



MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE FACTORES BIÓTICOS Y ABIÓTICOS PARA CUMPLIR CON EL “PROGRAMA DE EJECUCIÓN DE COMPROMISOS DE LA ADMINISTRACIÓN PORTUARIA INTEGRAL MANZANILLO S.A. DE C.V. (API MANZANILLO) DE LAS MEDIDAS CORRECTIVAS ORDENADAS POR LA PROCURADURÍA FEDERAL DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE (PROFEPA) EN LA RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA NO. PFPA13.5/2C.27.5/0028/17/0110” PARA LOGRAR LA RESTAURACIÓN AMBIENTAL DE LAS LAGUNAS: VALLE DE LAS GARZAS Y CUYUTLÁN, COLIMA.

**VARIACIÓN DEL FITOPLANCTON EN LAS LAGUNAS DEL VALLE DE LAS GARZAS Y SAN PEDRITO.
AGOSTO 2019-JULIO 2020**

Responsable Sonia Quijano S. *Sonia Quijano S.*
Elaboró Sonia Quijano S. *Sonia Quijano S.*
Revisó Manuel Patiño B. *Manuel Patiño B.*

Agosto 2020

ÍNDICE DE CONTENIDOS

I. Introducción.....	4
II. OBJETIVO GENERAL	5
II. 1 PARTICULARES	5
III. METODOLOGÍA.....	6
III.1 Área de estudio.....	6
III.2. Trabajo de campo.....	6
III.3 Actividades de laboratorio.....	7
IV Resultados	8
IV 1. Abundancia de organismos fitoplanctónicos	8
IV. 2 Composición taxonómica del fitoplancton por grandes grupos	11
IV.3 Composición taxonómica de diatomeas	13
IV.4. Composición taxonómica de dinoflagelados	15
IV.5. Composición taxonómica de cianobacterias, nanoflagelados y arqueas ..	15
IV.5. Depredadores.....	16
IV.6 Índice de Diversidad Shannon-Weaver	16
V. Interpretación de resultados.....	16
V.1. Abundancia de fitoplancton	16
V. 2 Composición taxonómica del fitoplancton por grandes grupos	17
V.3 Composición taxonómica de diatomeas	18
V.4. Composición taxonómica de dinoflagelados	19
V.5. Composición taxonómica de cianobacterias, nanoflagelados y arqueas. ..	20
V.5. Depredadores.....	20
V.6 Índice de Diversidad Shannon-Weaver	21
VI. Tendencia de la Calidad Ambiental	21
VII. Sugerencias para Mejorar la Calidad Ambiental	21
VIII. Conclusiones	22
IX. Bibliografía	24

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	16
---------------	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de las estaciones en la laguna Valle de las Garzas, Puerto Interior y Tapeixtles	6
Figura 2. Colecta de muestras de fitoplancton en la Laguna del Valle de las Garzas, periodo agosto 2019- julio 2020.....	7
Figura 3. Identificación del fitoplancton, periodo agosto 2019 julio 2020	8
Figura 4. Abundancia fitoplanctónica en los en la laguna Valle de las Garzas, Puerto Interior y Tapeixtles agosto 2019-julio 2020. Los valores de julio 2020 se encuentran en la posición de atrás para mejorar la gráfica.....	9
Figura 5. Mínimo, máximo y promedio de la salinidad en la Laguna del Valle de las Garzas, Puerto Interior y Tapeixtles, Colima, agosto 2019-julio 2020.....	10
Figura 6. Distribución de la salinidad en la Laguna del Valle de las Garzas, Puerto Interior y Tapeixtles, Colima, agosto 2019-julio 2020.....	10
Figura 7. Abundancia relativa por grandes grupos en la Laguna del Valle de las Garzas, Puerto Interior y Tapeixtles, Colima, agosto 2019-julio 2020.....	12
Figura 8 Abundancia total y Abundancia de las diatomeas representativas en la Laguna del Valle de las Garzas, durante el periodo agosto 2019-julio 2020.....	13
Figura 8 Abundancia total y Abundancia de las diatomeas representativas en el Puerto Interior y Tapeixtles, durante el periodo agosto 2019-julio 2020.....	14
Figura 9. Abundancia total y de los principales grupos de cianobacterias y nanoflagelados en Laguna del Valle de las Garzas durante el periodo agosto 2019- julio 2020	15

VALORACIÓN DE FITOPLANCTON EN LA LAGUNA DEL VALLE DE LAS GARZAS

I. Introducción.

Las lagunas costeras corresponden a masas de aguas someras con extensión variable con aguas de diferentes grados de salinidad, se encuentra vinculado al mar adyacente del que se mantienen separadas por una franja de tierra, generalmente arenosa. Con una alta diversidad biológica entre la que se incluye al mangle son importantes por los servicios ecosistémicos que proporcionan (Contreras & Castañeda, 2004). Los manglares pueden llegar a formar bosques muy densos y desarrollados, se desarrollan generalmente en agua con salinidades variable. La laguna del Valle de las Garzas es un cuerpo lagunar ubicado en la zona urbana de Manzanillo se encuentra catalogada como una de las reservas de mangle de la zona con un área de 180 hectáreas, además sirve de refugio tanto de aves como de peces (Velasco Hernández, Zizumbo, Arriaga Álvarez, & Quintanilla Montoya, 2014). La laguna ha sido impactada por diversas actividades antropogénicas entre la que destaca la construcción del Puerto Interior de Manzanillo, que modificó su hidráulica al perder la comunicación con el mar provocando su asolvamiento por sedimentos provenientes de la cuenca fluvial que descarga a esta (Velasco Hernández et al., 2014). Además recibe descargas de aguas negras, que provienen de la zona urbana del valle de las garzas, este exceso de nutrientes provoca el desprendimiento de olores desagradables, causando molestias a la población circundante a la zona, mala calidad estética de la laguna y condiciones de hipoxia afectando la vida acuática provocando procesos de eutrofización (García Rojas, González Esquivel, Pérez García, & Avila Colin, 2010).

El fitoplancton es uno de los componentes biológicos más importantes de los ecosistemas lagunares costeros, juega un papel fundamental en los procesos biogeoquímicos de diversos elementos, debido a que incorpora y transforma rápidamente elementos inorgánicos en formas orgánicas, generando la materia

orgánica requerida para el desarrollo y crecimiento de los heterótrofos, incluyendo bacterias, zooplancton y animales bentónicos (Falkowski et al., 2004).

Aunque el análisis de la comunidad fitoplanctónica en las lagunas costeras mexicanas se ha enfocado al estudio de su composición florística (Contreras E & Castaneda L, 2004), es necesario descifrar el proceso que regula la variabilidad espacio-temporal de la comunidad fitoplanctónica. Para ello es preciso realizar estudios a largo plazo que permitan documentar la dinámica del fitoplancton a diferentes escalas espaciales y temporales.

II. OBJETIVO GENERAL

Valorar la mensualmente en el periodo agosto de 2019 a julio 2020 la comunidad fitoplanctónica de la Laguna del Valle de la Garzas y el Puerto Interior de Manzanillo como un parámetro indicativo para evaluar el avance de su recuperación ambiental en función de las Consideraciones del Término Séptimo, Condicionante 7 inciso b) de la Resolución Administrativa No. PFPA13.5/2C.27.5/0028/17/0110 de PROFEPA.

II. 1 PARTICULARES

- Cuantificar el fitoplancton presente en Laguna del Valle de la Garzas y el Puerto Interior de Manzanillo en el periodo agosto de 2019 a julio 2020
- Identificar los principales grupos fitoplanctónicos en Laguna del Valle de la Garzas y el Puerto Interior de Manzanillo en el periodo agosto de 2019 a julio 2020
- Calcular el Índice de diversidad de especies fitoplanctónicas en Laguna del Valle de la Garzas y el Puerto Interior de Manzanillo en el periodo agosto de 2019 a julio 2020.

III. METODOLOGÍA

III.1 Área de estudio

En las Figuras 1 se presenta la ubicación de la red de estaciones en la Laguna del Valle de las Garzas y el Puerto interior.



Figura 1. Ubicación de las estaciones en la laguna Valle de las Garzas, Puerto Interior y Tapeixtles

III.2. Trabajo de campo

Las tomas de muestra de fitoplancton se realizaron los días 21 y 22 de agosto, 14 y 15 de septiembre, 12 y 13 de octubre, 23 y 24 de noviembre, 14 y 15 de diciembre del 2019 y 22 y 23 de enero, 18 y 19 de febrero, 15 y 16 de marzo, 13 y 14 de abril, 17 y 18 de mayo, 15 y 16 de junio, y los días 18 y 20 de julio de 2020. Las muestras se colectaron en los sitios seleccionados. Se tomaron muestras de agua superficial con botellas de 500 ml que fueron fijadas inmediatamente con Lugol.



Figura 2. Colecta de muestras de fitoplancton en la Laguna del Valle de las Garzas, periodo agosto 2019- julio 2020

III.3 Actividades de laboratorio

Se realizó la identificación de organismos fitoplanctónicos dejando sedimentar submuestras en el laboratorio por 24 horas, dependiendo de la abundancia de la muestra se utilizaron cámaras de 10, 50 y 100 ml. La identificación se realizó en un microscopio invertido Motic AE 31, se enumeraron un área apropiada dependiendo del número de organismos utilizando 200 a 400 aumentos hasta completar un mínimo de 300 organismos de acuerdo con Thronsen (1995). La abundancia se expresará en número de organismos por litro (Utermöhl, 1931). Debido a la alta abundancia de cianobacterias y considerando que su pequeño tamaño ($1\mu\text{m}$) se consideró para presentar los datos de manera comprensible dos medidas, primero se calculó el biovolumen de los organismos más abundantes (21) utilizando los criterios de Hillebrand (1999) a continuación se calculó el contenido de carbono según Menden-Deuer and Lessard (2000) expresado como pgC/l .



Figura 3. Identificación del fitoplancton, periodo agosto 2019 julio 2020

IV Resultados

IV 1. Abundancia de organismos fitoplanctónicos

En el periodo analizado, agosto 2019 a julio de 2020 la abundancia celular osciló entre un valor mínimo de 1.37×10^4 cél/l en la estación E8 del Puerto Interior en el mes de agosto de 2019 y un máximo de 9.22×10^8 cél/l en la estación E1 en la laguna del Valle de las Garzas en el mes de julio de 2020, cabe señalar que la alta abundancia registrada en el mes de agosto y septiembre de 2019 y en julio de 2020 se debe a la presencia de organismo de dimensiones menores a $5 \mu\text{m}$, razón por la cual se realizó el cálculo de biovolumen y de contenido de Carbono en estos meses (Fig. 4).

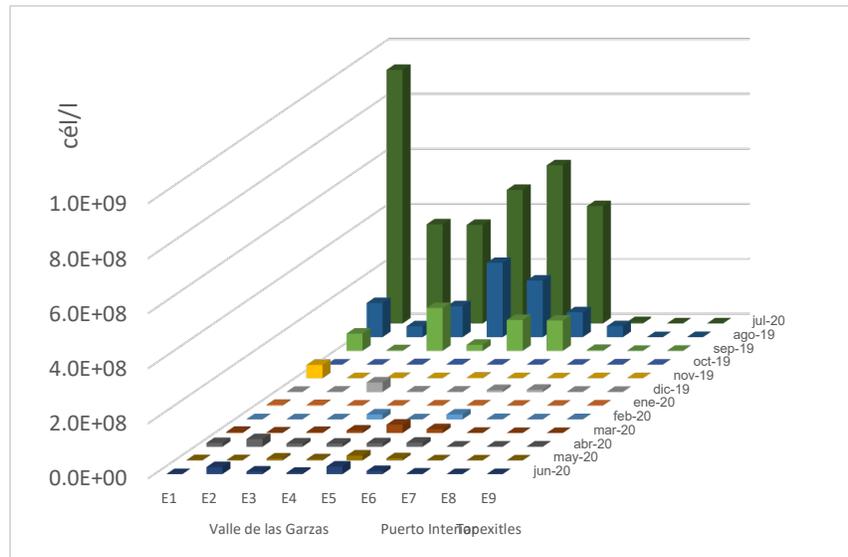


Figura 4. Abundancia fitoplanctónica en los en la laguna Valle de las Garzas, Puerto Interior y Tapeixtles agosto 2019-julio 2020. Los valores de julio 2020 se encuentran en la posición de atrás para mejorar la gráfica.

Se analizó la distribución de la salinidad dentro de la zona de estudio para relacionarla con la presencia de los diferentes grupos del fitoplancton. Durante el periodo agosto 2019- julio 2020 en el Puerto Interior se observa valores mínimos en el mes enero de 24.1 UPS y máximos en mayo de 34 UPS. En las estaciones del Valle de las Garzas se registró una tendencia al aumento de la salinidad con valores bajos en las estaciones más internas (E1 mínimo de 2 UPS en febrero y máximos de 16 en enero de 2020) con un aumento hacía el canal de comunicación con el Puerto Interior. En Tapeixtles se registraron en general valores superiores al Valle con mínimos de 10.8 en abril y máximos de 33.1 UPS en mayo de 2020 (Fig. 5 y 6).

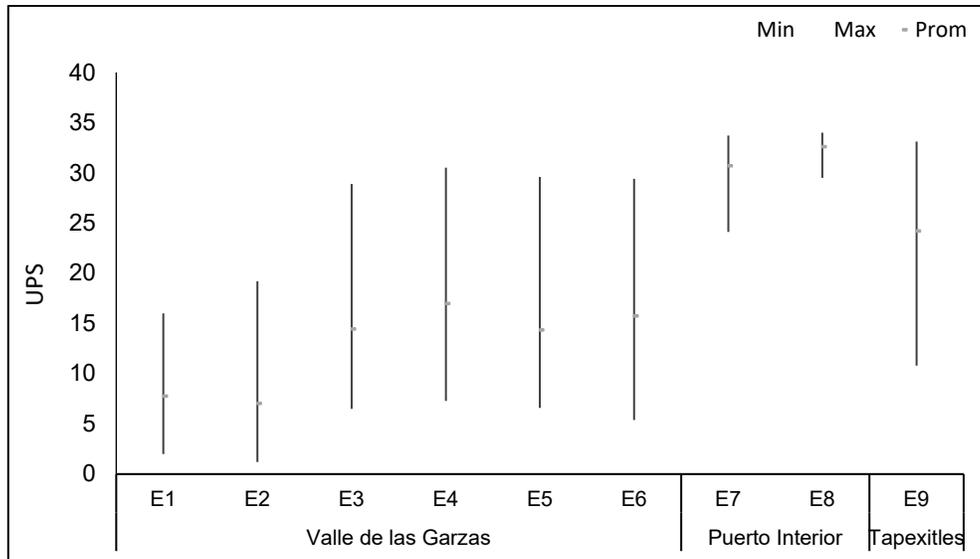


Figura 5. Mínimo, máximo y promedio de la salinidad en la Laguna del Valle de las Garzas, Puerto Interior y Tapeixtles, Colima, agosto 2019-julio 2020

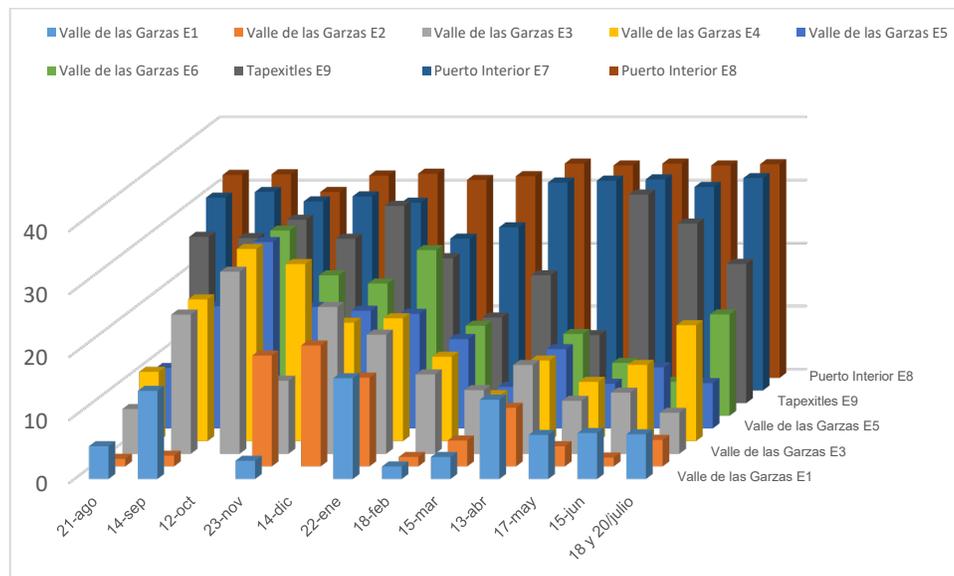
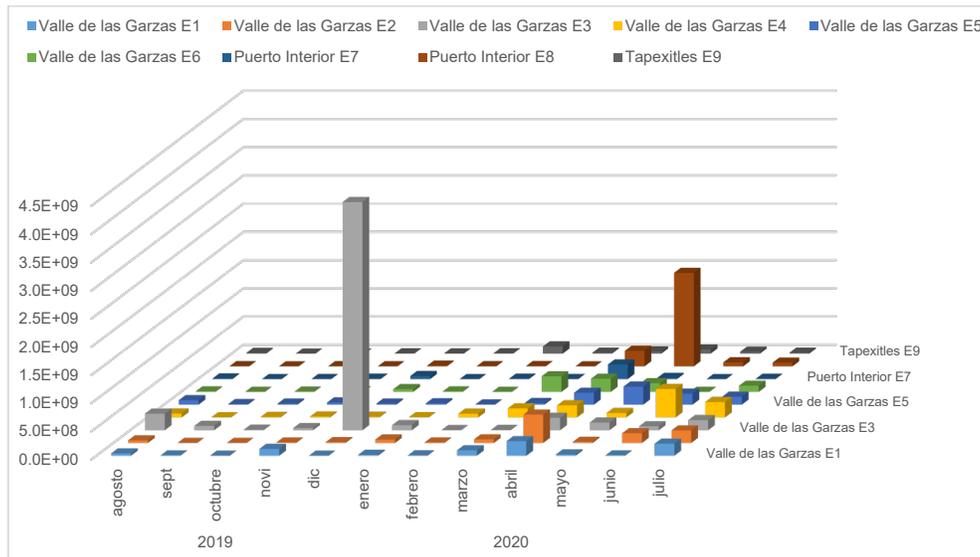


Figura 6. Distribución de la salinidad en la Laguna del Valle de las Garzas, Puerto Interior y Tapeixtles, Colima, agosto 2019-julio 2020

Se calculó el contenido total de C ($\mu\text{g C/l}$) del fitoplancton para evitar el sesgo del alto número de organismos pertenecientes a las cianobacterias en los primeros muestreos de agosto y septiembre de 2019 y arqueas en julio de 2020. Se observa que en todas las estaciones del Valle de las Garzas el contenido total de

C es bajo en los meses de agosto a diciembre de 2019 y en enero, febrero y marzo de 2020, solo en diciembre se presenta un valor alto correspondiente a la diatomea *Actinoptychus* sp. En el periodo comprendido entre abril y julio se observa mayor contenido de C en la mayoría de las estaciones. En el Puerto Interior los valores son homogéneos con un aumento en el mes de mayo en la estación E8 por la presencia del dinoflagelado *Noctiluca scintillans* con alta biovolumen y por ende alto contenido de C. En Tapeixtles no se observaron variaciones amplias de los valores.



IV. 2 Composición taxonómica del fitoplancton por grandes grupos

En el periodo de muestreo comprendido entre agosto 2019-julio 2020 la composición taxonómica por grandes grupos presentó en el Valle de las Garzas un cambio muy notable, en agosto y septiembre dominaron las cianobacterias en todas las estaciones, en octubre solo en las estaciones más internas y diatomeas cercano a la comunicación con el Puerto Interior, en noviembre se presentaron nanoflagelados y diatomea y en diciembre dominaron las diatomeas en la mayoría de las estaciones. En los meses de enero y febrero dominan en las estaciones internas nuevamente las cianobacterias y nanoflagelados, no así en las cercanas a la comunicación con el Puerto Interior con dominancia de diatomeas. En los meses de marzo, abril, mayo y junio se observó dominancia de nanoflagelados en

la mayoría de las estaciones del Valle. En el mes de julio este grupo fue reemplazado por la arqueas, organismos capaces de tolerar las condiciones anóxicas de la zona. La salinidad que intercambio de agua de mar hacia la laguna del Valle de las Garzas ha afectado la composición taxonómica del fitoplancton en el periodo de muestreo, entre los meses comprendido entre marzo a julio se observó una disminución de este parámetro y cambio en la composición taxonómica hacia nanoflagelados que fueron dominantes. En el mes de julio las condiciones empeoran registrándose bajos niveles de oxígeno que propiciaron la aparición de las arqueas. En las dos estaciones del Puerto Interior se presentó dominancia de diatomeas en la mayoría de los muestreos, las condiciones de alta salinidad impiden que cianobacterias y nanoflagelados dominen. Los dinoflagelados se encuentran poco representados en todo el periodo de muestreo. En Tapeixtles se registró dominancia de diatomeas en todos los muestres (Fig. 7).

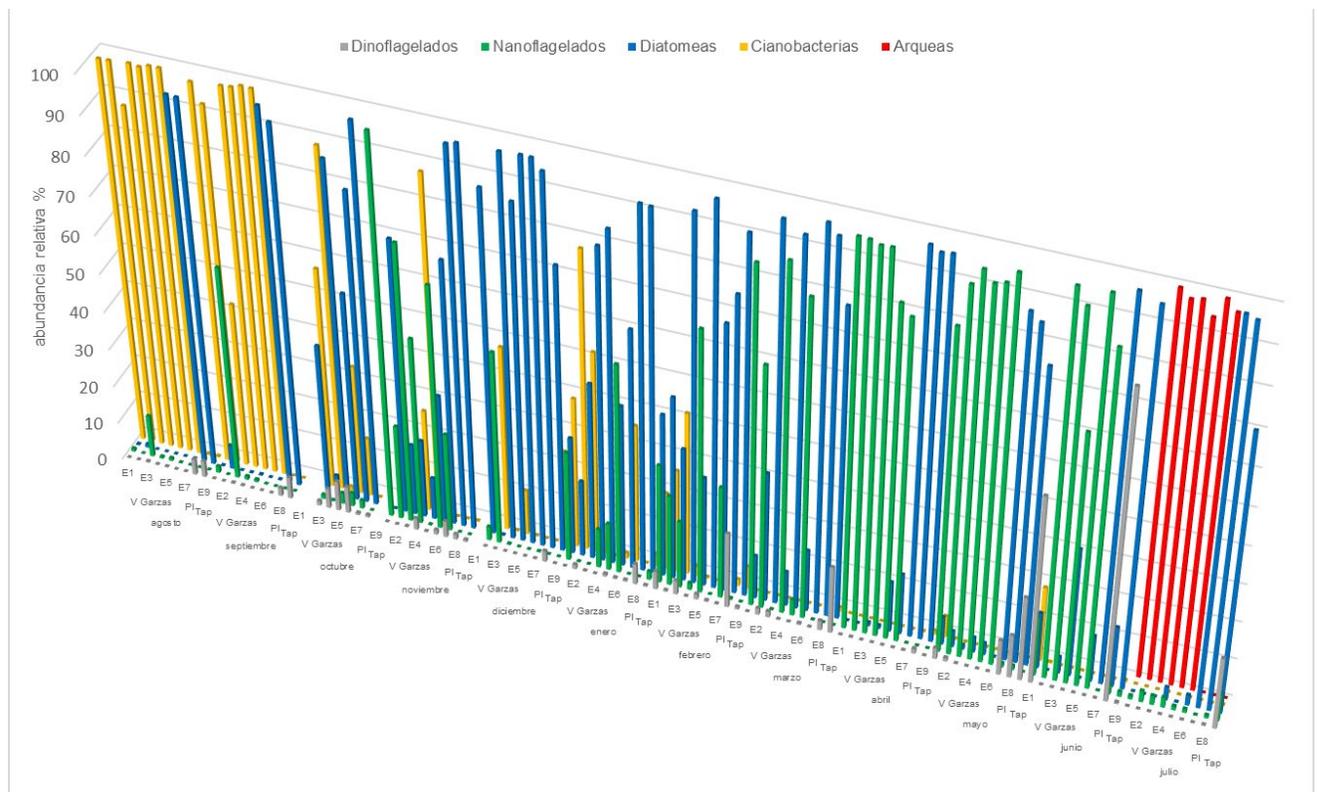


Figura 7. Abundancia relativa por grandes grupos en la Laguna del Valle de las Garzas, Puerto Interior y Tapeixtles, Colima, agosto 2019-julio 2020.

IV.3 Composición taxonómica de diatomeas

En las estaciones del Valle la abundancia de este grupo en el periodo comprendido entre agosto 2019 y noviembre de 2019 fue baja, en el mes de diciembre se registra alta abundancia de la especie *Actinopterychus* sp. En el periodo de febrero a julio de 2020 fueron importantes en la composición taxonómica el grupo *Chaetoceros* sp NI < 20 μ m con valores máximos en el mes de marzo de 2.89×10^7 cél/l en la estación E3, pero presentes en la mayoría de las estaciones en el periodo. El grupo *Navicula* sp se registró en la mayoría de las estaciones presentando máximos en el mes de octubre en la estación E4 con un valor de 5.48×10^5 cél/l. *Cyclotella atomus* se registra en el mes de octubre con valores máximos de 1.48×10^5 cél/l en la estación E6. *Thalassiosira* sp se observó con altas abundancias en los meses de enero, febrero y marzo en la mayoría de las estaciones con máximos de 6.47×10^5 cél/l en la estación E2. *Bacillaria paradoxa* se presentó puntualmente en febrero en la estación E6 con un valor de 1.75×10^7 cél/l (Fig. 8).

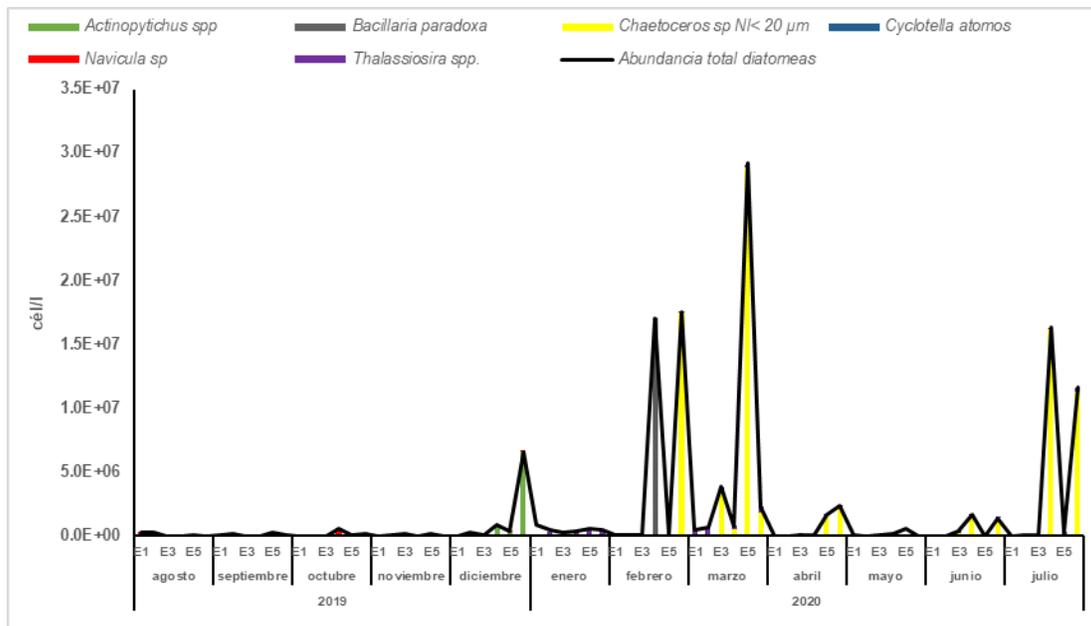


Figura 8 Abundancia total y Abundancia de las diatomeas representativas en la Laguna del Valle de las Garzas, durante el periodo agosto 2019-julio 2020.

En las estaciones del Puerto Interior y Tapeixtles las diatomeas fueron en general más abundantes. En el mes de diciembre de 2019 se registró un máximo de 7.88×10^6 cél/l en la estación E7 con dominancia de la especie *Actinoptychus* sp. El grupo *Chaetoceros* sp NI < 20 μ m estuvo mejor representado en los meses de febrero, junio y julio con máximos en este último mes de 4.95×10^6 cél/l en la estación E7. La especie *Chaetoceros pseudocurvisetus* presentó un máximo en el mes de octubre de 3.96×10^5 cél/l en Tapexitles. *Leptocylindrus danicus* se registró solo en algunas estaciones en la mayoría de los meses con máximos de 6.91×10^4 cél/l en la estación E8 del Puerto Interior en el mes de abril 2020. El grupo *Navicula* sp se observó en todos los meses en la mayoría de las estaciones con máximos de 6.29×10^5 cél/l en Tapexitles en el mes de abril. *Thalassiosira* sp estuvo presente en algunas estaciones en los meses de agosto, octubre y noviembre 2019 y febrero, marzo y junio con máximos de 2.07×10^5 cél/l en Tapexitles en abril 2020. *Skeletonema costatum* se registró en la mayoría de los meses con máximos de 4.42×10^4 cél/l en el mes de noviembre en la estación E8 del Puerto Interior (Fig. 8)

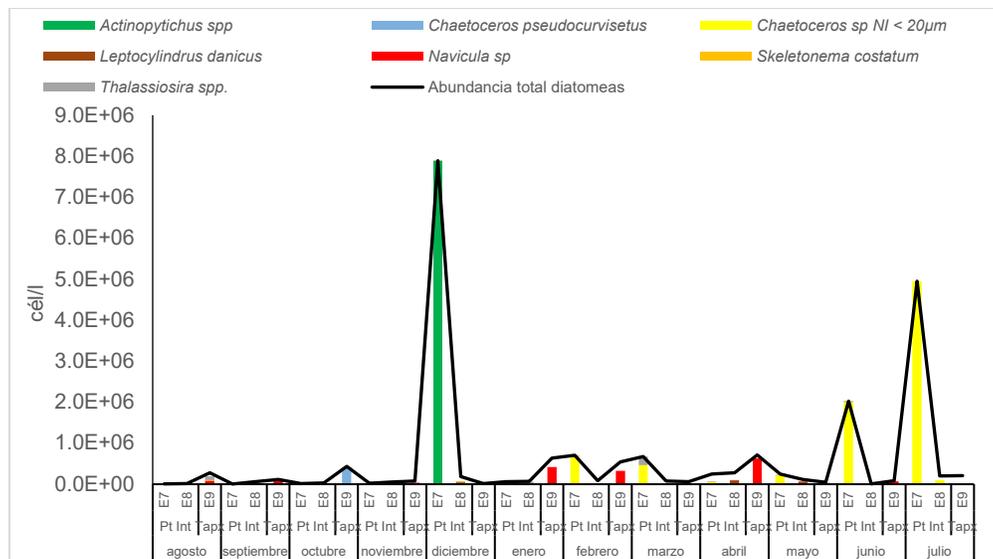


Figura 9 Abundancia total y Abundancia de las diatomeas representativas en el Puerto Interior y Tapeixtles, durante el periodo agosto 2019-julio 2020.

IV.4. Composición taxonómica de dinoflagelados

Los dinoflagelados presentaron muy baja abundancia en todas las estaciones de estudio, no se realiza por esto un análisis detallado de su distribución durante el periodo agosto 2019-julio 2020.

IV.5. Composición taxonómica de cianobacterias, nanoflagelados y arqueas

En el periodo analizado se observó alta abundancia de cianobacterias y nanoflagelados en las estaciones del Valle de las Garzas en los meses de agosto y septiembre para disminuir su participación en la composición taxonómica en los meses posteriores. *Microcystis cf aeruginosa* se registró en los meses de agosto y septiembre con máximos de 2.68×10^8 cél/l en la estación E4 en el mes de agosto. Dentro de los nanoflagelados *Cryptomonas* sp fue observado en todos los meses en la mayoría de las estaciones con valores máximos de 8.7×10^7 cél/l en el mes de septiembre en la estación E3. *Eutreptiella* sp se registró con bajas abundancias en la mayoría de los muestreos con valores máximos en el mes de septiembre de 6.02×10^5 cél/l. Las Arqueas solo se registraron en el mes de julio de 2020 con valores máximos de 9.14×10^8 cél/l en la estación E1 (Fig. 11).

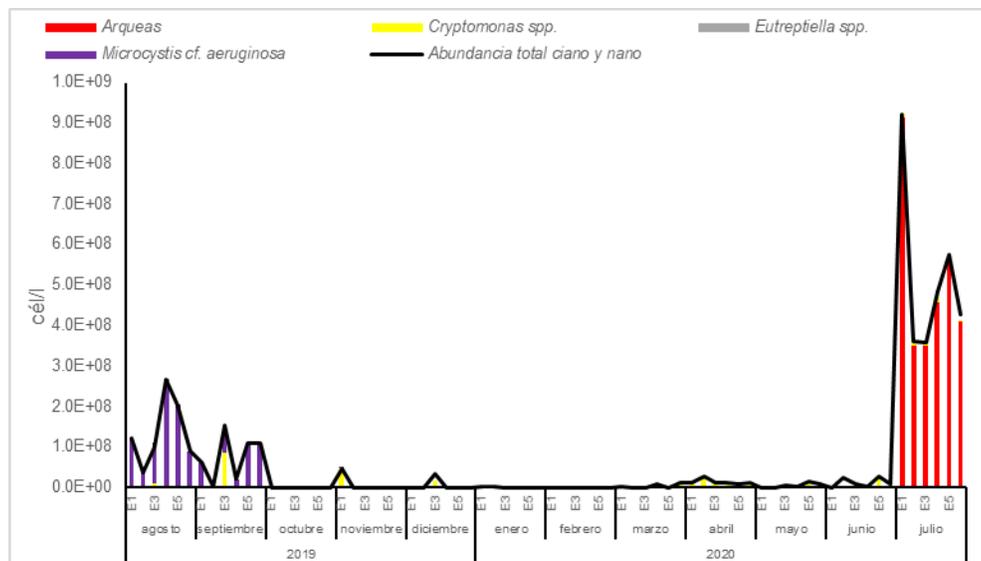


Figura 10. Abundancia total y de los principales grupos de cianobacterias y nanoflagelados en Laguna del Valle de las Garzas durante el periodo agosto 2019-julio 2020.

IV.5. Depredadores

Los depredadores identificados en el periodo agosto-diciembre 2019 son Ciliados NI <30 μm , Ciliados NI >30 μm en la mayoría de las estaciones del Valle de las Garzas, en las dos estaciones del Puerto Interior y en Tapeixtles se observaron copépodos. Además, en los meses de marzo a julio 2020 aparecen con baja abundancia los rotíferos *Brachionus plicatilis*.

IV.6 Índice de Diversidad Shannon-Weaver

El Índice de Diversidad de las muestras de fitoplancton en el periodo agosto 2019 julio 2020 osciló entre un valor mínimo de 0.01 en la estación E1 del Valle de las Garzas en el mes de abril y un máximo de 2.18 en la estación E8 en el mes de mayo en el Puerto Interior (Tabla 1).

Tabla 1
Tabla 1. Índice de diversidad de Shanon-Weaver

año	Valle de las Garzas						Puerto Interior		Tapexitles
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	
2019									
agosto	1.05	0.78	0.08	0.61	0.82	0.79	1.61	2.07	1.68
septiembre	0.68	0.85	0.48	1.35	0.97	1.60	1.15	1.53	1.28
octubre	nd	nd	1.10	1.03	1.41	1.79	1.64	0.46	nd
noviembre	1.68	0.77	0.61	1.62	0.73	1.54	1.91	1.11	1.09
diciembre	nd	0.96	0.71	0.27	0.82	0.05	0.03	2.02	0.92
2020									
enero	1.22	1.18	1.24	0.48	0.67	0.67	1.37	1.58	1.41
febrero	1.12	0.75	1.21	0.04	1.10	0.04	0.24	2.10	1.35
marzo	0.54	0.62	0.28	0.73	0.08	0.64	0.66	1.40	0.85
abril	0.01	0.01	0.06	0.06	0.40	0.45	1.52	2.13	0.99
mayo	0.81	0.34	0.18	0.27	0.42	0.19	1.02	2.18	1.26
junio	1.55	0.1	0.23	0.7	0.02	0.41	0.07	2.06	0.94
julio	0.36	0.14	0.12	0.27	0.06	0.19	0.02	1.19	1.85

V. Interpretación de resultados

V.1. Abundancia de fitoplancton

En el periodo analizado, agosto 2019 a julio de 2020 se observó alta abundancia de organismos fitoplanctónicos en las estaciones del Valle de las Garzas en dos

periodos: en los meses de agosto y septiembre de 2019 y en julio de 2020, en ambas ocasiones los organismos presentaron dimensiones menores a 5 μm utilizándose el contenido de C para minimizar el sesgo del número de organismos. En las estaciones del Valle de las Garzas se registra claramente una tendencia de la salinidad desde estaciones más internas con valores bajos y aumento hacia el canal de comunicación con el Puerto Interior. Además, temporalmente se observa una disminución de la salinidad que alcanzó su máximo en el mes de octubre de 2019 y disminuyó gradualmente en los meses siguientes. Estas variaciones se encuentran asociadas a la entrada de agua por el canal de comunicación con el puerto Interior, el dragado y la apertura del gavión que mejoraron la calidad del agua a principios de 2020. Posteriormente fue decayendo hasta presentarse condiciones anóxicas en el mes de julio con presencia de organismos capaces de realizar fotosíntesis anaeróbica.

El contenido total de C ($\mu\text{gC/l}$) del fitoplancton muestra que en todas las estaciones del Valle de las Garzas el contenido total de C es bajo en los meses comprendidos entre agosto a diciembre de 2019 y en enero, febrero y marzo de 2020, solo en diciembre se presenta un valor alto correspondiente a la diatomea *Actinoptychus* sp. En el periodo comprendido entre abril y julio se observó mayor contenido de C en la mayoría de las estaciones.

V. 2 Composición taxonómica del fitoplancton por grandes grupos

En el Valle de las Garzas la composición taxonómica por grandes grupos presentó amplias variaciones en el periodo de muestreo, en los meses de agosto y septiembre de 2019 dominaron las cianobacterias en la mayoría de las estaciones, en octubre solo en las estaciones más internas y diatomeas en las cercanas a la comunicación con el Puerto Interior, en noviembre la composición taxonómica cambió a dominancia de nanoflagelados y en diciembre por diatomeas en la mayoría de las estaciones. En el mes de enero 2020 en las estaciones internas fueron abundantes las cianobacterias y nanoflagelados, en la zona cercana a la

comunicación con el Puerto Interior se observó dominancia de diatomeas. En febrero las diatomeas fueron abundantes en la mayoría de las estaciones. En los meses de marzo, abril, mayo y junio se observa dominancia de nanoflagelados en la mayoría de las estaciones del Valle y finalmente en el mes de julio este grupo es reemplazado por la arqueas, organismos que toleran las condiciones anóxicas de la zona.

El aumento de la salinidad, que indica entrada de agua de mar desde el Puerto Interior hacia la laguna del Valle de las Garzas modificando la composición taxonómica durante el periodo de estudio, se observó que con mayor salinidad dominan las diatomeas, al bajar este parámetro proliferan cianobacterias y nanoflagelados, con condiciones extremas y bajas de oxígeno fueron reemplazadas por arqueas.

En las dos estaciones del Puerto Interior se presenta dominancia de diatomeas en la mayoría de los meses. Los dinoflagelados se encuentran poco representados en todo el periodo de muestreo. En Tapeixtles dominaron generalmente las diatomeas, esta laguna se encuentra fuertemente influenciada por entrada de agua del Puerto Interior.

V.3 Composición taxonómica de diatomeas

En las estaciones del Valle la abundancia de este grupo en el periodo comprendido entre agosto y noviembre de 2019 fue baja, en el mes de diciembre se observa alta abundancia de la especie *Actinoptychus* sp, incluye organismos de hábitos planctónicos presentes en aguas costeras. En el periodo de febrero a julio de 2020 las diatomeas fueron más abundantes, el grupo *Chaetoceros* sp NI < 20 µm formó parte importantes en la composición taxonómica con valores máximos en el mes de marzo, este grupo que incluye organismos tolerantes al estrés. El grupo *Navicula* sp se registró en la mayoría de las estaciones presentando máximos en el mes de octubre en la estación E4, comprende organismos de hábitos bentónicos. *Cyclotella atomus* se registra solo

en octubre en una estación, especie característica de agua eutrofizadas ricas en fosfatos (Kipp, McCarthy, & Fusaro, 2019). *Thalassiosira* sp se observa con altas abundancias en los meses de enero, febrero y marzo, son organismos característicos de aguas costeras. *Bacillaria paradoxa* se presentó puntualmente en febrero en la estación E6, especie con movilidad capaz de ocupar rápidamente zonas ricas en nutrientes.

En las estaciones del Puerto Interior y Tapeixtles las diatomeas fueron más abundantes. En el mes de diciembre de 2019 dominó la especie *Actinoptychus* sp, especie de hábitos planctónicos presente en aguas costeras. El grupo *Chaetoceros* sp NI < 20 µm estuvo mejor representado en el mes de febrero, incluye especies tolerante al estrés de hábitos planctónicos. La especie *Chaetoceros pseudocurvisetus* registró un máximo en el mes de octubre en Tapexitles. *Leptocylindrus danicus* se presentó solo en algunas estaciones en la mayoría de los meses incluye organismos de hábitos planctónicos característico de zonas costeras. El grupo *Navicula* sp se observó en todos los meses en la mayoría de las estaciones con bajas abundancias, incluye organismos bentónicos que se incorporan a la columna de agua por la circulación de la zona. *Thalassiosira* sp estuvo presente en algunas estaciones en los meses de agosto, octubre y noviembre 2019 y febrero, marzo y junio de 2020 con máximos Tapexitles incluye organismos tolerantes al estrés. *Skeletonema costatum* se registró en la mayoría de los meses, especie característica de aguas tropicales costeras.

V.4. Composición taxonómica de dinoflagelados

Los dinoflagelados presentaron muy baja abundancia en todas las estaciones de estudio, no se realiza por esto un análisis detallado de su distribución durante el periodo agosto 2019-julio 2020.

V.5. Composición taxonómica de cianobacterias, nanoflagelados y arqueas.

En el periodo analizado se observa en las estaciones del Valle de las Garzas alta abundancia de cianobacterias y nanoflagelados en los meses de agosto y septiembre para disminuir su participación en la composición taxonómica en los meses posteriores, este comportamiento se asocia a una baja salinidad en la laguna en estos meses. *Microcystis cf aeruginosa* se registró en los meses de agosto y septiembre, algunas variedades son capaces de producir la toxina microcistina, tóxica para muchos organismos. Dentro de los nanoflagelados *Cryptomonas* sp fue observada en todos los meses en la mayoría de las estaciones, pero con valores altos en septiembre, es una especie de hábitos planctónicos que puede alcanzar altas abundancias, no se conoce toxicidad de este grupo. Las Arqueas presentes solo en el mes de julio en la laguna son indicadoras de la baja calidad del agua, estos organismos solo se desarrollan en condiciones anóxicas, con valores altos de oxígeno organismos capaces de realizar fotosíntesis oxigénica ocupan rápidamente su lugar al ser más eficiente en la producción de energía.

V.5. Depredadores

Los depredadores encontrados en el periodo de estudio comprenden Ciliados NI <30 μm , Ciliados NI >30 μm en la mayoría de las estaciones, destaca la presencia de copépodos en las dos estaciones del Puerto Interior y en Tapeixtles indicando que tienen influencia marina. Además, en los meses de marzo a julio aparece con baja abundancia el rotífero *Brachionus plicatilis*, esta especie tolera condiciones de estrés y se encuentra en zonas de baja calidad del agua

V.6 Índice de Diversidad Shannon-Weaver

El índice de diversidad presentó valores superiores a 1 en el Valle de las Garzas en todas las estaciones solo en el mes de octubre. El análisis anual indica que en el 75% de las veces este índice fue inferior a 1. En los meses de agosto y septiembre se deben a la dominancia de *Microcystis cf aeruginosa*, En noviembre y diciembre a la alta abundancia de las diatomeas *Navicula sp* y *Actinoptychus sp*. En el año 2020 se observa dominancia de nanoflagelados y en el mes de julio de Archeas. Estos valores indican condiciones adversas en el Valle de las Garzas principalmente en el periodo comprendido entre marzo y julio.

VI. Tendencia de la Calidad Ambiental

La calidad ambiental de la laguna considerando la composición taxonómica ha migrado de estar dominada por cianobacterias con bajas salinidades en los primeros muestreos a dominancia de diatomeas con altas salinidades en diciembre. En los primeros meses del año las condiciones comienzan a deteriorarse hasta llegar a condiciones anóxicas en el mes de julio. A pesar del dragado la comunicación de la laguna con el Puerto Interior no es funcional, se han realizado obras para restaurar el gavión que impide el flujo de agua, esto se refleja en los valores de salinidad que presentan una tendencia a la disminución desde octubre 2019 a julio 2020. El dragado ha logrado recuperar el espejo de agua en la zona cercana al mirador, sin embargo, es necesario continuar con los esfuerzos para que la laguna tenga una mejor comunicación con el mar.

VII. Sugerencias para Mejorar la Calidad Ambiental

- Promover de manera efectiva el intercambio de agua de mar con la laguna
- Evitar que se acumule material dentro de la laguna
- Promover que el agua de la Planta de tratamiento pueda ser reciclada de manera que los nutrientes sean utilizados antes de descargar a la laguna

VIII. Conclusiones

- En las estaciones del Valle de las Garzas en el periodo agosto 2019 a julio de 2020 se observa alta abundancia de organismos fitoplanctónicos menores a 5 μm en los meses de agosto y septiembre de 2019 y en julio de 2020 de dimensiones, representadas por *Microcystis cf aeruginosa* en el primer periodo y por Arqueas en julio de 2020.
- En el Valle de las Garzas la composición taxonómica por grandes grupos estuvo dominada por cianobacterias en agosto y septiembre de 2019 con salinidades bajas. En los meses de marzo a junio se observó dominancia de nanoflagelados y en julio con condiciones anóxicas.
- La salinidad alcanzó un máximo en las estaciones del Valle de las Garzas en el mes de octubre presentando un decline paulatino en el año 2020.
- La composición taxonómica de diatomeas en el Valle de las Garza estuvo dominada por la especie *Actinoptychus* sp en diciembre y por el grupo *Chaetoceros* sp NI < 20 μm en el periodo comprendido de febrero a julio de 2020.
- En el Puerto Interior y Tapeixtles se registraron especies de hábitos planctónicos características de zonas costeras como *Skeletonema costatum* y *Leptocylindrus danicus*.
- Los dinoflagelados estuvieron pobremente representados en el periodo de estudio.
- Dentro de los nanoflagelados, *Cryptomonas* sp fue observada en todos los meses en la mayoría de las estaciones del Valle de las Garzas, pero con valores altos en septiembre.
- Solo en el mes de octubre (2019), el índice de diversidad presentó valores superiores a 1 en el Valle de las Garzas, en todas las estaciones, los valores registrados fueron inferiores. El análisis anual indica que en el 75 % de las veces este índice fue inferior a 1. Estos valores indican condiciones

adversas en el Valle de las Garzas principalmente en el periodo comprendido entre marzo y julio.

IX. Bibliografía

- Contreras E, F., & Castaneda L, O. (2004). La biodiversidad de las lagunas costeras. . *Ciencias*, 76, 46-56.
- Contreras, F., & Castañeda, O. (2004). La biodiversidad de las lagunas costeras. *Ciencias*(076), 46-56.
- Falkowski, P. G., Katz, M., Knoll, A. H., Quigg, A., Raven, J. A., Schofield, O., & Taylor, F. J. R. (2004). The Evolution of Modern Eukaryotic Phytoplankton. *Science*, 305, 354-360.
- García Rojas, J. L., González Esquivel, L. A., Pérez García, I., & Avila Colin, M. (2010). Programa de monitoreo de las condiciones ambientales en la laguna de Valle de las Garzas y Laguna San Pedrito, Manzanillo, Colima: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Hillebrand, H. (1999). Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *J Phycol*, 35, 403-424.
- Kipp, R. M., McCarthy, M., & Fusaro, A. (2019). *Cyclotella atomus* Hustedt, 1937: U.S. Geological Survey, Nonindigenous Aquatic Species Database, Gainesville, FL, and NOAA Great Lakes Aquatic Nonindigenous Species Information System, Ann Arbor, MI. Retrieved from <https://nas.er.usgs.gov/queries/greatlakes/FactSheet.aspx?SpeciesID=1669&Potential=N&Type=0&HUCNumber=DHuron,%20Revision%20Date:%209/12/2019,%20Access%20Date:%2010/3/2019>, Revision Date: 9/12/2019, Access Date: 10/10/2019 website:
- Menden-Deuer, S., & Lessard, E. J. (2000). Carbon to volume relationships for dinoflagellates, diatoms, and other protist plankton. *Limnology and Oceanography*, 45(3), 569-579.
- Thronsen, J. (1995). Estimating cell numbers. In G. M. Hallegraeff, D. M. Anderson & A. D. Cembella (Eds.), *Manual on harmful marine microalgae. IOC Manual and Guides UNESCO* (Vol. 33-80, pp. 63-80). Paris: .
- Utermöhl, H. (1931). Neue Wege in der quantitativen Erfassung des Planktons. *Verh. int. Ver. Limnol*, 5, 567-595.

Velasco Hernández, E., Zizumbo, L., Arriaga Álvarez, E., & Quintanilla Montoya, A.
L. (2014). Transformación Ambiental de la Cabecera Municipal de
Manzanillo, Colima, debido a la ampliación del Puerto.