

**SUBSECRETARIA DE EDUCACION SUPERIOR
DIRECCION GENERAL DE EDUCACION SUPERIOR TECNOLOGICA**



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE GUAYMAS

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE ZONA COSTERA

“CONDICIÓN Y TENDENCIA AMBIENTAL DE LA BAHÍA DE GUAYMAS, MÉXICO”

TESIS

Que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIAS

**P R E S E N T A
EDNA CACHEUX MARTINEZ**

GUAYMAS, SONORA

JUNIO 2019

ACTA DE LIBERACIÓN

CONFORMACIÓN DE COMITÉS

Comité Tutorial

Dr. Alejandro Acevedo Cervantes
Instituto Tecnológico de México, Unidad Guaymas
Director de Tesis

Dr. José Alfredo Arreola Lizárraga
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.
Co-Director de Tesis

M.C. Javier Enríquez Flores
Instituto Tecnológico de México, Unidad Guaymas
Asesor de Tesis

Dr. Pedro Rosales Grano
Instituto Tecnológico de México, Unidad Guaymas
Asesor de Tesis

Dra. Thelma Michelle Ruiz Ruiz
VIDESA S.A DE C.V.
Asesor de Tesis

Comité Revisor de Tesis

Dr. Alejandro Acevedo Cervantes
Dr. José Alfredo Arreola Lizárraga
M.C. Javier Enríquez Flores
Dra. Thelma Michelle Ruiz Ruiz
Dr. Pedro Rosales Grano

Jurado de Exámen

Suplentes

RESUMEN

Las lagunas costeras y estuarios están considerados como uno de los ecosistemas acuáticos más sensibles a las modificaciones en su entorno, debido principalmente al relativo aislamiento con el mar adyacente que limita la circulación y la renovación del agua. La condición y tendencia ambiental de un cuerpo de agua, puede estimarse mediante un índice de salud del ecosistema. El objetivo de este estudio fue conocer la condición y tendencia ambiental de la Bahía de Guaymas, Sonora, México. Se estimó el índice de salud compuesto por tres índices: a) estado trófico, b) biológico y c) estético. El índice de estado trófico TRIX fue estimado a partir de muestras de agua obtenidas en seis sitios de la bahía durante un ciclo anual para determinar nutrientes inorgánicos disueltos y también se registraron temperatura, salinidad y oxígeno disuelto. El índice compuesto es la suma de los tres índices y su escala va de 0 (pobre) a 30 (bueno). En conclusión encontramos que la Bahía de Guaymas tiene una condición ambiental *Moderada* con tendencia a *Pobre*. La condición ambiental prevaleciente se atribuye principalmente a los vertimientos de aguas residuales urbanas que están generando síntomas de eutrofización en la bahía. Su estado paisajístico está afectado moderadamente por la influencia antropogénica. La comunidad de peces, debido a su abundancia, indicó buena condición

SUMMARY

The coastal lagoons and estuaries are considered to be one of the most sensitive aquatic ecosystems to changes in its environment, mainly due to the relative isolation with the adjacent sea bordering the circulation and renewal of water. The condition and environmental tendency of a body of water, can be estimated using an index of ecosystem health. The objective of this study was to know the condition and environmental tendency of Guaymas Bay, Sonora, Mexico. Estimated health index composed of three indexes: a) trophic state b) biological and c) aesthetic. TRIX trophic state index was estimated from samples of water obtained at six sites in the Bay during an annual cycle to determine dissolved inorganic nutrients and temperature, salinity, and dissolved oxygen were also recorded. The composite index is the sum of the three index and its scale is from 0 (poor) to 30 (good). In conclusion, we find that Guaymas Bay has a moderate environmental condition with a tendency to poor. The prevailing environmental condition is mainly attributed to the discharges of urban waste water which are generating symptoms of eutrophication in the Bay. Landscape is affected moderately by the influence anthropogenic. The community of fish, because of their wealth, said good condition.

DEDICATORIA

.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Tecnológico de Guaymas, por mi formación académica.

Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. por concederme todas las facilidades para llevar a cabo la realización de mi tesis.

A mis directores de tesis, Dr. Alejandro Acevedo y Dr. Alfredo Arreola por brindarme su apoyo intelectual y profesional para llevar a cabo este proyecto.

A mi comité de Tesis por su apoyo, guía y aportaciones para la realización de este trabajo.

A la M. en C. María del Refugio López Tapia por el apoyo brindado en el laboratorio para los análisis químicos.

A mis maestros: M. C. Javier Enríquez, Dra. Carmen Valdés, Dr. Humberto Ruelas, Dr. Alejandro Acevedo, Dr. Pedro Rosales, Dr. Edgar Edmundo Lanz Sánchez, por contribuir a mi formación académica.

CONTENIDO

RESUMEN	iii
SUMMARY	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
CONTENIDO	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABLAS	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES	4
2.1. El Diagnostico Ambiental Costero en el contexto Global.....	4
2.2. Antecedentes sobre Índice TRIX (Trophic Index) Trófico (TRIX).....	5
2.3. Antecedentes Índice Biológico	8
2.4. Antecedentes Índice Estético	10
3. JUSTIFICACIÓN	12
4. HIPÓTESIS.....	13
5. OBJETIVOS	14
5.1. Objetivo General	14
5.2. Objetivos específicos	14
6. MATERIALES Y MÉTODOS	15
6.1. Área de estudio	15
6.2. Trabajo de campo	17
6.2.1. <i>Estado trófico</i>	17
6.2.2. <i>Registro</i> de observaciones estéticas.....	19
6.3. Trabajo de laboratorio.....	19
6.3.1 <i>Calidad de agua</i>	20
6.4. Trabajo de gabinete.....	20
6.4.1. <i>Trophic Index (TRIX)</i>	¡Error! Marcador no definido.
6.4.2. <i>Comunidad biológica</i>	¡Error! Marcador no definido.
6.4.3. <i>Índice estético</i>	24
6.4.4. <i>Índice compuesto de Copper</i>	25
6.4.5. <i>Análisis estadístico</i>	28
7. RESULTADOS	29
7.1. Calidad de agua.....	¡Error! Marcador no definido.
7.2. Comunidad Biologica.....	¡Error! Marcador no definido.

7.3. Estado paisajistico.....	¡Error! Marcador no definido.
7.4. Índice compuesto	¡Error! Marcador no definido.
8. DISCUSIÓN	¡Error! Marcador no definido.
8.1. Calidad de agua	¡Error! Marcador no definido.
8.2. Comunidad Biologica	¡Error! Marcador no definido.
8.3. Estado paisajistico.....	¡Error! Marcador no definido.
8.4. Índice compuesto.....	¡Error! Marcador no definido.
9. CONCLUSIONES	¡Error! Marcador no definido.
10. LITERATURA CITADA	37
11. ANEXOS.....	¡Error! Marcador no definido.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localizacion del area de estudio	14
Figura 2. Localizacion de los sitios de muestreo de calidad de agua	15
Figura 3. Bases conceptuales del índice de salud integrado por los componentes de calidad de agua, biológico y estético	25
Figura 4. titulo de la figura	26
Figura 5. Título de figura.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 6. Título de figura.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 7. Título de figura.....	¡Error! Marcador no definido.

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Características de la Bahía de Guaymas	16
Tabla II. Ficha de registro de observaciones para cada sitio.	18
Tabla III. Técnicas empleadas para la determinación de nutrientes en el agua de mar	17
Tabla IV. alores de referencia el índice TRIX para los diferentes niveles del estado trófico (Vollenweider et al., 1998).....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla V. Nivel trófico a escala Cooper	20
Tabla VI. Valores del índice Shannon-Weaver.....	22
Tabla VII. Relación de índice Shannon-Weaver a escala Cooper	2321
Tabla VIII. Proceso de decisión para valorizar los parámetros estéticos.....	23
Tabla IX. Valores obtenidos en el periodo de estudio.....	28
Tabla X. Ponderación del estadopaisajístico.....	31

1. INTRODUCCIÓN

Las lagunas costeras y estuarios están consideradas como uno de los ecosistemas acuáticos más sensibles a las modificaciones en su entorno, debido principalmente al relativo aislamiento con el mar adyacente que limita la circulación y la renovación del agua (Contreras y Castañeda, 2004). Un denominador común en todos los sistemas costeros es el elevado grado de contaminación del agua y desgraciadamente las tendencias de deterioro van en aumento y las medidas tomadas aún son insuficientes (Lara-Lara *et al.*, 2008).

La zona costera mexicana está formada por un mosaico de escenarios a lo largo de un litoral de ~ 11,200 km, donde los estuarios y las lagunas costeras representan una parte integral e importante con ~ 15,673 km² de superficie. Estos sistemas exhiben un espectro de condiciones ambientales desde prístinas hasta con problemas de eutrofización y contaminación que requieren estrategias y acciones de gestión ambiental (Arreola-Lizárraga *et al.*, 2018).

En las costas mexicanas se encuentran ecosistemas, marinos y costeros, que independientemente de su número o extensión, cada uno de ellos posee una importancia ecológica única y, en conjunto, su funcionamiento condiciona el potencial de desarrollo económico y bienestar social de la zona costera y marina de México. En las costas mexicanas existe un problema grave de gobernanza. La federación administrativamente tiene en rezago a las costas mexicanas, en el caso de la zona federal marítimo terrestre, la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), tiene pendientes de resolución de más cien mil pendientes, lo mismo ocurre en la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), en materia de puertos, no hay un control de aduanas por parte de la Secretaria de Hacienda y Crédito Público (SHCP), y los desastres naturales en los últimos años han generado pérdidas de vidas humanas y de pérdidas materiales por varios miles de millones de pesos que se traducen en pobreza y devastación (Lagunas-Vázquez *et al.*, 2015).

En el proceso de manejo costero las actividades están orientadas a aprovechar y desarrollar la zona costera de manera sostenible; donde el papel de la comunidad científica es generar el conocimiento necesario para responder a preguntas y demandas de los sectores gubernamentales, productivos y sociales (Arreola-Lizárraga *et al.*, 2004). Por ello, llevar a cabo un diagnóstico ambiental es de gran importancia; así como, contar con información científica de diversos tipos desde la ecológica hasta la social e integrarla bajo una visión holística. Esta integración de conocimientos favorece la utilización de la información ecológica para formular prácticas productivas que promuevan alternativas sustentables de manejo (Moreno-Casasola *et al.*, 2006).

El diagnóstico es un proceso que consiste en asignar determinados atributos del estado de condición a un objeto que experimenta cambios (cualitativos o cuantitativos), permitiendo ingresarlo a una categoría de algún sistema de clasificación, el diagnóstico basado en la caracterización de las aguas marino costeras contribuye al manejo integral de la costa. Con base en el diagnóstico se proponen estrategias de manejo que promueven la conservación del ecosistema, con lo cual se asegura la disponibilidad futura de los recursos (Morales-Ojeda, 2007).

Determinar la condición y tendencia de un cuerpo de agua, requiere generar información sobre variables ambientales para integrarse a un índice de salud del ecosistema y mediante el monitoreo de este índice es posible conocer la condición y tendencia ambiental de un cuerpo de agua costero (Cooper *et al.*, 1994).

La Bahía de Guaymas representa la laguna costera más importante en cuanto a actividades marítimo-comerciales del Estado de Sonora, esto deriva en una alta presión por actividades urbanas, comerciales, industriales y pesqueras. Históricamente, alrededor del 80% de las aguas residuales urbanas e industriales (sin tratamiento) se descargaban directamente en la bahía generando graves problemas de contaminación del agua, pesqueros y de salud pública, pero a partir

de 2004 la mayor parte de las aguas residuales urbanas se destinaron hacia una laguna de oxidación y posteriormente a la ensenada La Salada; sin embargo, algunas colonias adyacentes no están conectadas completamente a la red de drenaje y existen vertimientos y la calidad del agua y del estado trófico de la bahía no se ha evaluado de manera continua (Ruiz-Ruiz *et al.*,2012).

En esta tesis se exponen la condición y la tendencia ambiental de la Bahía de Guaymas con base en un índice de salud integrado por variables de calidad del agua, biológicas y estéticas presentadas en un formato visual de fácil comprensión para la toma de decisiones en gestión ambiental.

2. ANTECEDENTES

2.1. Diagnóstico Ambiental Costero

En la actualidad el cuidado y manejo de áreas de interés se ha convertido en prioridad para los encargados de la administración ambiental; los diagnósticos ambientales representan una forma ordenada de conocer el estado de salud de los ecosistemas y la interacción humana. Por ejemplo, en Colombia, Quintero-Rendón *et al.* (2010) mencionan que las políticas de expansión portuaria del país, presionadas por la firma de tratados de comercio internacional, ha generado cuestionamientos críticos sobre la sostenibilidad futura de los ecosistemas marino-costeros, debido en buena medida a la deficiente gestión en la operación de puertos, a la inadecuada gestión de instituciones y personas que hacen uso de estos recursos. Por esta razón, es imperioso contar con las herramientas necesarias para realizar los seguimientos pertinentes a los impactos generados y para tomar las medidas necesarias para su mitigación. En la actualidad, se han incrementado estas problemáticas ambientales en las zonas costeras por la lucha con otros sectores económicos y con la sociedad civil que ven en estas zonas una vocación distinta a la del desarrollo exclusivamente portuario.

En Cuba, Perigó-Arnaud *et al.* (2006) mencionan que en el marco integral de manejo costero (MIC), el diagnóstico constituye un paso fundamental para determinar las causas y sus relaciones, los impactos negativos y positivos, las fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades que presenta el territorio de la zona costera del Municipio Bauta, específicamente, la Playa Baracoa, donde se ubica el asentamiento humano de la Comunidad de los Cocos y la laguna costera El Doctor la cual es receptora de los residuales doméstico de dicha comunidad. Debido a esta situación, en la laguna costera en 1989 se reportaron grandes mortandades de peces a consecuencia del vertido de líquidos residuales por un desastre ecológico ocurrido.

En el marco nacional, Moreno y Weaver (2005) llevaron a cabo un diagnóstico ambiental para Región Marina-Costera de Bahía de Kino, Sonora, con el fin de ordenar la pesca y otras actividades marinas de la región, con base en la experiencia, necesidades y visión a mediano y largo plazo que tiene la comunidad respecto a sus zonas de pesca, aunado a resultados de investigación sobre los recursos biológicos en el área, menciona que el estudio sirvió para ampliar el conocimiento y la visión existente de las características ambientales y socioeconómicas de la región y que se convierta en una herramienta de utilidad para todos los sectores, que contribuya al desarrollo de soluciones integrales a la problemática aquí expuesta.

2.2. Índice de estado trófico

Un índice ambiental es un número o una clasificación descriptiva de una gran cantidad de datos o información ambiental cuyo propósito principal es simplificar la información para que pueda ser útil a quienes toman decisiones, así como a otros actores de la sociedad. De igual manera los indicadores pueden utilizarse en las evaluaciones de impacto ambiental y son útiles, pues cumplen con objetivos tales como: resumir los datos ambientales existentes, comunicar información sobre la calidad del medio afectado, evaluar la vulnerabilidad o susceptibilidad a la contaminación de una determinada categoría ambiental, centrarse selectivamente en los factores ambientales claves y servir como base para la expresión del impacto al predecir las diferencias entre el valor del índice con proyecto y el valor del mismo índice sin proyecto. Es importante tener claro que un índice ambiental no es lo mismo que un indicador ambiental; los indicadores se refieren a medidas simples de factores o especies biológicas, bajo la hipótesis de que estas medidas son indicativas del sistema biofísico o socioeconómico; mientras que un índice se refiere a calidad del aire, calidad del agua, sensibilidad y diversidad ecológica, recursos arqueológicos, calidad de vida y calidad visual (Canter, 1998).

El estado trófico se define como la tasa de producción de materia orgánica (Nixon, 1995) para su estimación Vollenweider *et al.* (1998) propusieron el índice de estado trófico TRophic IndeX (TRIX). Este índice es útil para cuantificar la calidad ambiental, debido a que : (a) el resultado del índice es un número único, (b) es un índice multimétrico que abarca cuatro variables relacionadas con la productividad primaria (clorofila “a”, nitrógeno total , fósforo total y oxígeno disuelto), y (c) las variables ambientales involucradas pueden medirse directamente de manera rutinaria (Giovanardi y Vollenwider, 2004; Primpas y Karydis, 2011).

El índice TRIX ha sido aplicado en cuerpos de agua costeros de Italia (Pettine *et al.*,2007), España, Portugal (Salas-Fuensanta *et al.*, 2008), Brasil (Flores-Montes *et al.*, 2011), México (Aranda-Cicerol, 2004; Escobedo-Urías, 2010; Vargas-Gonzalez *et al.*, 2014; Arreola-Lizárraga *et al.*, 2016; Ruiz-Ruiz *et al.*, 2017; Reynaga-Franco *et al.*, 2018) entre otros. La eficiencia de este índice para valorar la calidad en aguas del Mar Negro, del Mar Egeo, de Mar Tyrrhenian y del Mar Adriático (Moncheva *et al.*, 2001; Giovanardi *et al.*, 2002; Penna *et al.*, 2004) le ha permitido ser reconocido como un índice confiable en diversos escenarios costeros. En resumen, se ha observado que el índice TRIX como medida integrada del estado trófico de un cuerpo de agua costero, es útil para evaluar las diferencias entre el estado trófico de zona costeras de diferentes latitudes, y características geomorfológicas, tanto es así que se ha incorporado a la legislación ambiental de Italia

En la Bahía de Guaymas Arreola-Lizárraga *et al.* (2004) aportaron evidencia acerca de los aportes de nutrientes por aguas residuales urbanas e industriales en la Bahía, la cual resultó con signos de eutrofización evidentes como eventos de hipoxia y funcionando como fuente de nutrientes hacia el mar adyacente, adicionalmente resalta que la normatividad mexicana (NOM-001- ECOL-1996) no está adaptada a la diversidad de escenarios costeros del país y propone fortalecer la cohesión de los actores involucrados en la zona, cooperación en los tres niveles

de gobierno, utilizar conocimientos locales y mejorar los vínculos entre ciencia y sociedad.

En 2008 se reubicó la principal zona de vertimiento de las aguas residuales urbanas hacia otro cuerpo de agua costero (Ensenada La Salada) y su condición ambiental mejoró; sin embargo, la laguna continúa recibiendo aguas residuales urbanas sin ningún tratamiento lo que afecta su condición ambiental.

En 2009 Elizalde-Servín utilizó el índice TRIX para la evaluación de la calidad de agua en la Bahía de Guaymas con y sin aportes de aguas residuales observando que las concentraciones de nutrientes y la biomasa de fitoplancton se incrementaron y las concentraciones de oxígeno disuelto disminuyeron cuando la bahía (1996) tuvo aportes de nutrientes por fuentes antropogénicas.

Ruiz-Ruiz (2017) realizó un estudio en las lagunas costeras semi-áridas del Golfo de California, y observó que el índice TRIX fue consistente en detectar los cambios espaciales y temporales de la calidad ambiental, indicando que las descargas puntuales de aguas residuales modifican las condiciones ambientales de las lagunas, el estudio señala que la clorofila "a" es un indicador que da más sensibilidad al índice TRIX para detectar dichos cambios en comparación a otros utilizados. También observó que la Bahía de Guaymas presentó una condición ambiental buena a moderada, con un estado trófico de oligotrófico a mesotrófico y una calidad de agua buena, pero que ha mostrado signos de eutrofización por descargas de aguas residuales.

Adyacente a la Bahía de Guaymas, Arreola-Lizárraga *et al.* (2016) observaron que en el estero El Rancho y la Laguna de Empalme mostraron un estado trófico oligotrófico en primavera, verano y otoño, mientras en invierno ambos mostraron estado mesotrófico.

2.3. Índice Biológico

Aguilar Ibarra (2005) consideró a los peces como indicadores de la calidad del agua y cómo estas comunidades son consideradas como un vector de comunicación útil para sensibilizar al público y a las autoridades sobre la necesidad de preservar la calidad de ríos y lagos. Por ello su caracterización resulta muy importante para la toma de decisiones en materia ambiental y como índices de la calidad del medio acuático en el mundo. Además señala los índices más comunes que pueden ser empleados para calidad ambiental, incluyendo el índice de Shannon-Wiener para medir los cambios en la diversidad de los peces expuestos a la contaminación del agua durante la década de 1960.

Díaz-Ruiz *et al.* (2006) llevaron a cabo un estudio en dos sistemas lagunares estuarinos del sur de Chiapas, México, sobre aspectos ecológicos de las comunidades de peces, donde encontraron cinco especies dominantes para el sistema lagunar de Carretas-Pereyra caracterizada por su hábitat de manglar y nueve especies para el sistema lagunar de Chantuto-Panzacola caracterizado por vegetación sumergida. Utilizando la metodología de Fisher, índice de diversidad de Shannon-Wiener y de riqueza específica de Margalef, los resultados mostraron comportamientos similares sobre el uso de los diferentes hábitats por los peces en alguna etapa de sus ciclos de vida, sin embargo, son necesarias más investigaciones sobre el ciclo de vida de las especies de peces antes de formular generalizaciones acerca del uso de los sistemas de manglar y vegetación sumergida en esta región del pacífico mexicano.

Padilla-Serrato *et al.* (2016) analizaron la comunidad de peces en la Bahía Las Guásimas, Sonora donde las especies recolectadas se identificaron y se estableció su distribución geográfica, además que se determinó los descriptores ecológicos de abundancia, riqueza de especies, biomasa, diversidad de Shannon

equidad y dominancia a través de un índice de valor Biológico (IVB), reportan que obtuvo una riqueza observada alta, que es el mayor registro de la misma localidad comparado con el estudio de Yépiz-Velázquez (1990).

Castro-Longoria *et al.* (2002) caracterizaron la comunidad de peces de la laguna costera El Sargento, Bahía Kino y tres especies resultaron las más importantes de acuerdo el Índice de valor Biológico (IVB) y se concluye que El Sargento, a pesar de sus reducidas dimensiones, juega un papel importante como área de crianza, como cualquier otro cuerpo costero de mayores dimensiones.

Rodríguez-Romero *et al.* (1994) estudiaron las comunidades de peces en Bahía Concepción, B.C.S. donde observaron una heterogeneidad de ambientes que favoreció incremento de la riqueza específica.

.

2.4. Índice Estético

Cooper *et al.* (1994) realizó un estudio con información simple y accesible para todo el público, este estudio fue dirigido a estuarios y se integró en un índice compuesto. Este índice integra los índices de calidad de agua, biológico y estético. En calidad de agua el índice es en general por sus tres sub categorías (idoneidad para la vida acuática, idoneidad para el contacto humano y estado trófico). Alternativamente, el índice puede ser representado como gráfico circular de calidad del agua en el que tres segmentos están presentes representando cada una de las tres sub categorías, y una cuarta sección, en blanco, representa el deterioro total de la calidad del agua. El uso del índice es para condensar y resumir grandes cantidades de datos y comparar la calidad de agua en diferentes lugares. En cuanto al índice Biológico la naturaleza de la comunidad biológica en un estuario es en gran parte determinada por una multiplicidad de factores en su entorno físico-químico, es por esto que los autores han utilizado la estructura de ensamblaje de pescado como una medida de la salud de los estuarios. La estructura de la comunidad biótica sirve como una medida integrada de la salud, que responde a las condiciones y cambios generalizados a largo plazo. La salud biológica de los estuarios de Natal, del sur de la Río de Tugela se calculó mediante el índice biológico de salud (BHI): $BHI = IO(J) [\ln (P)/\ln(P_{m.})]$, donde J es el número de especies en el sistema - el número de especies en la comunidad de referencia; P es la riqueza potencial de especies (número de especies) de cada comunidad de referencia y de P_m , x es el máximo riqueza potencial de especies de todas las comunidades de referencia. El Índice oscila entre 0 (pobre) a 10 (bueno).

El índice estético se basa en medidas cuantitativas razonables de lo que una persona percibe en relación con la estética estuarina. Una serie de parámetros contribuyen a la salud estética de un estuario, y es en la selección y asignación de un valor relativo a cada parámetro que la subjetividad está involucrada. Para minimizar esta subjetividad, es necesaria una encuesta a personas que utilizan y/o gestionan estuarios.

El objetivo principal del Índice de Salud es producir una imagen de la salud relativa de los sistemas. El índice de Salud también se puede utilizar para monitorear el estado de un sistema en particular con el tiempo. Al igual que con todos los métodos de índice, se pierde cierta información en el proceso de preparación del índice y el detalle se sacrifica por perspectiva. Sin embargo, para aquellos que no tienen antecedentes biológicos/ecológicos formales, este índice es una herramienta útil que da una medida sencilla y eficaz de la salud biológica general de cualquier sistema o grupo de sistemas a lo largo cualquier tramo de costa en particular. El mensaje principal que lleva este índice es que al condensar información de esta manera y proporcionando acceso al conjunto de datos de respaldo, información científica se hace mucho más fácil de aprovechar y su valor es reconocido por quienes financian y utilizan la investigación medioambiental.

La presente tesis está dirigida a conocer la condición y tendencia de la Bahía de Guaymas por medio de un índice compuesto con el propósito de apoyar la toma de decisiones en la gestión ambiental.

3. JUSTIFICACIÓN

Esta tesis contribuye al conocimiento de la condición y tendencia ambiental de la Bahía de Guaymas.

Históricamente, ésta bahía ha sido receptora de aguas residuales urbanas y por ello el conocimiento de su calidad del agua es importante. La comunidad biológica, cumple un papel importante como indicador de cambios y vulnerabilidad en los cuerpos de agua costeros. El paisaje es de gran importancia para los diferentes sectores: urbano, turístico e industrial. Estos tres factores: calidad del agua, comunidad biológica y paisaje son abordados en este estudio con un enfoque integrador con el propósito de orientar la toma de decisiones en gestión ambiental.

La tesis busca ser útil para estudiantes, investigadores y funcionarios públicos interesados en el manejo de la zona costera.

.

4. HIPÓTESIS

La Bahía de Guaymas mantiene estado trófico y mesotrófico a través del año, la diversidad de peces indica un ambiente saludable y el paisaje exhibe cambios moderados. En conjunto, estos resultados aportan evidencia de que la condición ambiental de la bahía es moderada con tendencia de deterioro, atribuido principalmente a los aportes de aguas residuales urbanas y a la modificación del paisaje por el desarrollo urbano e infraestructura costera.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

Conocer la condición y tendencia ambiental de la Bahía de Guaymas, Sonora, México.

5.2. Objetivos específicos

1. Determinar el estado trófico de la bahía.
2. Estimar la diversidad de la comunidad de peces de la bahía.
3. Evaluar el estado del paisaje de la bahía.
4. Evaluar la condición ambiental de la bahía mediante un índice compuesto integrando los aspectos de calidad del agua, biológico y estético.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Área de estudio

La bahía de Guaymas es una laguna costera. Se localiza entre las coordenadas 27°51'-58'N y 110°49'-51'W. Tiene una superficie de 33.6 km², una profundidad promedio de 3 m y se comunica al mar por medio de una boca de 1.2 km de ancho y 8 m de profundidad.

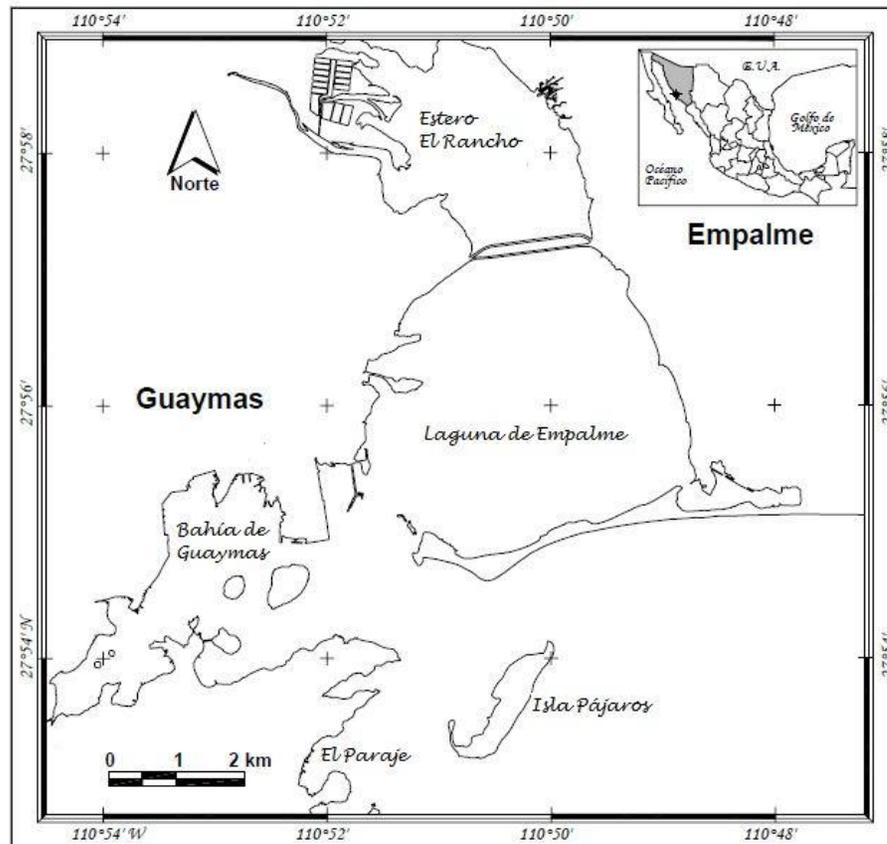


Figura 1. Localización del área de estudio.

Por sus características geomorfológicas e intercambio de agua con el océano es una laguna costera de tipo restringida, porque tiene comunicación permanente con el mar; presenta tres canales de entrada, tiene circulación por mareas bien

definida y es un sistema bien mezclado verticalmente (Arreola-Lizárraga *et al.*, 2004).

Guaymas se encuentra en la región y provincia fisiográfica Zona Desértica de Sonora y Llanura Sonorense respectivamente, presenta una geología ígnea extrusiva del Mesozoico y del Cenozoico y en la zona costera aluvión lacustre litoral y eólico. La edafología corresponde a suelos profundos de texturas finas a medias, con contenidos de materia orgánica de bajo a muy bajo (Ruiz- Ruiz *et al.* 2012).

El clima predominante corresponde a semidesértico, seco muy cálido, del tipo BW (h') wc con lluvias deficientes todo el año. La temperatura media anual es de 25.1°C. La precipitación media anual es de 200-300 mm y la evaporación es de 2,600 mm, las lluvias se presentan de julio a octubre, el mes más lluvioso es agosto (66 mm) y el más seco es mayo (1 mm), las lluvias más importantes provienen del fenómeno “monzón mexicano” que tiene influencia sobre el noroeste de México y Suroeste de Estados Unidos (Ruiz-Ruiz *et al.*, 2012).

La vegetación de la zona corresponde a matorral sarcocaula, caracterizado por arbustos de tallos carnosos, corteza papirácea y hoja caduca, como copal, palo colorado, torote, palo blanco, mezquite y diversas cactáceas que forman pequeñas selvas densas (INEGI, 2010).

El patrón de vientos en la región es proveniente del sureste en verano y noroeste en invierno. Los vientos dominantes se presentan en invierno con magnitudes entre 8 y 12 ms⁻¹ y los reinantes se presentan en verano con magnitudes de hasta 5 ms⁻¹ (Reyes y Lavín, 1997; Roden, 1964).

La zona de estudio se localiza en la región hidrológica 9 (Sonora Sur), la cual se caracteriza por tener un relieve con fuertes contrastes altimétricos, donde la mayoría de sus ríos nacen en la Sierra Madre Occidental (CONAGUA, 2012). La laguna Guaymas pertenecen a la cuenca del Río Mátape y no reciben aportes de

ríos o arroyos permanentes, solamente de arroyos temporales que se forman cuando hay precipitación. Las características hidrográficas de estas lagunas se resumen en la tabla I

Tabla I. Características de la Bahía de Guaymas

Características	Guaymas
Municipio	Guaymas Heroica
Asentamientos humanos adyacentes (número de habitantes ¹)	Guaymas -113,082
Fuente de nutrientes antropogénicos	Urbana
Cuenca hidrológica ²	Río Mátape
Clasificación geomorfológica de Lankford (1977)	IE
Clasificación Kjerfve (1986)	Restringida
Superficie	7.60 km ²
Volumen	20.06 Mm ³
Profundidad promedio	4.62 m
Amplitud de marea	0.7 m
Tipo de marea	mixta-semidiurna, bien mezclada verticalmente
Boca ancho	1.2 km
Prisma de marea	9.38 Mm ³
Tasa de renovación del agua	<13 días

Notas: ¹INEGI, censo 2010;² CONAGUA, 2012.

Notas: Mm³= millones de metros cúbicos. Fuentes de la información: Arreola-Lizárraga (1995); Arreola-Lizárraga *et al.* (2004); Burrola-Sánchez (2003); Güereca-Hernández (1994); Olivas-Silva *et al.* (1996); Sánchez-Carrillo *et al.* (2009); Valenzuela-Siu *et al.* (2007)

6.2. Trabajo de campo

6.2.1. Estado trófico

Se realizaron 4 campañas de muestreo en las diferentes estaciones del año de manera bimensual en los meses de septiembre (verano) y diciembre (otoño) de 2018 y febrero (invierno) y abril (primavera) de 2019.

Se tomaron muestras de agua en seis estaciones de muestreo (Figura 2). En los sitios de muestreo se registrarán *in situ* temperatura, salinidad, y oxígeno disuelto del agua con una sonda multiparamétrica RBR, y se tomaron muestras de agua para determinar las concentraciones nutrientes (nitrato, nitrito, amonio y ortofosfato) y clorofila “a”.

Las muestras de agua se colectaron en botellas de polietileno y mantenerla en hieleras a 4°C durante el transporte al laboratorio.

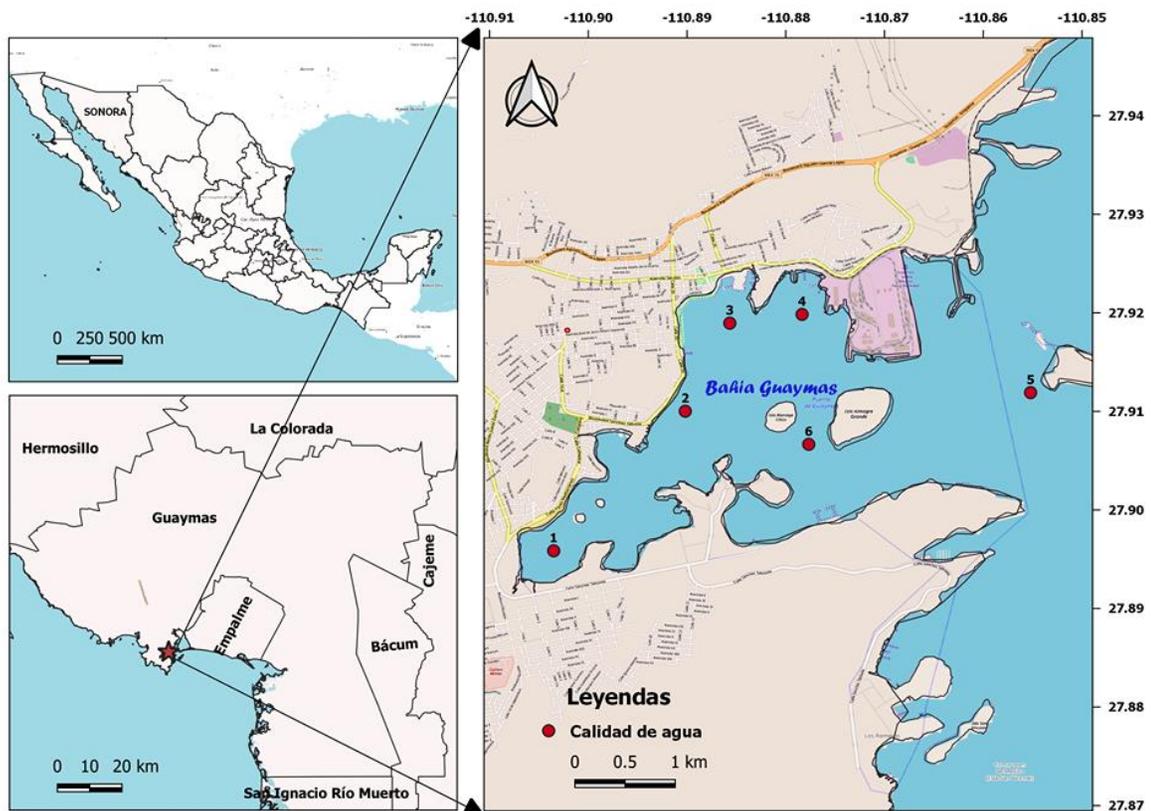


Figura 2. Localización de los sitios de muestreo de calidad de agua.

6.2.2. Registro de observaciones estéticas

Se diseñó una ficha de recolección de información de campo referente a aspectos estéticos. Dicha ficha se puede ver en la tabla II.

Tabla II. Ficha de registro de observaciones para cada sitio

SITIO	COMPONENTE	OBSERVACIONES
1	Paisaje (urbano, turístico, industrial e infraestructura)	
	Descargas de aguas residuales	
	Desechos sólidos en costa y cuerpo de agua	
	Manchas de aceite	

Se registraron observaciones de residuos sólidos en el cuerpo de agua y en línea de costa, también se detectaron los sitios de descargas de aguas residuales urbanas y los sitios potenciales con presencia de manchas de aceite en la Bahía. Adicionalmente, se registró la información relativa al paisaje: infraestructura costera, desarrollo urbano, desarrollo industrial y desarrollo turístico y se tomaron fotografías de las áreas más relevantes para el paisaje. La información se incorporó en un mapa para su análisis.

6.3. Trabajo de laboratorio

6.3.1 Calidad de agua

Para la determinación de nitritos, nitratos, amonio, ortofosfatos y clorofila a, se filtraron las muestras de agua y se siguieron las técnicas compiladas por Contreras-Espinosa (1984) y Strickland y Parsons (1972). Las técnicas específicas para cada nutriente y clorofila a se enlistan en la tabla III.

Tabla III. Técnicas empleadas para la determinación de nutrientes en el agua de mar.

Parámetro	Técnica
N-NO ₂	Diazotización/ Espectrofotometría
N-NO ₃	Reducción por Cadmio y diazotización / Espectrofotometría
N-NH ₄	Oxido-reducción (azul de indofenol) / Espectrofotometría
PO ₄	Reacción de molibdato / Espectrofotometría
Clorofila a	Extracción con acetona al 90% / Espectrofotometría

Notas: La concentración de nutrientes inorgánicos disueltos y clorofila a se expresan en μM y μgL^{-1} , respectivamente.

6.4. Trabajo de gabinete

6.4.1. Índice de estado trófico

El índice TRIX (Vollenweider *et al.*, 1998) integra factores directamente relacionados con la productividad y respuesta biológica (clorofila a, biomasa de fitoplancton), variables de presión (Nitrógeno y Fósforo inorgánicos disueltos) y variables respuesta a la eutrofización (oxígeno disuelto), de acuerdo con la ecuación:

$$TRIX = \frac{\log(Chla \times O.D. \times NT \times PT) + 1.5}{1.2} \quad (1)$$

Dónde: TRIX es el índice del estado trófico, Chl a es la concentración de Clorofila a en mgm^{-3} , (para lo cual fue necesario realizar la conversión de μgL^{-1} a mgm^{-3}) O.D. es el valor absoluto de la desviación del porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, es decir: $|100 - \% \text{ OD}|$, NT es la concentración del Nitrógeno Total (en este caso Nitrógeno Inorgánico Disuelto) en μM , y PT es la concentración del Fósforo Total (en este caso Fósforo Inorgánico Disuelto) en μM .

Las constantes 1.5 y 1.2 se refieren a los coeficientes de escala de las variables que componen el índice, y a los 10 niveles de jerarquía en que está diseñado. Es decir, el TRIX, tiene valores entre 1 y 10 (Tabla IV).

Tabla IV. Valores de referencia del índice TRIX para los diferentes niveles del estado trófico (Vollenweider et al., 1998).

Valor del índice TRIX	Nivel de estado trófico
0–2.5	Oligotrófico
2.6–5	Mesotrófico
5.1–7.5	Eutrófico
7.6–10	Hipertrófico

Se considero que los valores del TRIX de acuerdo a nuestro estudio se hizo una relación para convertirlos a la escala de Cooper, esto tomando en cuenta el nivel del estado trófico. Se muestra en la tabla V.

Tabla V. Nivel trófico a escala Cooper.

Nivel de estado trófico	Escala Cooper, 1994
Oligotrófico	10 - 8
Mesotrófico	7 - 5
Eutrófico - Hipertrófico	4 - 0

En la escala de Cooper el índice varía de 0 (pobre) a 10 (bueno)

6.4.2. Índice Biológico

La base de datos proviene de muestreos realizados mensualmente durante septiembre 2017 - mayo 2018. Los muestreos se realizaron con chinchorro con luz de malla 2”.

El esfuerzo de pesca de 30 minutos por lance, los peces se colocaron en bolsas de polietileno, etiquetadas y guardadas en hielo para su transporte al laboratorio de ecología del TecNM-Guaymas para su posterior análisis.

La determinación taxonómica fue efectuada mediante las claves de Jordan y Evermann (1896-1900), Meek y Hildebrand (1923-1928), Miller y Lea (1976), Eschmeyer *et al.* (1983), Fischer *et al.* (1995), Robertson y Allen (2002).

La diversidad biológica se determina a través del índice Shannon-Weaver (Brower y Zar, 1997) que se describe a continuación:

- Índice Shannon-Weaver

En un contexto ecológico, como el índice de diversidad mide el contenido de información por el individuo en muestras obtenidas al azar proveniente de una comunidad “extensa” de la que se conoce el número total de especies S . También puede considerarse a la diversidad como una medida de la incertidumbre para predecir a que especie pertenecerá un individuo elegido al azar de una muestra de S especies y N individuos. Por lo tanto, H' = 0 cuando la muestra contenga solo especie, y, H' será máxima cuando las especies S estén representadas por el mismo número de individuos n_i , es decir, que la comunidad tenga una distribución de abundancias perfectamente equitativa. Este índice subestima la diversidad específica si la muestra es pequeña.

$$H = - \sum p_i * \ln p_i$$

$$I = 1$$

$$S = \text{No. spp}; p_i = N_i / N; H_{\min} = 0; H_{\max} = \ln S$$

Los valores del índice varían en una escala que se muestra en la Tabla VI.

Tabla VI. Valores del índice de Shannon-Weaver

Valores	Nivel
3	Alto
2 y 3	Normal
2	Bajo

Se consideró los valores del índice para convertirlos a la escala Cooper y ser utilizados para nuestro índice compuesto.

$$H * 100 / H'_{\max}$$

Donde:

-H = Diversidad de Shannon

H'_{\max} = Diversidad Máxima Estimada

Por una relación matemática se toma la diversidad máxima y se multiplica por el cien por ciento que nosotros lo tomamos como nuestra diversidad máxima estimada y nos da como resultado un porcentaje de diversidad encontrado de lo que se tiene actualmente en la Bahía de Guaymas.

En la escala de Cooper el índice varía de 0 (pobre) a 10 (bueno) y se muestra en la tabla VII.

Tabla VII. Relación de índice de Shannon-Weaver a escala de Cooper.

%	Escala (Cooper,1994)
100 - 80	10 - 8
70 - 50	7 - 5
40 - 0	4 - 0

6.4.3. Índice estético

En este apartado se hace una ubicación espacial donde se detecta, describe y estima el porcentaje de naturalidad, donde el valor de la escala es de Mejor (10) a Peor (0).

La valoración estética comenzó con una puntuación perfecta de 10 (100%) a partir del cual se dedujeron los puntos según el tipo y grado de deterioro

Tabla VIII.- Proceso de decisión para valorizar los parámetros estéticos.

COMPONENTE	DESCRIPCION	PUNTAJE	PONDERACION %
PAISAJE	Desarrollo Urbano		25
	Infraestructura		

	costera		
	Desarrollo Turístico		
	Desarrollo Industrial		
Descarga de agua residual	Ausente		30
	presente		
Desechos Sólidos	ausente		30
	presente		
Manchas de aceite	ausente		15
	presente		
Valor del índice			100

Donde: valor del índice (100%) es el total de cada uno de los componentes a valorizar, para paisaje se tiene el 25% como el máximo y a partir de ese valor baja dependiendo el grado de deterioro y así para cada componente, para tener como resultado la sumatoria de esta ponderación. En la escala de Cooper el índice varía de 0 (pobre) a 10 (bueno).

Una serie de parámetros contribuyen a la salud estética, y consiste en la selección y la asignación de un valor relativo a cada uno de ellos. En el presente estudio, la identificación de parámetros y la asignación de importancia relativa a cada uno, se realizó con base en una consulta de expertos.

6.4.4. Índice compuesto

En este estudio se utilizó el índice compuesto propuesto por Cooper (1994) que consiste en un enfoque de investigación de procesos físicos, químicos y biológicos

de los cuerpos de agua costeros con un componente estético adicional en una medida integrada de salud del ecosistema.

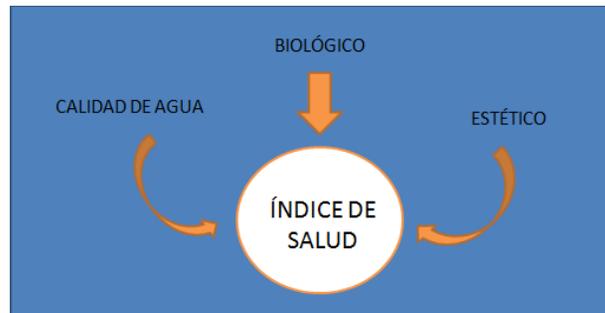


Figura 3. Bases conceptuales del índice de salud integrado por los componentes de calidad de agua, biológica y estética.

El índice de salud fue desarrollado con enfoque de investigación de procesos físico, químico y aspectos biológicos de los estuarios con un componente estético adicional, en una medida integrada de la salud estuario. Los resultados pueden ser interpretados como una serie de simples íconos en el mapa, o como una grafica de barras para transmitir la información más visual (Cooper, 1994).

Se utilizan los tres índices: calidad de agua, biológico y estético.

En esta etapa, el índice compuesto es la suma de los tres índices. Se extiende así de 0 (pobre) a 30 (bueno).

Adicionalmente en una ficha la información de calidad de agua, biológica y estética con la misma escala 0 (pobre) a 10 (bueno). El resultado de la integración se presenta gráficamente en una ficha, como se muestra a continuación:

El resultado de la integración se presenta gráficamente en una ficha, la cual se muestra a continuación.

FICHA

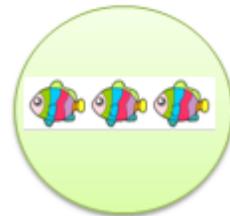
Para calidad de agua los valores dados por el índice trófico se representan a la escala 0 a 10 y estos son los valores que representan el gráfico. El icono puede contener uno, dos o tres gotas de agua que representan la calidad de agua en escala de pobre, moderado o bueno.



El estado estético se interpreta consultando la tabla con las ponderaciones resultantes y se interpreta con el icono de la derecha. El icono puede contener uno, dos o tres arboles, indicando respectivamente un estado estético pobre, moderado o bueno.



La salud biológica está representada por los gráficos resultantes respectivamente y se interpreta con el icono de la derecha. Este icono puede contener uno, dos o tres peces indicando respectivamente el estado de salud de la comunidad Biológica.

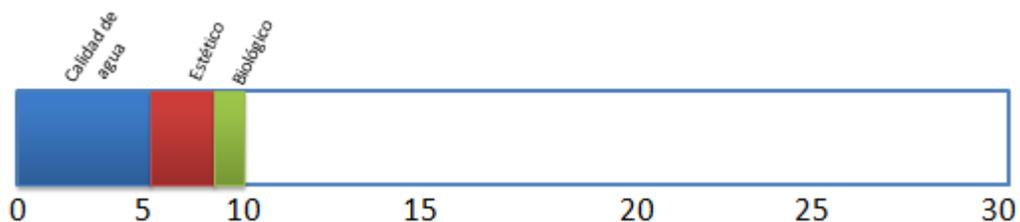


- Índice compuesto de salud

El índice compuesto está representado por un gráfico de barras formado por la contribución relativa de cada componente diferenciado por colores.

Calidad de agua, Estética y Biológico.

Ejemplo:



6.4.5. Análisis estadístico

La calidad del agua se comparo entre sitios de muestreo y entre estaciones del año mediante un análisis de varianza no paramétrico (ANOVA) con una significancia de $p < 0.05$ mediante el software InfoStat versión 2013 (Di Rienzo et al. 2013). Los resultados se expusieron con gráficos de cajas y bigotes. En la gráfica de cajas y bigotes fueron indicados la mediana de los datos (●), los márgenes inferior y superior de la caja representaron los percentiles 25 y 75, los límites de los bigotes corresponden a los percentiles 5 y 95, y también se mostraron los valores extremos (○).

7. RESULTADOS

7.1. CALIDAD DE AGUA

7.1.1. Índice de estado trófico

El índice de estado trófico indicó que la Bahía de Guaymas tiene un estado Mesotrófico con tendencia a Eutrófico, esto es debido a la aportación de aguas residuales (Figura 3), el mes que mostro signos de eutrofización fue el mes de Febrero con valor cercano a 6, mientras que los meses de Septiembre, Diciembre y Abril mostraron valores cercanos a 4.5.



Figura 3. Zonas descarga de aguas residuales. Fuente: FONATUR, 2003

Con base en los valores de Cl “a” y oxígeno disuelto se puede estimar que la Bahía de Guaymas tiene una mala calidad de agua, y esto es debido a que muestra signos de eutrofización principalmente en las zonas de descarga de aguas residuales.

7.2. ÍNDICE BIOLÓGICO

7.2.1. Diversidad y abundancia de la comunidad de peces

Se colectaron 44 especies de peces en el periodo de estudio, se encontró una alta diversidad de Shannon-Weaver en el mes de Noviembre (cercana a 3.5, log del número total de especies como máximo valor de H'). (Grafica 1).

La diversidad promedio fue 2.07, siendo los meses de Noviembre y Marzo los más altos con valores de 2.58 y 2.56, respectivamente (Tabla IX).

La especie más abundante fue *Anchovia microlepidota* , presentándose en los meses de Febrero, Septiembre y Diciembre, y debido a esto se observó una menor distribución de uniformidad.

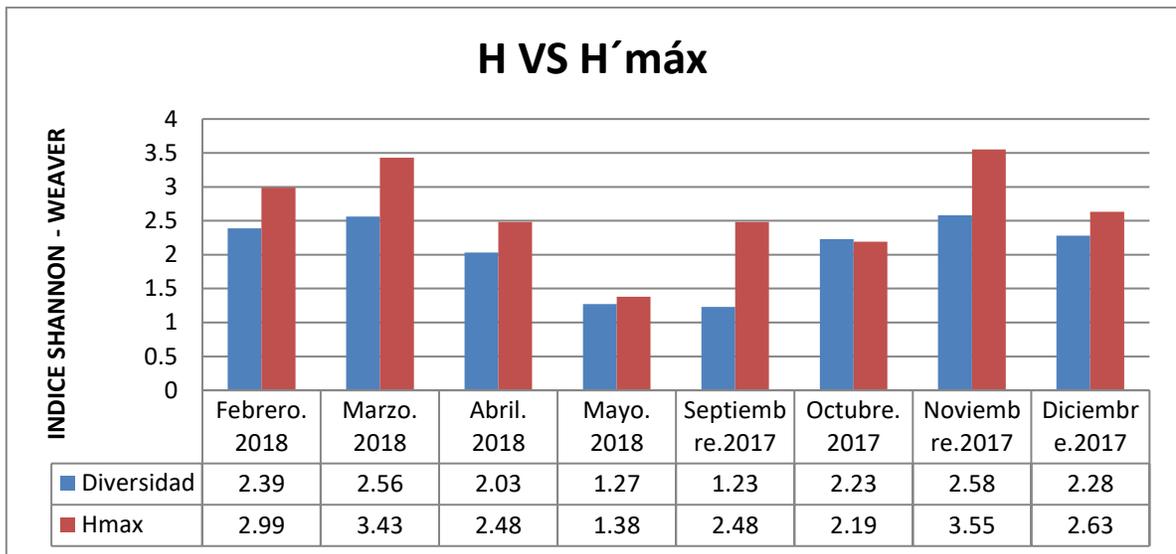
En la escala de Cooper, 1994 la riqueza biológica es BUENA, debido a que existe una uniformidad de la abundancia.

Tabla IX. Valores obtenidos en el periodo de estudio.

MES	H' máx	%	H
FEBRERO	2.99	77.1	2.31
MARZO	3.4	73.79	2.51
ABRIL	2.39	79.65	1.91
SEPTIEMBRE	2.48	57.94	1.44
OCTUBRE	1.94	78.62	1.53
NOVIEMBRE	3.36	57.9	1.95
DICIEMBRE	2.39	79.23	1.9

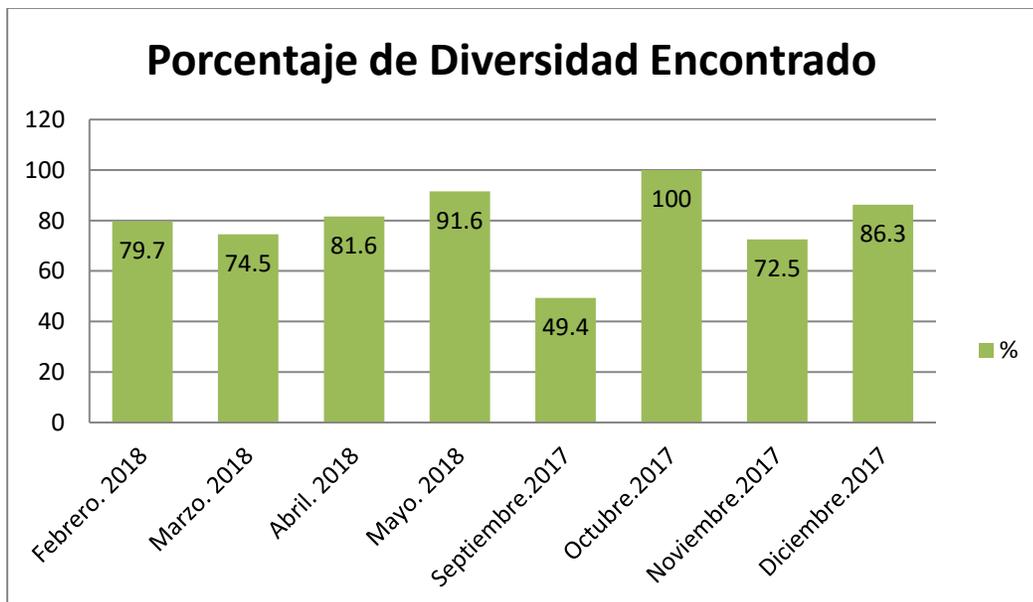
H Max= Diversidad Máxima encontrada, H = Diversidad de Shannon

Los valores obtenidos de índice de Shannon-Weaver indicaron que la diversidad esperada comparada con la obtenida es BUENA, ya que las diferencias no son significativas. (Grafica 1)



Grafica 1.-Diversidad de Shannon (H) vs Diversidad máxima Encontrada (H' máx), en los meses de muestreo del periodo 2017 – 2018 en la Bahía de Guaymas.

El porcentaje de diversidad encontrado nos indicó que el mes de Octubre es el más diverso, esto es debido a que el número de especies recolectado fue menor y esto nos da como resultado una equidad que muestra una mayor distribución de la abundancia.(Grafica 2)



Grafica 2.- Porcentaje de Diversidad Encontrado (H' máx), en los meses de muestreo del periodo 2017 – 2018 en la Bahía de Guaymas.

7.3. ÍNDICE ESTÉTICO

7.3.1. Paisaje

El paisaje está compuesto por las áreas urbanas, turísticas, industrial y la infraestructura.

El área Urbana esta principalmente afectada por residuos sólidos encontrados en la costa, estos residuos van desde plásticos hasta escombros arrojados en la orilla del cuerpo de agua.

Las zonas turísticas no se encontraron afectaciones relevantes, sin embargo en el área industrial posiblemente puede estar afectando por vertimientos de residuos en este caso aceites, a lo largo de este estudio no se observaron vertimientos evidentes.

El índice estético nos indicó que el estado paisajístico de la Bahía esta moderadamente afectado por aportaciones antropogénicas.

Las descargas de aguas residuales que con anterioridad se muestran como vertimientos son evidentes que son activas en uso de agua residual aunado a esto existe posibles vertimientos de lubricantes y aceites en las zonas industriales, en este caso en el periodo de estudio no se observó.

La ponderación del estado paisajístico para la Bahía de Guaymas fue MODERADO (Tabla X).

Tabla X. Ponderación del estado paisajístico

COMPONENTE	PUNTAJE	PUNTAJE DE EXPERTOS	PONDERACIÓN %
Paisaje	20	19	25
Descarga de aguas residual	20	17	30
Desechos Sólidos	15	18	30
Manchas de aceite	10	12	15
TOTAL	65	66	100
El índice es de 65.5 , por lo tanto en la escala es 7 (MODERADO)			Valor del Índice

Ponderación: autor (Cooper, et al., 1994). Puntaje por expertos: comité de tesis

Se observaron residuos sólidos en el periodo de abril en el cuerpo de agua y en las demás estaciones de año se observaron a lo largo de la costa.

A la vista el estado paisajístico se ve saludable en el área turística e industrial, moderadamente en el área Urbana.

El paisaje es un componente importante en la sostenibilidad para la salud de los ecosistemas, ya que en conjunto ayuda a una mejor inversión en infraestructura.

NOTAS PARA MI

DISCUSIONES

Estado paisajístico:

Urquijo et al., (2011). analizaron las principales investigaciones paisajísticas mexicanas desde el año 1970 a 2010, divide en tres partes: los enfoques biofísicos, socioculturales y estudios paisajísticos. Pondera la integridad y menciona que es preciso fortalecer la preocupación por dotar a los estudios de caso nacional de marcos generales que puedan ser de interés para una audiencia más amplia que la del país donde se generan.

Pranzini et al. (2019) consideran que el paisaje es un activo invaluable desde cualquier punto de vista ambiental y propusieron la metodología del Sistema de Evaluación Escénica Costera (SEEC) para evaluar los efectos adversos de los cambios en un entorno costero. La SEEC se puede utilizar no solo para la conservación y protección del paisaje, sino también como herramienta científica para el manejo costero previsto y el desarrollo futuro basado en planes mediante un enfoque basado en la evidencia.

El desempeño del paisaje se puede definir como una medida de la eficacia con la que las soluciones del paisaje cumplen su propósito previsto y contribuyen a la sostenibilidad. Sin importar como se defina la sostenibilidad, cero emisiones de carbono, agua neta cero, biodiversidad, calidad de vida. Esta no se puede lograr sin considerar el paisaje

Comunidad Biológica:

Cooper 1994, La naturaleza de la comunidad biológica en un estuario es en gran parte determinada por una multiplicidad de factores en su entorno físico-químico. No es por esto que los autores han utilizado la estructura de ensamblaje de pescado como una medida de la salud de los estuarios. La estructura de la comunidad biótica sirve como una medida integrada de la salud, que responde a las condiciones y cambios generalizados a largo plazo. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la calidad del agua puede cambiar significativamente en períodos cortos de tiempo. Estos episodios episódicos pueden no reflejarse en la estructura de la comunidad de peces, ya que los peces son en gran medida

móviles y pueden acomodar temporalmente o evitar periodos de deterioro de la calidad del agua. Además, el cambio biótico retrasará los cambios físico-químicos y, por lo tanto, las características de calidad del agua pueden predecir tendencias a largo plazo. Por ejemplo, la presencia de concentraciones crecientes de nutrientes puede sugerir una eutrofización futura con todos sus problemas de asistente. Además, hay una cierta calidad del agua por la estructura de la comunidad de peces. La idoneidad de los estuarios para la recreación de contacto es sólo un ejemplo de este tipo.

Calidad de agua:

Elizalde- Servin, estado trofico, la bahía mantuvo un estado oligotrófico indicando por valores < 3 tanto en 1996 como 2008 aunque en 1996 se registraron algunos valores extremos entre 4 y 6

Salinidad promedio fueron mas altos <- 36 en 2008 – 35.5

2008 valores minimos de salinidad de 35 y valores máximos de 40

Consistente con la ausencia de vertimientos de aguas residuales urbanas como fuente de agua dulce

Los valores de salinidad observados en la laguna Guaymas durante 2008 coinciden con los valores pobservados en el periodo de 5 años en la laguna guasimas (Valenzuela- Díaz, 2008)

Mientras que en invierno, ademas de las aguas residuales como fuente de nutrientes ocurren procesos de surgencias en esta región del Golfo de California (Maluf, 1983; LLuch-Cota, 2000)

Temperatura

Con respecto a la temperatura marcada diferenciación estacional se ve en otras lagunas debido a la región subtropical con influencia de clima semidesértico.

Padilla- 2016. La abundancia y la biomasa son medidas que nos permiten identificar a la especies que contribuyen en mejor medida con el numero y pe dentro del ecosistema, han mencionado que la abundancia es un descriptor que se relaciona estrechamente con las características del hábitat y la capacidad de los organismos para poder tolerar condiciones extremas en el ambiente éstas constituyen una de las propiedades fundamentales que limitan la distribución y abundancia de las poblaciones de peces dentro del ecosistema.

Comunidad biológica

*La mayor Diversidad encontrada fue para el mes de Marzo con 481 ejemplares siendo *Sardinops sagax* la más abundante.*

8. LITERATURA CITADA

- Aguilar Ibarra Alonso, 2005. Los peces como indicadores de la calidad ecológica del agua. Revista Universitaria. Volumen 6 Numero 8. ISSN:1067-6079. aaibarra@correo.unam.mx.
- Arreola-Lizárraga, J.A., G. Padilla-Arredondo, T.M. Ruiz-Ruiz, L.M. Cruz-García, L.C. Méndez-Rodríguez, P. Hernández-Almaraz y H.H. Vargas-González. 2018. Estuaries and Coastal Lagoons of Mexico: Challenges for Science, Management, and Conservation. pp. 251-284. En: Ortega-Rubio A. (ed.) Mexican Natural Resources Management and Biodiversity Conservation. Springer, Cham, Switzerland. ISBN 978-3-319-90583-9.
- Arreola-Lizárraga J.A., G. Padilla-Arredondo, y Alfredo Ortega-Rubio, 2004. Experiencias de manejo en la zona costera del Pacífico: la bahía de Guaymas, un caso específico. pp. 375-386. En: Rivera Arriaga, E., G. J. Villalobos, I. Azuz Adeath, y F. Rosado May (eds.), 2004. El Manejo Costero en México. Universidad Autónoma de Campeche, SEMARNAT, CETYS-Universidad, Universidad de Quintana Roo. 654 p.
- Arreola-Lizárraga J.A., G. Padilla-Arredondo, Medina-Galván Julio, Mendoza-Salgado, Cordoba-Matson Miguel V, 2016. Analysis of hydrobiological responses to anthropogenic and natural influences in a lagoon system in the Gulf of California. Oceanological and Hydrobiological Studies. International Journal of oceanography and hydrobiology. Volume 45, Issue 1, P 112-120.
- Brower JE y Zar HJ, 1977. Field and laboratory methods for general ecology. W.C. Brown Co. Pub. Dubuque, Iowa, 194 pp.
- Canter w. Larry, 1998. Manual de evaluación de impacto ambiental. Técnicas para la elaboración de estudios de impacto. 841 pp.
- Castro-Longoria R., Grijalva-Chon J.M., Sánchez-Osuna J.F. 2002. La comunidad ictiológica de la laguna costera El Sargento, Sonora, México. Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad de Sonora. 3-16 pp.
- Contreras E., Francisco y Castañeda L., Ofelia. 2004. La biodiversidad de las lagunas costeras. *Ciencias* 76, octubre-diciembre, 46-56 pp.

- Contreras-Espinosa, F. y O. Castañeda L. (Compiladores). 1993. Ecosistemas costeros mexicanos. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F.
- Copper J. Andrew G, Ramm Alan E. L., Harrison Trevor D. 1994. The Estuarine Health Index: A New Approach to Scientific Information Transfer. School of Environmental Studies, University of Ulster, Cromore Road, Coleraine BT52 1SA, Northern Ireland, UK. *Ocean & Coastal Management* 25 (1994) 103-141.
- Díaz-Ruiz S., A. Aguirre-Leon & E. Cano-Quiroga. 2006. Evaluación ecológica de las comunidades de peces en dos sistemas lagunares estuarinos del sur de Chiapas, México. *Hidrobiologica* 16 (2): 197-210.
- Di Rienzo, J.A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada, C.W. Robledo. InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Elizalde-Servin, C.I. 2009. Evaluación de la Calidad del agua de la Bahía de Guaymas, Sonora: con y sin aportes de aguas residuales. Tesis de Maestría, Instituto tecnológico de Guaymas. 43 pp.
- Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K. E. y Niem, V. H. 1995b. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Volumen II. Vertebrados-Parte 1. Roma. FAO. Vol. II: 647-1200 p.
- Lagunas-Vázquez Magdalena, Ortega- Rubio Alfredo . Manejo costero en México. 2015. Costas y mares mexicanos, uso, manejo y gestión marino-costera.
- Lara-Lara J.R, et. al.. 2008. Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales. En: CONABIO. Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de La biodiversidad. México. 109-134 pp.
- Loya-Salinas DH y Escofet A (1990). Aportaciones al cálculo del Índice de Valor Biológico (Sanders, 1960). *Ciencias Marinas*, 16(2): 97-115.
- Manual de introducción a la Gestión Ambiental Municipal. (2004). Proyecto piloto de descentralización de la gestión ambiental en cuatro municipios de el salvador.

- Margaleff DR (1969) Perspective in ecological theory, Chicago Univ. Press. 111 pp.
- Morales-Ojeda, S.Ma. 2007. Diagnostico de la Zona Marino costera del Estado de Yucatán basado en la caracterización Hidrológica y del fitoplancton. Centro de investigación de estudios avanzados del politécnico nacional. Unidad Mérida. Departamento de recursos del mar. Tesis de maestría. 153p
- Moreno, C., A. Weaver, L. Bourillón, J. Torre, J. Égido y M. Rojo. 2005. Diagnóstico Ambiental y Socioeconómico de la Región Marina-Costera de Bahía de Kino, Isla Tiburón, Sonora México: Documento de trabajo y discusión para promover un desarrollo sustentable. Comunidad y Biodiversidad, Asociación Civil. Bahía Bacoichampo s/n, Fracc. Lomas de Cortés, Guaymas, Sonora, 85450, México 88 pp.
- Moreno C. Patricia, Peresbarbosa R. Elisa y A.C. Travieso Bello (Eds) 2006. Estrategia para el manejo costero integral: enfoque municipal. Instituto Nacional de Ecología, A.C. y Comisión Nacional de Áreas Protegidas. Xalapa,Ver. Mexico. 1266pp.
- Padilla-Serrato Jesús, López Martínez Jesús, Rodríguez Romero Jesús, Lluch Cota D. Galván Magaña Felipe, Acevedo Cervantes Alejandro. 2016. Composición y aspectos biogeográficos del ensamble de peces de la laguna costera Las Guásimas, Sonora, México.85-98 pp.
- Parson, T. R. y Maitia y C. M. Lalli. 1984. A manual of Chemical and Biological Methods for Sea Water Analysis. Pergamonn Press, Oxford. 135 p.
- Perigó, E. y otros (2009): Diagnóstico ambiental, impactos y respuestas de la laguna costera El Doctor. Playa Baracoa, Habana, Cuba. Serie Oceanológica, (6): 79 - 93. <http://oceanologia.redciencia.cu>
- Quintero-Rendón, Luz A.; Agudelo, Edison A.; Quintana Hernández, Yamith A.; Cardona Gallo, Santiago A.; Osorio Arias, Andrés F. Determinación de indicadores para la calidad de agua, sedimentos y suelos, marinos y costeros en puertos colombianos. Gestión y Ambiente, vol.13, núm. 3 Diciembre 2010, pp. 51-64. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.
- Reynaga-Franco, F., J.A. Arreola-Lizárraga, G. Padilla-Arredondo, J. Chávez-Villalba y T.M. Ruiz-Ruiz. 2018. Estado trófico de tres lagunas costeras subtropicales del Golfo de California. pp 352-357. En: F. Paz, A. Velázquez y M. Rojo (eds.). Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2018. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con el

Instituto Tecnológico de Sonora. ISBN 978-607-96490-6-7. Texcoco, Estado de México, México. 678 p.

- Rodríguez-Romero J, Abitia-Cárdenas LA, Galván-Magaña F y Chávez-Ramos H (1994) Composición, abundancia y riqueza específica de la ictiofauna de Bahía Concepción, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*. 20 (3): 321-350.
- Ruiz-Ruiz T. 2012. Evaluación del proceso de eutrofización de la Bahía de Guaymas, Sonora, México. Tesis de Licenciatura, Instituto Tecnológico de Sonora, 62 pp.
- Ruiz-Ruiz, T.M., J.A. Arreola-Lizárraga, L. Morquecho, R.A. Mendoza-Salgado, A. Martínez-López, L.C. Méndez-Rodríguez y J. Enríquez-Flores. 2016. Assessment of eutrophication in a subtropical lagoon in the Gulf of California. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 19 (4): 382-392.
- Sokal, R.R. y F.J. Rohlf. 1969. *Biometría*. Ed. Blume. Barcelona, España, 587 p.
- Strickland, J. D .H. y T. R. Parson. 1972. *A practical handbook of seawater analysis*. Second Edition. Fish. Res. Board Canada Bulletin, Ottawa, Canada.
- Urquijo S. Pedro, Bocco Gerardo. 2011. Los Estudios de Paisaje y su Importancia en México, 1970-2010. *Journal of Latin American geography*, 10 (2).
- Vargas-González, H. H., J.A. Arreola-Lizárraga, R.A. Mendoza-Salgado, L.C. Méndez-Rodríguez, C. Lechuga-Deveze, G. Padilla-Arredondo y M. V. Cordoba-Matson. 2014. Effects of Sewage Discharge on Trophic State and Water Quality in a Coastal Ecosystem of the Gulf of California. *The Scientific World Journal*, <http://dx.doi:10.1155/2014/618054>.

