

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y
ARTES DE CHIAPAS**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y
ALIMENTOS**

TESIS PROFESIONAL

**ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO
DEL SISTEMA LAGUNAR CHANTUTO-
PANZACOLA Y SAN NICOLAS, CHIAPAS, MEXICO.**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
**INGENIERO EN PRODUCCIÓN DE
ALIMENTOS PESQUEROS.**

PRESENTA

BERNANDINA GÓMEZ MÉNDEZ

ASESOR

**HIDROBIÓLOGO RAMÓN ALBERTO FLORES
MORENO**

Acapetahua, Chiapas

Abril 2015



AGRADECIMIENTO

Al Hidrobiólogo Ramón Alberto Flores Moreno por su apoyo en el desarrollo de este trabajo, su paciencia y amistad.

M. en C. Mario Alberto Morales Ovando por el apoyo invaluable. Por sus aportaciones durante las revisiones de mi proyecto de trabajo.

M. en C. Francisco Javier Espinosa Niño por el apoyo incondicional y paciencia durante la revisión de mi proyecto de trabajo.

DEDICATORIA


A Dios por permitirme haber culminado mis estudios y darme fortaleza para continuar cuando he estado a punto de caer, por estar con migo en cada paso que doy, fortalecer mi corazón e iluminar mi mente. Gracias por no soltarme de la mano Dios mío.

A mis padres Faustino y Reyna:

Gracias por ese inmenso amor que me dan, por su apoyo incondicional, porque siempre están ahí para darme ánimo y por su apoyo moral como económico durante todos mis estudios. Gracias por los valores que me han inculcado y por enseñarme a no rendirme nunca ya que sin su apoyo nunca hubiera logrado ser la persona que soy ahora y mis trabajo va dedicado a ustedes con todo mi amor.

A mis hermanos, por su apoyo incondicional en todo mi estudio y trabajo que siempre ha estado con migo de la cual fue un gran apoyo y soporte en mi vida.

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES
DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR

	AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN
	Código: FO-UNICACH-07-004
	Folio No. _____
	Revisión 1

Lugar: ACAPETAHUA, CHIAPAS

Fecha: 06 DE MAYO DEL 2015

C. BERNANDINA GÓMEZ MÉNDEZ

Pasante de la carrera: LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN DE
ALIMENTOS PESQUEROS

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado: ANÁLISIS
FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL SISTEMA LAGUNAR CHANTUTO - PANZACOLA Y SAN NICOLÁS, CHIAPAS, MÉXICO

en la modalidad de TESIS PROFESIONAL
nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores:

M.C. MARIO ALBERTO MORALES OVANDO

BIOL. FRANCISCO JAVIER ESPINOSA NIÑO

HIDROBIOL. RAMÓN ALBERTO FLORES MORENO

Firmas:


Ccp. Archivo

CONTENIDO

LISTA DE TABLA	i
LISTA DE FIGURA	ii
LISTA DE SIMBOLOS Y ABREVIATURAS	iii
RESUMEN.....	v
INTRODUCCIÓN.....	1
JUSTIFICACIÓN	3
PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA.....	5
OBJETIVOS	6
Objetivo general.....	6
Objetivo específico.....	6
MARCO TEÓRICO.....	7
Antecedentes	7
Recursos naturales	8
Condiciones físico-químicas del agua.	8
Análisis microbiológico del agua	8
Descripción del sistema lagunar	10
Calidad del agua	11
Análisis fisicoquímicos de agua del sistema lagunar	11
Nutrientes	11
Nitrógeno.....	12
Nitritos y Nitratos.....	12
Oxígeno Disuelto (OD).....	13
Conductividad Hidráulica.....	13
Salinidad	13
pH	14
Temperatura.	14
Circulación. Efecto de la marea. Importancia de los ríos y vientos.....	15
Amonio.....	17

Potencial Óxido Reducción (ORP).....	18
Medios de cultivo.....	19
Constituyentes habituales de los medios de cultivo	19
Tipos de medios de cultivo	20
Preparación de los medios de cultivo	21
Microorganismos	21
Bacterias	22
Coliformes Fecales y Totales.....	22
<i>Escherichia coli</i>	23
HIPÓTESIS	25
METODOLOGÍA.....	26
Naturaleza de investigación.....	26
Área de estudio.....	26
Toma de muestra	27
Análisis fisicoquímicos de agua del sistema lagunar	28
pH	28
Temperatura	28
Nitrito y Nitrato	28
Salinidad	28
Alcalinidad	28
Análisis microbiológico.....	28
Toma de muestra	28
Análisis de muestra	29
Medios de cultivos	29
Agar citrato de Simmons	29
Peptona de caseína.....	29
Agar Bilis Verde Brillante	29
Agar Endo.....	30
Agar Mac Conkey.....	30

Agar <i>Salmonella</i> y <i>Shigella</i>	30
Agar de Recuento en Placas Difco (TM Plate Count Agar).....	30
Aislamiento de microorganismo en medios de cultivos	31
Tinción de Gram.....	31
Determinación de unidades formadoras de colonias (UFC).....	31
PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	32
Resultado de parámetros fisicoquímico del sistema lagunar Chantuto-Panzacola.....	32
Resultado microbiológico.....	36
Crecimiento de microorganismos patógenos en el sistema lagunar Chantuto-Panzacola	37
CONCLUSIÓN.....	39
RECOMENDACIONES	40
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
ANEXOS.....	44
Anexo 1. Agar Citrato de Simmons	44
Anexo 2. Peptona de Caseína.....	44
Anexo 3. Agar Bilis-Verde Brillante	44
Anexo 4. Agar BBL Endo	45
Anexo 5. Agar Mac Conkey	45
Anexo 6. Agar <i>Salmonella</i> y <i>Shigella</i>	46

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros físicoquímico del sistema lagunar Chantuto-Panzacola	32
tabla 2. Identificación de coliformes totales y fecales para el sistema lagunar Chantuto-Panzacola	38
Tabla 3. Cuantificación de unidades formadoras de colonia (ufc).....	39

LISTA DE FIGURA

Figura 1. Puntos de muestreo del sistema lagunar Chantuto-Panzacola	10
Figura 2. Sistema lagunar de Chantuto Panzacola	24
Fiura 3. Parametros fisicoquímico para el sistema lagunar Chantuto-Panzacola	30
Figura 4. Parámetros fisicoquímico forma nitrogenadas del sistema lagunar Chantuto-Panzacola.....	31
Figura 5. Parámetros fisicoquímicos formas nitrogenadas para el sistema lagunar Chantuto-Panzacola.....	32

LISTA DE SIMBOLOS Y ABREVIATURAS

μL : Micro litros

UFC/mL: unidades formadoras de colonias por mililitro

pH: Potencias de hidrógeno

Ppm: Partes por mil

mL: Mililitro

OD: Oxígeno disuelto

HNO_2 : Ésteres de ácido nitroso

HNO_3 : Ésteres de ácido nítrico

NO_2 : Dióxido de Nitrógeno

ha: Hectáreas

DBO: Demanda biológica de oxígeno.

ORP: Potencial Óxido Reducción

mg: Miligramo

CO_2 : Dióxido de Carbono

NOM: Norma Oficial Mexicana

NMX: Norma Mexicana

m/S: Metro sobre segundo

L: Litro

H^+ : Ion hidrogeno

OH: Grupos hidroxilo

mV: Mili volts

cm: Centímetro

UV: Ultravioleta

ARP: Área de Reserva Pesquera

RESUMEN

Los sistemas lagunares son considerados como área de gran productividad pesquera y de gran importancia ecológica, debido a que se encuentran conectadas de manera semi o permanente con el mar y con el continente a través de los sistemas fluviales, extendiendo un aporte regular de materiales disueltos y en suspensión.

En las lagunas costeras se tienen como suministro estos materiales, donde estos tienen gran parte en los aportes continentales a través de los ríos, ya que vierten no solo partículas en suspensión y nutrientes, sino además microorganismos patógenos.

En la zona costera, dados los acelerados procesos de sedimentación y contaminación por actividades antropógenicas, representan un serio problema para resguardar las condiciones sanitarias y ambientales de los sistemas acuáticos, ya que los desechos generados por este tipo de actividad casi siempre van a dar a los ríos y por ende a las lagunas costeras, en los que puede repercutir en la calidad del agua, así también la gran variedad de especies que habitan en el sistema lagunar y como consecuencia al impacto económico de las pesquerías que se desarrollan dentro del sistema, por los que el presente trabajo tiene el objetivo de estudiar los parámetros fisicoquímicos y la presencia microbiológica.

Los resultados obtenidos en la presente investigación en cuanto a los parámetros fisicoquímicos en el agua estuvieron por debajo de la NOM 001 SEMARNAT, mientras que para el caso de coliformes totales y fecales en tres de ocho sitios de muestreos estuvieron por arriba de la NOM 002 SEMARNAT 1997, sin que estos resultados sean determinantes dado a que solo se tiene un dato por sitio de muestreo.

Palabras claves: Microorganismo, Fisicoquímico, Sistema Lagunar.

INTRODUCCIÓN

La zona costera es un amplio espacio de interacciones con el mar, la tierra, aguas epicontinentales y la atmósfera. La transición de estas tres fases incide profundamente en las condiciones de la dinámica ambiental, a las cuales se agrega la influencia del hombre como agente transformador.

Las lagunas costeras son consideradas áreas de gran productividad pesquera y de importancia ecológica, debido a que se encuentran conectadas de manera semi o permanente con el mar y con el continente a través de los sistemas fluviales, extendiéndose un aporte regular de materiales disueltos y en suspensión. En el caso de los sistemas costeros de Chiapas no es la excepción, los ríos que desembocan en estos sistemas lagunares, tienen un efecto fundamental sobre el comportamiento hidrológico, productivo y en general sobre todo el ecosistema así mismo la mezcla de la columna de agua por la marea y el viento, favorecieron una suspensión de los sedimentos, los cuales redujeron la transparencia de la columna de agua, incrementando las concentraciones de nutrientes la biomasa fitoplanctónica es compleja. Por ejemplo, aportes fluviales importantes pueden estimular a la producción primaria, al introducir nutrientes al sistema (1).

El suministro de éstos materiales a los ecosistemas depende en gran parte de los aportes continentales que vía los ríos, vierten a los sistemas lagunares no sólo partículas en suspensión, sino también microorganismos patógenos, los cuales pueden producir infecciones en el hombre.

En México el desarrollo y la expansión de centros urbanos en la zona costera representan un serio problema para resguardar las condiciones sanitarias y ambientales de los sistemas acuáticos, ya que los desechos generados por este tipo de actividades casi siempre van a dar a los ríos y por ende a las lagunas costeras, lo que puede repercutir en la calidad del agua, así como en la gran variedad de especies que habitan en estas lagunas estuarino, con su consecuente impacto económico (2).

En este trabajo se exponen los resultados de una comparación entre dos épocas: secas y lluvias dentro del sistema lagunar Chantuto-Panzacola y San Nicolás, en el estado de Chiapas, durante el año 2014.

La determinación de bacterias en el agua, será con base para cada uno de organismos a determinar, tales como Coliformes Totales, Coliformes Fecales *Shigella sp*, *Salmonella sp*.

El objetivo de este estudio está basado en la cuantificación de las unidades formadoras de colonia (ufc) del sistema lagunar Chantuto-Panzacola así como algunos parámetros básicos, como son temperatura, salinidad, oxígeno y mediante estos resultados, comparados con las normas oficiales en esta materia, determinar si la calidad del agua del sistema lagunar, se encuentra dentro de los límites permisibles para alguno de sus usos.

JUSTIFICACIÓN

Los sistemas lagunares son contaminados por los arrastre de los ríos, deslaves, las aguas negras, las industrias y por sustancias químicas, también por los mismo pescadores por que no se tiene la higiene adecuada, es así donde se ven afectada las pesquerías por la contaminación del ser humano, por tal motivo se considera tomar en cuenta los parámetros microbiológico y fisicoquímico en el sistema lagunar, esto con la intención de identificar los factores que favorecen la presencia de bacterias. La determinación microbiológica, se centrará en la identificación de las coliformes totales y fecales tales como la *Salmonella*, *Escherichia coli*, mientras que en el caso de los parámetros fisicoquímicos se determinará la temperatura, oxígeno, pH, salinidad como algunas formas nitrogenadas de nutrientes, lo que permitirá determinar que variables favorecen o limitan las poblaciones de microorganismos patógenos.

Las sociedades cooperativas se ven afectada por las condiciones del agua donde habitan y se desarrolla el crecimiento de los peces, siendo el agua un vector muy importante en la cual hay presencia de bacterias patógenas. Los consumidores de productos acuícolas y marinos se ven afectado por la presencia de carga microbiana que se activa por la mala manipulación y la contaminación que hay en el agua donde esto suele afectar directamente al sector pesquero e influenciando directamente en la salud humana.

Los pescadores se ven directamente afectado debido a que la producción ha disminuido por la descomposición de los productos de la pesca, siendo el agua el principal factor en el desarrollo de organismos contaminantes.

Este tipo de estudio permitió conocer en ambientes reales como se generan sitios de contaminación y todo por la falta de información y conocimiento en el sitio de las repercusiones que tienen las actividades antropógenicas en los sistemas lagunares, así como por el mal manejo de los productos pesqueros, así mismo, se fortaleció capacidades técnicas para la caracterización de las condiciones ambientales y productivas que favorecen la calidad de los productos pesqueros basados en las condiciones del agua, tanto físicas, químicas y biológicas.

Con respecto a la presente investigación permite conocer en ambiente real las condiciones de la zona lagunar, en la cual desde hace años se practica la pesca. El presente trabajo genera información útil y necesaria para las sociedades cooperativas pesqueras que les permita conocer las condiciones del sistema lagunar, en la formación profesional del Ingeniero en Producción de Alimentos Pesqueros vincula el contexto productivo, permitiendo resolver problemas verídicos en beneficio de la sociedad.

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

El área de estudio de la presente investigación corresponde a un sistema lagunar, el cual su economía está basada en las pesquerías, las cuales, como hace mención Contreras en 2010, se desconoce la importancia de los hábitats, en particular de los ecosistemas costeros, el cual hace referencia de la importancia de estos sitios en el mantenimiento de poblaciones de peces y mariscos y demás especies que dependen directamente de estos; lo que para el sitio de muestreo se observa a simple vista contaminación, tanto de materiales sólidos como bolsas, envases de refrescos, entre muchos más, como contaminación biológica, principalmente de origen antropógenicas (3).

La misma actividad económica que se desarrolla en las pesquerías no es la adecuada y carece de medidas higiénicas, lo que se refleja en la contaminación biológica que origina el no darle un destino adecuado a los subproductos de la pesca, los cuales en su mayoría son vísceras, hueso y hasta cabeza, que son arrojados a las aguas, los cuales favorecen especies oportunistas, las cuales pueden ser hasta nocivas para el sistema, como para la salud humana, como es el caso de microorganismos tales como bacterias coliformes, fecales, entre otras.

Sistema lagunar que por su propia composición y situación geográfica es receptora de aguas tanto marinas, como dulceacuícolas y por ende los materiales físicos y químicos que conlleva en su ciclo, lo que ocasiona alteraciones en las propiedades fisicoquímicas del agua como tal.

Es en ese sentido que la presente investigación pretendió establecer la relación que guardan los parámetros fisicoquímicos del agua, con respecto a la proliferación de las bacterias en la misma.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar los parámetros fisicoquímico y microbiológico del sistema lagunar Chantuto-Panzacola y San Nicolás.

Objetivo específico

- ❖ Analizar los parámetros fisicoquímicos del agua como factores determinantes en la proliferación de coliformes.
- ❖ Identificar coliformes totales y fecales que podrían generar un problema en el deterioro de los productos pesqueros de las pesquerías del sistema lagunar.
- ❖ Cuantificar las unidades formadoras de colonias (ufc) de coliformes totales y fecales que pudieran determinar grados de contaminación en el agua.

MARCO TEÓRICO

Antecedentes

Los ecosistemas lagunares que se encuentran en las costas tropicales se caracterizan por una compleja estructura ecológica, debido a su gran variedad de hábitats, su alta diversidad biológica e importante productividad primaria (4). Esta productividad se debe a los subsidios que reciben las lagunas a través de las descargas fluviales y los movimientos mareales, así como también de las áreas de vegetación costera circundante (manglares, pastos de pantano) y sumergida (pastos marinos, macroalgas), que determinan la magnitud de la producción secundaria. La producción secundaria de la comunidad de peces es de gran importancia en ecosistemas costeros, ya que las especies funcionan como reguladores energéticos, debido a su capacidad de desplazamiento dentro del ecosistema así como entre ecosistemas, lo que determina complejas interacciones biológicas entre los peces y el entorno físico-ambiental (5). Dichas interacciones reflejan patrones de utilización del sistema a través de sus ciclos de vida, lo cual modifica la diversidad, distribución, abundancia y frecuencia de las poblaciones, de manera espacial y temporal. El sistema lagunar Chantuto-Panzacola en la costa de Chiapas, se considera de alto valor por su potencial biológico y pesquero. Es un área donde la actividad pesquera es de manera artesanal.

Las lagunas costeras se ubican entre los ecosistemas de mayor productividad, la cual depende de muchos factores, entre los que se encuentran la disponibilidad de luz y nutrientes por el contrario, las menores transparencias están asociadas a bajas salinidades, denotando la entrada de agua proveniente de los ríos la cual de manera general acarrea sedimentos y materiales en suspensión, limitando el paso de la luz en la columna de agua. La concentración promedio anual y por época climática del oxígeno disuelto, nos indica tanto en los sistemas lagunar Chantuto-Panzacola como Carretas Pereyra presentaron una deficiencia importante de este gas, principalmente a bajas salinidades, pudiendo estar asociada con una alta demanda biológica de oxígeno (DBO) debido a un mayor contenido con respecto al pH, se determinaron condiciones ácidas asociadas con bajas salinidades y por lo tanto relacionadas con las entradas de agua dulce, mientras que las características básicas reflejaron la influencia del océano sobre la laguna, especialmente durante la época de secas en ambos sistemas. La influencia de los ríos

sobre las lagunas también se observó en las concentraciones de nutrientes (amonio, nitratos, nitritos y fosfatos), las cuales de manera general fueron superiores en la temporada de lluvias.

Recursos naturales

Las especies de flora (hierbas medicinales, comestibles, frutos.) y fauna silvestres (Insectos, crustáceos, reptiles, aves, mamíferos, entre otros.) Susceptibles de aprovechamiento en la región de La Encrucijada son numerosas. El potencial de aprovechamiento de cada una de ellas está sujeto a diversos factores que van desde los económicos hasta los culturales.

El monitoreo fisicoquímico permite obtener datos eficientes que son difícil de explicar o de entender para las diferentes personas involucradas en el proceso del análisis de la calidad del agua lo que ha permitido resolver cualquier tipo de dudas o conflictos, como el uso adecuado de las agua y también en la integridad ecológica de los sistemas acuáticos.

Condiciones físico-químicas del agua.

La implementación de nuevas metodologías que involucran más a los parámetros de la calidad del agua se toma como mayor importancia donde englobaremos algunos índices de calidad como son físico, químicos y el análisis microbiológico que nos permite saber el índice de la contaminación que se está generando en el agua. Los parámetros evaluados son; pH, oxígeno disuelto, nitrito, nitrato, salinidad, temperatura, coliformes fecales, coliformes totales, turbidez, que actúan como indicadores del desarrollo de la contaminación que se está generando por materias orgánicas e inorgánicas, eutrofización, aspectos de salud, sustancias suspendidas y disueltas, nivel de oxígeno y las características fisicoquímicos del agua (6).

Análisis microbiológico del agua

Las lagunas costeras se consideran como una área de mayor productividad pesquera donde se tiene una gran importancia ecológica, debido a que se encuentran conectada con el mar, y con el continente, así también, con los sistemas fluviales extendiéndose un aporte regular de materiales disuelto y en suspensión, éstos materiales son aportado por los ríos que vierten al sistema lagunar Chantuto Panzacola pero no solo vierten partículas en suspensión si no también microorganismos patógenos, los cuales pueden producir infecciones en la salud humana tales como son la *salmonella*, *shigelosis* y tifoidea entre otras.

En las lagunas los efectos tóxicos de algunos contaminantes varían en cuestión de sus alteraciones enzimáticas, en algunos microorganismos patógenos como la *salmonella*, el *Vibrio* y la *Shigella* estas pueden llegar a ser fuentes potenciales de infecciones severas de manera directa sobre todo cuando el vector importante es el agua y la cual es utilizada para fines recreacionales o indirectamente cuando están presentes en otros organismos, como los peces que suelen ser consumidos por los productores y proveedores, donde presenta el problema en las condiciones sanitarias y ambientales en los sistemas lagunares o acuáticos ya que todos los desechos generados son arrastrados por los ríos y por ende van a dar a los sistemas lagunares y eso repercute en la calidad del agua así como también la gran variedad de especies que habitan en los sistemas lagunares, provocan un impacto económico por lo que se realizó el análisis microbiológico utilizando diferentes medios de cultivo para la identificación de microorganismos patógenos que están presentes en el agua, y que pudieran llegar a contaminar a los peces, y al mismo tiempo dañar la salud del que consume estas especies (7).

Descripción del sistema lagunar

El sistema lagunar Chantuto-Panzacola (CH-P), se localiza en los 92° 45' y 92° 55' de longitud oeste y los 15° 09' y 15° 17' de latitud norte y está conformado por ocho lagunas: Chantuto, Campón, Teculapa, Cerritos, Panzacola, San Nicolás, Castaño y Barrita de Pajón, con una extensión total de los cuerpos de agua de 18 000 ha. Presenta una boca de comunicación con el mar conocido como San Juan. En este ecosistema desembocan seis ríos principales: San Nicolás (RSN), Ulapa (RU), Cacaluta (RC), Doña María (RDM), Cintalapa (RC) y Vado Ancho (RVA). El clima de la región es tropical Am (f) w, cálido húmedo, lluvioso en verano y seco en invierno. Se reconocen dos épocas climáticas en la región temporadas de lluvia y seca (8).



Figura 1. Puntos de muestreo del sistema lagunar Chantuto-Panzacola.

Se tiene una temperatura máxima promedio para la región de 34°C y una mínima de 26°C; los valores de salinidad varían de 0.62‰ hasta un 34‰. Se entiende por uso del agua para preservación de flora y fauna, su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas acuáticos y terrestres y de sus ecosistemas asociados, sin causar alteraciones sensibles en ellos, o para actividades que permitan la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies hidrobiológicas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pesca y acuicultura (9).

La vegetación predominante son los manglares *Rhizophora mangle*, *Avicenia agerminans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*; donde forma parte de la Reserva de la biosfera “la Encrucijada”. Las especies acuáticas de mayor explotación son el camarón blanco (*Penaeus vannamei*) y el camarón azul (*P. stylirostris*). Dentro de las especies de escamas se encuentran el robalo (*Centropomus nigrecens*); la lisa (*Mugil cephalus*); la mojarra (*Cichlasoma sp*); el bagre (*Bagre marinus*); la lebrancha (*Mugil corema*) El pez armado catan (*Lepisosteus tropicus*).

Calidad del agua

El término *calidad del agua* es relativo y solo tiene importancia universal si está relacionado con el uso del recurso. Esto quiere decir que una fuente de agua suficientemente limpia que permita la vida de los peces puede no ser apta para la natación y un agua útil para el consumo humano puede resultar inadecuada para la industria.

Para decidir si un agua califica para un propósito particular, su calidad debe especificarse en función del uso que se le va a dar. Bajo estas consideraciones, se dice que un agua está contaminada cuando sufre cambios que afectan su uso real o potencial (10).

Análisis fisicoquímicos de agua del sistema lagunar

Nutrientes

La principal condicionadora de la productividad primaria es la presencia constante y significativa de ciertos elementos, a partir de los cuales se genera la producción básica, esto es, la del componente vegetal. Estos elementos se conocen con el nombre de nutrientes (nombre correcto: nutrimentos) y que son básicamente: compuestos nitrogenados (amonio, nitratos, nitritos, y urea), fofato, (varias formas de fofato) y sílice. En la literatura científica, es frecuente encontrar artículos que tratan el problema de la carencia de suficientes nutrientes para el buen desarrollo del fitoplancton, y es contundente la posición de considerarlo como los limitantes primordiales del proceso de la productividad primaria.

La calidad de nutrientes presentes en ecosistemas acuáticos ha hecho que se establezca una clasificación de niveles tróficos en función del contenido de éstos. Así, se tienen cuerpo acuáticos oligotróficos, mesotróficos, eutróficos y distróficos. La jerarquización más conocida es la de quien la aplico a lagos y se ha hecho extensiva a estuarios en latitudes templadas. Esta

clasificación se ha empleado inclusive para aguas marina. Tomando como base la anterior clasificación, el resultado es que la gran mayoría de las lagunas litorales de nuestro país son levemente eutróficas, esto es, contienen en sus aguas una cantidad elevada de nutrientes.

Las fuentes principales de nutrientes para los ecosistemas lagunares- estuarinos son; la lluvia, los escurrimiento por ríos, los procesos biogeoquímicos involucrados en la interfaz sedimento-agua con la consecuente resuspensión y reciclamiento, así como el continuo aporte de materiales de diverso tipo (y su consecuente transformación vía descomposición bacteriana) proveniente de la vegetación sumergida y aleñada. En ecosistemas riparios y los relacionados con planicies de inundación (*flood plains*), todo indica que actúan como trampas de nutrientes, reteniendo más del 85% del nitrógeno total y por arriba del fósforo total durante su flujo normal.

Nitrógeno

Las fuentes de nitrógeno (amonio, nitratos, nitritos, y urea) son abundante todo el ciclo; el amonio representa del 60% del nitrógeno inorgánico total, y se ha establecido que el NH_4^+ reciclado proveniente de los sedimentos satisface hasta el 50% de la demanda del fitoplancton. Por otro lado, la urea es una importante fuente de nitrógeno en zonas costeras y estuarinas y ocupa el segundo lugar en preferencia, por parte del fitoplancton, después del amonio. Finalmente, se ha observado que la proporción porcentual N-NH₄: N total inorgánico descende en forma abrupta en los florecimiento fitoplanctónico, mientras que aumenta la proporción N-NO₃: N total inorgánico (11).

Nitritos y Nitratos.

Los nitritos son sales o ésteres del ácido nitroso (HNO_2), en los nitritos inorgánicos se encuentra el anión NO_2^- . En la naturaleza los nitritos se forman por oxidación biológica de las aminas y del amoníaco o por reducción del nitrato en condiciones anaeróbicas. Los nitratos son sales o ésteres del ácido nítrico HNO_3 , en los nitratos está presente el anión NO_3^- . El nitrógeno en estado de oxidación +V se encuentra en el centro de un triángulo formado por los tres oxígenos (12)

Oxígeno Disuelto (OD).

Es la cantidad de oxígeno que está disuelto en el agua. La solubilidad del oxígeno en el agua depende de la temperatura: a mayor temperatura menos oxígeno se disuelve. Generalmente, un nivel más alto de OD indica agua de mejor calidad. Cuando los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir, el agua presenta un alto contenido de materia orgánica y los procesos de descomposición disminuyen el oxígeno disuelto

Todos los organismos vivos dependen de una u otra forma del oxígeno en los procesos metabólicos que producen energía para crecimiento y reproducción. Todos los gases de la Atmósfera son solubles en agua en diferentes grados dependiendo directamente de su presión parcial; el nitrógeno y el oxígeno son considerados con una solubilidad pobre, siendo menor en agua con mayor salinidad y temperatura. En aguas contaminadas los valores de saturación del OD son menores que en aguas limpias, considerándose como aceptables aquellas con un contenido mínimo del 75 %.

En aguas naturales, el oxígeno disuelto es el factor que determina los cambios biológicos realizados por organismos aeróbicos y anaerobios, ellos utilizan el oxígeno libre para la oxidación de las materias orgánicas e inorgánicas produciéndose productos finales inocuos (13).

Conductividad Hidráulica

Propiedad de un medio poroso (por ejemplo suelo) que permite el movimiento de un líquido (por ejemplo agua) a través del mismo bajo la acción combinada de los efectos de la gravedad, capilaridad y de otros agentes (14)

Salinidad

La salinidad es un factor ecológico de alta importancia, influenciando mucho la presencia y los tipos de organismos que viven en los cuerpos de agua, dependiendo de las características del sistema acuático puede ser una variante relevante, como sucede en los ecosistemas estuarinos, en que los cambios de salinidad pueden condicionar la evolución de los recursos naturales asociados al agua (15).

La salinidad en las aguas estuarinas puede ser similar a la del agua dulce durante la época de lluvia y aumentar durante la sequía. Los estuarios con acceso limitado al mar tienen mayor salinidad que éste durante la temporada de sequía ya que los iones se concentran a causa de la evaporación. La salinidad disminuye conforme se aleja de la boca del estuario, y la salinidad puede estratificarse de acuerdo a la profundidad en el estuario (16).

pH

El pH es una medida que indica la acidez del agua. El rango varía de 0 a 14, siendo siete el rango promedio (rango neutral). Un pH menor a siete indica acidez, mientras que un pH mayor a siete, indica un rango básico. Por definición, el pH es en realidad una medición de la cantidad relativa de iones de hidrógeno e hidróxido en el agua. El agua que contenga más iones de hidrógeno tiene una acidez mayor, mientras el agua que contiene más iones de hidróxido indica un rango básico. (17)

Temperatura.

La temperatura del agua es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción, así como la aptitud del agua para ciertos usos útiles.

La temperatura es un indicador de la calidad del agua, que influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas.

Este parámetro es muy importante ya que está involucrado en la estructura de diferentes procesos como son: disolución, floculación, dilución, convección sin embargo es un factor secundario en el control de la densidad de aguas estuarinas, siendo la salinidad más importante en este sentido.

Los organismos se comportan diferentes con relación a la temperatura ambiente y pueden ser afectados por lo que se denomina contaminación térmica. El aumento en la temperatura provoca la disminución en la capacidad del agua para retener oxígeno al mismo tiempo que aumenta la actividad fisiológica de los organismos acuáticos produciendo la asfixia de los mismos, siendo éste el efecto más nocivo de la contaminación térmica. Altas concentraciones de materia orgánica disuelta y particulada incrementan la absorción de la energía en

comparación con las aguas menos turbias dependiendo de la transferencia de calor de capas superficiales o capas profundas de la mezcla del agua.

Debido a que las aguas superficiales no solo están sometidas al calentamiento provocado por la radiación solar, sino también al nocivo calentamiento por plantas industriales. Debe considerarse que según el Registro Oficial N° 204 de la Ley de Prevención y Control de Contaminación de la NMX-AA-102-1987 establece que: La Temperatura del agua para ser descargada será + 3° C de sus condiciones naturales y como máximo de 32 °C. Debe considerarse también que la temperatura es un factor determinante para el tipo de especies que habitan en un medio acuático, ya que regula la actividad química que ocurre en el agua. Por otro lado la actividad bacteriológica es a menudo más alta en aguas cálidas que en frías, así pues especies expuestas al agua, están sujetos a parásitos y sobre crecimiento de bacterias. La descomposición es favorecida por el calor, el que aumenta también la demanda de oxígeno (18).

Circulación. Efecto de la marea. Importancia de los ríos y vientos

La **circulación lagunar** depende del encuentro de dos corrientes de agua, que generan además diferencias de temperatura y salinidad. Por otro lado, se debe a factores locales como:

- Morfología de la laguna
- Vientos dominantes
- Profundidad
- Amplitud de su comunicación con el mar

Los estuarios y ciertas lagunas muestran distintas modalidades en su patrón de circulación. Sin embargo, existen tres tipos básicos: ***circulación positiva (estuarina) negativa (antiestuarina) y neutra***. Las tres se establecen por la diferencia de densidad entre el agua marina y la continental.

- **Circulación positiva.** La marea penetra por debajo de la capa de agua dulce y se convierte en una estratificación vertical, con un descenso paulatino conforme se aleja de la zona de influencia directa. Este fenómeno sobresale en estuarios y lagunas con

profundidades superiores a 2 m. un claro ejemplo es el estuario Tuxpan, en el que en ocasiones aparecen diferencias hasta de 28 ups entre la superficie y el fondo.

- **Circulación neutra.** No muestra variaciones de densidad, pues la circulación se da solo por el movimiento que provoca la marea, con el cual aumenta la concentración de materiales en suspensión hacia la parte más lejana de la laguna.
- **Circulación negativa.** Se le llama también antiestuarina, ya que el movimiento es opuesta a la circulación positiva y se genera cuando la evaporación excede a la precipitación, hecho que incrementa la salinidad y paralelamente la densidad a niveles mayores que los del mar, el agua más densa desciende y fluye hacia el océano. En la superficie permanece agua de menor salinidad proveniente del mar. Aunque el exceso de evaporación no persiste todo el año, este fenómeno puede ocurrir durante uno o varios días, o hasta en la mayor parte del ciclo. Si la circulación antiestuarina perdura, produciría condiciones de claridad en el agua, poco nutrientes y materiales particulados, además de una escasa productividad.

La diferencia de salinidad genera además corrientes verticales, pues hay la tendencia de equilibrar la concentración de sales por medio de una difusión del agua (de mayor a menor densidad). La circulación del agua estará dada, principalmente, en función de:

- La fuerza e intensidad del ***fenómeno mareal***, así como de la magnitud de sus comunicaciones con el océano. El efecto de la marea es tan considerable que forma canales de circulación dentro del cuerpo lagunar, siendo el más notorio el que por lo general se encuentra contiguo a la parte interna de la barrera arenosa que la separa del mar.
- El número de ***aportes fluviales***, pero sobre todo el caudal que desemboca en la laguna.
- Debido a lo somero de estos cuerpos acuáticos, la **dirección e intensidad de los vientos** es un factor preponderante en la circulación lagunar, provocando además oleajes de corto periodo pero alta frecuencia.

En estuarios, o sea cuerpos acuáticos cuyo eje *es perpendicular a la costa* como los ríos, o en ecosistemas donde la profundidad es mayor que en las lagunas, se manifiesta como mayor

claridad lo que se denomina circulación positiva o estuarina, la cual consiste básicamente en que el flujo de agua dulce se desliza por encima del agua marina debido a la diferencia de densidad. La escasa profundidad de las lagunas litorales, hace que este fenómeno no sea suficientemente marcado como para considerarlo un tipo de circulación, si bien es cierto que la salinidad aumenta en la misma medida que la profundidad. En el mismo caso se encuentran las circulaciones ocasionadas por la diferencia de densidad e inversiones térmicas o las ocasionadas por el *efecto de coriolis*.

La baja intensidad en la circulación se propicia en la medida del aislamiento con el mar. Así, entre más confinado se un cuerpo acuático menor será su capacidad de recambio. Haciendo una comparación entre los ecosistemas litorales más comunes, en nuestras costas se presenta bahías, ensenadas, estuarios, lagunas y áreas pantanosas cuya circulación de agua disminuye en este mismo orden. Lo anterior reviste importancia, pues la capacidad de recuperación a una eventual contaminación está en función de la tasas de recambio particulares, por lo que suele considerarse, en este contexto, que una laguna es una trampa de contaminación. Una comunicación con el mar, tanto en volumen como en intensidad, es vital para el funcionamiento ecológico de los ecosistemas lagunares (contreras y casillas, 1993). Aunado a los anterior y como se expondrá más adelante el principal suministro de nutrientes proviene de los ríos, por lo que un intercambio insuficiente con el litoral traerá graves consecuencias, entre las que sobresale la eutroficación (o, de manera más correcta, eutrofización). Así, el flujo del agua y su libre circulación son las piezas primordiales para el funcionamiento de estos ecosistemas, que deben su riqueza precisamente a esta interrelación.

Amonio

Es el final de la reducción de sustancias orgánicas e inorgánicas nitrogenadas. En aguas oxigenadas, él se oxida a NO_2 y después a NO_3 por acción bacteriana. Dado que existe un equilibrio ácido-base entre amoníaco y amonio, el valor del pH del agua determinará las concentraciones de amoniaco e ion amonio presentes en cada situación, y así la actividad de cada tipo bacteriano concreto. El NO_3 a su vez puede ser metabolizado para formar proteínas y aminoácidos. A la muerte del organismo vivo, otro tipo de bacterias se ocupan de transformar las proteínas en amonio según un proceso reductivo. Las aguas superficiales bien aireadas generalmente tienen poco NH_3 (<0.1 mg/L) conteniendo las aguas contaminadas por

vertidos residuales domésticos hasta 50 mg/L. En lagos y embalses, las concentraciones de amonio siguen la secuencia regida por la de estratificación y mezcla térmicas: durante la mezcla de la masa de agua los niveles de amonio apenas varían en la columna de agua siendo bajos (≤ 0.2 mg/L). Durante la estratificación, las aguas profundas poco oxigenadas presentan concentraciones de amonio muy superiores a las aguas de superficie y más altas (> 0.5 mg/L), las aguas subterráneas siempre suelen contener amonio más baja en oxigenación.

Potencial Óxido Reducción (ORP)

ORP es la abreviación de potencial de óxido Reducción (Oxidation Reduction Potencial), también conocido como RedOx. Es una medida que sirve para monitorear y controlar reacciones químicas.

Oxidación: adición de oxígeno (Reducción de electrones)

Reducción: reducción de oxígeno (adición de electrones)

El potencial RedOx es una forma de medir la energía química de oxidación-reducción mediante un electrodo, convirtiéndola en energía eléctrica. El potencial RedOx es positivo cuando se produce una oxidación y negativa cuando se produce una reducción. Normalmente, las reacciones RedOx vienen acompañadas de cambio de pH en el medio.

Como puede observarse, la reducción del agua del medio (se producen iones H^+), mientras que su reducción lo basifica (se generan iones OH^-).

Al proceso complementario de oxidación-reducción se le conoce como RedOx y el valor ORP es la medida de la actividad del electrón comparado con la actividad de un electrodo de referencia, que mantiene siempre el potencial constante.

El electrodo de RedOx es idéntico a uno de pH, excepto que usa un metal noble en vez de vidrio como elemento de medición. Los metales nobles son utilizados porque estos no intervienen en la reacción química que se está llevando a cabo. El metal más común utilizado para la medición es el platino, aunque puede usarse plata u otro (19).

Los electrodos de potencial RedOx puede medir ± 2000 mV.

Medios de cultivo

Un medio de cultivo es un conjunto de nutrientes, factores de crecimiento y otros componentes que crean las condiciones necesarias para el desarrollo de microorganismos. La diversidad metabólica de estos es enorme, por ello, la variedad de medios de cultivo es también amplia, y no existe un medio de cultivo universal adecuado para todos ellos (nos referimos, obviamente, a los microorganismos cultivables en el laboratorio, ya que muchos de ellos no lo son en ningún medio conocido). En esta sección ofreceremos únicamente una idea general sobre algunos de los constituyentes habituales de un medio de cultivo. El fundamento de los medios selectivos o diferenciales que se emplearán en otras prácticas será explicado en los correspondientes capítulos. En el anexo se definen el tipo, la composición, el fundamento y las aplicaciones de algunos de los medios de cultivo más frecuentes.

Constituyentes habituales de los medios de cultivo

Fuente de carbono y sales. En muchos casos, la glucosa, la lactosa u otras dextrosas se emplean como fuentes de carbono. Algunos medios de cultivo se complementan con sales como NaCl o diversos fosfatos y/o sulfatos de potasio, magnesio, amonio, etcétera.

Agar. El agar se utiliza como agente gelificante para dar solidez a los medios de cultivo. El componente dominante en el agar bacteriológico es un polisacárido, al que acompañan algunas impurezas, que se obtiene de ciertas algas marinas (Rodofitas). Un gel de agar al 1-2 % en agua licúa hacia los 100 °C y se gelifica alrededor de los 40 °C, dependiendo de su grado de pureza. Con la excepción de algunos microorganismos marinos, el agar no se emplea como nutriente.

Extractos. Para su preparación, ciertos órganos o tejidos animales o vegetales (p. ej., carne, hígado, cerebro, semillas) son extraídos con agua y calor, y posteriormente concentrados hasta la forma final de pasta o polvo. Estos preparados deshidratados se emplean con frecuencia en la confección de medios de cultivo. Son una fuente rica de alimentos, vitaminas y diversos factores de crecimiento. Ejemplos: extracto de carne, de levadura, de malta, etc.

Peptona. Son mezclas complejas de compuestos orgánicos nitrogenados y sales minerales que se contienen por digestión enzimática o química de proteínas animales o vegetales (soja, carne, gelatinas, caseínas, etc.). Las peptonas son muy ricas en péptidos y aminoácidos, pero pueden ser deficientes en determinadas vitaminas y sales.

Fluidos corporales. Sangre completa, sangre desfibrinada, plasma o suero sanguíneo son frecuentemente añadidos a los medios empleados para el cultivo de algunos patógenos. La sangre no puede esterilizarse y debe, por tanto, obtenerse en condiciones asépticas directamente de un animal sano. Los fluidos corporales no solo contribuyen con factores de crecimiento, sino también con sustancias que neutralizan inhibidores del crecimiento de algunas bacterias.

Sistemas amortiguadores (soluciones tamponadas). Algunos componentes son incorporados al medio de cultivo para mantener el pH dentro del rango óptimo del crecimiento bacteriano. Los microorganismos más comunes son neutrófilos (el pH óptimo para su crecimiento está próximo a la neutralidad), y sales como fosfato bisódicos o bipotásicos, o sustancias como las peptonas, previenen variaciones del pH.

Indicadores del pH. Indicadores ácido-base se añaden a menudo a los medios de cultivo para detectar variaciones del pH.

Agentes reductores. Cisteína, tioglicolato y otros son agentes reductores que se añaden a los medios de cultivo para crear condiciones que permitan el desarrollo de microorganismos microaerófilos o anaerobios.

Agentes selectivos. La adición de determinadas sustancias al medio de cultivo puede convertirlo en selectivo. Por ejemplo, cristal violeta, sales biliares, azida sódica, telurito potásico, antibióticos, etc., a la concentración adecuada, actúan como agentes selectivos frente a determinados microorganismos.

Tipos de medios de cultivo

Medios generales. Permiten el desarrollo de una gran variedad de microorganismos.

Medios de enriquecimiento. Favorecen el crecimiento de un determinado tipo de microorganismo, sin llegar a inhibir totalmente el crecimiento del resto.

Medios selectivos. Permiten el crecimiento de un tipo microbiano determinado, inhibiendo el desarrollo de los demás.

Medios diferenciales. Son aquellos en los que se ponen de relieve propiedades que posee un determinado tipo de microorganismo.

Preparación de los medios de cultivo

Los medios de cultivo deben ser esterilizados antes de su empleo. En la actualidad, la mayoría de los medios de cultivo se encuentran comercializados, de forma deshidratada que es preciso rehidratar. En general, la preparación de un medio de cultivo consiste simplemente en pasar la cantidad deseada del mismo y disolverla en agua desionizada libre de inhibidores del crecimiento, siguiendo las instrucciones del fabricante. Las sustancias termolábiles se esterilizan por filtración y se añaden al resto de los componentes previamente esterilizados en autoclaves.

Antes de su esterilización, los medios líquidos se distribuyen en los recipientes adecuados (tubos o matraces); en ningún caso la altura del líquido en el recipiente debe exceder un tercio del volumen total de este. Si es un medio sólido, habitualmente se procede a fundir el agar en un baño María antes de ser esterilizado. Una vez fundido, se distribuye en caliente en tubos o matraces (no en placa Petri), se tapan y se esterilizan, Finalizada la esterilización en la autoclave.

Los **medios líquidos** se dejarán enfriar a temperatura ambiente.

Los **medios sólidos** contenidos en tubos deben inclinarse para que al solidificarse adopten la forma de agar inclinado (*slant*) si esta es su finalidad.

Las placas Petri pueden también ser preparadas en este momento, vertiendo el medio aún fundido y estéril dentro de ellas en un ambiente aséptico (p.ej., en la proximidad de la llama de un mechero bunsen).

Los medios líquidos y sólidos pueden conservarse, una vez esterilizados, a temperatura ambiente. Sin embargo, para reducir su deshidratación y el consiguiente cambio de las concentraciones de los componentes es preferible conservarlo a 4 °C (20).

Microorganismos

Los microorganismos comprenden de forma bacilar móviles o inmóviles, Gram negativos, fermentadores de lactosa y glucosa, se encuentra naturalmente en las heces y en determinados

casos puede ser patógeno y causar enfermedades intestinales. Para nuestro estudio trataremos de determinar la presencia de los siguientes:

Bacterias

Las bacterias que se encuentran con mayor frecuencia en el agua son las bacterias entéricas que colonizan el tracto gastrointestinal del hombre y son eliminadas a través de la materia fecal. Cuando estos microorganismos se introducen en el agua, las condiciones ambientales son muy diferentes y por consiguiente su capacidad de reproducirse y de sobrevivir son limitadas.

Coliformes Fecales y Totales

Los coliformes fecales se denominan termo tolerantes por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas. Esta denominación está ganando más adeptos actualmente, pues sería una forma más apropiada de definir este subgrupo que se diferencia de los coliformes totales por la característica de crecer a una temperatura superior.

Coliformes significa con forma de coli, refiriéndose a la bacteria principal del grupo, la *Escherichia coli*, descubierta por el bacteriólogo alemán Theodor Von *Escherichia* en 1860. Von *Escherichia* la bautizó como bacterium coli ("bacteria del intestino", del griego *κολων*, kolon, "intestino"). Con posterioridad, la microbiología sistemática nombraría el género *Escherichia* en honor a su descubridor. Asimismo, su número en el agua es proporcional al grado de contaminación fecal; mientras más coliformes se aíslan del agua, mayor es la gravedad de la descarga de heces fecales de humanos u otros animales. .

Los microorganismos coliformes constituyen un grupo heterogéneo con hábitat primordialmente intestinal para la mayoría de las especies que involucra. El grupo de bacterias coliformes totales comprende todos los bacilos Gramnegativos aerobios o anaerobios facultativos, no esporulados, que fermentan la lactosa con producción de gas en un lapso máximo de 48 h. a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

La bacteria Coliformes típica es la *Escherichia coli*, y *Streptococci fecal*, que residen en el tracto intestinal humano y son excretados en grandes números (alrededor de 50 millones de coliformes por gramo), las aguas residuales domésticas contienen alrededor de 3 millones de

coliformes en 100 mL. Consecuentemente, aguas contaminadas por residuos fecales es identificada por la presencia de bacterias coliformes.

El grupo de coliformes fecales, está constituido por bacterias Gramnegativas capaces de fermentar la lactosa con producción de gas a las 48 h. de incubación a $44.5 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$. Este grupo no incluye una especie determinada, sin embargo la más prominente es *Escherichia coli*. La demostración y el recuento de organismos coliformes, puede realizarse mediante el empleo de medios de cultivo líquidos y sólidos con características selectivas y diferenciales (21).

Escherichia coli

Escherichia coli es un bacilo corto Gram negativo que se encuentra clasificado dentro de la familia *Enterobacteriaceae* (bacterias entéricas), existe como comensal en el intestino delgado de humanos y animales. Sin embargo, hay algunas cepas de *E. coli* patógenas que provocan enfermedades diarreicas. Estas *E. coli* se clasifican con base en las características que presentan. Sus factores de virulencia únicos, cada grupo provoca la enfermedad por un mecanismo diferente. Las propiedades de adherencia a las células epiteliales de los intestinos grueso y delgado son codificadas por genes situados en plásmidos. De manera similar las toxinas son mediadas por plásmidos o fagos.

Este microorganismo tiene su origen específicamente fecal, pues están siempre presentes en grandes cantidades en las heces de los seres vivos de sangre caliente y rara vez se encuentran en agua o suelo que no haya sufrido un tipo de contaminación fecal. Por lo tanto, se considera que la detección de éstos como organismos fecales o la presunción de *E. coli* constituyen una información suficiente como para estimar la naturaleza fecal de dicha contaminación.

Estudios recientes inyectando *E. coli* en sistemas de distribución, han demostrado que una vez contaminado éste, al cabo de unos días, se produce acumulación de bacterias en el Bofill de las tuberías. Pese a toda la colonización de la red por dicho microorganismo es sólo parcial y transitoria.

Flanagan ha resumido la interpretación de la presencia de *E. coli* como sigue “Cuando los *E. coli* están presentes en un gran número, la interpretación es que ha tenido lugar una polución fuerte y/o reciente por desechos animales o humanos. Si el número de *E. coli* es pequeño

indica que la polución del mismo tipo, es menos reciente o menos importante. Si se detectan Coliformes pero no *E. coli* señala que la polución es reciente pero de origen no fecal o de origen fecal pero lejano, de modo que los Coliformes intestinales no han sobrevivido“.

Otra característica importante de la *E. coli* es que pueden ser vectores de algunas enfermedades, en este caso se trata de *E. coli* patógenas de los cuales existen muchos serotipos diferentes capaces de causar gastroenteritis en humanos y animales, siendo éstas especialmente serias en recién nacidos y niños de edad inferior de 5 años. Pese a que se considera a los *E. coli* patógenos representan menos del 1% del total de Coliformes presentes en el agua contaminada, basta con 100 organismos para causar enfermedad.

HIPÓTESIS

Ha. La carga microbiológica del sistema lagunar se incrementa en base a la calidad del agua del sitio.

Ho. La carga microbiológica del sistema lagunar no se ve afectada por la calidad del agua del sitio.

METODOLOGÍA

Naturaleza de investigación

Investigación descriptiva según Tamayo M. 2013. La presente investigación pueden partir de hecho, de hipótesis afirmativas cuyos resultados, a su vez pudiesen dar pie a elaborar hipótesis de relación causa-efecto entre variables; esto es posible en tanto que de “estas se han demostrado sus relaciones a través de la indagación descriptiva”. Para la investigación descriptiva, su preocupación primordial radica en descubrir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos, utilizando criterios sistemáticos que permitan poner de manifiesto su estructura o comportamiento. De esta forma se pueden obtener las notas que caracterizan a la realidad el estudio es descriptiva del cual se pretende analizar las muestra de agua para la identificación de Coliformes Totales y Fecales así también los parámetros fisicoquímico que son Temperatura, Salinidad, Alcalinidad, Nitrito y Nitrato, donde influye la comparación de los parámetros fisicoquímico y en la identificación microbiológica mediante el método de estría cruzada y el método de conteo en las Unidades Formadoras de Colonia (ufc).

Área de estudio

El sistema lagunar Chantuto-Panzacola y San Nicolás se localizan en la Reserva de la Biósfera “La Encrucijada” en la costa de Chiapas. El sistema Chantuto-Panzacola se ubica entre las coordenadas 92° 45´ 14.6’’ latitud Norte y los 15° 6´ 39.1’’ de longitud Oeste, con una extensión de 18000 ha. Está formado por ocho lagunas principales: Chantuto, Campón, Teculapa, Cerritos y Panzacola, una boca de comunicación con el mar (San Juan), El Castaño, Barrita de Pajón y San Nicolás.



Figura 2. Sistema lagunar de Chantuto-Panzacola

Toma de muestra

El área de estudio se divide, de forma natural, tanto en lagunas costeras, como áreas de reserva pesquera, las cuales presentan polígonos naturales distintos, por tal motivo el muestreo de las mismas se realizó dividiendo, cada sitio, en tres partes para tener la media de los resultados, esto es al inicio, en la parte media y al final cada sitio de muestreo (distancias proporcionales entre cada una).

Las muestras se tomaron *in situ*, así como algunos parámetros fueron determinados en el propio sitio, mientras que para el resto de los parámetros fue realizado en el laboratorio así como la identificación de las bacterias, para los parámetros determinados en laboratorio se realizó el método colorimétrico, mientras que para las bacterias el método de estría cruzada.

Se colectaron muestras de agua en los sitios de muestreo del sistema lagunar Chantuto Panzacola para el análisis fisicoquímico y microbiológico en las siguientes lagunas y áreas de reserva pesquera (ARP), para la laguna Teculapa con la coordenadas (15° 09' 51" L. N., 92° 47' 59" L. O.), laguna el Campón (15° 11' 21" L. N., 92° 50' 37" L. O.) laguna los Cerritos (15° 17.5' 05" L.N., 92° 58' 88" L.O.) ARP Los Novillos (15° 22' 283' L.N., 93° 04' 471" L. O.), laguna Chantuto (92° 45' 14.6" L.N., 15° 6' 39.1" L.O.), la laguna Panzacola (15° 17' 27.9' L.N., 92° 58' 02.7" L. O.) durante el mes de noviembre.

Análisis fisicoquímicos de agua del sistema lagunar

Se recolectaron 100 mL de agua de los diferentes sitios de muestreo del sistema lagunar Chantuto Panzacola en frasco de vidrio estériles a una profundidad de 30 cm para su posterior análisis.

pH

La determinación de pH en la muestra se realizó mediante el uso de un potenciómetro portátil marca HANNA HI98183 PH/ORP METER, con un rango de 5.0 A 7.0 a una temperatura de 28°C. Se corroboró con el test kit “Salt wáter aquaculture”, MODEL AD-4.

Temperatura

La temperatura se obtuvo con un termómetro test kit “Salt wáter aquaculture”, MODEL AD-4 de un intervalo de 0 a 60°C marca Lamotte.

Nitrito y Nitrato

Se analizó la muestra de agua con el test kit “Salt wáter aquaculture”, MODEL AD-4 en el que se tiene de un intervalo de 0 a 10 mg/L.

Salinidad

Se analizó la muestra de agua con el test kit “Salt wáter aquaculture”, MODEL AD-4 donde se puede obtener la salinidad con un margen de error 0% y de 20% a una temperatura de 28°C.

Alcalinidad

La muestra de agua se realizó mediante un test kit “Salt wáter aquaculture”, MODEL AD-4 en el cual da un valor apropiado en el que se tiene un rango de 0.a 0.120 mg/L, a una temperatura de 30°C.

Análisis microbiológico

Toma de muestra

Se recolectaron 100 ml de agua estuarinas en frasco de vidrio estériles a una profundidad de 30 cm para su posterior análisis donde se trasladaron en una hielera a una temperatura de -4°C donde se analizaron las muestras de agua en el laboratorio de Microbiología de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH), Sub sede Acapetahua.

Análisis de muestra

Para los estudios de análisis microbiológicos se tomaron, 10 mL de muestra las cuales se inocularon en 100 mL de medio de cultivo de peptona de caseína y se incubaron en una incubadora giratoria, (thermo scientific, Max Q4000), a 150 rpm a una temperatura de 32 °C, durante 12 h.

Medios de cultivos

Agar citrato de Simmons

Se emplea para la diferenciación e identificación de Enterobacteriaceae y ciertos Hongos, basándose en la utilización del Citrato. Este medio se fundamenta en el distinto comportamiento de los Coliformes fecales y los Aerógenos en un ambiente que contiene sales inorgánicas de amonio como única fuente de nitrógeno y citrato como única fuente de carbono. En tal situación los primeros muestran su incapacidad de desarrollo, mientras que los segundos lo hacen sin dificultad. La presencia de azul de bromotimol hace que el medio, inicialmente verde, pueda cambiar de color por la producción de álcali, a un azul oscuro (Anexo 1).

Peptona de caseína

La peptona tiene una elevada concentración de Triptófano, el cual es degradado a Indol por un cierto número de microorganismos entre ellos *E. coli*. La detección de este producto se hace añadiendo el reactivo de OVACS después de la incubación. Este medio es adecuado para determinar los organismos Indol-positivos y puede utilizarse en lugar de los Caldos Triptófano. En usos generales se puede emplear para el cultivo de una gran variedad de microorganismos, siempre y cuando no presenten exigencias particulares. Se emplea como diluyente en muestras alimentarias, aguas y materiales diversos. Para la realización de la prueba del Indol en aquellos microorganismos capaces de producirlo (Anexo 2).

Agar Bilis Verde Brillante

Se emplea como medio selectivo y diferencial para determinar la densidad relativa de bacterias Coliformes en agua, aguas residuales y alimentos. La presencia conjunta del verde brillante y de la bilis hacen que el medio sea selectivo para bacilos Gram-negativos, los cuales al fermentar la

lactosa dan lugar a colonias intensamente rojas rodeadas de un halo rosa, que contrastan con el fondo verde azulado del medio (Anexo 3).

Agar Endo

Se emplea para la investigación y recuento de Coliformes en aguas, productos lácteos y alimentos en general. La presencia de Sodio Sulfito y Pararosanilina inhibe el crecimiento de las bacterias Gram-positivas. Además las proporciones de ambos son tales que la Pararosanilina se mantiene decolorada, de tal manera que sólo con el acetaldehído generado en la fermentación de la lactosa se consigue restablecer su color original. Así, las bacterias lactosa-negativas permanecerán incoloras, mientras que las lactosa-positivas toman un color rojo intenso que llega a colorear el medio que las rodea (Anexo 4).

Agar Mac Conkey

Medio de cultivo utilizado en la investigación de organismos coliformes. Por la presencia de las sales biliares y el cristal violeta se inhibe el crecimiento de las bacterias Gram-positivas. Por la presencia de la lactosa, las bacterias capaces de fermentarla acidifican el medio, cambiando el color del rojo neutro y formando colonias rojas o rosadas, pudiendo presentar un halo turbio correspondiente al precipitado biliar. Las bacterias lactosa-negativas dan colonias incoloras (Anexo 5).

Agar *Salmonella y Shigella*

Se emplea para el aislamiento de *Salmonella* y *Shigella* a partir de muestras de productos alimenticios u otros que pudieran contener estos gérmenes. Se trata de un medio altamente selectivo.

Por la presencia de las sales biliares, verde brillante y citrato se consigue la inhibición de las bacterias Gram-positivas (Anexo 6).

Agar de Recuento en Placas Difco (TM Plate Count Agar).

Base para el recuento de bacterias en agua, aguas de desechos, alimentos y productos lácteos (anexo 7) (22).

Aislamiento de microorganismo en medios de cultivos

Se aislaron microorganismos del medio del cultivo, por el método de estría cruzada. Los medios de cultivo a utilizar, se colocaron en matraces Erlenmeyer de 250 mL y se disolvieron mediante calentamiento utilizando un agitador magnético eléctrico (SCIENTIFIC MODELO CVP-3250A) posteriormente se esterilizaron en un auto clave vertical (AESA MODELO CV250) a 1.2 kg/cm^2 a una temperatura de $121 \text{ }^\circ\text{C}$ por 15 minutos. Se dejó enfriar para su posterior vaciado en placas Petri desechables usando una campana de flujo laminar (NOVATECH, MODELO: CFLH-90F LUZ BLANCA, UV). Las placas con los medios de cultivo se incubaron en una estufa de incubación (NOVATECH MODELO: E135-ED) a una temperatura de 37°C , durante 24-48 horas.

Tinción de Gram.

Se llevó a cabo mediante el método colorimétrico para la identificación de bacterias Gram positivos y Gram negativos (23).

Determinación de unidades formadoras de colonias (UFC).

Se realizaron determinaciones de células viables empleando diluciones decimales e inoculando micro muestras ($10 \mu\text{l}$) sobre cajas Petri con medio Agar de recuento en Placas Difco (TM Plate Count Agar). En cada caja se tuvieron cuatro diluciones y triplicado de cada dilución.

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Resultado de parámetros fisicoquímico del sistema lagunar Chantuto

Panzacola

En la tabla 1. Se presentan los datos obtenidos en parámetros físicos y químicos encontrados para el sistema lagunar Chantuto Panzacola, estos resultados fueron obtenidos el 11 de Noviembre al 22 de Noviembre del año 2014.

Tabla1. Parámetros Fisicoquímico del Sistema Lagunar Chantuto-Panzacola

Parámetros Fisicoquímico	Sitios de muestreo					
	Laguna Panzacola	(ARP)La Encantada	Laguna los Cerritos	Laguna Teculapa	Laguna Campón	(ARP) Los Novillos
Oxígeno disuelto (mg/L)	3.765	2.713	9.03	4.43	4.36	2.28
pH	7.04	7.138	7.67	6.78	6.7	6.46
Conductividad (µC)	0.94	0.85	0.94	0.09	1.04	0.07
Temperatura (°C)	29.82	28.723	29.43	30.05	30.98	27.46
ORP (mV)	39.1	32.67	28.77	61.5	53.23	49.83
Velocidad del agua (m/s)	0.22	0.143	0.24	0.453	0.867	0.35
Nitrito (mg/L)	0.05	0.05	0.25	0.05	0.05	0.05
Nitrato (mg/L)	0.25	0.25	0.25	0.05	0.05	0.05
Amonio (mg/L)	0	0	0.05	0.05	0.05	0.05
CO ₂ (mg/L)	0.605	0.32	0.11	0.21	0.21	0.23
Alcalinidad (mg/L)	0.85	0.683	0.803	0.8	0.76	0.73
Salinidad (mg/L)	0	0	0	0	0	0

ARP: Área de Reserva Pesquera

En el resultado del Oxígeno disuelto presento una variación marcada, distinguiendo notoriamente durante el tiempo de muestreo. Para el sitio de muestro denominado laguna Los Cerritos presentó un valor de 9.03 mg/L, mientras que el menor valor de concentración se obtuvo en la estación de muestreo Área de Reserva Pesquera (ARP) Los Novillos con 2.28 mg/L, esto fue durante el mes de Noviembre; en tanto que los valores del flujo de agua natural (velocidad del agua) presento valores que oscilaron de 0.14 m/s para el sitio de muestro ARP

La Encantada, hasta 0.87 m/s para el sitio de muestreo Laguna El Campón; encontrándose una tendencia inversamente proporcional entre los valores de Oxígeno disuelto y la Velocidad del agua, Figura 3.

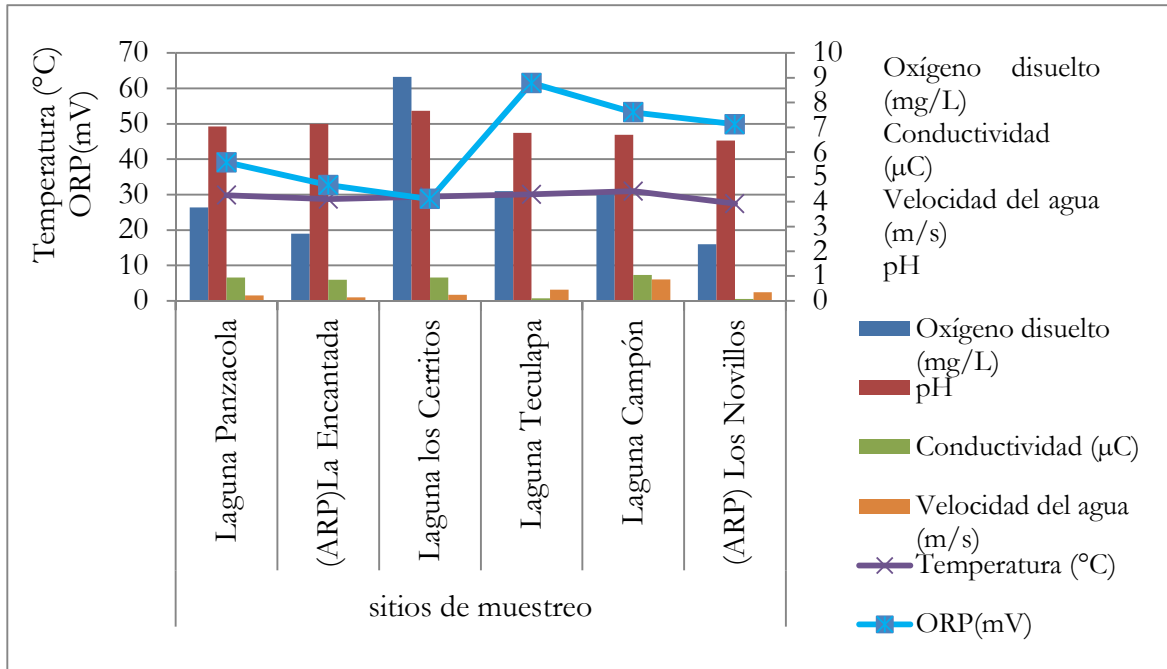


Figura 3. Parámetros fisicoquímicos para el sistema lagunar Chantuto- Panzacola.

Respecto a los valores encontrados de ORP con respecto al pH, podemos observar una tendencia inversamente proporcional, obteniéndose en el sitio de muestreo los cerritos el valor más bajo de ORP (28.77 mV), y el valor más alto de pH (7.67), ahora bien, el valor más alto de ORP se encontró en el sitio de muestreo la Laguna Teculapa con un valor de 61.5 mV y un valor de pH de 6.78, que aunque no es el valor más bajo, si se encuentra dentro del rango de los valores mínimos, figura 3.

De acuerdo al resultado encontrado de Conductividad del agua con respecto a la Temperatura, donde se observa claramente una relación proporcional, encontrándose el valor más alto de conductividad en el sitio de muestreo Laguna el Campón de 1.04 µC, presentándose así con un valor más alto de Temperatura 30.98°C, así mismo, el valor más bajo de Conductividad se encontró para el sitios de muestreo en ARP Los Novillos con un valor de 0.07 µC, mientras tanto el valor de la temperatura fue de 27.46, encontrándose una total comparación proporcional entre los valores de la Conductividad del agua y la Temperatura figura 3.

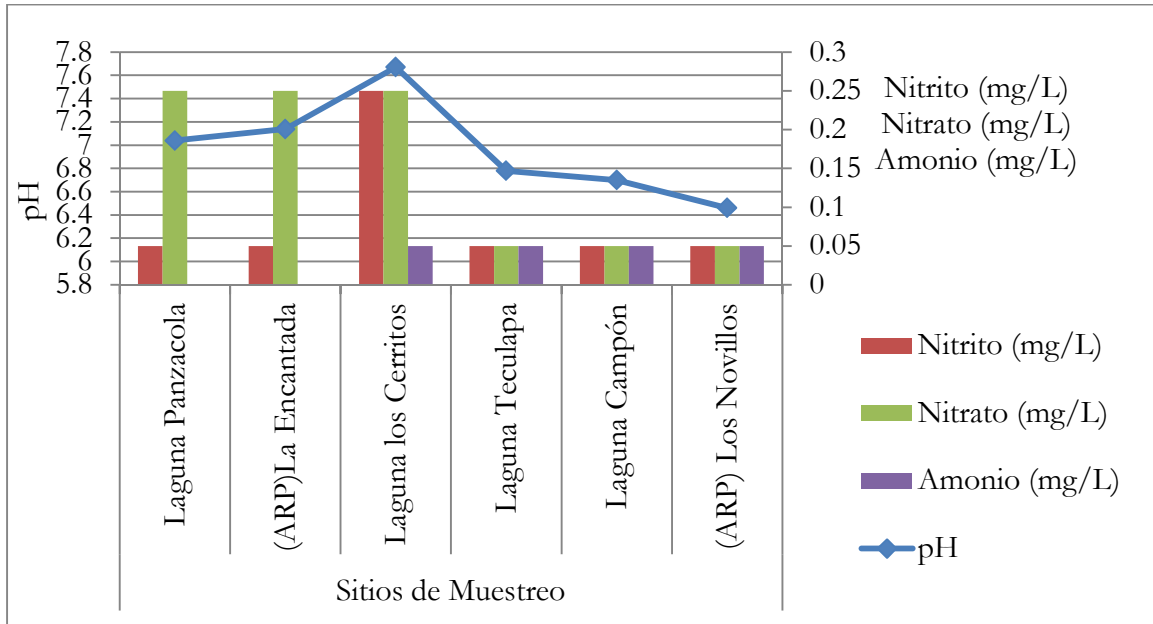


Figura 4. Parámetros fisicoquímicos formas nitrogenadas del sistema lagunar Chantuto-Panzacola.

Los valores de pH encontrados están en el rango de 6.46 a 7.67 en el sistema lagunar Chantuto-Panzacola, El valor más bajo de amonio se encontró en el sitio de muestreo Laguna Panzacola con 0 mg/L, siendo así, que el menor valor de pH fue de 6.48 para el sitio de muestreo ARP Los Novillos y el dato más alto de amonio se obtuvo en el sitio de muestreo Laguna los Cerritos con 0.05 mg/L, presentándose así el valor más alto de pH 7.67, el resultado obtenido en la concentración de Amonio en el agua se observó una relación entre el pH, cuando el pH aumenta el amonio disminuye se puede observar en la figura 4.

La concentración de Nitrito y Nitrato en el agua con respecto al pH presenta una relación positiva, es decir, que al aumentar la concentración de nitrito y Nitrato, aumenta el valor de pH. Registrando el valor más bajo de Nitrito y Nitrato para el sitio de muestreo ARP Los Novillo 0.05 mg/mL, y el valor más bajo de pH de 6.46, así mismo el valor más alto de Nitrito y Nitrato se encontró en la laguna Los Cerritos de 0.25 mg/mL, mientras que el valor más alto de pH fue de 7.67 en la laguna los cerritos encontrándose una relación proporcional con el pH, ya que se encontró entre los rangos de máximo y mínimo entre los valores de Nitrito, nitrato, figura 4.

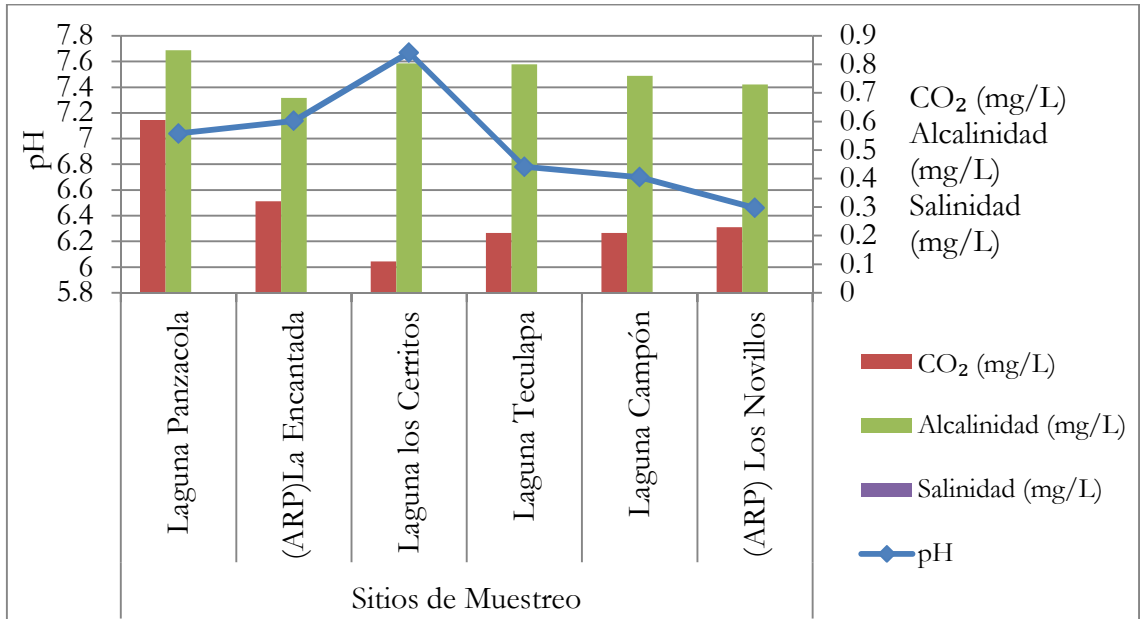


Figura 5. Parámetros fisicoquímicos formas nitrogenadas para el sistema lagunar Chantuto-Panzacola.

En los resultados encontrado de Alcalinidad de agua con respecto al pH, se observa una relación en donde se encontró la concentración más alta de Alcalinidad para la Laguna Panzacola con 0.85 mg/mL, presentando así también un valor más alto de pH 7.04, de la misma manera se encontró con la concentración más baja de Alcalinidad para el sitio de muestreo (ARP) Los Novillos de 0.73 mg/mL, siendo de la misma manera para el valor más bajo del pH fue de 6.46. Como podemos observar que para CO₂ con respecto al pH, se tiene un valor más alto para el sitio de muestreo Laguna Panzacola con 0.60 mg/mL presentándose así con un valor más alto pH 7.04, así mismo el valor más bajo de CO₂ se encontró para el sitio de muestreo en 0.11 mg/mL, mientras tanto el valor del pH 6.46, aunque no es el valor más bajo, si se encuentra dentro del rango de neutralización de 6 a 7.5, de la misma manera con respecto que se hace referencia que los valores de salinidad para este estudio no fueron perceptibles por haberse realizado el monitoreo terminada la temporada de lluvias en donde podemos observarlo en la figura 5.

Resultado microbiológico

En la identificación de coliformes totales y fecales para los sitios de muestreo del sistema lagunar Chantuto-Panzacola se encontró por debajo de la NOM-001-SEMARNAT-1997, en donde los parámetros fisicoquímicos son importante para determinación de coliformes totales y fecales ya que la presencia de bacterias aumenta esto debido a las entradas de los brazos de los ríos los cuales desembocan en el sistema lagunar Chantuto-Panzacola.

En la identificación de *Escherichia coli*, coliformes totales y fecales en agua los resultados obtenidos en los meses de noviembre y enero se reflejan que hay mayor contaminación en los sitios de muestreo de Chantuto Panzacola por aportación de materiales y solidos suspendidos, las coliformes totales y fecales en agua aumenta, debido a que la región la temporada de lluvia comienza en mayo y se extiende hasta noviembre, tiempo en el cual los aportes de agua dulce incrementan el volumen del sistema lagunar Chantuto Panzacola , dado que las concentraciones más elevada coinciden con la época de lluvia porque su presencia microbiológica tiende a disminuir, debido a los parámetros fisicoquímicos registrados en el periodo de muestreo favorecen la presencia de bacterias patógenas registrando la presencia de *Salmonella*, *Enterobacter*, *Shigella*, *E. coli*, microorganismos que están asociados a provocar la descomposición de los pescados, generando pérdidas en la producción y disminución de los ingresos económicos a las sociedades cooperativas pesqueras en donde se observa en la tabla (2).

Tabla 2. Identificación de coliformes totales y fecales para el sistema lagunar Chantuto Panzacola.

Medios de cultivo	<i>E. Coli</i>	<i>Shigella</i>	<i>Salmonella enteritidis</i>	<i>Fecales</i>	<i>Enterobacter aerogenes</i>	Forma de la colonia	Elevación de la colonia	Bordes	Superficie
Agar Mac Conkey	+	+	+	-	+	P	C	O	L
Agar Citrato de Simmons	-	-	+	-	+	I	C	E	L
Agar <i>Salmonella</i> y <i>Shigella</i>	+	+	+	-	-	C	C	L	R
Agar Bilis Verde Brillante	+	-	+	-	+	P	C	O	L
Agar Endo	+	+	+	-	+	P	C	L	R

C=Circular P=Puntiforme L=Lisa O=Ondulado P=Plana (+) Presencia (-) Ausencia F=Fusifforme P=Plegada E=Entero L=Lobulado E=Elevada I=Irregular R=Rizoide R=Rugosa F=Filamentoso C=Convexa

Crecimiento de microorganismos patógenos en el sistema lagunar Chantuto-Panzacola

En la tabla 3. Se observa el crecimiento de microorganismo realizado mediante el método de cuantificación en placas 3M Petri film 6404, durante la 24hr. Para la cuantificación de coliformes totales y fecales, se realizó una dilución de 1×10^4 ufc/mL, en los diferentes sitios de muestreo del sistema lagunar Chantuto Panzacola, sin embargo, en la dilución realizada no se obtuvo crecimiento microbiano.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la cuantificación de unidades formadoras de colonia (ufc) presento una variación marcada, distinguiendo notoriamente durante el tiempo de muestreo. Para el sitio de muestreo la laguna Campón presento un valor de 4.6×10^3 ufc/mL, mientras que el valor más bajo de unidades formadoras de colonia (ufc) se obtuvo en el sitio de muestreo la laguna Encantada con 1×10^3 ufc/mL, esto fue el 11 de Noviembre del 2014; por lo tanto los valores de las unidades formadoras de colonia (ufc) los resultados obtenidos del agua

de estero mostró variaciones con respecto a la Temperatura , Oxígeno disuelto y el pH, coincidiendo valores altos con respecto a unidades formadoras de colonia (ufc) con el incremento del pH y el CO₂ es bajo lo que explica el incremento en unidades formadoras de colonia y la proliferación microbiológica. Dado que para el sitio de muestreo la laguna el Campón con un valor máximo de 1.24x10¹⁰ ufc/mL, ahora bien presentando el valor más bajo en la cuantificación de las coliformes totales y fecales se encontró en el sitio de muestreo la Laguna Panzacola con un valor que fue 1.3x10³ ufc/mL.

Tabla 3. Cuantificación de unidades formadoras de colonia (ufc).

Sitios de Muestreo	UFC/mL	
	11/11/2014	22/11/2014
Laguna Panzacola	1.1x10 ³	1.3x10 ³
Laguna Encantada	1x10 ³	6x10 ³
Laguna Teculapa	5x10 ³	4.9x10 ⁶
Laguna Los Cerrito	1.2x10 ³	4.1x10 ⁶
Laguna Campón	4.6x10 ³	1.24x10 ¹⁰
ARP Los Novillo	1.4x10 ³	1.85x10 ⁹

CONCLUSIÓN

Esta investigación nos permitió observar el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos de sistema lagunar Chantuto Panzacola, teniendo como resultado que los valores más altos se encuentran en el sitio de muestreo Laguna Teculapa y en la Laguna el Campón.

La carga microbiológica del sistema lagunar presento los valores más altos para los mismos sitios de muestreo (Teculapa y Campón) encontrándose así un relación directamente proporcional en cuanto a la calidad del agua del sitio, situación que podría generar un problema de deterioro de productos pesqueros.

Se identificaron coliformes totales y fecales que podrían generar un problema en el deterioro de los productos pesqueros de las pesquerías del sistema lagunar, siendo Campón donde se presentaron los valores más altos de coliformes totales y fecales al igual que el sitio de muestreo laguna Teculapa.

En base a lo anteriormente planteado, se concluye lo siguiente: La carga microbiológica del sistema lagunar se ve afectada por la calidad del agua del sitio, tal y como se demuestra con los resultados obtenidos en la presente investigación.

RECOMENDACIONES

Basados en los resultados obtenidos en la presente investigación, se recomienda lo siguiente:

- Realizar monitoreo más frecuentes para determinar los parámetros fisicoquímico y microbiológico en el sistema lagunar Chantuto Panzacola.
- Mayor control en las descargas de los drenajes, debido a que estos desechos se descargan en los ríos; donde está afectando a la biota acuática y a la calidad de pesca dentro del sistema lagunar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bacterias Coliformes totales, fecales y patógenas en el sistema lagunar Chantuto-Panzacola, Chiapas, Mexico. **Becerra-Tapia N., A.V. Botello.** 1-2, Mexico : s.n., 1995, Vol. 5.
2. Modelo de simulación en la ecotoxicología de la zona costera. **C., Barcenas.** 1, Mexico : s.n., 2002, Vol. 3.
3. **Espinosa, Francisco Contreras.** Ecosistemas Costeros Mexicanos una actualización. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa Vicentina Mexico : s.n., 2010. 186.
4. Caracterización estacional de las condiciones físico-químicas y de productividad primaria fitoplanctónica de dos lagunas costeras tropicales del estado de Chiapas, México. **Francisco José Gutiérrez Mendieta, Francisco Varona Cordero, Francisco Contreras Espinosa.** 2, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa : Hidrobiológica, 2006, Vol. 16. 137-146.
5. La contaminación en los sistemas lagunares estuarinos de la costa mexicana. **M., Jose Luis Carbajal P. Deneb Chavira.** 20, Mexico : s.n., 2015, Vol. 3. 59-60.
6. Caracterización estacional de las condiciones físico-químicas y de productividad primaria fitoplanctónica de dos lagunas costeras tropicales del estado de Chiapas, México. **Gutiérrez-Mendieta F. J., F. Varona-Cordero y F. Contreras-Espinosa.** Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Mexico : HIDROBIOLOGICA, 2006.
7. Calidad físico-química y microbiológica del agua en parques acuáticos. **Beatriz Helena Díaz-Solano, María Vicenta Esteller.** Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México. : s.n., 2011.
8. Caracterización estacional de las condiciones físico-químicas y de productividad primaria fitoplanctónica de dos lagunas costeras tropicales del estado de Chiapas, Mexico. **Francisco José Gutiérrez Mendieta, Francisco Varona-Cordero y Francisco Contreras Espinosa.** 2, Estado de Chiapas, Mexico : s.n., 2006, Vol. 16.

9. Efecto de las lluvias sobre la calidad del agua en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. **Severiche, Arnaldo José Barreto Lezama – Carlos Alberto.** Universidad de Manizales Caribe Colombia : s.n., 2009.
10. Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. **Martel, Quím. Ada Barrenechea.** 2014. CAPÍTULO 1.
11. **Espinosa, Francisco Contreras.** Ecosistema Costeros Mexicanos una Actualización. Mexico : Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, 2010.
12. Distribución de nitritos en las aguas Costeros Ecuatorianas. **Pacífico, Acta Oceanográfica.** 1, 1983, Vol. 2.
13. Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos (aguas, sedimentos y organismos). **Andrés, José Benito Vives.** Instituto de investigación marinas y costeras : Ed. Precolombi - David Reyes, Julio de 2003.
14. **Guadalupe de la Lanza Espino, Carlos Cáceres Martínez, Salvador Adame Martínez, salvador Hernandez Pulido.** Diccionario de Hidrobiología y Ciencias Afines. [aut. libro] Manuel María Contreras. Diccionario de Hidrobiología y Ciencias Afines. Ciudad de Mexico : Editado en Mexico , Julio del 1999.
15. Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas. **Barba”, Antonio Aznar Jiménez.** Instituto Tecnológico de Química y Materiales “Álvaro Alonso. 23, 2000, Vol. 2.
16. Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón. **Boyd, Claude E.** Auburn University, Alabama 36849 USA : s.n., 2013.
17. Manual de uso de indicadores de la calidad de las aguas marinas y costeras de Colombia. **Luis J, vivas- aguas.** 5, 2007, Vol. 2.
18. Manual de técnicas analíticas para determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos: aguas, sedimentos y organismos. **Garay, J. A., Betancourt, J. M., Ramirez, G., Marin, Bmes. Panizzo, L. Lesmes, L. Sanchez, E., lozano, H. Franco, A.** 177.p, Santa Marta : s.n., 2003. invermar.

19. Acquatron parametros fisico-quimicos: Potencial Oxireduccion. **Ramírez, Carlos María.** Ciudad Autonoma de Buenos Aires Argentina : 2463, 2015.
20. **Carlos Gamazo, Ignacio López-Goñi, Ramón Díaz.** Manual práctico de microbiología. Barcelona (España) : 3 a Edición, 2005. 08021.
21. Tecnicas para el analisis microbiologico. **Camacho, A., M. Giles.A Ortegon, M Palao, B. Serrano Velazquez.** Mexico : s.n., 2009.
22. Manual Basico de Microbiología. **Cultimed, Panreac.** 2003.
23. **Carlos Gamazo, Ignacio Lopez-Goñi,Ramón Díaz.** Manual practico de Microbiología. Barcelona (España) : ELSERVIER MASSON, 2005.
24. Dinámica de las bacterias anaeróbicas en las fases terminales de la mineralización de la materia orgánica en el sedimento de los ecosistemas Carretas-Pereyra y Chantuto-Panzacola. **María del Rocío Torres Alvarado, Francisco Fernández P.,Irene de los Ángeles Barriga Sosa y Florina Ramírez Vives.** 1, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa : DEPARTAMENTO DE HIDROBIOLOGIA, 2066, Vol. 16.
25. Bacterias Coliformes totales,fecales y patogenas en el sistema lagunar Chantuto-Panzacola, Chiapas, Mexico. **N.Becerra-Tapia, y A.V.Botello.** Mexico : s.n., 1995.
26. **Agua, Quimica del.** <http://www.quimicadelagua.com>. [En línea] 21 de marzo de 2015.

ANEXOS

Anexo 1. Agar Citrato de Simmons

Se suspendieron 1.089 g en 45mL de agua destilada; calentar y agitar hasta ebullición y hervir durante 1 minuto. Distribuir y esterilizar a 121°C durante 15 minutos.

Fórmula (por litro)

Tri-Sodio Citrato.....	2.0 g
Amonio di-Hidrógeno Fosfato.....	1.0 g
Azul de Bromotimol.....	0.08 g
Magnesio Sulfato.....	0.2 g
Di-Potasio Hidrógeno Fosfato.....	1.0 g
Sodio Cloruro.....	5.0 g
Agar.....	15.0 g
pH final:	6. 9 ±0. 2

Anexo 2. Peptona de Caseína

Se suspendieron 0.05g en 50mL de agua destilada y 0.425g de sal en 50mL de agua destilada; calentar y agitar hasta ebullición total. Esterilizar en autoclave a 121°C durante 15 min.

Anexo 3. Agar Bilis-Verde Brillante

Se suspendieron 0.92 g en 45mL de agua destilada; calentar y agitar hasta ebullición y hervir durante 1 minuto. Distribuir y esterilizar a 121°C durante 15 minutos.

Fórmula (por litro)

Bilis de Buey.....	2.95 mg
Verde Brillante.....	29.5 mg
Erioglaucina.....	64.9 mg
Fucsina Básica.....	77.6 mg
Hierro (III) Cloruro.....	29.5 mg
Lactosa.....	1.9 g
Peptona de Gelatina.....	8.25 g
Potasio di-Hidrógeno Fosfato.....	15.3 mg

Sodio Sulfito..... 0.205 g
Agar..... 10.15 g
pH final: 6.9 ±0.2

Anexo 4. Agar BBL Endo

Se suspendieron 1.8675 g en 45 de agua destilada; calentar y agitar hasta ebullición y hervir durante 1 minuto. Distribuir y esterilizar a 121°C durante 15 minutos. Prepararlo poco antes de su utilización. Incubar a 37°C de 18 a 24 horas.

Fórmula (por litro)

Lactosa..... 10.0 g
Peptona..... 10.0 g
Tri-Potasio Fosfato..... 3.5 g
Sodio Sulfito..... 2.5 g
Agar..... 10.0 g
pH final: 7.5 ±0.2

Anexo 5. Agar Mac Conkey

Se suspendieron 2.25 g en 45mL de agua destilada; calentar y agitar hasta ebullición y hervir durante 1 minuto. Esterilizar a 121°C durante 15 minutos. Dejar enfriar hasta 45°C y distribuir en placas de Petri estériles con 20 mL en cada una. Dejar solidificar las placas parcialmente destapadas.

Fórmula (por litro)

Lactosa..... 10.0 g
Peptona..... 3.0 g
Sales Biliares..... 1.5 g
Peptona de Gelatina..... 17.0 g
Rojo Neutro..... 0.03 g
Sodio Cloruro..... 5.0 g
Violeta Cristal..... 0.001 g
Agar..... 13.5 g
pH final: 7.1 ±0.2

Anexo 6. Agar *Salmonella* y *Shigella*

Se suspendieron 2.7 g en 45mL de agua destilada; calentar y agitar hasta ebullición y hervir durante 1 minuto. NO ESTERILIZAR EN AUTOCLAVE. Dejar enfriar hasta 45-50°C y distribuir en placas de Petri estériles, empleando 20 mL por placa. Dejar solidificar el medio.

Fórmula (por litro)

Extracto de Carne.....	5.0 g
Hierro (III) Citrato.....	1.0 g
Lactosa.....	10.0 g
Peptona.....	5.0 g
Sales Biliares.....	8.5 g
Rojo Neutro.....	0.025 g
Tri-Sodio Citrato.....	8.5 g
Sodio Tiosulfato.....	8.5 g
Verde Brillante.....	0.330 mg
Agar.....	13.5 g
pH final:	7.0 ±0.2