M. en C. Marco Antonio Hernández Cobián, MISA. Elizabeth Magaña Villegas y M. en C. Jesús Manuel Ascencio Rivera

**ATENTAMENTE
ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE**

**DR. ARTURO GARRIDO MORA
DIRECTOR**

U.J.A.T.
DIVISIÓN ACADÉMICA
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



DIRECCIÓN

C.c.p.- Expediente del Alumno.
Archivo.

CARTA AUTORIZACIÓN

El que suscribe, autoriza por medio del presente escrito a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice tanto física como digitalmente el Trabajo Recepcional en la modalidad de Tesis de Licenciatura denominado: **“EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE LA LAGUNA DE LAS ILUSIONES MEDIANTE LA COMPARACIÓN DE ÍNDICES BIÓTICOS”**, de la cual soy autor y titular de los Derechos de Autor.

La finalidad del uso por parte de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco el Trabajo Recepcional antes mencionada, será única y exclusivamente para difusión, educación y sin fines de lucro; autorización que se hace de manera enunciativa más no limitativa para subirla a la Red Abierta de Bibliotecas Digitales (RABID) y a cualquier otra red académica con las que la Universidad tenga relación institucional.

Por lo antes manifestado, libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de la tesis mencionada y para los fines estipulados en este documento.

Se firma la presente autorización en la ciudad de Villahermosa, Tabasco el Día 07 de Marzo de Dos Mil Veintitrés.

AUTORIZO



LIDIA ITZEL MENDOZA MARTINES

UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO

DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

LICENCIATURA EN INGENIERÍA AMBIENTAL

Carretera Villahermosa-Cárdenas km. 0.5 • Entronque con Bosques de Saloya, 86039
Villahermosa, Tabasco; MEXICO • www.ujat.mx

FORMATO DE EVALUACIÓN: F-01-IS
No. 0004

 UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO "ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"	PROCEDIMIENTO	Fecha:	06	febrero	2023
	FORMATO 01	EVALUACIÓN DE SIMILITUD			
LICENCIATURA EN INGENIERÍA AMBIENTAL					

TIPO DE DOCUMENTO	TESIS
TÍTULO	EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE LA LAGUNA DE LAS ILUSIONES MEDIANTE LA COMPARACIÓN DE ÍNDICES BIÓTICOS
AUTOR	LIDIA ITZEL MENDOZA MARTINES

Criterios de Evaluación de similitud:

- Incluir citas
- Excluir Bibliografía
- Excluir fuentes pequeñas (o palabras)
- Limitar el tamaño de la coincidencia a 13 palabras

RESULTADO DE SIMILITUD	20 %
-------------------------------	-------------

Se anexa informe de resumen de la evaluación

MISA. ELIZABETH MAGAÑA VILLEGAS

Nombre y firma del Evaluador

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme salud, bienestar, sabiduría, y sobre todo paciencia y fortaleza para superar cada obstáculo que he tenido en mi camino.

A mis profesores: Toñita, Juan de Dios, Melina, Cobián, Barajas y Magaña, a quienes admiro por su amor y dedicación a la enseñanza. Gracias por hacer sus clases más amenas y por sus conocimientos académicos y de vida compartidos.

A mi asesor, por darme la oportunidad de realizar este trabajo, y guiarme en cada momento de esta travesía.

A mi grupito de estudio, sin ustedes, las clases nivel extremo, no habrían sido superadas.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

DEDICATORIA

Con mucho amor y cariño para:

Mi madre Lidia, por escucharme y aconsejarme cada que lo necesitaba, incluso cuando creía que no. Por apoyarme en mis horas de estudio, y hacer que los problemas que veía inmensos, se volvieran pequeñitos. Eres mi inspiración para ser una mejor persona.

A mi padre Juan, por instruirme en cada faceta de mi vida, y ser mi ejemplo a seguir para obtener cada uno de mis objetivos.

A mis hermanos Vero y Quique, por sus consejos y apoyo incondicional.

A mis amigos, que, sin ellos, la vida estudiantil no sería tan divertida.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
<u>1.</u> INTRODUCCIÓN	1
2. JUSTIFICACIÓN	3
3. ANTECEDENTES	4
3.1. Contaminación y calidad del agua	4
3.2. Datos históricos de calidad del agua de la laguna de Las Ilusiones ...	4
3.3. Índices biológicos y especies bioindicadoras	5
3.4. Aplicación de índices biológicos a través de la historia	6
4. OBJETIVOS	9
4.1. Objetivo general	9
4.2. Objetivos específicos	9
5. ÁREA DE ESTUDIO	10
5.1. Clima	10
5.2. Geología y Fisiografía	10
5.3. Edafología	11
5.4. Hidrología	11
5.5. Flora y fauna	12
6. MÉTODOS	15
6.1. Selección del sitio de muestreo	15
6.2. Actividades de campo	16
6.3. Actividades de laboratorio	17
6.4. Procesamiento de datos	17
6.4.1. Biological Monitoring Working Party (BMWP)	17
6.4.2. Índice Biológico de Familias (IBF)	19
6.4.3. Índice de Shannon	22
7. RESULTADOS	23
7.1. Colecta de invertebrados acuáticos	23

7.2 Identificación taxonómica	24
7.3 Aplicación de índices bióticos.....	34
7.3.1 BMWP	34
7.3.2 IBF	35
7.4 Comparación de índices.....	36
8. DISCUSIÓN.....	39
9. CONCLUSIÓN.....	41
10. RECOMENDACIONES.....	42
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
ANEXOS.....	48

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de los valores medios anuales de parámetros físicoquímicos y microbiológicos durante el periodo 2005-2021 (SEDESPA; SERNAPAM y Secretaría de Bienestar).....	5
Tabla 2. Avistamientos de flora y fauna en la laguna de Las Ilusiones.....	12
Tabla 3. Puntaje de tolerancia de las familias de macroinvertebrados acuáticos, aplicados al índice BMWP.....	18
Tabla 4. Valores de tolerancia ajustados para la aplicación del índice IBF 20	
Tabla 5. Tabla de transformación a cinco clases de calidad para los índices BMWP, IBF e índice de diversidad (Shannon).	22
Tabla 6. Invertebrados acuáticos por punto de muestreo en la ensenada de la laguna Las Ilusiones.....	23

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Metodología realizada durante la investigación	15
Figura 2. Sitios de colecta de invertebrados en la ensenada Prados de Villahermosa de la laguna de Las Ilusiones	16
Figura 3. Número de organismos registrados por orden en el punto A.	25
Figura 4. Número de organismos registrados por orden en el punto B.	26
Figura 5. Número de organismos registrados por orden en el punto C.	27
Figura 6. Número de organismos registrados por orden en el punto D.	28
.....	28
Figura 7. Número de organismos por familia colectados en el punto A.	30
Figura 8. Número de organismos por familia colectados en el punto B.	31
Figura 9. Número de organismos por familia colectados en el punto C.	32
Figura 10. Número de organismos por familia colectados en el punto D.	33
Figura 11. Promedio de puntajes obtenidos en el BMWP por cada punto de muestreo en el primer periodo.	35
Figura 12. Promedios de puntajes alcanzados en el IBF por cada punto de muestreo.	36
Figura 13. Valores obtenidos en los índices bióticos e índice de diversidad de Shannon.	37
Figura 14. Valores promedios de cada índice para la demostración de la calidad del agua del ecosistema.	38

1. INTRODUCCIÓN

El agua es vital para la supervivencia de los seres vivos. El 3% del agua existente en el planeta es agua dulce y solo 0.01% del total se encuentra en estado líquido sobre los continentes (WORLD BANK WATER, 2017). Los ecosistemas de agua dulce proporcionan bienes y servicios ambientales importantes a la sociedad (Bezaury Creel y otros, 2017). Tal es el caso de las lagunas, las cuales son depósitos naturales de poca profundidad, donde se concentran procesos ecológicos y de acuerdo a las condiciones en las que se encuentren, garantizan la protección de la biodiversidad que habita en ellas. Pese a los beneficios que este ecosistema nos proporciona, las lagunas han sido alteradas por diversas actividades antropogénicas que deterioran su calidad ambiental. Los principales problemas a que se exponen los lagos y lagunas localizadas dentro o cerca de zonas urbanas son la eutrofización como resultado de la contaminación y colmatación, ocasionado casi siempre por un manejo inadecuado de la cuenca urbana y la falta de control de las entradas de aguas residuales y pluviales (Hansen, y otros, 2007; Ricárdez de la Cruz, y otros, 2016).

La evaluación de la calidad del agua se ha realizado tradicionalmente basada en los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos (Roldan-Pérez, 2016; Rodríguez Castillo, Roldán Pérez, & Bopp Vidal, 2021). Una alternativa a estos métodos, es a través de indicadores bióticos con el uso de invertebrados acuáticos (Hurtado, y otros, 2005; Roldan-Pérez, 2016; Hernán Pérez, y otros, 2020). La presencia, abundancia y ausencia de estos organismos suelen indicar las condiciones ambientales del cuerpo de agua o de un sector de él (Ternues Jácome y Yáñez, 2018; Rodríguez Castillo, y otros, op. cit 2021). El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP, por sus siglas en inglés) es utilizado para evaluar la calidad de agua en cuerpos de agua lóticos y lénticos. Por otro lado, el Índice Biótico de Familias (IBF) se utiliza con frecuencia para analizar el agua en diferentes sectores de los ríos de alta montaña (Figueroa, y otros, 2003; Cortes R., y otros, 2013;

Cárdenas Castro, y otros, 2018). En ambos casos pueden ser modificados para una zona de estudio en específico.

La laguna de Las Ilusiones ha sido objeto de estudio por varios años debido a la degradación causada por descargas de aguas residuales y escurrimientos urbanos. Con el paso del tiempo, el aumento de la urbanización ha agravado el deterioro del ecosistema. Por tal motivo, el presente trabajo evaluará el grado de contaminación de la laguna de Las Ilusiones por medio de índices bióticos. La información proporcionada contribuirá en la toma de decisiones futuras para la restauración y conservación de la laguna, así como para la prevención de eventos de mortalidad masiva de especies ícticas.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

2. JUSTIFICACIÓN

La laguna de Las Ilusiones se ha visto alterada por el incremento poblacional y la falta de control de las entradas de aguas residuales y pluviales, provocando un estado de eutrofización y a su vez un cambio en la biota acuática.

Durante muchos años la evaluación de la calidad del agua de la laguna ha sido basado en el comportamiento de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, tales como el pH, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), y altas concentraciones de coliformes fecales y totales, obteniendo variaciones de los mismos. Sin embargo, estos análisis suelen ser muy costosos y sólo pueden caracterizar las condiciones del ecosistema al momento del muestreo, por lo que se requiere realizar monitoreos continuos.

Por otro lado, el uso de bioindicadores de contaminación acuática se ha popularizado en diferentes partes del mundo debido a las ventajas que brindan sobre los métodos tradicionales. La más evidente es que son económicas y no se necesita de un equipo sofisticado para usarlos; revelan información de las condiciones ecológicas cambiantes o estables de los ecosistemas. Además, mediante el estudio de los bioindicadores es posible conocer la biodisponibilidad de los contaminantes. De acuerdo al rango particular de tolerancia de las distintas especies bioindicadoras, podemos determinar si los vertidos contaminantes realmente tienen repercusiones sobre ellas. Por lo que la relevancia de este trabajo radica en la evaluación del grado de contaminación existente en la laguna de Las Ilusiones, para el planteamiento de estrategias efectivas que permitan mejorar las condiciones físicas y biológicas del medio acuático y la calidad de vida de los organismos que habitan en él.

El uso de invertebrados acuáticos (mosquitos, libélulas, lombrices, ácaros, etc) como indicadores de contaminación del agua se justifica plenamente en términos técnicos y económicos en aquellos ecosistemas urbanos como es el caso de la laguna de Las Ilusiones en la cual se carece de información biótica pese a que presenta una marcada eutrofización en algunas zonas lacustres que reciben mayor carga de nutrientes.

3. ANTECEDENTES

3.1. Contaminación y calidad del agua

La contaminación es el exceso de materia y de energía en el ambiente. Samboni y otros (2007) consideran que la presencia de dicho exceso causa efectos adversos tanto en ecosistemas como en los seres vivos que entran en contacto con él, y es causada directa o indirectamente por las acciones del ser humano (citado en Quispe y otros, 2020).

La calidad del agua es un término utilizado para describir las características fisicoquímicas y biológicas del agua. Dicha calidad dependerá del uso que se le dé a este recurso. Dalu y otros (2017) explican que, en la actualidad la calidad de las aguas superficiales continentales del mundo, están siendo deterioradas por las descargas continuas de aguas residuales sin tratar y residuos sólidos domésticos e industriales, ocasionados por actividades antropogénicas (citado en Cárdenas Castro y otros, 2018).

Por lo general, la calidad de agua se determina comparando los componentes fisicoquímicos de una muestra de agua con estándares de calidad de agua ya establecidos. Además, presenta variaciones espaciales y temporales debido a factores externos e internos al cuerpo de agua (Zarate Chipana, 2015)

3.2. Datos históricos de calidad del agua de la laguna de Las Ilusiones

La laguna de Las Ilusiones ha sido monitoreada a lo largo de los años, usando como base el comportamiento de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, con el propósito de evaluar la calidad del agua. La Secretaría de Desarrollo Social y Protección al Medio Ambiente (SEDESPA) junto a la Secretaría de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental (SERNAPAM) reportaron valores de 24 parámetros pertenecientes al cuerpo de agua durante el periodo 1990-2018 en diferentes épocas del año. Para los siguientes tres años, la Secretaría de Bienestar reportó datos de DBO, DQO y Coliformes Fecales. En la tabla 1, se presenta el resumen de las medias anuales de las siguientes variables: pH, DBO,

DQO, Nitrógeno y Fósforo Total (NT y FT, respectivamente) Coliformes Fecales y Totales. Hoy en día, la calidad del agua en algunas zonas de la laguna urbana presenta problemas de hipereutroficación debido a la carga de nutrientes provenientes de escurrimientos urbanos y aguas residuales. Particularmente, en las zonas vinculadas a los Vasos Cencali y Bonanza y algunas áreas de la ensenada del Parque Tomás Garrido Canabal la carga de contaminantes ha provocado diversos eventos de mortalidad de peces desde el año de 2010.

Tabla 1. Resumen de los valores medios anuales de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos durante el periodo 2005-2021 (SEDESPA; SERNAPAM y Secretaría de Bienestar)

Año	pH U	DBO mg/L	DQO mg/L	NITRÓGENO TOTAL mg/L	FÓSFORO TOTAL mg/L	COLIFORMES FECALES NMP/100 mL	COLIFORMES TOTALES NMP/100 mL
2005	8.4	8.27	48.47	0.1	0.13	1003.33	5903.33
2006	8.8	7.28	56.28	0.06	0.23	953.33	953.33
2007	9.0	8.95	48.55		0.34	7638.89	8412.22
2009	7.4	6.04	42.16	0.09	0.28	68000.00	397800.00
2008	7.7	5.74	59.04	0.15	0.21	63666.67	152666.67
2010	8.7	4.96	36.4	0.10	0.19	89400.00	93000.00
2011	9	12.25	42	0.39	0.27	54000	119500
2012	8.5	8.33	64.83	0.10	1.04	57800.00	138800.00
2013	8.5	9.67	74.67	0.35	0.90	142333.33	184333.33
2014	8.5	6	62.17	1.27	0.31	94500.00	215333.33
2015	9.4	7.4	46.2	0.73	0.25	73000.00	194400.00
2016	8.8	7	52.25	0.31	0.43	30250.00	71000.00
2017		8.5	65.75			122250	
2018		9	51.25			23500	
2019		8.33	49.33			66666.67	
2020		7	34			160000	
2021		6	25.5			240000	

3.3. Índices biológicos y especies bioindicadoras

Los índices biológicos son métodos de identificación del nivel y los efectos de contaminación, mediante el uso de organismos (Pinilla, 2016), mejor conocidos como especies bioindicadoras que con su presencia, ausencia, abundancia, dispersión y sensibilidad a las perturbaciones ambientales permiten conocer las condiciones ambientales de interés (Heink y Kowarik, 2010). Los organismos que suelen utilizarse para evaluar la calidad del agua son: el fitoplancton que obtiene su energía de la luz y los nutrientes en el proceso de la fotosíntesis y se encuentran

suspendidos en las masas de agua; el zooplancton que habita a lo largo de la columna de agua en medios dulceacuícolas y marinos; el ictioplancton que abarca desde larvas de peces, y otras especies que se alimentan del fitoplancton, hasta alcanzar el tamaño suficiente para dejar de ser desplazados pasivamente en las aguas y comenzar a moverse de manera independiente de las corrientes; los peces, que su tamaño y movilidad les permite influir en el transporte de sustancias y elementos en los ecosistemas ya que sirven como bioacumuladores de contaminantes, asimismo, su largo tiempo de vida, permite tener datos sobre contaminación sucedida en el pasado; y por último los macroinvertebrados, que comprenden a los organismos que en su última etapa como larva alcanzan un tamaño mayor a 1 mm (Vitari-Garcés y otros, 2017), se localizan en el fondo de ríos y lagos, adheridos a la vegetación acuática, troncos y rocas sumergidas. Además, han sido parte integral de la evaluación de la calidad del agua desde hace varias décadas atrás (Roldan-Pérez, 2016)

3.4. Aplicación de índices biológicos a través de la historia

Los índices de calidad de agua, históricamente han sido una herramienta importante para el control de la contaminación de los cuerpos de agua (Rodríguez y otros, 2016). Su uso para definir la calidad de las aguas superficiales comenzó hace más de un siglo con los trabajos de Kolenati (1848) y Cohn (1852), que observaron cómo los organismos encontrados en aguas contaminadas diferían de aquellos encontrados en aguas limpias (Beltrán y otros, 2016). En Europa durante las primeras dos décadas del siglo XX, el sistema sapróbico tomó gran importancia, basado en los trabajos de Kolkwitz y Marsson (1908 y 1909) (Pinilla, op. cit 2016). Sin embargo, las diferentes metodologías basadas en la calidad del agua con el uso de índices biológicos fueron hasta mediados de los años 50's. Dichas metodologías fueron propuestas en los trabajos de Patrick en 1949 y 1950. (Roldan-Pérez, op. cit 2016). En los 80's y 90's comenzó a generalizarse el uso de diferentes índices y a su vez, a proponerse otros nuevos o modificaciones de los existentes. Tal es el caso de los índices BMWP (Biological Monitoring Working Party) e IBF (Índice Biótico de

Familias) que se introdujeron en 1980 y 1988, respectivamente, para proporcionar un índice de la calidad del agua de los ríos de Inglaterra y Gales en el caso del BMWP, y de Norteamérica con el IBF. Basándose en macroinvertebrados acuáticos, y que han sido modificados para aplicarse en diferentes partes del mundo (Cárdenas-Castro y otros, op. cit 2018).

Actualmente, algunos países de Latinoamérica, como Chile, Colombia, Ecuador y México, por mencionar algunos, han empleado índices bióticos, ya establecidos, adaptándolos a las condiciones del medio del área de interés. En ese sentido, Rosas y otros (2014) determinaron la distribución de macroinvertebrados presentes en una laguna ubicada en Guerrero, México, usando 3 índices: Índice Biological Working Party (BMPW/Coyuca), Índice Biológico de Familias (IBF) y el Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT). Como resultado, encontraron baja abundancia en organismos de buena calidad, obteniendo valores de 166 (contaminación moderada), 5.03 (contaminación moderada) y 5 (contaminación moderada), respectivamente. Así mismo, Gualdrón (2016) analizó las características físicas, químicas y microbiológicas de diferentes ríos de Colombia, por medio de análisis fisicoquímicos e índices de calidad del agua como el Índice Biological Working Party (BMPW/Col). De acuerdo al puntaje obtenido, los ríos se clasificaron como aguas ligeramente contaminadas, con altos niveles de turbiedad y sólidos disueltos totales (SDT). Otros autores como Pérez y otros (2021) han optado por el índice de Shannon para determinar la calidad del agua de un río en Ecuador, mediante macroinvertebrados y el uso de parámetros fisicoquímicos. Este estudio reveló la relación que hay entre la distribución de las familias colectadas y estándares ambientales como el pH, turbidez y presencia de nitratos causando cambios significativos en la diversidad del río.

Los índices empleados en el presente estudio fueron BMWP, IBF y Shannon. Este último, revela la heterogeneidad de la comunidad de invertebrados colectados, utilizando el número de especies presentes y la abundancia relativa de los mismos (Pla, 2006). Se dice que los valores menores a 2 son ecosistemas con baja diversidad y los mayores a 3 con diversidad alta. En este estudio, se aplicó para

comparar la respuesta de los organismos a la calidad de su ambiente, con respecto a la abundancia, riqueza y equitatividad.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Evaluar las condiciones de contaminación de una ensenada de la laguna de Las Ilusiones mediante el uso de índices biológicos constituidos por las comunidades de invertebrados acuáticos existentes en el cuerpo lagunar.

4.2 Objetivos específicos

- Colectar invertebrados en la ensenada Prados de Villahermosa de la laguna de Las Ilusiones.
- Identificar taxonómicamente los organismos invertebrados obtenidos del área de estudio.
- Aplicar comparativamente los índices IBF y BMWP de contaminación acuática con los datos de colecta e identificación taxonómica de invertebrados para determinar la calidad del agua.

5. ÁREA DE ESTUDIO

La laguna de Las Ilusiones se ubica en la zona centro-norte de la ciudad de Villahermosa, Tabasco. Sus coordenadas geográficas son 17°59' y 18°01' de latitud Norte, y 92°56' y 92° 55' de latitud Oeste. Ocupa una extensión territorial de 198.4 ha (Rodríguez Rodríguez, 2002). Presenta una profundidad promedio de 2 metros y en algunas de sus partes llega a tener hasta 4 metros de profundidad (Galindo, y otros, 2015). Es una de las lagunas urbanas más importantes del estado por ser considerada una zona de refugio, anidación y reproducción de fauna silvestre; funciona también como vaso regulador, contribuye en el ciclo hidrológico y regula el microclima de la ciudad (Rueda Cordero, y otros 2017), debido a lo anterior, fue decretada como reserva ecológica en 1995. Se caracteriza por tener variaciones significativas en su área perimetral, derivadas de la interacción de los factores biofísicos y las actividades humanas (Zequeira y otros, 2015).

5.1. Clima

El tipo de clima prevaleciente en la cuenca de drenaje urbana de este ecosistema acuático es cálido-húmedo con abundantes lluvias en verano (Af(m)igw”), la temperatura media anual es de 27.1°C siendo el período abril-septiembre el más cálido del año con temperaturas promedio de 28°C. La precipitación media anual es de 1926.1 mm, la época más lluviosa comprende los meses de agosto, septiembre y octubre con precipitaciones de 210.1 mm, 322.6 mm y 288.1 mm respectivamente, y el periodo seco en los meses de marzo y abril (INEGI, op. cit 2017).

5.2. Geología y Fisiografía

La laguna se encuentra dentro de la provincia Llanura Costera del Golfo Sur y subprovincia Llanuras y Pantanos Tabasqueños. Tudela (1989) menciona que, en esta subprovincia predominan topofomas de llanura y lomeríos bajos con altitudes máximas de 240 m (Galindo, y otros, op. cit 2015). Contiene sedimentos aluviales del Cuaternario y materiales detríticos ligeramente consolidados del Terciario,

llamados areniscas y lutitas (INEGI, 2017). Éstos últimos forman lomeríos que bordean casi toda la laguna, a excepción de la porción Norte y Noroeste. En las últimas áreas prevalecen los sedimentos aluviales no consolidados, conformados por arcilla, arenas, y gravas, que se encuentran depositados sobre planicies aluviales y lagunares (Zequeira y otros, op. cit 2015)

5.3. Edafología

Los grupos de suelos de mayor superficie en esta cuenca de drenaje son Gleysol (13%), Tecnosol (5.2%) y Lixisol (5.1%) (Zequeira y otros, op. cit 2015).

De acuerdo a IUSS y otros (2015) el suelo Gleysol son aquellos que tienen dentro de 50 cm de la superficie del suelo mineral, una capa de 25 cm de espesor que manifiestan condiciones reductoras en ciertas partes y un patrón de color Gléyico en todo el espesor. Las condiciones reductoras son evidentes por la presencia de Fe^{2+} libre, sulfuro de hierro o metano; el patrón de color Gléyico muestra 90% o más de colores reductimórficos. En cambio, el Tecnosol son suelos que tienen 20% o más de artefactos en los primeros 100 cm de profundidad. Por último, el Lixisol que se encuentra en la cuenca de drenaje de esta laguna, se divide en Lixisol Gléyico y Lixisol Férrico Profóndico. El primero son suelos que tienen un horizonte árgico dentro de los 100 cm de la superficie del suelo, se caracterizan por presentar mayor contenido de arcilla en el subsuelo y alta saturación con bases y arcillas de baja actividad a ciertas profundidades. Por otro lado, el Férrico Profóndico tienen un horizonte férrico dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo, y presentan un horizonte árgico en el cual la distribución de arcilla no disminuye más del 20% de su máximo dentro de 150 cm de profundidad.

5.4. Hidrología

La laguna de Las Ilusiones forma parte de la región hidrológica Grijalva-Usumacinta (RH30), de la cuenca Grijalva-Villahermosa (RH30D), y de la

subcuenca Río Carrizal (RH30Dw). A escala local, la laguna funciona como nivel base de corrientes intermitentes de una microcuenca urbana; esta puede clasificarse como endorreica, debido a que la mayor parte del año permanece aislada del Río Carrizal por el terraplén del Periférico Norte y una compuerta ubicada en la colonia José María Pino Suárez, que sólo se abre para descargar las excedencias de la laguna. El desarrollo urbano en la microcuenca ha provocado la modificación de los afluentes o también conocidos como arroyos tributarios, por lo que el caudal de la laguna depende de las precipitaciones pluviales y los volúmenes de agua aportados por los drenajes pluviales, depositando sedimentos y aguas residuales sin tratamiento (Zequeira y otros, op. cit 2015).

5.5. Flora y fauna

Algunas especies de flora y fauna presentes en el ecosistema lagunar y sus alrededores se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2. Avistamientos de flora y fauna en la laguna de Las Ilusiones.

Flora acuática		
Nombre científico	Nombre común	Fuente:
<i>Begonia caroliniifolia</i>	Begonia palmeada	(Magaña Alejandro, 1988); (Zequeira y otros, op. cit 2015)
<i>Lemma minor</i>	Lenteja de agua menor	
<i>Digitaria horizontales</i>	Hierba de cangrejo de Jamaica	
<i>Acrostichum danaeifolium</i>	Helecho de playa	
<i>Eichhornia crassipes</i>	Lirio acuático	
<i>Typha latifolia</i>	Espadaña	
<i>Pistia stratiotes</i>	Lechuga de agua	
<i>Salvinia auriculata</i>	Helecho acuático	
Flora terrestre		

Nombre científico	Nombre común	Fuente:
<i>Spondias mombin</i>	Jobo	(Magaña Alejandro, 1988); (Zequeira y otros, op. cit 2015).
<i>Andira galeottiana</i>	Macayo	
<i>Inga vera</i>	Chelele	
<i>Coccoloba barbadensis</i>	Tucuy	
<i>Miconia argétea</i>	Ceniso	
<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce	
<i>Scheelea liebmani</i>	Palma real	
<i>Sabal mexicana</i>	Palmito mexicano	
<i>Tabebuia rosea</i>	Maculís	
<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba	
<i>Pachira aquatica</i>	Apompo	
<i>Bursera simaruba</i>	Palo mulato	
<i>Cocos nucifera</i>	Palma de coco	

Fauna

Nombre científico	Nombre común	Fuente:
<i>Trichechus manatus</i>	Manatí	(Zequeira y otros, op. cit 2015).
<i>Crocodylus moreletii</i>	Cocodrilo de pantano	
<i>Amphilopus robertsoni</i>	Mojarra hondureña	
<i>Astyanax geneus</i>	Pepesca	
<i>Atherinella alvarezii</i>	Plateadito de Tacotalpa	
<i>Belonesox belizanus</i>	El picudito	
<i>Cathorops aguadulce</i>	Bagre Aguadulce	
<i>Cichlasoma salvini</i>	Mojarra pico de gallo	
<i>C. urophthalmus</i>	Mojarra rayada	
<i>Dorosoma anale</i>	Sardina de Papaloapan	

<i>D. petenense</i>	Sardina maya
<i>G. sexradiata</i>	Desconocido
<i>Parachromis managuense</i>	Guapote jaguar
<i>Paraneetroplus bifasciata</i>	Mojarra Colorada
<i>P. heterosphylla</i>	Pez Ángel
<i>P. pearsei</i>	La Dama Blanca Ciega
<i>P. synspila</i>	Pez Loro
<i>Petenia splendida</i>	Tenguayaca
<i>Poecilia sphenops</i>	Pez Molly
<i>Pterygoplichthys pardalis</i>	Pleco del Amazonas
<i>Thorichthys helleri</i>	Mojarra Amarilla
<i>T. meeki</i>	Torito
<i>T. pasionis</i>	Mojarra de la Pasión
<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilapia del Nilo
<i>Centropomus undecimalis</i>	Robalo Blanco
<i>Gobiomorus dormitor</i>	Guavina Bocón
<i>Megalops atlanticus</i>	Sábalo real

Las aves y tortugas son otros grupos de especies de fauna que habitan en el cuerpo lagunar. Sin embargo, en la actualidad no se cuenta con la información suficiente de cada uno de éstos.

6. MÉTODOS

En la figura 1 se muestra de manera sintetizada la metodología que se llevó a cabo para el cumplimiento de los objetivos del presente trabajo.

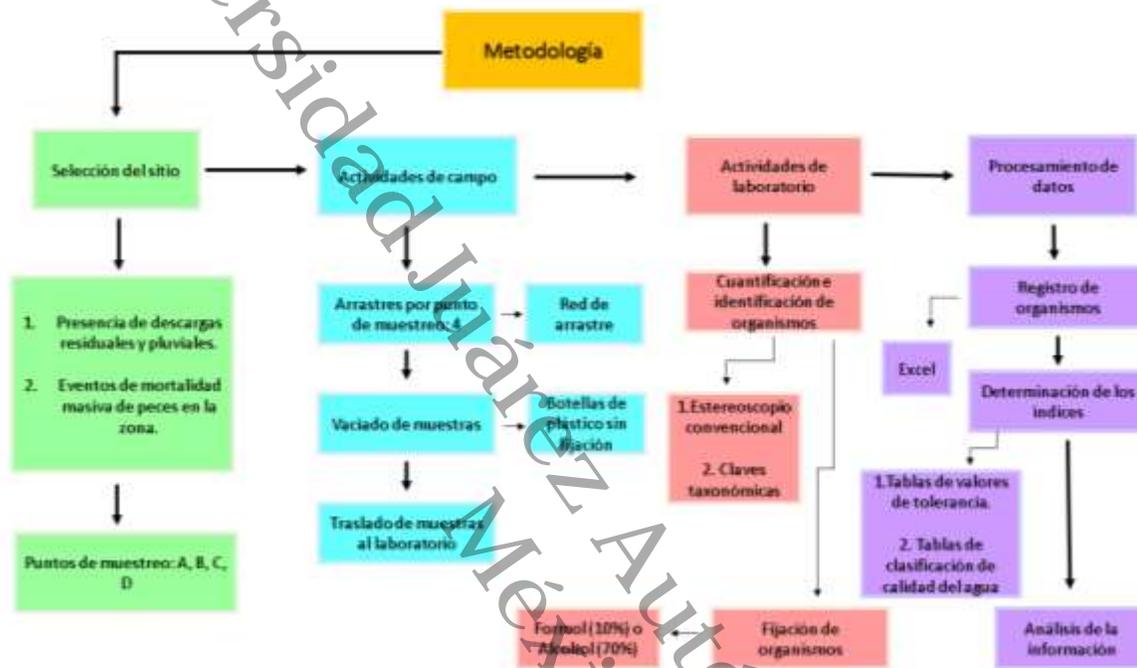


Figura 1. Metodología realizada durante la investigación

6.1 Selección del sitio de muestreo

Los puntos del muestreo se seleccionaron de acuerdo a las siguientes consideraciones: 1) presencia de descargas residuales y pluviales y 2) existencia de eventos de mortalidad masiva de peces en la zona. Por lo que el área lacustre seleccionada fue la ensenada de la laguna de Las Ilusiones conocida como Vaso Prados de Villahermosa o Vaso Bonanza.

En la Figura 2 se presentan los cuatro sitios de colecta de invertebrados y se identifican con las letras A, B, C y D con cuatro arrastres en cada zona lacustre.

Los sitios de colecta A y B representan sitios cercanos a descargas residuales domésticas y los puntos C y D se localizan lejos de dichas descargas.

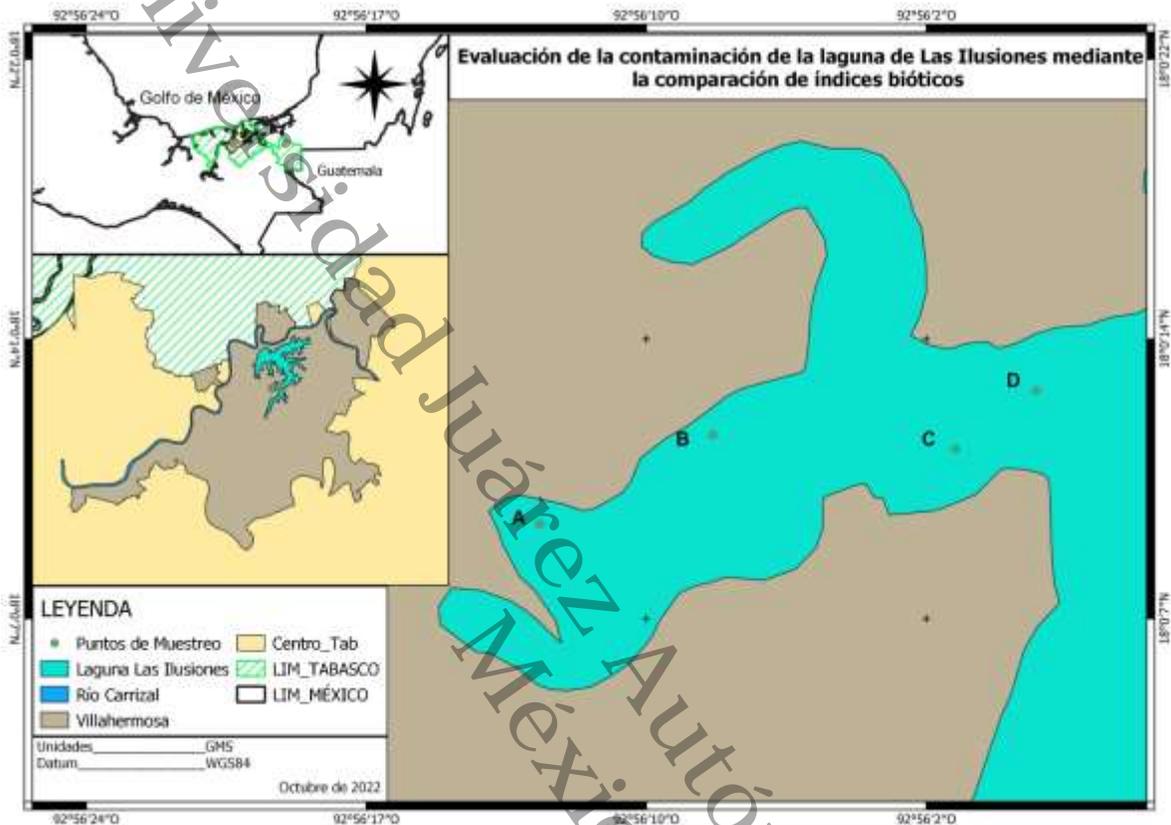


Figura 2. *Sitios de colecta de invertebrados en la ensenada Prados de Villahermosa de la laguna de Las Ilusiones*

6.2 Actividades de campo

La etapa de muestreo, se realizó en el periodo de noviembre 2016 - octubre 2017. Así mismo, se llevó a cabo un segundo muestreo en los meses de marzo y septiembre del año 2018, con la finalidad de validar la información de cuantificación e identificación obtenida en el primer periodo, haciendo un total de catorce muestreos.

Para la colecta de invertebrados acuáticos se empleó una red de arrastré de 30 cm de diámetro provista con un mango de metal, haciendo cuatro arrastres en cada sitio y colocándolos en botellas de un litro (previamente etiquetadas) y sin fijación, es decir, sin agregar sustancias externas que permiten la preservación de

los organismos en el tiempo. Posteriormente, las muestras fueron trasladadas al laboratorio para su separación y cuantificación inmediata.

6.3 Actividades de laboratorio

La cuantificación y la identificación de los invertebrados colectados se realizó con el uso de un estereoscopio convencional. Para la identificación taxonómica de las especies y familias de invertebrados se emplearon claves taxonómicas para cada orden y documentos de identificación como el de Epler (2006) para las familias y especies del grupo Heteroptera-Hemiptera.

Después de realizar la cuantificación e identificación de las especies y familias presentes en cada muestra, se fijaron y preservaron los organismos con formol al 10% o con alcohol al 70% de acuerdo al grupo taxonómico al que pertenecían.

6.4 Procesamiento de datos

Se realizaron tablas de Excel en las cuales se registraron los organismos colectados con la finalidad de cuantificar el número de individuos que se obtuvieron por punto de muestreo de cada mes, así como el orden, familia y especie a las cuales pertenecían.

6.4.1 Biological Monitoring Working Party (BMWP)

El método requiere llegar sólo hasta el nivel taxonómico de familia cuyos datos son: cualitativos (presencia o ausencia), y cuantitativos (número de individuos por familia presente). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con su tolerancia a la contaminación orgánica (Tabla 3). Las familias más sensibles reciben una puntuación de 10, y en cambio las más tolerantes a la contaminación reciben puntajes bajos, cercanos a 1 (Zarate Chipana, op. cit 2015). El valor del índice BMWP se obtiene de la suma de la puntuación correspondiente a cada familia que habita en el punto de monitoreo. La ventaja de este índice se basa en la fiabilidad

de los resultados, la rapidez y sencillez de su utilización, con ahorro de costes y de tiempo (Sichique Sánchez y Rocano Portoviejo, 2014).

Tabla 3. Puntaje de tolerancia de las familias de macroinvertebrados acuáticos, aplicados al índice BMWP.

Familia	Puntaje
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelphusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossossomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae,	5

Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae.	
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolycopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae.	2
Tubificidae (Oligochaeta)	1

Fuente: Roldán-Pérez, op. cit (2016)

6.4.2 Índice Biológico de Familias (IBF)

Al igual que el BMWP, trabaja con una escala que va del 0 al 10, asignándole un puntaje a los grupos taxonómicos conforme a su tolerancia o sensibilidad a la contaminación. Aunque, a diferencia del BMWP, los puntajes más bajos representan a los taxones que son sensibles a la contaminación; mientras que los puntajes más altos manifiestan a los taxones que toleran la contaminación. (Gutiérrez-Fonseca y Ramírez, 2016). La fórmula para obtenerlo es la siguiente: $IBF = 1/N \sum n_i t_i$, donde n_i : número de individuos en una Familia; t_i : puntaje de tolerancia de cada Familia (Tabla 4) y N: número total de individuos en la muestra o estación, el valor obtenido igualmente es asociado a una clase de calidad. Este índice originalmente considera siete clases de calidad, sin embargo, fue simplificado a 5, con la finalidad de compararlo con otros índices bióticos (Figueroa y otros, 2007; Cárdenas-Castro y otros, op. cit 2018).

Tabla 4. Valores de tolerancia ajustados para la aplicación del índice IBF

Clase	Orden	Familia	Valores de tolerancia	Clase	Orden	Familia	Valores de tolerancia
Turbellaria	Tricladia		5	Insecta	Trichoptera	Xiphocentronidae	2
Hyrudinea			7			Hydrobiosidae	2
Oligoqueta		Tubificidae	9			Glossosomatidae	3
Gasteropoda		Ancylidae	4			Hydropsychidae	5
		Physidae	7			Anomalopsychidae	0
		Hydrobiidae	7			Philopotamidae	2
		Limnaeidae	7		Limnephilidae	3	
		Planorbidae	7				
Bivalvia		Sphaeriidae	7		Lepidoptera	Pyalidae	6
		Hyriidae	7		Coleoptera	Ptilodactylidae	5
Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	4			Lampyridae	5
Ostracoda			7			Psephenidae	5
Acari	Hydracarina		6			Scirtidae	5
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	6			Staphylinidae	7
		Leptophlebiidae	0			Elmidae	5
		Leptohyphidae	3			Dryopidae	5
		Oligoneuridae	0			Gyrinidae	7
	Odonata	Aeshnidae	4			Dytiscidae	7
		Gomphidae	2			Hydrophilidae	7
					Hydraenidae	5	

		Libellulidae	4		Diptera	Athericidae	0
		Coenagrionidae	4			Blepharoceridae	0
		Calopterygidae	2			Simuliidae	5
		Polythoridae	0			Tabanidae	6
	Plecóptera	Perlidae	0			Tipulidae	5
		Gripopterygidae	0			Limoniidae	6
	Heteróptera	Veliidae	5			Ceratoponidae	6
		Gerridae	5			Dixidae	6
		Corixidae	5			Psychodidae	7
		Notonectidae	5			Dolichopodidae	6
		Belostomatidae	6			Stratiomyidae	6
		Naucoridae	5			Empididae	6
	Trchóptera	Helicopsychidae	0			Chironomidae	8
		Calamoceratidae	0			Culicidae	8
		Odontoceridae	0			Muscidae	8
		Leptoceridae	2			Ephydriidae	8
		Polycentropodidae	2			Syrphidae	9

Fuente: Cárdenas-Castro y otros, op. cit 2018

6.4.3 Índice de Shannon

Se obtiene con la fórmula $H' = -\sum (P_i \cdot \log_2 P_i)$ donde P_i : proporción total de la muestra que pertenece a la especie "i", es decir, el número de individuos "i" entre el número total de todas las especies.

Los resultados obtenidos en cada índice fueron comparados con tablas de clasificación de calidad de agua. Las cuales se unificaron con la finalidad de simplificar las categorías a cinco clases y relacionar los índices entre sí (Tabla 5).

Tabla 5. Tabla de transformación a cinco clases de calidad para los índices BMWP, IBF e índice de diversidad (Shannon).

CLASE	CALIDAD	VALOR DE BMWP ^a	VALOR DE IBF ^b	VALOR DE SHANNON ^c	SIGNIFICADO	COLOR
I	Buena	> 150	0 - 3.75	> 4	Aguas muy limpias	
		101 - 120			Aguas no contaminadas	
II	Aceptable	61 - 100	3.76 - 4.63	3 - 4	Aguas ligeramente contaminadas	
III	Dudosa	36 - 60	4.64 - 6.12	2 - 3	Aguas moderadamente contaminadas	
IV	Crítica	16 - 35	6.13 - 7.25	1 - 2	Aguas muy contaminadas	
V	Muy crítica	< 15	7.26 - 10	0 - 1	Aguas fuertemente contaminadas	

Nota: ^a Adaptado de: Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2008). Manual de monitoreo del agua para el investigador local. <http://www.humboldt.org.co/es/i2d/item/337-manual-de-monitoreo-del-agua-para-el-investigador-local>. ^b Adaptado de Figueroa et al. (2007). ^c Adaptación personal de la tabla de Staub et al. (1970).

7. RESULTADOS

Los datos de colecta, así como las tablas de ponderación de cada índice obtenidos en el presente trabajo se encuentran en un archivo Excel anexado al trabajo de tesis.

7.1 Colecta de invertebrados acuáticos

La base datos colectada en el periodo noviembre 2016 - octubre 2017 procede del autor Ernesto Rodríguez Rodríguez. En dicha etapa, se colectó un total de 11,251 invertebrados acuáticos, pertenecientes a 29 familias y 12 órdenes. Con un 10% de organismos presentes en el punto A, 23.23% en el punto B, 38.66% en el punto C y 28.11% en el punto D. Así mismo, en el segundo periodo se colectaron 2,197 organismos, correspondientes a 31 familias y 12 órdenes. La distribución de dichos organismos, se presentó de la siguiente manera: 8.56% en el punto A, 26.45% en el punto B, 31.22% en el punto C y 33.77% en el punto D, siendo los dos últimos puntos de muestreo, en los que se obtuvieron mayor abundancia de individuos para ambos periodos. (Tabla 6)

Tabla 6. *Invertebrados acuáticos por punto de muestreo en la ensenada de la laguna Las Ilusiones.*

Puntos de muestreo	Invertebrados acuáticos colectados	Porcentaje
Periodo 1		
A	1126	10%
B	2616	23.23%
C	4353	38.66%
D	3166	28.11%
Total:	11261	
Periodo 2		
A	188	8.56%
B	581	26.45%
C	686	31.22%
D	742	33.77%
Total:	2197	

7.2 Identificación taxonómica

En las figuras 3, 4, 5 y 6 se encuentran el número de organismos registrados por orden taxonómico en cada punto de muestreo y periodo, respectivamente. En los puntos A y B, los órdenes Acari, Oligochaeta y Diptera, fueron los que tuvieron mayor presencia en ambos periodos, al igual que en los puntos C y D. Sin embargo, el orden Acari disminuye su presencia y aumenta el orden Bassomatophora para el primer periodo y Polycladida para el segundo. Por otra parte, los órdenes Architaenioglossa, Coleoptera y Nemátodo tuvieron una representatividad baja en los puntos B, C y D de ambos muestreos. Lo mismo sucede para el punto A, anexándose el orden Plecoptera, aunque, en el segundo periodo el orden Coleoptera no tuvo presencia alguna.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

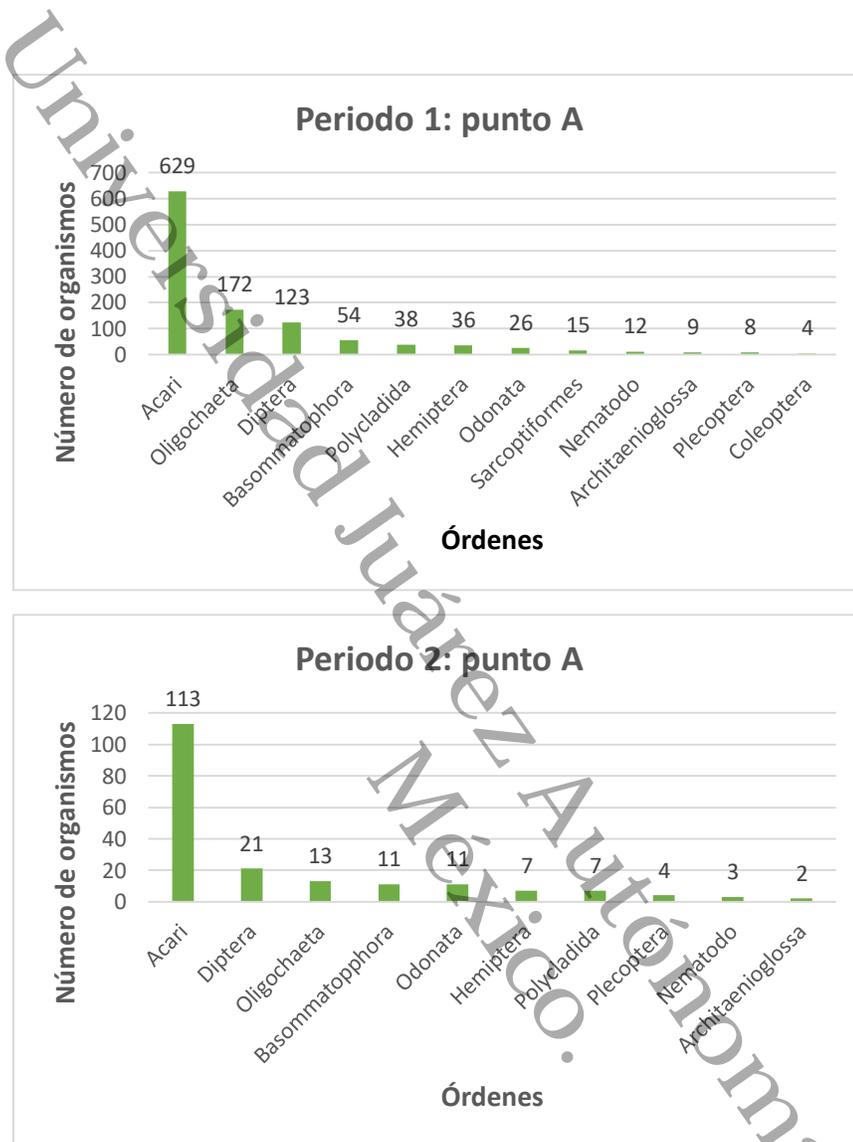


Figura 3. Número de organismos registrados por orden en el punto A.

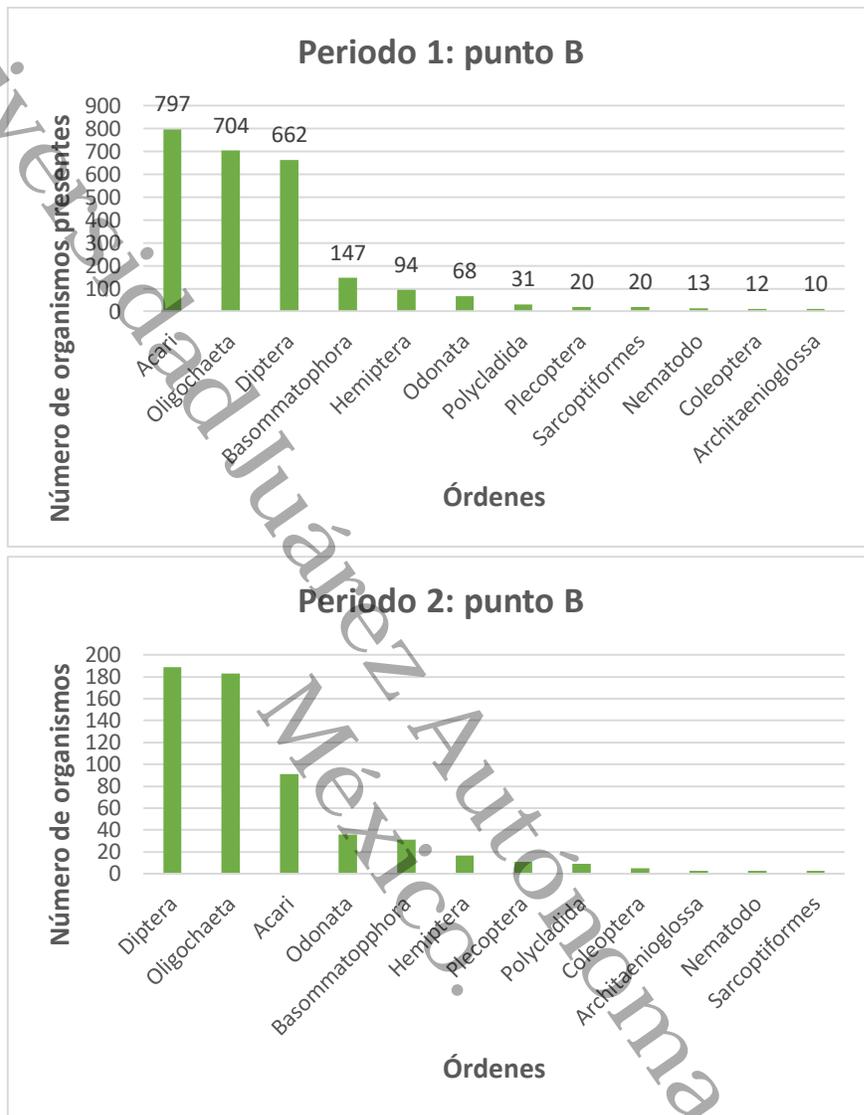


Figura 4. Número de organismos registrados por orden en el punto B.

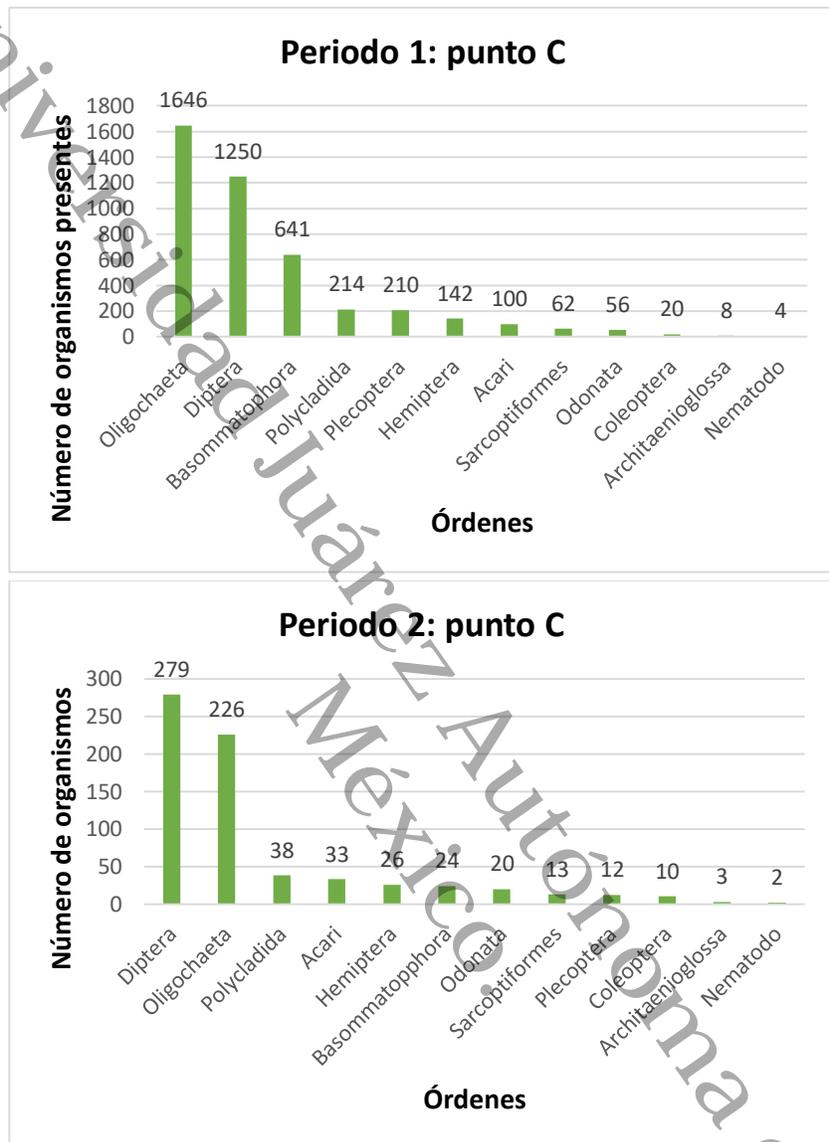


Figura 5. Número de organismos registrados por ordenen el punto C.

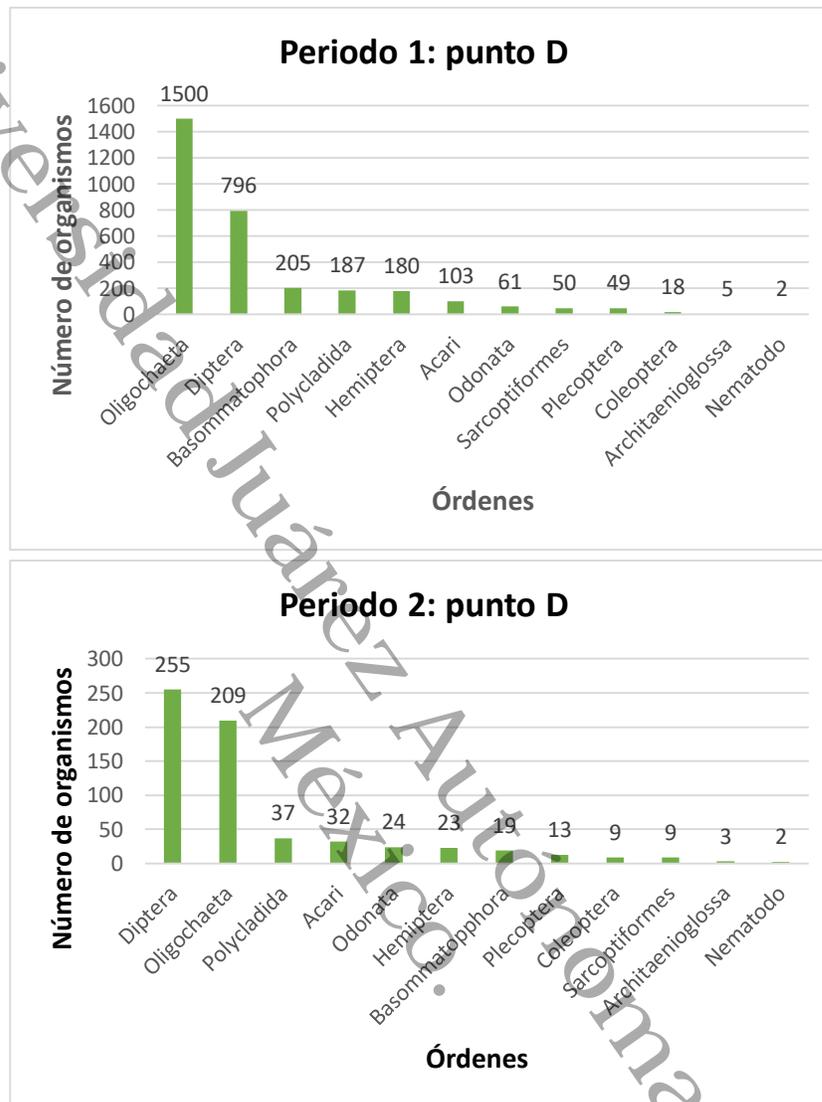


Figura 6. Número de organismos registrados por orden en el punto D.

En el punto A se registraron 29 y 22 familias en el primer y segundo periodo, respectivamente. En ambos casos, las familias Arrheunidae, Naididae y Chironomidae pertenecientes a los órdenes Acari, Oligochaeta y Diptera, fueron las que tuvieron mayor presencia de organismos (Figura 7). De igual forma, la abundancia de dichas familias persiste en el punto B. En donde se colectaron 30 familias en el primer periodo y 29 en el segundo (Figura 8). Para el punto C se registraron 29 familias en cada periodo, siendo las más representativas Naididae,

Chironomidae y Physidae (Bassomatophora) en el primer muestreo. En el segundo, disminuye Physidae y aumenta otra familia, la cual no se logró identificar a ese nivel taxonómico. Sin embargo, se reconoció que pertenece al orden Oligochaeta (Figura 9). Finalmente, en el sitio D se encontraron 30 familias en la primera colecta, y 23 en la segunda. Nuevamente, las familias Naididae y Chironomidae fueron las más abundantes en ambos muestreos (Figura 10). De manera general, también se registraron en menor proporción familias como Tabanidae (Diptera), Libellulidae (Odonata), Phychodidae (Diptera), una variedad de ácaros (rojo, verde, amarillo, verde gris) y gran parte del orden Hemiptera (Nepidae, Mesovellidae, Hydrometridae, etc).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

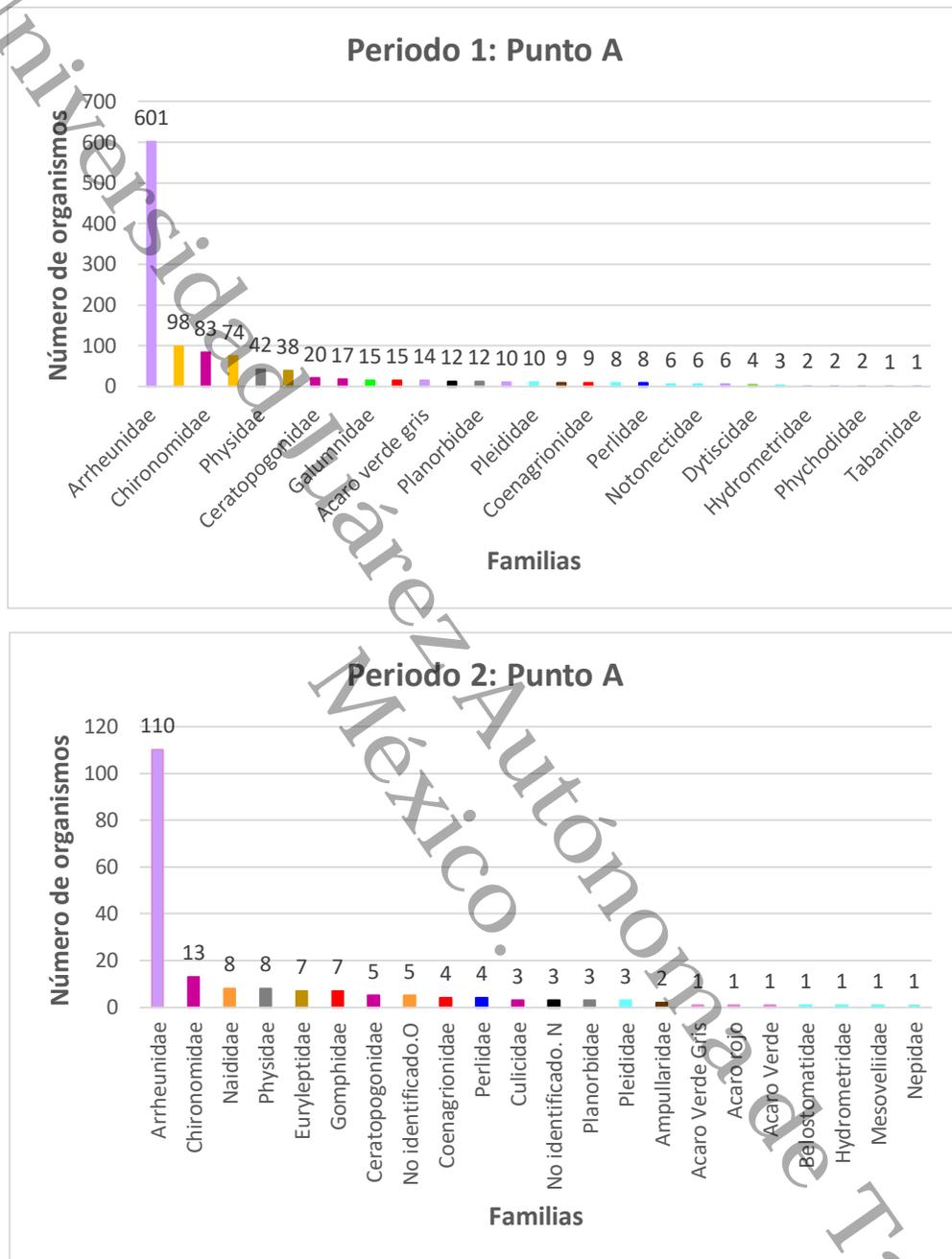


Figura 7. Número de organismos por familia colectados en el punto A.

Nota: Los colores de cada barra indican los órdenes a los cuales pertenece cada familia. Acari: lila; Architaenilossa: Café; Basommatophora: gris; Coleoptera: verde claro; Diptera: morado; Hemiptera: azul claro; Nematodo: negro; Odonata: rojo; Oligochaeta; naranja; Plecoptera: Azu. marino; Polycladida: Oro.

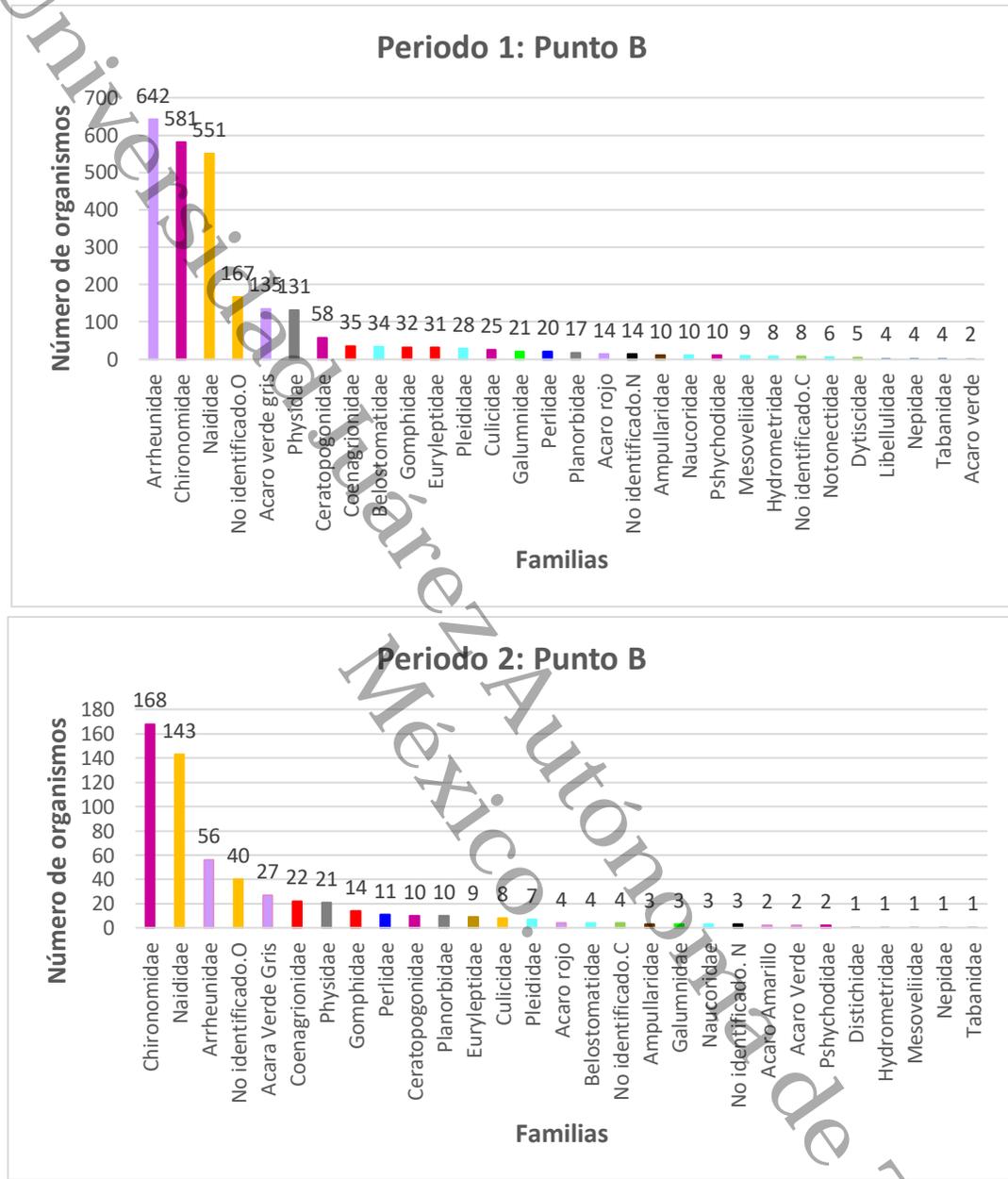


Figura 8. Número de organismos por familia colectados en el punto B.

Nota: Los colores de cada barra indican los órdenes a los cuales pertenece cada familia. Acari: lila; Architaenilossa: Café; Basommatophora: gris; Coleoptera: verde claro; Diptera: morado; Hemiptera: azul claro; Nematodo: negro; Odonata: rojo; Oligochaeta; naranja; Pleocoptera: Azul marino; Polycladida: Oro; Sarcoptiformes: verde neón.

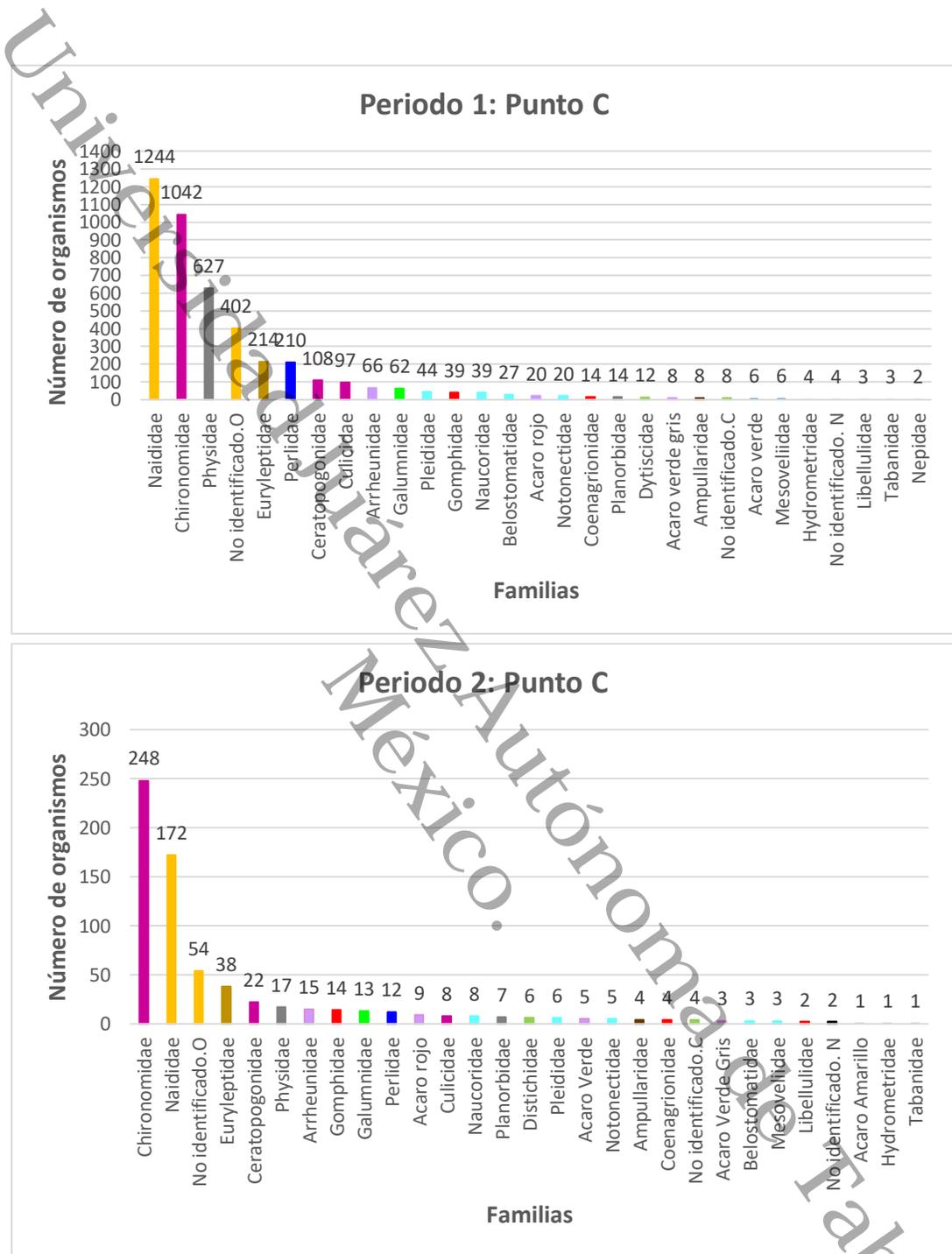


Figura 9. Número de organismos por familia colectados en el punto C.

Nota: Los colores de cada barra indican los órdenes a los cuales pertenece cada familia. Acari: lila; Architaenilossa: Café; Basommatophora: gris; Coleoptera: verde claro; Diptera: morado; Hemiptera: azul claro; Nematodo: negro; Odonata: rojo; Oligochaeta; naranja; Plecoptera: Azul marino; Polycladida: Oro; Sarcoptiformes: verde neón.

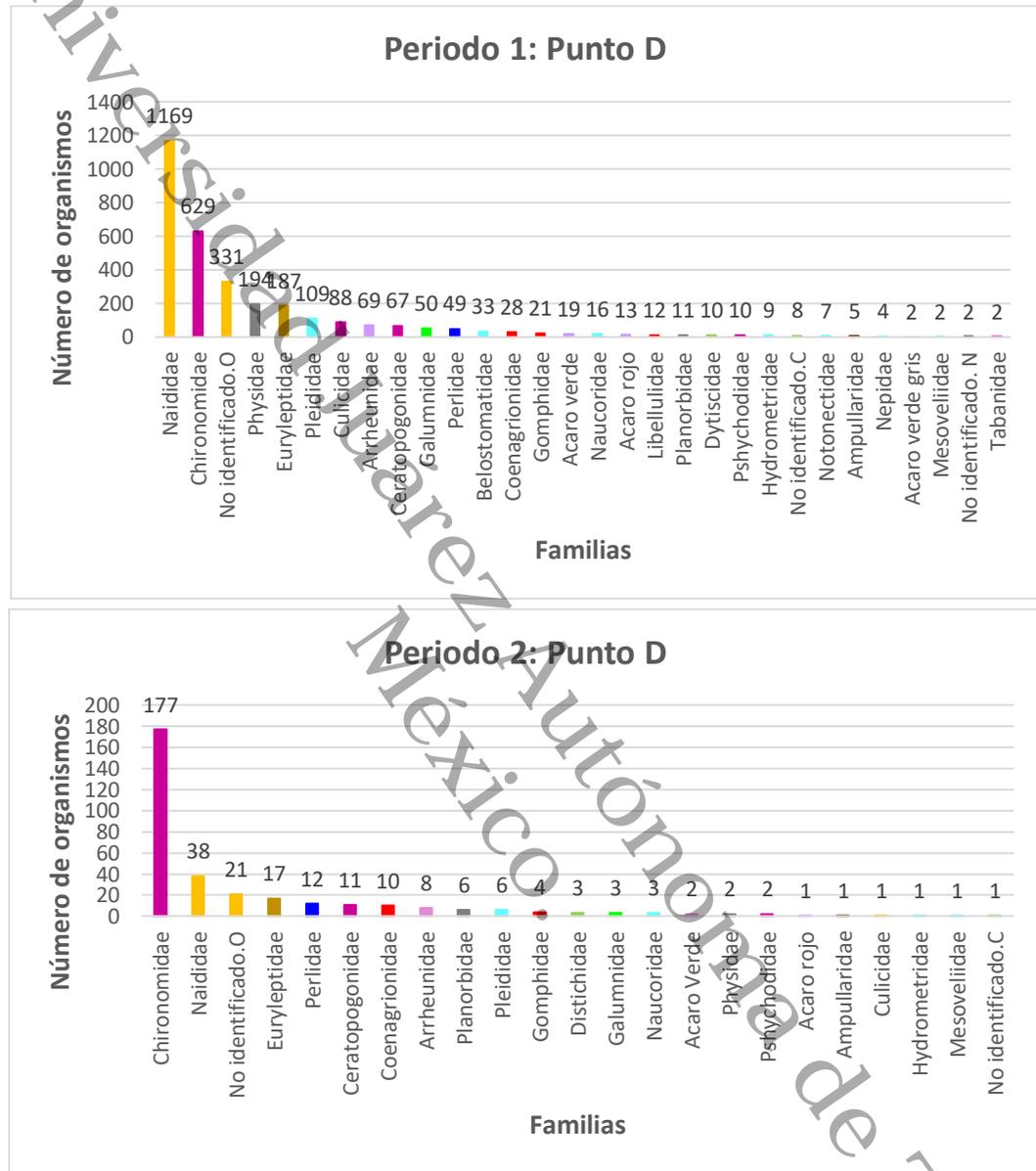


Figura 10. Número de organismos por familia colectados en el punto D.

Nota: Los colores de cada barra indican los órdenes a los cuales pertenece cada familia. Acari: lila; Architaenilossa: Café; Basommatophora: gris; Coleoptera: verde claro; Diptera: morado; Hemiptera: azul claro; Nematodo: negro; Odonata: rojo; Oligochaeta; naranja; Pleocoptera: Azul marino; Polycladida: Oro; Sarcotiformes: verde neón.

7.3 Aplicación de índices bióticos

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en los índices BMWP e IBF en cada punto de muestreo. El índice de Shannon no se muestra en esta sección debido a que no hubo presencia de especies en ciertos puntos de muestreo por lo que no se logró realizar la matemática correspondiente. Sin embargo, se determinó para cada mes.

7.3.1 BMWP

Los promedios de los puntajes obtenidos en el BMWP por cada punto de muestreo se ubican en la Figura 11. El punto A presentó el valor más bajo de tolerancia a la contaminación con un puntaje de 37, indicando una categoría de clase III: aguas moderadamente contaminadas. Para los puntos B, C, y D los valores fueron de 62, 69 y 62, respectivamente, categorizándolos con clase II: aguas ligeramente contaminadas.

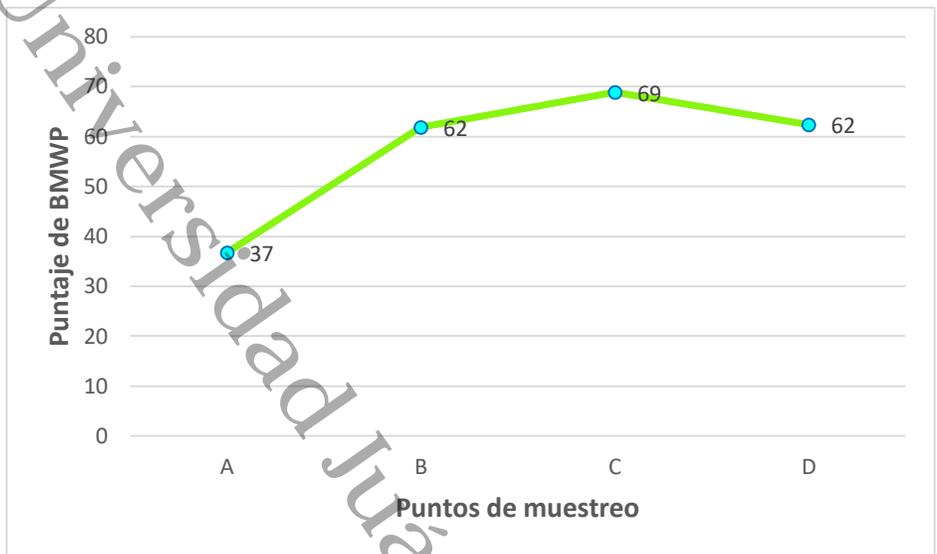


Figura 11. Promedio de puntajes obtenidos en el BMWP por cada punto de muestreo en el primer periodo.

7.3.2 IBF

Los promedios de los puntajes alcanzados en el IBF por cada punto del primer periodo se localizan en la Figura 12. En ella se observa un decremento en el punto A. Sin embargo, todos los puntos se encuentran en la clase IV: aguas muy contaminadas.

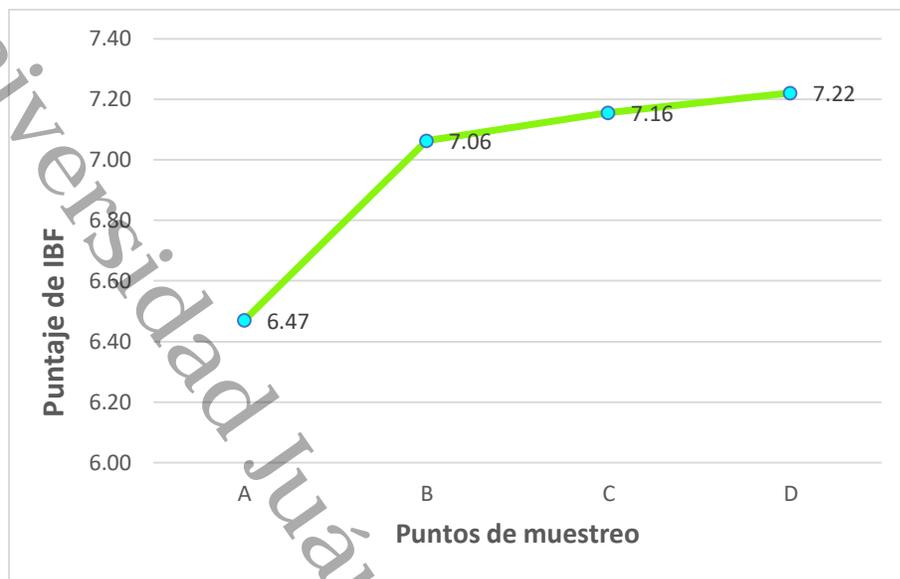


Figura 12. Promedios de puntajes alcanzados en el IBF por cada punto de muestreo.

7.4 Comparación de índices

La Figura 13 muestra el comportamiento de los valores obtenidos en los índices bióticos e índice de diversidad de Shannon. De acuerdo a la tabla de clasificación de calidad de agua (Tabla 5), los resultados del BMWP señalaron tres categorías de calidad: Dudosa (III), que corresponde al mes de junio; Aceptable (II), de noviembre a mayo, presentándose nuevamente en julio; y Buena (I) de agosto a octubre. Para el caso del IBF, la calidad fue crítica (IV), aguas muy contaminadas en casi todo el periodo del muestreo, a excepción de noviembre y diciembre del 2016 y julio del 2017, en el que la calidad se deterioró, transitando de clase IV a clase V con aguas fuertemente contaminadas.

Los resultados encontrados en el índice de Shannon, reflejaron baja diversidad en los meses de diciembre, abril y junio, y por ende aguas muy contaminadas. Para los meses restantes la calidad fue de clase III, aguas moderadamente contaminadas.

Finalmente, los valores promedios de cada índice muestran la calidad del agua del ecosistema, en donde el IBF y Shannon coinciden con aguas muy

contaminadas, mientras que el BMWP lo clasifica como aguas ligeramente contaminadas (Figura 14).

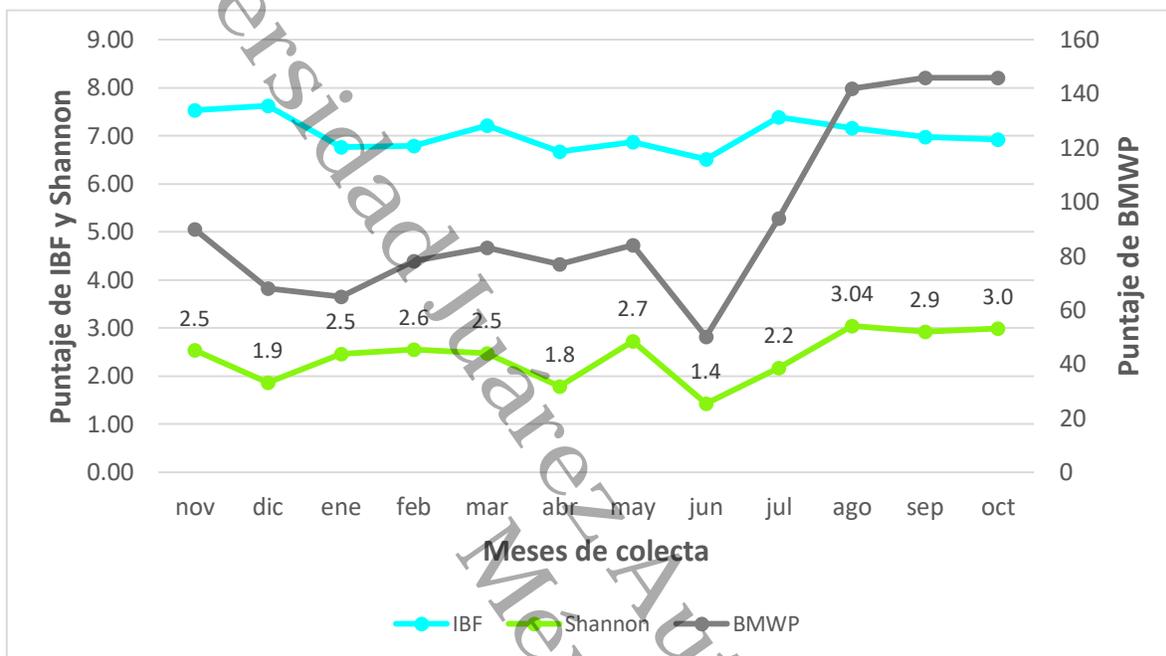


Figura 13. Valores obtenidos en los índices bióticos e índice de diversidad de Shannon.

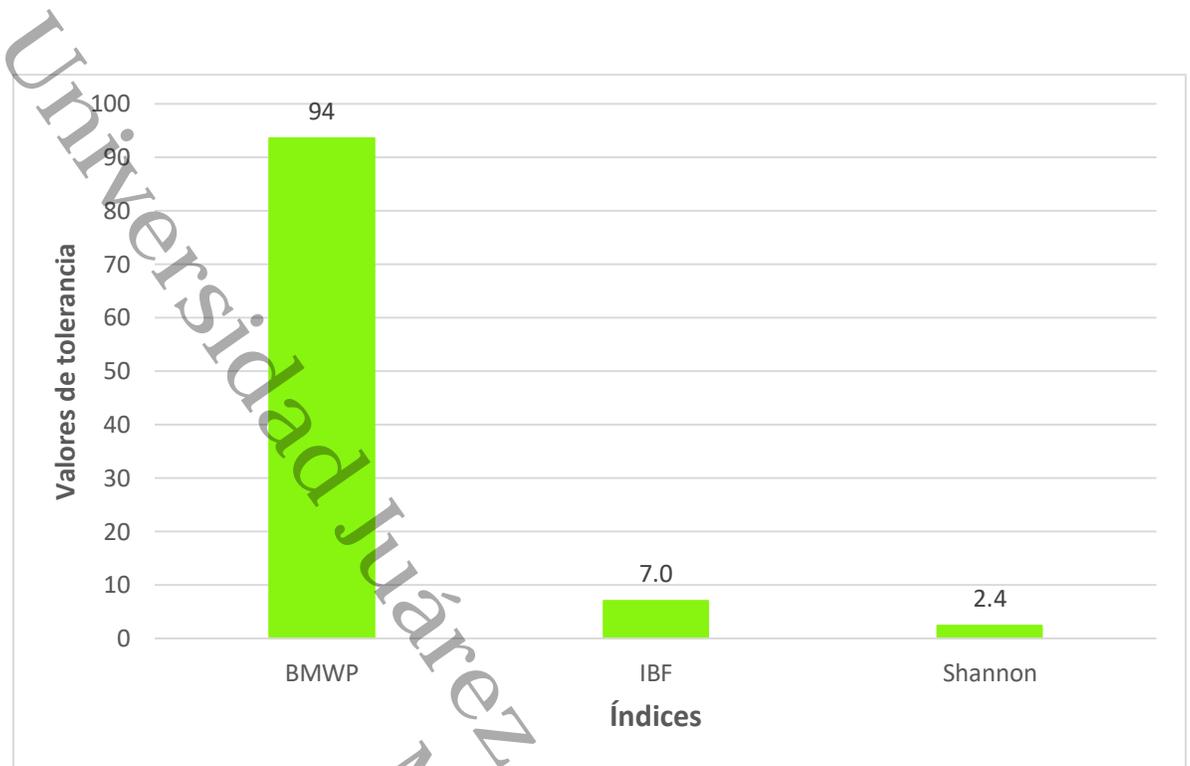


Figura 14. Valores promedios de cada índice para la demostración de la calidad del agua del ecosistema.

8. DISCUSIÓN

Las familias más abundantes en los puntos A y B fueron Arrheunidae del orden Acari, Naididae del orden Oligochaeta y Chironomidae del orden Diptera. De igual manera, sucede en los puntos C y D con estas dos últimas familias, anexándose dos más, Physidae (Basommatophora) en el sitio C del primer periodo, y otra que no se logró identificar a nivel de familia, pero se reconoce que pertenece al orden Oligochaeta. De acuerdo a Roldán (1992), los quironómidos y oligoquetos son indicadores de aguas con bajo contenido en oxígeno y eutroficadas en cuerpos de agua dulce, debido a la carga contaminante de materia orgánica y aguas residuales. La aparición de los quironómidos coincide con el reportado por Pérez et al. (2020) que usaron macroinvertebrados como bioindicadores en sistemas hídricos artificiales en Colombia, registrando valores de abundancia relativamente altos y por consecuencia ciertas perturbaciones en el cuerpo de agua. Así mismo, en la investigación realizada por Herrera et al. (2018) en dos ríos de Veracruz, México, se obtuvieron resultados semejantes. Más del 50% de los organismos colectados en ambos ríos fueron de la familia Chironomidae y los índices arrojaron niveles de contaminación regular. Cabe recalcar que gran parte de los grupos de organismos que se colectaron en la ensenada Prados de Villahermosa, son indicadores de aguas medianamente contaminadas a muy contaminadas, a excepción de las familias Gomphidae y Perlidae que son indicadores de aguas limpias, que, como indica el autor Roldán (1999) se pueden presentar ocasionalmente a pesar de las condiciones del cuerpo de agua.

En cuanto a los valores de tolerancia resultantes de los índices biológicos en cada punto de muestreo, se demostró que el sitio A es el más contaminado, tal y como se esperaba por su cercanía a la descarga de agua residual doméstica, favoreciendo la presencia de organismos colectores-detritívoros y tolerantes a la contaminación, por el alto contenido de materia orgánica la cual es una de sus principales fuentes de alimentación.

El BMWP definió la calidad del agua como aceptable y buena en casi todo el periodo del muestreo, a excepción del mes de junio. Por otro lado, IBF y Shannon

muestran otra realidad, con valores de tolerancia críticos que establecen el estado de la laguna con aguas muy contaminadas y disminución en la diversidad biológica en los meses de diciembre, abril y junio. Este último, en respuesta a un posible aumento en la carga contaminante proveniente de los vertidos de agua residual doméstica.

El resultado obtenido en la calidad del agua es similar al reportado por Figueroa et al. (2007) en el que evaluaron la calidad del agua en un río mediterráneo de Chile, presentando para el BMWP muy buena o buena calidad en la parte alta del río, regular en la parte media, y el empeoramiento aguas abajo. En contraste con el IBF que mostró pésima calidad, incluso aguas arriba. Estos autores mencionan que el IBF es más sensible a perturbaciones que el BMWP no puede detectar. Debido a que este último, sólo toma en cuenta datos cualitativos, mientras que el IBF y Shannon toman el número de organismos y su abundancia, haciendo que los resultados sean más precisos (Zarate, op. cit 2015). No obstante, en otro estudio realizado por Huaman (2019) determinó la calidad del agua de dos lagunas con el uso del BMWP, IBF y Shannon, registrando valores semejantes (buena a aceptable) en los dos primeros índices, y aguas ligeramente contaminadas para Shannon. Aun así, se considera que esta diferencia se debe a la severidad en la que se encuentra cada ecosistema.

9. CONCLUSIÓN

Se colectaron un total de 13,458 organismos, de los cuales 11,261 se registraron en el periodo noviembre 2016 – octubre 2017, y 2,197 en marzo y septiembre del 2018. La composición faunística encontrada en este estudio fue representada mayormente por invertebrados indicadores de aguas contaminadas, resaltando las familias Naididae y Chironomidae, que se relacionan con alteraciones ambientales en cuerpos de agua, como el aumento del proceso de eutrofización, causado por aguas residuales domésticas sin tratar.

La presencia de dichos organismos y los resultados obtenidos en los índices bióticos y de diversidad, se distinguen 2 tipos de calidad de agua: “Ligeramente contaminadas” y “Muy contaminadas”. Por consiguiente, las aguas residuales domésticas deben ser redireccionadas del sitio, o bien, ser tratadas por medio de una planta de tratamiento, la cual puede ser ubicada cerca de la ensenada, debido a la disponibilidad de espacio que hay en el lugar. De igual forma, se recomienda el uso de los índices IBF y Shannon para el estudio de ecosistemas acuáticos tabasqueños, por los bajos costos, tiempos de muestreo y fiabilidad de los datos que estos presentan.

10. RECOMENDACIONES

Se sugiere el uso de colecta de invertebrados y la aplicación de índices biológicos para la reducción de costos y tiempos de muestreo, en este ecosistema acuático urbano de Tabasco.

Para determinar la contaminación en ecosistemas acuáticos tabasqueños, se recomienda emplear fundamentalmente los índices IBF y Shannon, y en menor importancia el BMWP.

Finalmente, se aconseja complementar con la determinación de cargas difusas e índices de calidad del agua, en los que intervengan parámetros fisicoquímicos que permitan tener criterios más amplios para el diagnóstico de futuras investigaciones.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beltrán, M., Figueroa, R., Sosa, M., & Correa, F. (2016). ESTUDIO DE COMUNIDADES BIOLÓGICAS COMO BIOINDICADORES DE CALIDAD DE AGUA. *Universidad Nacional de San Agustín-CONCYTEC*, pp-23-34.
- Bezaury Creel, J. E., Ochoa Pineda, F., Llano Blanco, M. O., Lasch Thaler, C., Colin Herron, Vázquez Castañeda, D., . . . Hernández Ruiz, F. (2017). Agua dulce, conservación de la biodiversidad, protección de los servicios ambientales y restauración ecológica en México. The Nature Conservancy.
- Cárdenas-Castro, E., Lugo Vargas, L., González Acosta, J. A., & Tenjo Morales, A. I. (2018). Aplicación del índice biótico de familias de macroinvertebrados para la caracterización del agua del Río Teusacá, afluente del Río Bogotá. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.*, 21(2), 587-597. doi: <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n2.2018.1004>
- Cárdenas Castro, E., Lugo Vargas, L., González Acosta, J. A., & Tenjo Morales, A. I. (2018). Aplicación del índice biótico de familias de macroinvertebrados para la caracterización del agua del Río Teusacá, afluente del Río Bogotá. *U.D.C.A. Actualidad y Divulgación científica*, Vol. 21 Núm. 2.
- Cortes R., M. V., Hughes, S. J., Rodrigues, V., & Varandas, S. (2013). Tools for bioindicator assessment in rivers: The importance of spatial scale, land use patterns and biotic integration. *Ecol. Indic.*, 34:460-477.
- Dalu, T., Wasserman, R. J., Tonkin, J. D., Mwedzi, T., Magoro, M. L., & Weyl O., L. F. (2017). *Water or sediment? Partitioning the role of water column and sediment chemistry as drivers of macroinvertebrate communities in an austral South African stream*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.267>
- Epler, J. H. (2006). Identification Manual for the aquatic and semi-aquatic Heteroptera of Florida. Department of Environmental Protection. Florida State.
- Figueroa, R., Palma, A., Ruiz, V., & Niell, X. (2007). Análisis Comparativos de Índices Bióticos utilizados en la evaluación de la calidad de las aguas en un río mediterráneo de Chile: río Chillán, VIII Región. *Revista Chilena de Historia Natural*, 225-242. doi: <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2007000200008>
- Figueroa, R., Valdovinos, C., Araya, E., & Parra, O. (2003). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Revista Chilena Historia Natural*, 76: 275-285.
- Flores, C. M., Del Angel, E., Frías, D. M., & Gómez, A. L. (2018). Evaluación de parámetros fisicoquímicos y metales pesados en agua y sedimento superficial de la Laguna de las Ilusiones, Tabasco, México. *Revista IMTA*, 19.

- Galindo, A. A., Ruiz, A. S., Morales, H. A., Sánchez, L. L., Carrizales, E., & Villegas, P. C. (2015). *Atlas de Riesgos del Municipio de Centro, 2015*. Obtenido de [https://transparencia.villahermosa.gob.mx/images/Documentos_transparencia/Informacion_de_Interes/Instituto Municipal de Planeaci%C3%B3n y Desarrollo Urbano/AtlasDeRiesgosCentro2015.pdf](https://transparencia.villahermosa.gob.mx/images/Documentos_transparencia/Informacion_de_Interes/Instituto_Municipal_de_Planeaci%C3%B3n_y_Developmento_Urbano/AtlasDeRiesgosCentro2015.pdf)
- Gualdrón Durán, L. E. (2016). Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros fisicoquímicos y biológicos. *Dinámica Ambiental*, 83-102.
- Gutiérrez-Fonseca, P. E., & Alonso Ramírez. (19 de enero de 2016). Evaluación de la calidad ecológica de los ríos en Puerto Rico: principales amenazas y herramientas de evaluación. *Hidrobiológica*, 26(3), 433-441. Obtenido de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/hbio/v26n3/0188-8897-hbio-26-03-00433.pdf>. Fecha de consulta: 11 de noviembre de 2021
- Hansen, A. M., Afferden, M. V., & Torres Bejarano, F. (4 de julio de 2007). *Repositorio.imta*. Obtenido de Saneamiento del vaso Cencali, Villahermosa, Tabasco: I. Contaminación y reúso de sedimentos. Ingeniería Hidráulica en México.: <https://repositorio.imta.mx:8080/cenca-repositorio/bitstream/123456789/847/1/215854.pdf>
- Heink, U., & Kowarik, I. (2010). What are indicators? On the definition of indicators in ecology and environmental planning. *ELSEVIER*, 10: 584-593.
- Hernán Pérez, J., Martínez Romero, L. C., Castellanos Guerrero, L. T., Mora Parada, A. R., & Rocha Gil, Z. E. (2020). Macroinvertebrados bioindicadores de calidad de agua en sistemas hídricos artificiales del Departamento de Boyacá, Colombia. *Revista Producción + Limpia*, 48. doi:10.22507/pml.v15n1a3
- Herrera Pérez, I., Rico Barragán, A., Hernández Martino, J., Aguayo Siqueriros, D. & González Dávila, R. (2018). Uso de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua del río Totoapan y Paso Real, Tlapacoyan, Veracruz. *Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias*, 9(21), 860-871.
- Huaman Mateos, L. D. (2019). *Diversidad de macroinvertebrados indicadores de calidad de agua en las lagunas de Pucush Uclo y Nahuimpuquio - provincia de Chupaca (Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal y del Ambiente)*. Universidad Nacional del Centro del Perú - Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente, Huancayo, Perú.
- Hurtado, S., Trejo, F. G., & Yurrita P., J. G. (2005). Importancia ecológica de los macroinvertebrados bentónicos de la subcuenca del Río San Juan, Querétaro, México. *Folia Entomológica Mexicana*, 44(3), 271-286.
- INEGI. (23 de 10 de 2017). *Anuario estadístico y geográfico de Tabasco, 2017*. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/contenido/productos/prod_serv/contenidos/espanol

- /bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2017/702825095123.pdf. Fecha de consulta: 9 de noviembre del 2021
- IUSS Working Group WRB. (28 de 10 de 2015). *World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/i3794en/I3794en.pdf>. Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2021
- IUSS, ISRIC, & FAO. (2015). *World reference base for soil resources 2014*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/i3794en/I3794en.pdf>. Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2021
- López Luna, M. A., Hidalgo Mihart, M. G., & Aguirre León, G. (2011). Descripción de los nidos del Cocodrilo de pantano *Crocodylus moreletii* en un paisaje urbanizado en el sureste de México. *Acta zoológica mexicana*, 27(1), 1-16.
- Magaña Alejandro, M. (1988). *La Vegetación de la Laguna de las Ilusiones*. Villahermosa, Tabasco: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Palma, A., Ruiz, V., Figueroa, R., & Niell, X. (2007). Análisis comparativo de índices bióticos utilizados en la evaluación de la calidad de las aguas en un río mediterráneo de Chile: río Chillán, VII Región. *Revista Chilena de Historia Natural*, 80, 225-242. Recuperado el 10 de 10 de 2022
- Pérez, J. H., Martínez Romero, L. C., Castellanos Guerrero, L. T., Mora Parada, A. R., & Rocha Gil, Z. E. (21 de julio de 2020). Macroinvertebrados bioindicadores de calidad de agua en sistemas hídricos artificiales del Departamento de Boyacá, Colombia. *Revista Producción + Limpia*, 15(1), 35-48.
- Pinilla, G. A. (2016). ALGUNAS EXPERIENCIAS EN EL USO DE ÍNDICES LIMNOLÓGICOS EN COLOMBIA. *Acta Biológica Colombiana*, vol 21(núm. 1), 241-248. Obtenido de: <https://www.redalyc.org/pdf/3190/319049262004.pdf>. Fecha de consulta: 01 de noviembre de 2021
- Pla, L. (agosto de 2006). Biodiversidad: inferencia basada en el índice de shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31, 583-590. Recuperado el 3 de 10 de 2022, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33911906>
- Quispe Mamani, J., Marca Maquera, H., Mamani Sonco, V. F., & Arce Coaquira, R. R. (julio de 2020). Efectos adversos de la contaminación hídrica sobre la salud pública de la población de la cuenca Coata, de la región de Puno-2019. *Journal of the Academy*.(3), 1-16. Recuperado,de <http://journalacademy.net/>. Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2021
- Ricárdez de la Cruz, G., López Ocaña, G., Bautista Margulis, R. G., & Torres Balcázar, C. A. (2016). Laguna de las Ilusiones y su entorno urbano: aguas

- residuales, urbanas y sedimentos. *Kuxulkab*, 27-38. Obtenido de: <http://www.revistas.ujat.mx>. Fecha de consulta: 2 de octubre de 2021.
- Rodríguez Castillo, A., Roldán Pérez, J., & Bopp Vidal, G. M. (2021). acroinvertebrados bentónicos indicadores de calidad biológica del agua de lagunas altoandinas. *REBIOL*, 91-101. doi:<http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2021.41.01.09>
- Rodríguez Miranda, J., Serna Mosquera, J. A., & Sánchez Céspedes, J. M. (07 de 18 de 2016). Índices de cuerpos de agua superficiales en la planificación de los recursos hídricos. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, Vol. 8(núm. 1), 1-12. doi:<https://doi.org/10.22335/rict.v8i1.306>
- Rodríguez Rodríguez, E. (2002). Las Lagunas Continentales de Tabasco. Colección José N. Rovirosa. UJAT. 264 pp.
- Roldán Pérez, G. (1992). *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquía.
- Roldán Pérez, G. (1999). Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Revista Académica Colombia, Ciencia*, 375-387.
- Roldan-Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.*, 40,(155),254.
- Rosas Acevedo, J. L., Ávila Pérez, H., Sánchez Infante, A., Rosas Acevedo, A. Y., García Ibáñez, S., Sampedro Rosas, L., . . . Juárez López, A. L. (2014). Índice BMWP, FBI y EPT para determinar la calidad del agua en la laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 2334-2501.
- Rueda Cordero, B. A., López Luna, M. A., & Olivera Gómez, L. D. (2017). Uso de hábitat del cocodrilo de pantano *Crocodylus moreletii* en una laguna urbanizada en México. *Quehacer Científico en Chiapas.*, 35-40.
- Samboni, N., Carvajal, Y., & Escobar, J. (2007). evisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de la calidad y contaminación del agua. *Rev. Ingeniería e Investigación*, vol 27(núm. 3), 172-181.
- Secretaría de Bienestar. (2021). *Secretaría de Bienestar, Sustentabilidad y Cambio Climático*. Obtenido de Monitoreo de Calidad del Agua en Lagunas Urbanas del Municipio Centro.: <https://tabasco.gob.mx/sites/default/files/users/sbstabasco/ILUSIONES-ANUAL%204TO%20TRIMESTRE%202019.pdf>. Fecha de consulta: 26 de noviembre de 2021
- Sichique Sánchez, A. S., & Rocano Portoviejo, A. F. (2014). *Aplicación del método PHABSIM para la determinación del caudal ecológico en el río Chulco de la*

- subcuenca del río Machángara. Tesis de grado. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. 131 p. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7932/6/UPS-CT004772.pdf>
- Silva, L. A. (2008). *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*. Obtenido de <http://www.humboldt.org.co/es/i2d/item/337-manual-de-monitoreo-del-agua-para-el-investigador-local>
- Staub, R., Appling, J. W., Hofstetter, A. M., & Haas, I. J. (15 de agosto de 1970). The Effects of Industrial Wastes of Memphis and Shelby County on Primary Planktonic. *American Institute of Biological Sciences*, 20, 905-912. Recuperado el 10 de 10 de 2022
- Ternues Jácome, & Yánez, P. (2018). Principios fundamentales en torno a la calidad del agua, el uso de bioindicadores acuáticos y la restauración ecológica fluvial en Ecuador. *LA GRANJA: Revista de Ciencias de La Vida.*, 27(1), 36-50.
- Tudela, F. (1989). Modernización forzada del trópico mexicano. Federación Internacional de Institutos de Estudios Avanzados. México. Pp. 360
- Vitari-Garcés, M. I., Chalen Medina, J. A., & Cevallos Revelo, Z. L. (junio de 2017). Determinación de bioindicadores y protocolos de la calidad de agua en el embalse de la Central Hidroeléctrica Baba. *Dominio de las Ciencias*, pp. 628-646. doi:<https://dx.doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2017.3.3.jun.628-646>
- WORLD BANK WATER. (2017). *Twitter*. Obtenido de Where is the Water?: <https://pbs.twimg.com/media/C5aMJhAWYAADCPI.jpg>. Fecha de consulta: 5 de noviembre del 2021
- Zarate Chipana, G. (2015). *Índices bióticos de la comunidad macroinvertebrada en la calidad ambiental del agua del río Huatatas*. Tesis de maestría. Universidad de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú. 80 p. Obtenido de http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/1765/TESIS%20B757_Zar.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Zequeira C., Castillo O., Savala J., Páramo S., Shirma D., Moreno V., Contreras I. & Alamilla M. (Abril de 2015). *Secretaría de Energía, Recursos Naturales y Protección al Ambiente*. Obtenido de Programa de Manejo y Conservación.: https://tabasco.gob.mx/sites/all/files/sites/sernapam.tabasco.gob.mx/files/Programa_Manejo_Lagunallusiones.pdf

ANEXOS

Anexo fotográfico



Descarga de aguas residuales y pluviales que se vierten a la ensenada Prados de Villahermosa de la laguna de Las Ilusiones.



Laguna de Las Ilusiones, Vaso Bonanza.



Mortandad de peces en Prados de Villahermosa.



Colecta de invertebrados acuáticos con una red de arrastre.



Vaciado de muestras en botellas de un litro y sin fijación.



Identificación taxonómica de los organismos colectados.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.



Chironomidae



Arrheunidae

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.



Coenagrionidae



Pleididae

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.



Naididae



Planorbidae

Universidad Juárez



Gomphidae



Belastomatidae

México. Autónoma de Tabasco.

Anexo de tabla de concentrados
Periodo 1

FECHA	ORDENES	FAMILIAS	ESPECIES	A				B				C				D				AB ABS
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
nov-16	9	16	31	19	37	0	0	27	3	0	0	16	147	0	0	275	23			547
				56				30				163				298				547
dic-16	6	14	30	15	45	0	0	30	43	0	0	326	270	0	0	358	191	0	0	1278
				60				73				596				549				1278
ene-17	6	13	33	9	1	2	6	69	7	31	21	541	232	182	78	6	94	21	28	1328
				18				128				1033				149				1328
feb-17	8	15	34	13	1	0	2	58	14	30	18	438	183	149	70	8	82	25	40	1131
				16				120				840				155				1131
mar-17	8	15	34	20	9	0	0	6	34	178	0	277	0	0	0	255	0	0	0	779
				29				218				277				255				779
abr-17	8	14	27	48	9	81	17	36	25	37	75	20	47	2	0	37	78	0	0	512
				155				173				69				115				512
may-17	7	17	28	10	2	3	11	12	28	18	6	11	34	4	0	7	11	0	0	157
				26				64				49				18				157
jun-17	5	12	21	10	2	23	13	164	89	9	77	15	3	0	0	24	86	0	0	515
				48				339				18				110				515
jul-17	9	19	39	36	43	33	28	150	69	114	16	126	37	132	0	304	85	0	0	1173
				140				349				295				389				1173
ago-17	10	27	61	39	58	55	43	84	80	117	72	103	42	116	24	123	80	31	15	1082
				195				353				285				249				1082
sep-17	12	29	61	31	73	47	51	134	88	172	47	115	75	159	66	231	78	74	107	1548
				202				441				415				490				1548
oct-17	10	27	62	20	54	47	60	100	77	104	47	97	36	99	81	173	75	62	69	1201
				181				328				313				379				1201
TOTAL POR PUNTO				1126				2616				4353				3156				11251
PORCENTAJE OBTENIDO				10.01				23.25				38.69				28.05				

Periodo 2

FECHA	ORDENES	FAMILIAS	ESPECIES	A				B				C				D				AB ABS
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
mar-18	11	19	36	13	3	1	0	6	36	154	12	254	3	15	2	199	0	21	3	722
				17				208				274				223				722
sep-18	12	31	64	24	64	37	46	113	75	121	64	114	70	162	66	242	94	75	108	1475
				171				373				412				519				1475
TOTAL POR PUNTO				188				581				686				742				2197
PORCENTAJE OBTENIDO				8.56				26.45				31.22				33.77				