

 EDUCACIÓN <small>SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA</small>	SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO	
	INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BOCA DEL RÍO	
	Portada del Proyecto de Residencias Profesionales	

Nombre del Proyecto:

Caracterización batimétrica, de variables fisicoquímicas y biológicas de dos sitios de extracción del caracol tegogolo (*Pomacea patula catemacensis*) en el lago de Catemaco, durante la temporada de lluvias

Nombre del Alumno

Miguel Angel Maza Reyes

Numero de Control

15990748

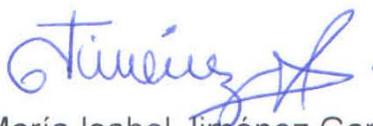
Nombre de la Carrera

Biología

Especialidad

Marina


Dra. Ana Lilia Gutiérrez Velázquez
 Nombre del Asesor Interno


Dra. María Isabel Jiménez García
 Nombre Asesor Externo



AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi agradecimiento al ITBOCA, y al DEPI, por darme la oportunidad de realizar mi Residencia Profesional y prestar sus Instalaciones.

Al TecNM por el financiamiento a través del proyecto “Biología reproductiva, crecimiento y supervivencia de *Pomacea patula catemacensis* (Mollusca: Gastropoda) y *Xiphophorus kallmani* (Pisces: Poeciliidae), especies con potencial acuícola” (Proyecto: 5373.19-P) otorgado a la Dra. Ma. Isabel Jiménez García.

A la Dra. María Isabel Jiménez García, por brindarme la oportunidad de realizar mi Residencia Profesional en el Laboratorio de Peces, Parasitología y Sanidad Acuícola, así como por el apoyo durante el proyecto.

A la Dra. Ana Lilia Gutiérrez Velázquez y al Dr. Leonardo Ortiz Lozano, por el apoyo y asesoría en trabajo de campo y por la oportunidad de tomar el curso de SIG que impartieron (enero, 2020).

Al M. C. Irán Luna Vivaldo, por la asesoría técnica y teórica del manejo y análisis de muestras de suelo.

Al Dr. Jacobo Santander Monsalvo, por el apoyo en trabajo de campo.

A la Dra. Galdy Hernández Zárate, responsable del Laboratorio de Agua-Suelo-Planta, y a la Quím. Nora Aida Hernández Avendaño, Técnico Analista del Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas - Campus Veracruz por la asesoría y ayuda para la evaluación de material orgánica.

Al Ing. Mauricio Salvador Pérez Hernández, por brindar equipo de utilidad para el análisis granulométrico de sedimento.

Al C. José Iván Germán Cruz, de oficio pescador, por su valiosa contribución y apoyo en el trabajo de campo.

RESUMEN

El Lago de Catemaco forma parte de la cuenca baja del río Papaloapan en la región de los Tuxtlas, es un lago con una superficie de 7,254 ha y un volumen de 551.52 Mm³. Dentro del Lago de Catemaco habita el caracol tegogolo (*Pomacea patula catemacensis*), especie endémica de gran importancia pesquera, cuya captura se realiza por medio de buceo libre y se comercializa en fresco o preparado en coctel. De acuerdo a datos oficiales en los últimos años, la captura de caracol tegogolo (*P. p. catemacensis*) ha disminuido más del 70%, esto debe estar afectando al sector pesquero, pues dicho caracol ocupa el tercer lugar como recurso extraído del Lago de Catemaco. A pesar de dicha problemática, son escasos los estudios sobre las posibles causas del descenso de las poblaciones del caracol; y no existen datos acerca de los factores abióticos relacionados con la biología o ecología del mismo. Por tanto, el presente trabajo presenta la caracterización batimétrica y de variables físicas y químicas de tres sitios del Lago de Catemaco, dos de fuerte extracción: Isla Agaltepec (A) y Los Castillos (C), y el tercero, de no extracción (NE), debido a su escasez de organismos. Respecto al estudio biológico, se determinó la captura por unidad de esfuerzo (CUE) del caracol tegogolo, en términos del tiempo de captura de 61 caracoles por parte del pescador por hora; en la Isla Agaltepec se presentó un peso promedio de 17.54 ± 5.65 g, y una longitud total promedio de la concha de 41.63 ± 4.34 mm; mientras que en Los Castillos, el peso fue de 5.43 ± 1.78 g con una longitud total promedio de la concha de 28.28 ± 3.22 mm. En el análisis químico de sedimento en los tres sitios (A, C, NE), la cantidad de materia

orgánica (MO) fluctuó de .59% a 6.10% en la Isla Agaltepec, lo que corresponde a suelos de baja y muy baja concentración de MO; de 8.62% a 11.31% (media-alta concentración de MO) en Los Castillos, y entre 7.66% a 8.68% (media concentración de MO) en el sitio sin extracción. El fosfato (PO_4) y el pH fueron mayores en los sitios con mayor carga de MO, 0.25 mg/l de PO_4 y pH promedio de 6.67 ± 0.125 ; en la Isla Agaltepec, 1mg/l PO_4 y pH de 6.64 ± 0.094 en los Castillos, y 3.50 mg/l PO_4 y pH de 6.29 ± 0.034 en el sitio sin extracción. Los valores del calcio (Ca), no presentaron un patrón definido, pero tendió a ser mayor en los sitios de mayor carga de MO, con cantidades <20 mg/l en la Isla Agaltepec, de <20 a 60 mg/l en Los Castillos, y de <20 a 40 mg/l en el sitio de no extracción. Respecto al análisis físico del suelo, en la Isla Agaltepec la textura del sedimento resultó ser sedimento arenoso, con contenido promedio de humedad (W%) de $26.13 \pm 2.51\%$, en Los Castillos y en el sitio de no extracción, la textura mostró ser un suelo franco limoso, con W% promedio de $77.51 \pm 2.44\%$ y 74.37 ± 1.22 , respectivamente. Las diferencias en los valores de pH, calcio (Ca), fosfato (PO_4), materia orgánica (MO), humedad relativa W%, y textura entre los 3 sitios de muestreo durante la temporada de lluvias podrían estar relacionados con la longitud del caracol tegogolo (*P. p. catemacensis*), y ello requiere de más estudios para confirmarlo. Es de gran importancia incluir el análisis de los factores abióticos y su relación con la abundancia y talla de los “tegogolo” para poder conocer cuáles variables tienen mayor influencia sobre las poblaciones de los caracoles comestibles de Catemaco, especie de gran importancia ecológica y pesquera.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	I
RESUMEN	II
ÍNDICE.....	IV
INTRODUCCIÓN	1
2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y PUESTO DEL ESTUDIANTE.....	3
2.1. Datos de la institución	3
2.1.1. Organigrama	4
2.1.2. Misión	4
2.1.3. Visión.....	4
2.1.4. Política de Calidad.....	5
2.1.5. Valores	5
2.2. División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI)	6
2.2.1. Laboratorio de Peces, Parasitología y Sanidad Acuícola	7
3. PROBLEMAS A RESOLVER	8
4. OBJETIVOS	8
4.1. Objetivo general.....	8
4.2. Objetivos específicos	8
5. JUSTIFICACIÓN	9
6. MARCO TEÓRICO	11
6.1. Lago	12
6.1.1. Zonación de un lago.....	12
6.1.2. Clasificación por nutrimentos	13
6.1.3. Formación de los lagos	13
6.2. Parámetros morfométricos	13
6.3. Variables fisicoquímicas.....	14
6.3.1. Radiación solar.....	14
6.3.2. Gases disueltos	15
6.3.2.1. Oxígeno.....	15
6.3.2.2. Dióxido de carbono (CO₂).....	15
6.3.3. pH.....	16
6.3.4. Materia orgánica.....	17

6.3.5. Iones en el agua.....	17
6.4. Caracol Tegogolo (<i>Pomacea patula catemacensis</i>)	19
7. METODOLOGÍA	21
7.1. Selección de sitio	21
7.1.1. Macro localización.....	21
7.1.2. Micro localización.....	23
7.2. Obtención de muestras	24
7.3. Análisis de muestras	25
7.3.1. Biometría de caracol Tegogolo (<i>Pomacea patula catemacensis</i>)	25
7.3.2. Análisis de variables físicas y químicas suelo lacustre	26
7.3.2.1. Contenido de humedad del sedimento	26
7.3.2.2. Granulometría.....	26
7.3.2.3. Ca, PO ₂ , NO ₂ y pH.....	27
7.3.2.4. Materia orgánica (MO).....	27
8. RESULTADOS	30
8.1. Captura por unidad de esfuerzo	30
8.2. Biometría	31
8.3. Contenido de Humedad.....	34
8.4. Granulometría	34
8.5. Variables químicas	35
8.6. Materia orgánica (MO)	37
9. ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN	38
9.1. Trabajo de campo	38
9.2. Trabajo de laboratorio	39
9.3. Trabajo de gabinete	39
10. CONCLUSIONES	40
11. COMPETENCIAS DESARROLLADAS	41
12. FUENTES DE INFORMACIÓN	42
13. REFERENCIAS	42
14. ANEXOS	44

INTRODUCCIÓN

Catemaco es un municipio que se localiza en la sierra de los Tuxtlas, zona sur del Estado de Veracruz, en las coordenadas 18° 25' latitud norte y 95° 07' longitud oeste, a una altura de 340 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con el Golfo de México, al este con Mecayapan, al sureste con Soteapan, al sur con Hueyapan de Ocampo y al oeste con San Andrés Tuxtla. Su distancia aproximada por carretera a la capital del estado es de 220 Km. Respecto a la gastronomía, esta se basa en diversas especies nativas, endémicas e introducidas las cuales coexisten en la región, tales como los topotes, los tegogolos (caracol de agua dulce), anguila, la tilapia, así como la tradicional carne de chango (carne de cerdo ahumada) con diferentes hojas de olor que le dan un aspecto rojizo y un sabor muy parecido a la carne de mono (H. Ayuntamiento de Catemaco, s.f.).

El lago tiene una extensión de 11 km. de ancho por 8 de largo, rodeado por exuberante vegetación, dentro de ella se encuentran varias islas como la de Tanaxpillo, también llamada la de los monos, porque en ella existen desde 1979 una colonia de macacos rabones traídos de Tailandia y los cuales han desarrollado la habilidad para nadar, otra es la de las Garzas, donde se refugian parvadas de distintas especies que sobrevuelan el lago. Se encuentra irrigado por los ríos San Juan Michapan, Comoapan, San Andrés y Grande; cuenta con una albufera en Sontecomapan, un lago y 12 pequeñas islas en su interior. El lago desagua por medio del río San Andrés, que va a formar la cascada de

Tepepa. Su clima es cálido-húmedo con una temperatura promedio de 23 °C; su precipitación pluvial media anual es de 1900 mm. (H. Ayuntamiento de Catemaco, s.f.). Dentro del Lago de Catemaco se encuentra el caracol tegogolo (*P. p. catemacensis*), especie endémica de gran importancia pesquera, cuya captura se realiza por medio de buceo libre y se comercializa en fresco (Lorán et al., 2013). Desde hace algunos años, el caracol tegogolo (*P. p. catemacensis*) ocupa el tercer lugar de importancia en la extracción pesquera del Lago de Catemaco, donde se captura usualmente en profundidades de 1 a 4 m (Linton, 2019).

El objetivo de este trabajo fue determinar si existe asociación entre los valores de algunas variables abióticas y el tamaño y esfuerzo de pesca entre dos sitios de extracción pesquera de caracol tegogolo (*Pomacea patula catemacensis*) y un sitio que no es utilizado por los pescadores de tegogolo debido a que no hay caracoles. Para ello, se analizaron las características físicas (textura y contenido de humedad) y químicas (fosfatos, pH, calcio y materia orgánica) del sedimento lacustre de los sitios de extracción (Isla Agaltepec y Los Castillos) y del sitio sin extracción. Debido a que el tegogolo es una especie bentónica, es necesario conocer variables fisicoquímicas del sustrato que habita regularmente, empezando así a generar información básica relevante acerca del biotopo de la especie en cuestión y las tallas y esfuerzo de captura en los sitios seleccionados, a fin de establecer posibles relaciones entre la biología de la especie con algunas características limnológicas en las que se desarrolla.

2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y PUESTO DEL ESTUDIANTE

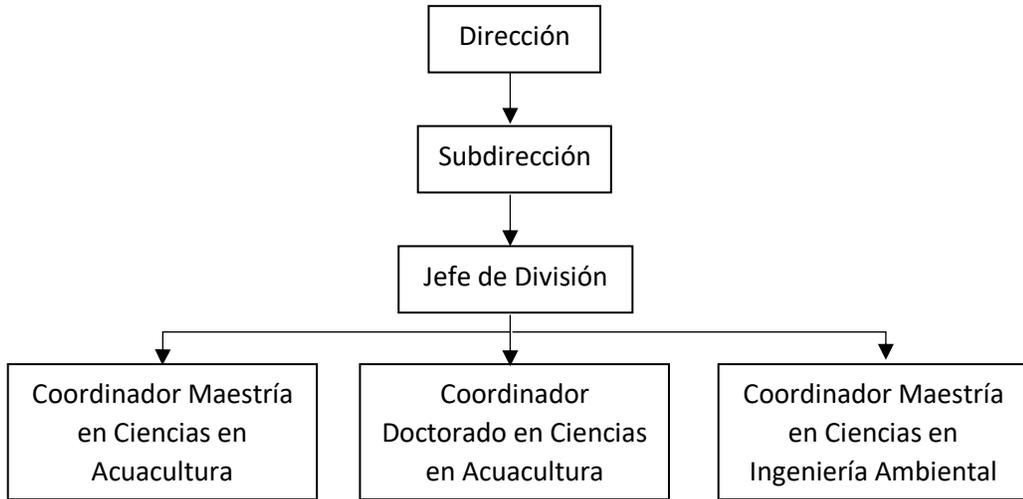
2.1. Datos de la institución

El Tecnológico Nacional de México (TecNM) es una dependencia educativa con reconocimiento a nivel nacional e internacional, donde se educan a los profesionistas y posgraduados que la sociedad requiere para el desarrollo del país. Todo el personal que colabora dentro del TecNM tiene el firme compromiso con la sociedad de ofrecer una educación de excelencia en forma gratuita.

El TecNM establece el compromiso de que el personal desempeña su trabajo con base en los valores y principios éticos contenidos en el Código de ética y de Conducta que garantizan el orden, la seguridad, la igualdad y no discriminación establecido en la NMXR-025-SCFI-2015 y en el Programa Institucional de Innovación y Desarrollo 2013 – 2018 (PIID), en su estrategia transversal III.1, estrategia 3 de igualdad de oportunidades y no discriminación contra las mujeres

El Instituto Tecnológico de Boca del Río (ITBOCA) cuenta con una superficie aproximada de siete hectáreas, distribuidas en diferentes áreas, destinadas a actividades administrativas, atención a estudiantes, docencia e investigación.

2.1.1. Organigrama



2.1.2. Misión

Contribuir a la conformación de una sociedad más justa, humana y con amplia cultura científico-tecnológica, mediante una educación equitativa en su cobertura y de alta calidad.

2.1.3. Visión

Ser un Instituto Tecnológico de alto desempeño que sea soporte del desarrollo acuícola e industrial sostenido, sustentable y equitativo de la región, de la nación y del fortalecimiento de su diversidad cultural.

2.1.4. Política de Calidad

En el Instituto Tecnológico de Boca del Río nos comprometemos a proporcionar permanentemente enseñanza que satisfaga los requisitos legales, y reglamentarios pertinentes de las partes interesadas definidos mediante el contexto interno y externo; logrando el aumento de su satisfacción, a través de la aplicación eficaz del sistema de gestión, mejorando continuamente apoyando al logro de la planeación estratégica de la institución, conforme a la norma ISO 9001:2015.

2.1.5. Valores

A fin de guiar y orientar las acciones cotidianas de todo su personal, el Instituto Tecnológico de Boca del Río define los siguientes valores Institucionales:

Respeto: Miramiento, consideración, deferencia.

Puntualidad: Disciplina de estar a tiempo para cumplir nuestras obligaciones.

Honestidad: Cualidad humana por la que la persona se determina a elegir actuar siempre con base en la verdad y en la auténtica justicia, dando a cada quien lo que le corresponde, incluida ella misma.

Tolerancia: Respeto a las ideas, creencias o prácticas de los demás cuando son diferentes o contrarias a las propias.

Responsabilidad: Es una obligación, ya sea moral o incluso legal de cumplir con lo que se ha comprometido.

2.2. División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI)

Las áreas asignadas a la División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI), son de uso común del personal docente, de investigación y estudiantes adscritos al Posgrado, así como apoyo a profesores invitados y colaboradores externos incluidos dentro de un marco referencial de acuerdos o convenios de vinculación.

La DEPI tiene a su cargo 10 áreas de investigación distribuidas en cuatro espacios climatizados y una en condiciones ambientales, que se integra de la siguiente manera: Laboratorio de Investigación en Recursos Acuáticos (LIRA), que constituyen las áreas de Microbiología y Biología Molecular, Histología en recursos acuáticos, Toxicología acuática, y de Nutrición Acuícola. Laboratorio Experimental y de Acuicultura Aplicada (LEAA) que integra las áreas de Investigación, Cultivo de Moluscos y de Manejo post cosecha. El Laboratorio de Investigación y Cultivos Acuícolas (LICA) que integra el área de cultivo de peces, cultivo de crustáceos nativos y de cultivo de alimento vivo. Laboratorio de investigación en biotecnología acuícola (LIBA).

2.2.1. Laboratorio de Peces, Parasitología y Sanidad Acuícola

En el Laboratorio de Peces, Parasitología y Sanidad Acuícola (Fig.1), lugar donde se desarrolló la residencia, cuenta con instalaciones climatizadas, área de análisis, área de reproducción, área de cultivo de apoyo, oficina y sanitario. El puesto ejercido fue de asistente de laboratorio y de campo, trabajado desde la colecta de muestras y análisis de las mismas.

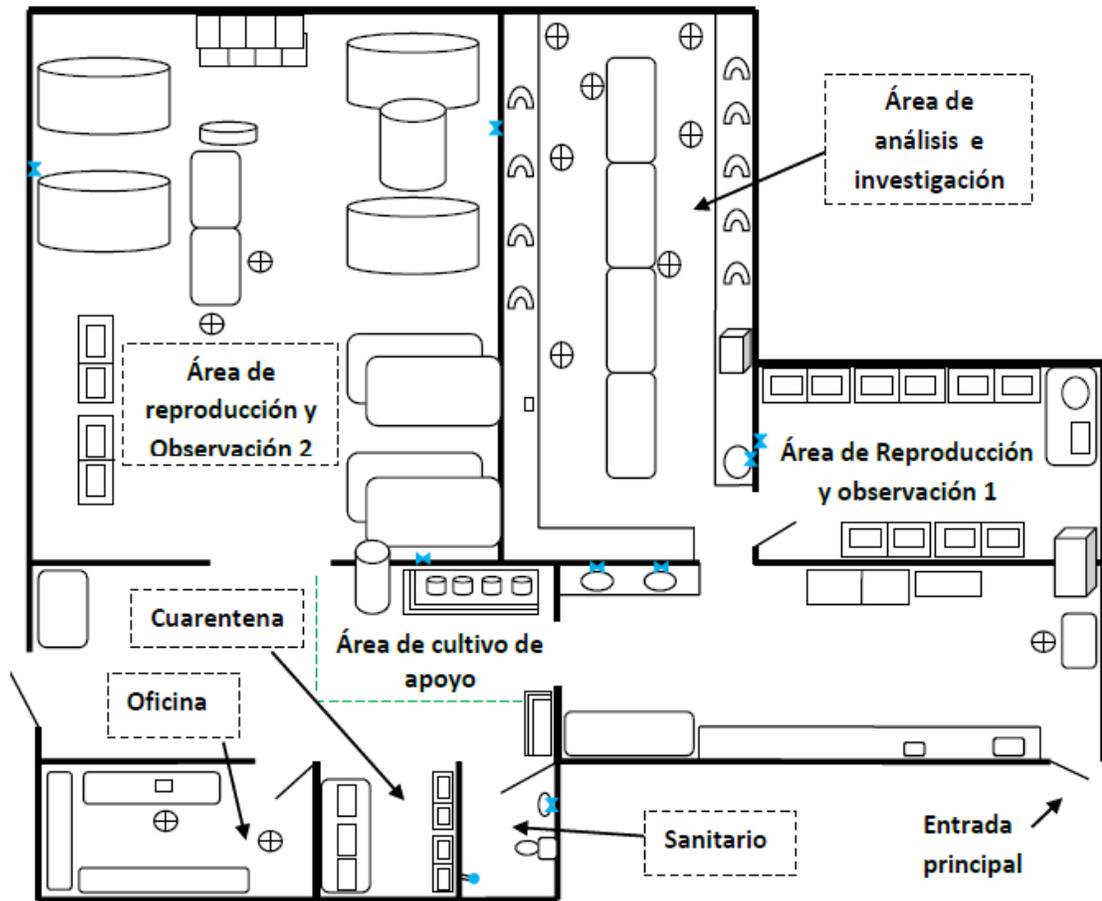


Fig. 1. Diagrama del Laboratorio de Peces, Parasitología y Sanidad Acuícola.

3. PROBLEMAS A RESOLVER

En virtud de la relevancia ecológica y pesquera que tiene el caracol tegogolo (*P. p. catemacensis*), por ser presa de diversos vertebrados del lago de Catemaco; por sus hábitos alimenticios, omnívoros con tendencias a la herbivoría, y por su relevancia para el sector pesquero, ocupando el tercer recurso pesquero de mayor importancia en la región montañosa de Los Tuxlas, Ver., el presente trabajo aborda un tema de alto impacto ambiental-social y económico, generando información relevante sobre algunas de las características abióticas en las que se encuentra el caracol tegogolo (*P. p. catemacensis*), y cómo éstas pueden asociarse en la talla de los organismos y el esfuerzo pesquero.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Evaluar posibles asociaciones entre el perfil batimétrico y de algunas variables fisicoquímicas con la biota bentónica presente en dos sitios de extracción del caracol Tegogolo (*P. p. catemacensis*)

4.2. Objetivos específicos

1. Determinar la profundidad (Z) de extracción de caracol Tegogolo (*P. p. catemacensis*) en dos sitios de importancia pesquera y en un sitio de no extracción.

2. Describir el comportamiento de algunas características físicas y químicas del suelo lacustre en los sitios seleccionados.
3. Caracterizar el tipo de sedimento lacustre en los sitios bajo estudio.
4. Estimar la captura por unidad de esfuerzo (CUE) en la Isla Agaltepec y en Los Castillos.
5. Evaluar las asociaciones entre las características físicas y químicas del ambiente con la abundancia general de caracol tegogolo (*P. p. catemacensis*).

5. JUSTIFICACIÓN

Los lagos más importantes de México se encuentran en el Eje Volcánico Transversal, muchos de los cuales son de origen volcánico o tectónico-volcánico (Arriaga Cabrera et al., 2000), de entre ellos, está el Lago de Catemaco, que pertenece al Eje Volcánico Transversal, en el Macizo Volcánico de Los Tuxtlas, localizado al sureste del estado de Veracruz, México, y es considerado el lago natural más productivo de México por Lorán et al. (2013).

Para conocer las relaciones edáficas y la productividad en un cuerpo de agua natural, es necesario conocer la concentración total de sustancias o minerales disueltos (Pérez y Restrepo, 2008). Lo anterior, sin duda debe relacionarse de alguna forma con las variables biológicas a obtener (talla y esfuerzo de captura de los tegogolos), pues se trata de un molusco bentónico de agua dulce, por lo que es necesario caracterizar algunas de las variables físicas y químicas del sedimento del Lago de Catemaco.

En México existen dos especies de caracoles pomáceos, *P. flagellata* y *P. patula catemacensis*, esta última endémica de la Lago de Catemaco. El género *Pomacea* es considerado de gran importancia en la cadena trófica, ya que es la fuente de alimento para otros animales principalmente peces, aves, caimanes, tortugas y algunos mamíferos como lo mencionan Vázquez et al. (2011); además de que se alimenta de insectos, crustáceos, cadáveres de peces, incluso de caracoles hospederos del parásito *Schistosoma sp.*, por lo que los pomáceos podrían ser utilizados como biocontrolador eficiente de múltiples enfermedades y de gran importancia medica al alimentarse de vectores de parásitos.

Otros de los aprovechamientos que tuvieron los caracoles tegogolos en Catemaco fue el uso de las conchas como materia prima para la fabricación de herramientas, como símbolo religioso en las ceremonias, instrumentos musicales, moneda, objetos de arte y joyería, tal como se evidencia en los sitios arqueológicos. Incluso es mencionado su uso como material de construcción para carreteras y caminos (Tucker, 1979; Naranjo, 2003, citados por Vázquez et al., 2011), con lo cual además de tener gran importancia en el sector pesquero, forma un aporte cultural proveniente del Lago de Catemaco, el cual muy probablemente se encuentra bajo presiones antropogénicas como sobrepesca y contaminación.

Debido a que la contaminación orgánica, industrial y agrícola constituye hoy día una de las fuentes más importantes de nitrógeno y fósforo en el agua. Esto es un problema, particularmente serio en los trópicos, donde hay poco o ningún control de la contaminación, ello porque las condiciones de medianas y altas

temperaturas prevalecientes a lo largo del año, favorecen la eutrofización de lagos, embalses y ríos (Pérez y Restrepo, 2008). A pesar de que no existen estudios sobre las poblaciones del caracol tegogolo (*P. p. catemacensis*), se sabe a través de comunicación personal con los pescadores locales, que la población de Tegogolo (*Pomacea patula catemacensis*) en el Lago de Catemaco se encuentra en descenso. Las posibles causas que mencionan Jiménez-García y Suárez-Morales (2017) son: por la presencia de una especie de pez introducida, la mojarra castarrica (*Mayaheros urophthalmus*), y debido al impacto que tiene contaminación por desechos industriales (tabacalera y agropecuarios), del turismo (hoteles, restaurantes) y domésticos en el Lago de Catemaco. Además, otro factor muy probablemente asociado con el descenso de las poblaciones de tegogolo (*P. p. catemacensis*), es la sobrepesca, y muy probablemente, el incumplimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-041-PESC-2004, como lo comentan algunos pescadores y por las observaciones personales realizadas durante el desarrollo del proyecto en el que se incluyó este trabajo de Residencia Profesional. Al ser el segundo recurso pesquero de mayor importancia en la Región de los Tuxtlas y una especie endémica en el Lago de Catemaco, el presente trabajo se considera de suma importancia por tener dicha especie un alto valor económico, social y ambiental.

6. MARCO TEÓRICO

Las aguas epicontinentales se dividen en cuerpos de agua lóticos y lénticos. Los primeros son aquéllos cuyas aguas están en movimiento y corresponden principalmente a las corrientes superficiales, como ríos y arroyos; los segundos,

por su parte, son los almacenamientos de agua, ya sean naturales como en el caso de lagos y lagunas, o artificiales, es decir, embalses formados por represamientos de diversos tipos (Pérez y Restrepo, 2008).

6.1. Lago

Un lago se trata de un cuerpo de agua epicontinental, permanente o temporal, de profundidad y dimensiones variables, que se encuentra en depresiones de la superficie terrestre. Los lagos son abastecidos por arroyos, escurrimientos, ríos, aguas subterráneas y lluvia, y pierden agua a través de evaporación, infiltración y salidas por ríos o canales (Arriaga Cabrera et al., 2000).

6.1.1. Zonación de un lago

Un lago “típico” tiene tres zonas de vida: Cerca de la ribera se localiza la zona litoral. En esta zona el agua es poco profunda y las plantas encuentran luz en abundancia, anclaje y nutrimentos adecuados de los sedimentos del fondo. A medida que la profundidad aumenta, las plantas ya no consiguen anclarse en el fondo y, al mismo tiempo, realizar la fotosíntesis. Esta zona de agua abierta se divide en dos regiones: la zona limnética alta y la zona profunda baja. En la zona limnética penetra suficiente luz para llevar a cabo la fotosíntesis; por debajo de la zona limnética se encuentra la zona profunda, donde la luz es insuficiente para la fotosíntesis. Esta zona se nutre principalmente de los detritos que caen del litoral y de las zonas limnéticas, así como de los sedimentos que entran en ella (Audesirk et al., 2008).

6.1.2. Clasificación por nutrimentos

Los lagos se logran clasificar en base de su contenido de nutrimentos en eutróficos (“bien alimentados”, en griego) y oligotróficos (“mal alimentados”, en griego); en medio de los dos grupos se clasifican los lagos mesotróficos (“medianamente alimentados”) (Audesirk et al., 2008).

6.1.3. Formación de los lagos

Los lagos se han formado por lo regular en las altas montañas por procesos de deshielo o movimientos tectónicos (Pérez y Restrepo, 2008).

Los lagos de agua dulce se forman cuando las depresiones naturales se llenan con agua a partir de diversas fuentes como filtraciones de agua subterránea, corrientes o escurrimientos de lluvia o nieve fundida. Algunos lechos lacustres fueron excavados por glaciares hace milenios, y otros se formaron cuando deslaves o detritos depositados por ríos de flujo lento estancaron agua detrás de ellos (Audesirk et al., 2008).

6.2. Parámetros morfométricos

Los parámetros morfométricos son dimensiones utilizadas para representar las medidas del sistema (Håkanson, 1981; Sperling, 1999). En el caso de ecosistemas lénticos, comprende el estudio del origen y de la influencia de la forma sobre las características físicas, químicas y biológicas. Las medidas brindadas por la morfometría son patrones que comparan y cuantifican diferentes formas y volúmenes de lagos. Todo parte de la construcción de un mapa

batimétrico, es decir, un trazado del perímetro del lago con los contornos sumergidos, trazados a escala (Pérez y Restrepo, 2008).

Los parámetros morfométricos se dividen, según Sperling (1999), en primarios y secundarios. Colé (1983) llama a los primeros dimensiones superficiales y a los segundos dimensiones subsuperficiales. Las dimensiones superficiales son las obtenidas directamente con mediciones hechas en el campo o en el escritorio, usando fotografías aéreas de escala apropiada, mientras que las subsuperficiales se generan por medio de cálculos realizados con ayuda de los parámetros subsuperficiales (Sperling, 1999).

6.3. Variables fisicoquímicas

Entre las variables fisicoquímicas más importantes en el estudio de los lagos que describen Pérez y Restrepo (2008) son:

6.3.1. Radiación solar

La radiación solar, desde el punto de vista limnológico, solo es importante la luz que penetra en el agua, la cual está afectada por la latitud, la altitud, la época del año (mayormente en zonas templadas), la hora del día y las condiciones climáticas. De la cantidad de luz que llega a la interfase aire-agua, una parte es reflejada y la otra penetra. La porción que queda pasa a través de la columna de agua y sufre otros dos procesos: absorción y dispersión. La absorción implica conversión de energía lumínica en energía química (en la foto síntesis) y en calor. Las regiones tropicales o ecuatoriales, por la inclinación del eje de la Tierra con relación al del Sol, reciben una cantidad de radiación más o menos constante a

lo largo de todo el año, variando esta con la altura sobre el nivel del mar. De acuerdo con lo anterior, en la región tropical se originan pisos térmicos que varían de acuerdo con la altura sobre el nivel del mar (msnm) y el promedio de temperatura en cada piso.

6.3.2. Gases disueltos

Los más importantes son el oxígeno, el nitrógeno, el dióxido de carbono, el ácido sulfhídrico y el metano.

6.3.2.1. Oxígeno

El oxígeno es uno de los factores más importantes que debe ser medido en el agua. Sólo tiene valor si se mide con la temperatura, para poder así establecer el porcentaje de saturación. Las fuentes de oxígeno son la precipitación pluvial, la difusión del aire en el agua, la fotosíntesis, los afluentes y la agitación moderada. El consumo de oxígeno ocurre por respiración de plantas y animales, la demanda bioquímica, química y bentónica de oxígeno, los afluentes, la agitación excesiva, la extensión del período de estratificación térmica y el sedimento. En general, el principal factor de consumo de oxígeno libre es la oxidación de materia orgánica por respiración a causa de microorganismos descomponedores (bacterias heterotróficas aerobias).

6.3.2.2. Dióxido de carbono (CO₂)

El CO₂ cumple un papel preponderante en el equilibrio interno y en la regulación e la composición de las aguas dulces. Margalef (1983) define: 1. la concentración de carbono inorgánico disponible para productores primarios; 2. la forma y la

cantidad de metales alcalino-térreos en solución; y 3 se relaciona con el pH y con la reserva alcalina.

6.3.3. pH

El pH es una abreviatura para representar potencial de hidrogeniones (H^+) e indica la concentración de estos iones en el agua. La notación pH expresa la intensidad de la condición ácida o básica de una solución. Expresa, además, la actividad del ion hidrógeno y se relaciona ampliamente con la acidez y la alcalinidad. La p del pH se refiere al poder (potencial) de actividad del H^+ ; por tanto, en una reacción ácida, la mayor actividad del H^+ aumenta el potencia desde la neutralidad ($pH= 7$) y en reacciones de pH más básico, la actividad del disminuye. El pH se define como el logaritmo en base diez del recíproco de la molaridad de los hidrogeniones y se expresa matemáticamente como $pH = \log_{10} \frac{1}{[H^+]}$; también puede definirse como el logaritmo negativo de la concentración de hidrogeniones en moles L^{-1} y se expresa como $pH = -\log_{10} [H^+]$. Lagos y lagunas con pH ácido se encuentran en regiones volcánicas. Ecosistemas con pH alto (>9) se hallan en regiones con balance hídrico negativo (precipitación menor que evaporación), en regiones donde los ecosistemas acuáticos son influenciados por el mar (reciben grandes cantidades de CO_3^{2-} y HCO_3^-), y en regiones ricas en Ca^{2+} (cársticas) (Colé, 1983).

6.3.4. Materia orgánica

El carbono orgánico puede agruparse en dos categorías: detrítico y carbono orgánico particulado de la biota (COP-biota). Por dificultades en la separación del COP-detrítico del COP-biota, muchos lo determinan conjuntamente y lo llaman carbono orgánico particulado total (COPT) o carbono orgánico total. Sin embargo, el COP-biota es una fracción pequeña del COPT. Los términos material orgánico total (MOT), material orgánico disuelto (MOD) y material orgánico particulado (MOP) son análogos a COT (carbono orgánico total), COD (carbono orgánico disuelto) y COP (carbono orgánico particulado).

6.3.5. Iones en el agua

En cuanto a los iones en el agua los aniones más importantes que se encuentran en las aguas naturales son los carbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos y nitratos. Ellos se encuentran en combinación con cationes como el calcio, el sodio, el potasio, el magnesio y el hierro, formando sales ionizables. A causa de la solubilidad del ácido carbónico en el agua, los carbonatos son, a menudo, las sales más abundantes en las aguas dulces.

Desde el punto de vista limnológico, la dureza del agua la definen la cantidad de iones de calcio y magnesio presente en ella; de acuerdo a la dureza se clasifican en aguas en poco productivas, medianamente productivas y muy productivas. El calcio y el magnesio son los cationes más abundantes en aguas dulces. La actividad química de estos dos elementos es similar, en particular, en la formación de sales de carbonato, y ambos pueden ser factores limitantes de los procesos biológicos en los ecosistemas acuáticos. De estos dos iones, el calcio

es, por lo regular, el más abundante. El componente predominante en el agua es el CaCO_3 , el cual, en presencia del H_2CO_3 , pasa a $(\text{CaHCO}_3)^2$. Ciertos silicatos como la anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) constituyen una importante fuente de calcio. La actividad de los seres vivos también ha formado inmensos depósitos sedimentarios de CaCO_3 a lo largo del tiempo; el calcio allí concentrado es liberado cuando el CaCO_3 es atacado por aguas cargadas de CO_2 . El calcio removido pasará con las corrientes y la escorrentía a los ecosistemas acuáticos. El magnesio, por su parte, es por lo regular el segundo catión más importante en aguas continentales, y su fuente principal son también los silicatos.

El nitrógeno (N) y el fósforo (P) constituyen los dos elementos más importantes para la productividad primaria en los ecosistemas acuáticos. Son los iones que en un momento determinado pueden ser los factores más limitantes en la producción primaria; varían igualmente con las estaciones en las zonas templadas y con los ritmos de lluvia y sequía en las zonas tropicales, a causa de su utilización por las algas. En cuanto al origen, el fósforo proviene de la disolución de las rocas fosfatadas y de la mineralización de la materia orgánica que retorna al medio el fósforo inorgánico por los procesos de descomposición microbiana. El nitrógeno, por su parte, tiene como fuente principal el nitrógeno atmosférico; este también regresa al medio a través de la descomposición de materia orgánica.

La cantidad y calidad de las partículas que se asientan en un lago están determinadas por numerosos factores, entre los que destacan: la geografía, la geología, el grado de influencia humana en el área, las características hidrológicas e hidrodinámicas, las entradas alóctonas y la producción autóctona,

la tasa de sedimentación, la dinámica del fondo y la sedimentaria (Håkanson y Jansson, 1983). La interacción de dichos factores no sólo determina el tipo y cantidad de los sedimentos, sino también las diferencias espacio- temporales en su distribución horizontal y vertical, en su composición físico-química y en el tipo de biota que soportan. El reconocimiento de estos aspectos de la sedimentología implica un trabajo inicial básico que comprende el análisis de la textura y composición de los sedimentos (Pérez-Rojas et al., 1994).

6.4. Caracol Tegogolo (*Pomacea patula catemacensis*)

El género *Pomacea*, cuyo nombre deriva del griego poma-manzana, agrupa especies con conchas globosas, en “forma de manzana” y con aberturas ovales amplias. Los pomáceos presentan anatómicamente tres estructuras básicas, que son la concha, el opérculo y la masa visceral. La primera se caracteriza por ser un caparazón calcáreo subgloboso, con una espiral que se desarrolla hacia la derecha (dextrógiro), la coloración puede ser desde amarilla, parda, hasta marrón en *P. patula*. El opérculo es una estructura dura, córnea y delgada que se presenta en la parte posterior del pie y cuya función fundamental es la protección y defensa, tanto de depredadores como de cambios ambientales, ya que estos caracoles pueden estar por largos periodos. Por último, la masa visceral contiene el complejo cabeza-pie, el aparato excretor que presenta un solo riñón de forma alargada, donde el producto de excreción es el amonio, un aparato digestivo y un aparato reproductor (Vázquez et al., 2011).

La mayor parte del tiempo, se encuentra sumergidos en el agua respirando por medio de branquias; sin embargo, es común que las hembras salgan por las noches a depositar sus huevos, alejándose varios centímetros fuera del agua y resistan un periodo largo en el exterior. Este comportamiento se logra por medio de un sifón que les permite obtener oxígeno del aire (Bautista y Ortíz, 2017).

P. p. catemacensis es una especie endémica del Lago de Catemaco de gran importancia comercial en la región, este caracol presenta una coloración negra, el cual llega a medir un diámetro de tres centímetros en edad adulta (Vázquez et al., 2011). Esta especie es conocida como “tegogolo” en la región, genera ingresos y fuentes de trabajo debido a que es uno de los principales recursos pesqueros del Lago de Catemaco, Veracruz (Naranjo-García y García-Cubas, 1986, citados por Vázquez por Vázquez et al., 2011).

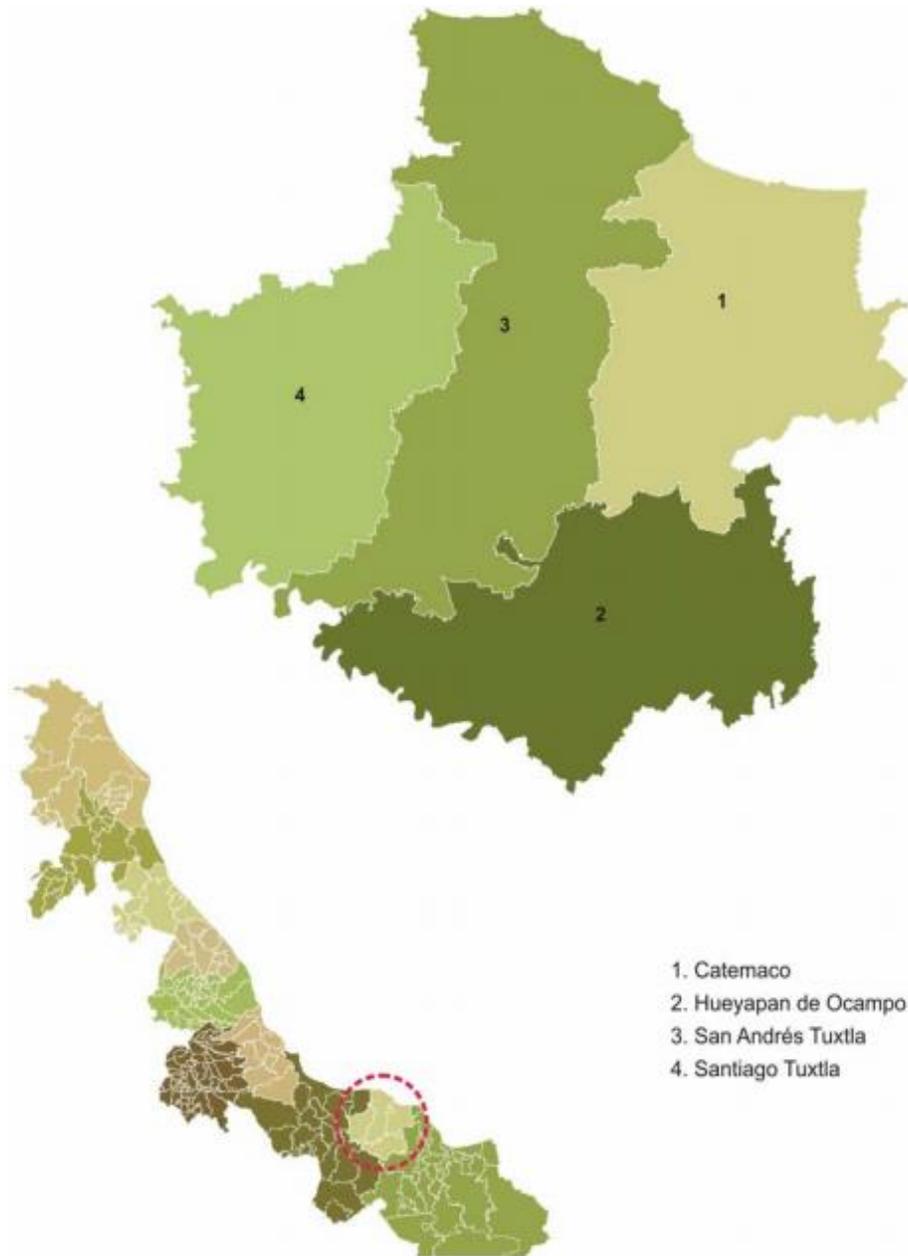
Respecto a la su uso como recurso pesquero la NOM-041-PESC-2004 establece una talla de captura mínima de 3.2cm, un horario de captura de 6:00 hasta las 19:00 hrs y el buceo libre como único método de captura permitido.

7. METODOLOGÍA

7.1. Selección de sitio

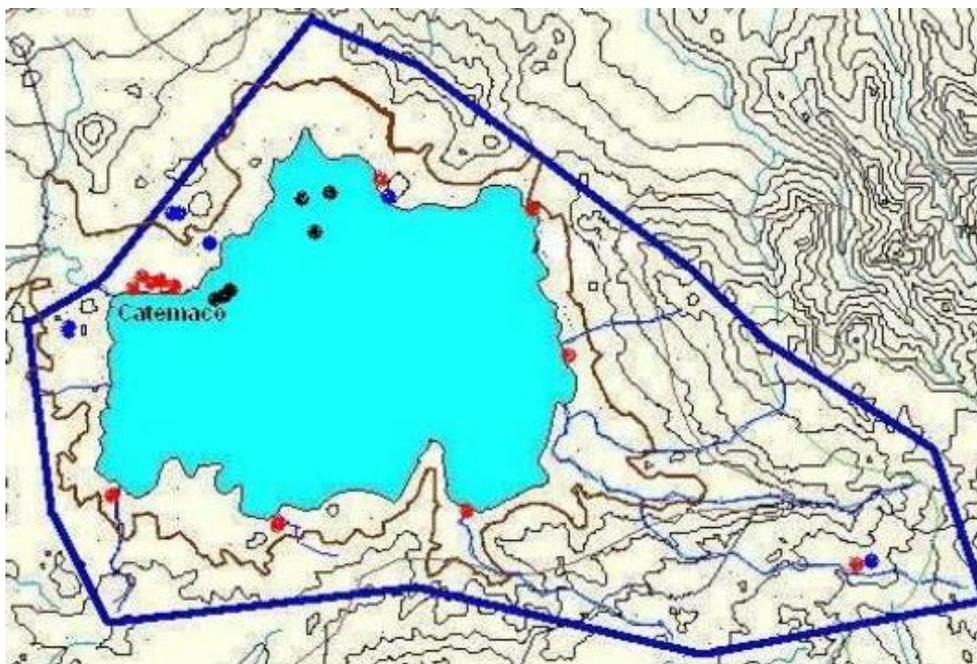
7.1.1. Macro localización

La región de los Tuxtlas limita al norte con el Golfo de México, al este y sureste con la región Olmeca y al oeste con la región del Papaloapan. Está integrada por 4 municipios: Catemaco, Hueyapan de Ocampo, San Andrés Tuxtla, Santiago Tuxtla. Esta región presenta una superficie de 2,947 km² (4.1% del territorio estatal). Por su extensión destacan los municipios de San Andrés y Hueyapan ya que en conjunto concentran el 56.6% del territorio regional. El escurrimiento a nivel región hidrológica, la número 28 denominada Papaloapan y conformada por 18 cuencas, equivale al 14.8% del total registrado a nivel estatal. Los principales ríos de la región son: San Juan Grande de Catemaco, Coxcoapan, Coetzala, Ahuacapan y Hueyapan. Los cuerpos de agua lenticos más importantes son: Lago de Catemaco, de Sotecomapan, Esmeralda, Pizatal y Laguna Grande (Gobierno del estado de Veracruz, 2011).



Mapa 1. Elaborado por la Subsecretaría de Planeación, con base en información del Marco Geoestadístico 2010, INEGI.

7.1.2. Micro localización



Mapa 2. INEGI, modificado por www.tuxtlas.com- Cuenca de la Lago de Catemaco, 2020.

El Lago de Catemaco se localiza en el Macizo Volcánico de Los Tuxtlas, en el sureste del estado de Veracruz, México, y está asentado en un gran cráter volcánico. El Lago de Catemaco forma parte de la cuenca baja del río Papaloapan, es un lago de forma casi cuadrangular con una superficie de 7 254 ha, un volumen de 551.52 Mm³. La temperatura promedio anual es 24.1°C en la superficie, y puede presentar una variación anual que va de 21°C a 31°C entre enero y junio; además pueden ocurrir estratificaciones térmicas de manera esporádica, debido a su baja profundidad el viento favorece la circulación de la columna de agua. En el lago desembocan cinco ríos: Cuetzalapan, Ahuacapan, Margarita, Pozolapan y Victoria; además, en la margen noroeste existen

manantiales de aguas carbonatadas que aportan volúmenes comparables a los de otros arroyos que drenan hacia el sistema, los más conocidos son los de Coyamé y Arroyo Agrio. En el lago se localizan varias islas interiores: Tanaspio o Tanazpilli (Los Monos), Agaltepec (Cocodrilos) y Totogochio (Garzas), que también son zonas protegidas (Lorán et al., 2013)

Se seleccionaron tres sitios en el lago de Catemaco para el estudio, dos sitios de fuerte extracción comercial de tegogolo (Isla Agaltepec y los Castillos) (*P. p.*), y un sitio donde no hay extracción alguna por parte de los pescadores; de cada sitio se seleccionaron tres puntos de muestreos al azar. La batimetría se realizó en la isla Agaltepec a bordo de una embarcación de uso turístico (Anexo A) con una sonda Garmin echoMAP SV; lo cual tiene la finalidad en continuar los estudios del caracol tegogolo y su relación con la profundidad.

7.2. Obtención de muestras

En cada punto de muestreo se midió la profundidad con una plomada y la transparencia la cual fue medida con un disco secchi, se registró la captura por unidad de esfuerzo (Anexo B) y las coordenadas fueron tomadas con un GPS Garmin Oregon 200.

Para la obtención de los organismos, se realizaron muestreos del caracol tegogolo *P. p. catemacensis* en el Lago de Catemaco durante la temporada de lluvias (25 de septiembre del 2019). Los organismos se recolectaron con apoyo de un pescador de la zona, respetando la Norma Oficial Mexicana NOM-041-

PESC-2004, a través de buceo libre en un horario de 11 hasta 19 hrs. Cabe mencionar que, al igual que los demás pescadores trabajando en los lugares seleccionados y hora del día, el pescador colectó el número de organismos de la talla disponible al momento. Los caracoles se trasladaron en costalillas al Laboratorio de Peces, Parasitología y Sanidad Acuícola ubicado en el Instituto Tecnológico de Boca del Río (edificio N). En el Laboratorio se colocaron los organismos en tinas con aireación constante, y se alimentaron con lechuga y alimento para tilapia

Las muestras de sedimento fueron tomadas los días 25 de septiembre y 31 de octubre del 2019 en los tres sitios de estudio, recolectando tres puntos en cada sitio, 4kg por punto. Con el fin de correlacionar la longitud total de la concha, peso de los organismos y esfuerzo de pesca de *P. p. catemacensis* con los sitios de extracción, la muestra se extrajo de los primeros 20 cm sedimento con una pala de plástico de 20 cm de longitud. El sedimento se almaceno en bolsas plásticas correctamente etiquetadas y selladas para su posterior análisis.

7.3. Análisis de muestras

7.3.1. Biometría de caracol Tegogolo (*Pomacea patula catemacensis*)

Se realizaron las mediciones (longitud total de la concha y peso total de los caracoles con un vernier digital registrando (Anexo C). La longitud total incluyó desde el ápice de cada concha hasta el punto más lejano del labio exterior, el ancho total midiendo el plano sagital, y la altura total la cual mide la longitud del eje dorso-ventral. El peso húmedo se tomó con una balanza digital marca Ohaus con un una precisión de 0.01 g.

7.3.2. Análisis de variables físicas y químicas suelo lacustre

Para contenido de humedad se secaron en horno de laboratorio a $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$ por dos horas.

Para los demás análisis el secado se realizó en horno a $60 \pm 5^{\circ} \text{C}$ con el fin de evitar mineralización de la materia orgánica y que los resultados falsearan. Una vez seco se procedió a moler en el mortero al mismo tiempo que se retiraban rocas, trozos de madera y cualquier material que por su naturaleza fueran duros (Anexo D).

7.3.2.1. Contenido de humedad del sedimento

La muestra de sedimento se llevó a capacidad de campo (CC), saturándolo de agua destilada y dejándolo en reposo durante 24hrs hasta que el potencial hídrico se estabilizó. Se pesaron las muestras húmedas en cajas Petri de vidrio y se secaron en horno de laboratorio a $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$ por dos horas. Una vez seco se dejó en un desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente y se pesó en balanza analítica Adventurer Ohaus mod. AR2140. El contenido de humedad se calculó mediante la siguiente fórmula: $w = (Ww/Ws) * 100 (\%)$. Donde:

w= contenido de humedad expresado en %

ww= peso del agua existente en la masa de suelo

ws= peso de las partículas sólidas

7.3.2.2. Granulometría

Se realizó por medio del método de tamizado (Anexo E y F) con tamices del número 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200 (Anexo G). Para el sedimento <200 que

comprende limos y arcilla, se determinaron sus porcentajes a través de sedimentación en tubos de ensayo (Anexo H).

7.3.2.3. Ca, PO₂, NO₂ y pH

Para determinar el Ca, PO₂, y pH se saturaron las muestras de sedimento en agua destilada con una relación de 1:2.5 (Anexo I) dejando reposar por 20 minutos, tomando para análisis únicamente el agua; para las muestras que presentaron una turbidez notable se dejaron reposar antes del análisis durante 24 hrs a 10° ± 2° C (Anexo J).

Los análisis de Ca y PO₂ se realizaron con kits colorimétricos Nutrafin para prueba de calidad de agua (Anexo K y L).

pH: las muestras se analizaron con un medidor de bolsillo de pH impermeable pHep con resolución de 0.1 marca HANNA Mod. HI98107.

7.3.2.4. Materia orgánica (MO)

El análisis de M.O. se llevó a cabo en el Laboratorio de Agua-Suelo-Planta del Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas Campus Veracruz de acuerdo a la NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 a través del método AS-07, por el procedimiento de Walkley y Black el cual se basa en la oxidación del carbono orgánico a través de una disolución de dicromato de potasio (K₂Cr₂O₇) 1N y ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado. De acuerdo a la NOM-021-RECNAT-2000 las muestras se secaron a temperatura ambiente en charolas de aluminio. Posteriormente se molieron con un mazo de madera al tiempo que se retiraron rocas y materia orgánica, y filtraron con tamices

del no. 10 (2mm) y del no. 35 (0.5mm). Una vez tamizadas las muestras, se pesaron $0.5000\text{g} \pm 0.0020\text{g}$ de muestra en un matraz Erlenmeyer de 500ml por duplicado con balanza analítica Adventurer Ohaus mod. AR2140, en el caso de las muestras con gran cantidad de limo y arcilla se pesaron $0.1250\text{g} \pm 0.0020\text{g}$ debido a que el color de la disolución era similar al requerido durante la titulación motivo por el cual se disminuyó la cantidad de muestra. Se procesaron blanco y estándar por duplicado, en este último sustituyendo el indicador de difenilamina por ferroin. Con una pipeta aforada se agregó 10ml de dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 1N y se agitó girando el matraz para que entre en contacto con toda la muestra. Con una bureta se agregó decantando 20ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado a la suspensión y se agitó girando por 1 min dentro de la campana de extracción, para posteriormente dejar reposar durante 30 min. Una vez reposada la muestra se agregaron 200 ml de agua destilada con una probeta, 5ml de ácido fosfórico (H_3PO_5) concentrado y 5 gotas de indicador de difenilamina; finalmente se procedió a titular la disolución con sulfato ferroso (FeSO_4) gota a gota hasta obtener un color verde claro (Anexo M y N).

Para el cálculo se ocupó la formula indicada en la NOM-021-RECNAT-2000:

$$\%C \text{ Orgánico} = \left(\frac{B - T}{g} \right) (N)(0.39) mcf$$

Donde:

B= Volumen de sulfato ferroso gastado para valorar el blanco de reactivos (ml).

T= Volumen de sulfato ferroso gastado para valorar la muestra (ml).

N= Normalidad exacta del sulfato ferroso (valorar por separado al momento de analizar las muestras).

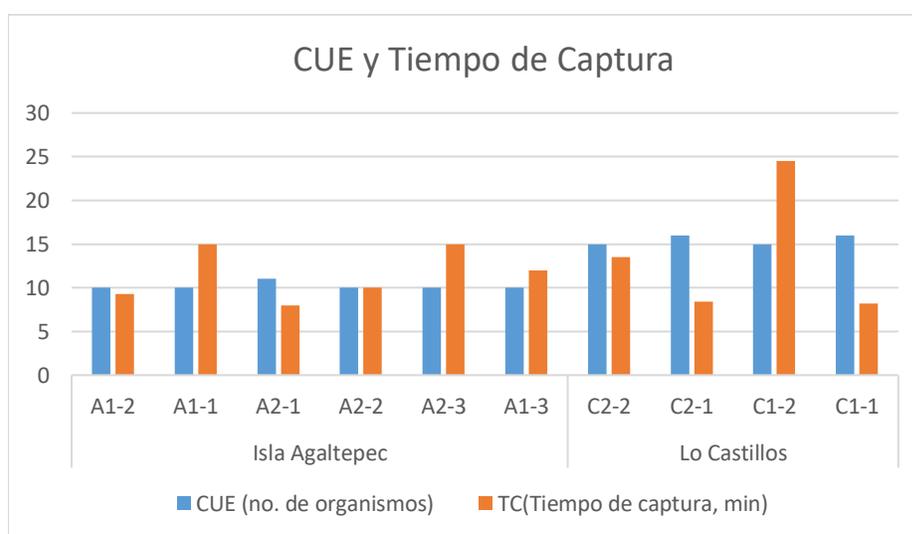
G= Peso de la muestra empleada (g).

$$\%MO = (\%C \text{ Orgánico})(1.724)$$

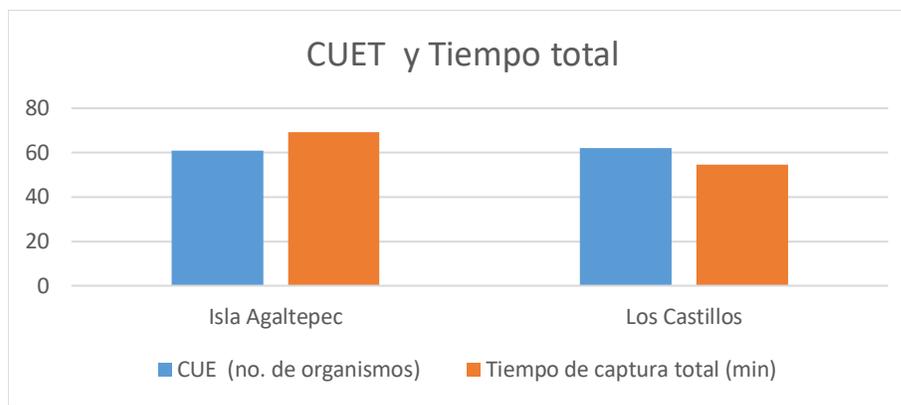
8. RESULTADOS

8.1. Captura por unidad de esfuerzo

En la Gráfica 1 se muestran los valores de la captura por unidad de esfuerzo (CUE) en los puntos de estudio: 6 en la Isla Agaltepec (A1-2, A1-1, A2-1, A2-2, A2-3 y A1-3), y 4 en Los Castillos (C2-2, C2-1, C1-2 y C1-1). La CUE en la Isla Agaltepec se mantuvo en $10(\pm 1)$ organismo), mientras que en Los Castillos fue de $15 (\pm 1)$ organismo), resultando en una captura por sitio de 61 organismos. El menor tiempo de captura en Isla Agaltepec fue de 8min y de 8.17min en Los Castillos, mientras que el mayor tiempo en la Isla Agaltepec fue de 15min y de 24.47min en Los Castillo. El tiempo promedio de captura en la Isla Agaltepec fue $11.55 \text{ min} \pm 2.96\text{min}$, y de $13.63 \pm 7.63\text{min}$ en los Castillos. En total el tiempo utilizado por el pescador para capturar a los organismos en la Isla Agaltepec fue de 69.3 min y 54.52 min en los Castillos (gráfica 2).



Gráfica 1. Captura por unidad de esfuerzo por muestreo y tiempo de extracción de *P. p. catemacensis*.

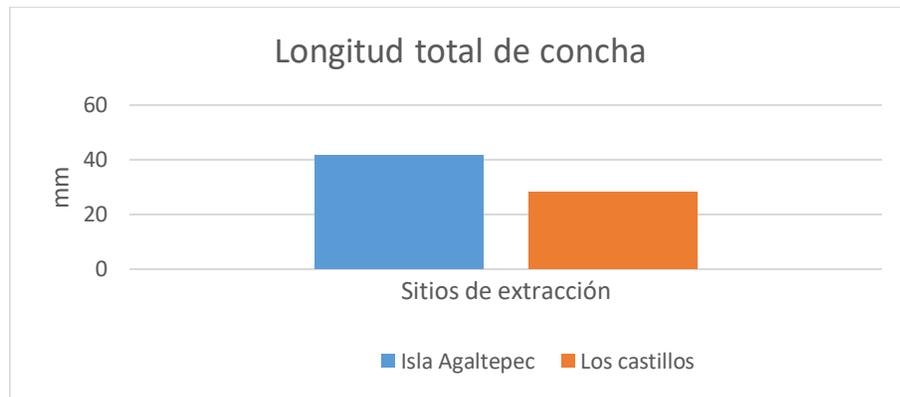


Gráfica 2. Captura por unidad de esfuerzo Total en dos sitios de muestreo (Isla Agaltepec y Los Castillos) y el tiempo de extracción de *P. p. catemacensis*.

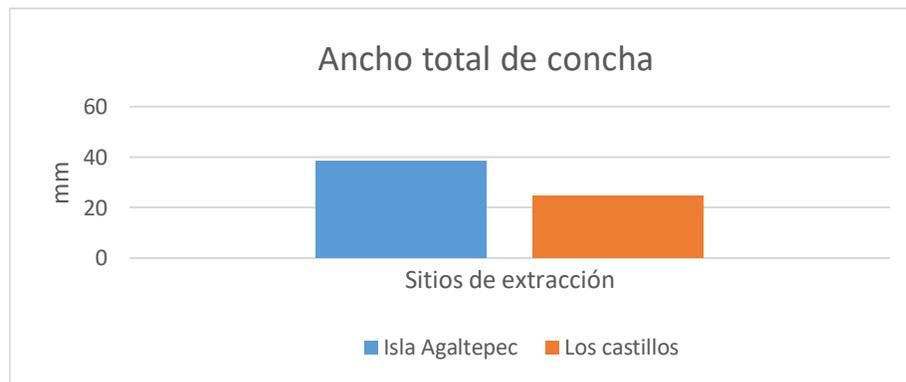
8.2. Biometría

En la gráfica 3 se observa que los caracoles de Los Castillos poseen una talla (longitud total promedio de la concha) de 28.28 ± 5.65 mm, mientras que en la Isla Agaltepec, el tamaño fue mayor, 41.63 ± 4.34 mm.

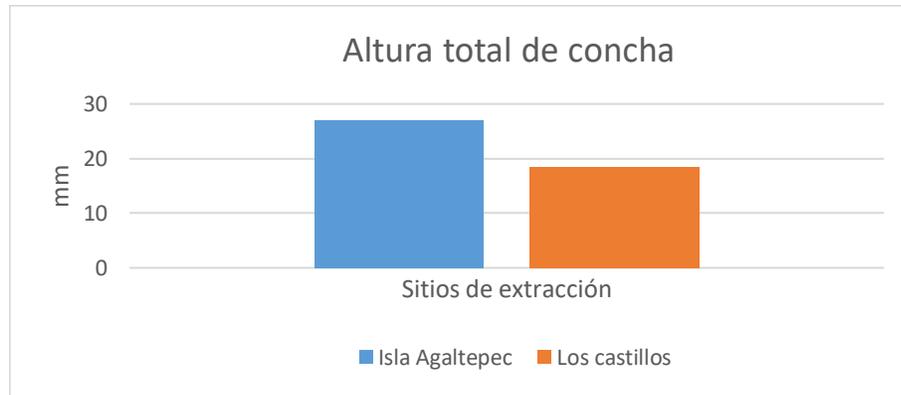
En las gráficas 4 y 5 se observa el ancho y largo promedio respectivamente, que de igual manera es mayor en caracoles de la Isla Agaltepec: 38.0 ± 4.24 mm de ancho y 27.11 ± 3.09 mm de altura; demostrándose que los caracoles de Los Castillos son de mucho menor tamaño 23.98 ± 3.30 mm de ancho y 18.60 ± 2.18 mm de altura. En la gráfica 6, el peso de los caracoles llega a triplicarse en la Isla Agaltepec con 17.54 ± 5.65 g en comparación con Los Castillos, 5.43 ± 1.78 g.



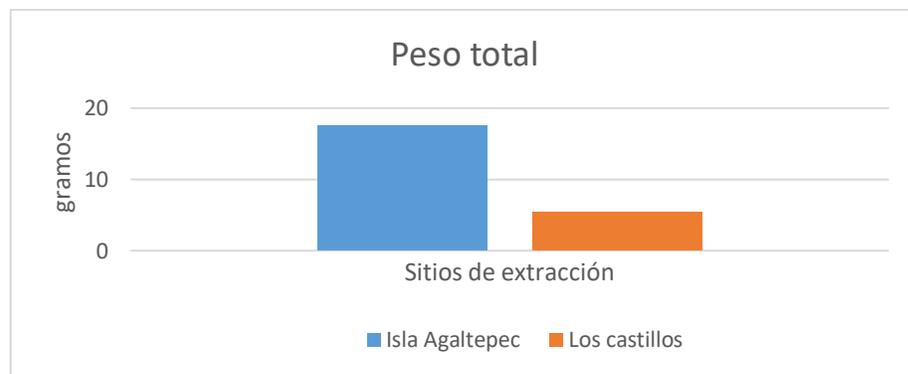
Grafica 3. Longitud total promedio de concha de *P. p. catemacensis* en Isla Agaltepec (N=61) y Los Castillos (N=61).



Grafica 4. Ancho total promedio de concha de *P. p. catemacensis* en Isla Agaltepec (N=61) y Los Castillos (N=61).



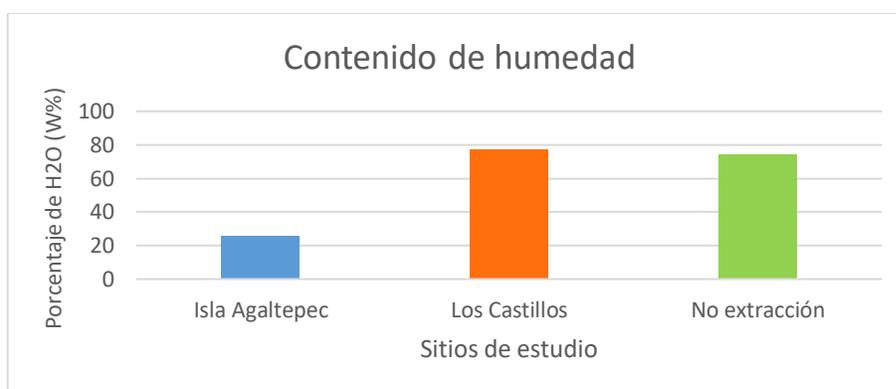
Grafica 5. Altura total promedio de concha de caracol *P. p. catemacensis* en Isla Agaltepec (N=61) y Los Castillos (N=61).



Grafica 6. Peso total promedio de *P. p. catemacensis* en Isla Agaltepec (N=61) y Los Castillos (N=61).

8.3. Contenido de Humedad

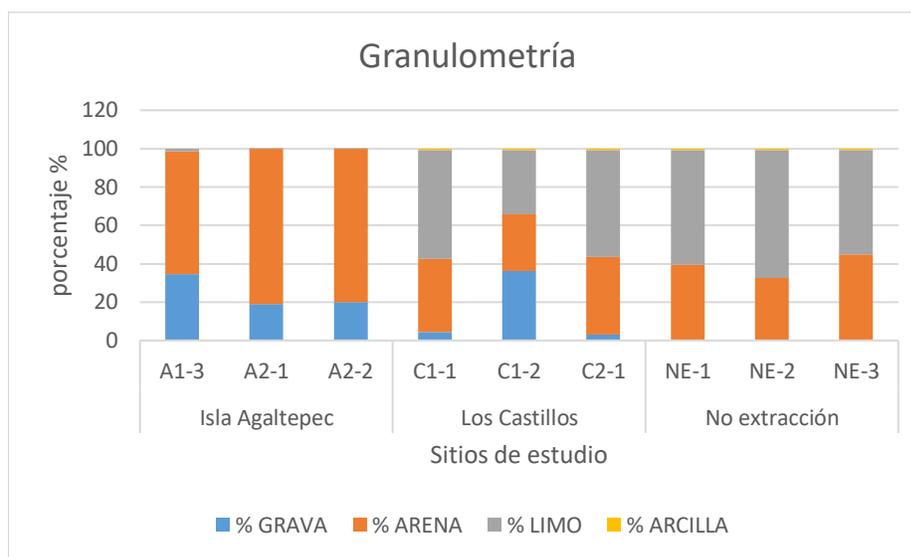
El contenido de Humedad (W%) en el sedimento en la Isla Agaltepec (A) es de $26.13 \pm 2.51\%$, siendo mucho menor que en Los castillos (C) que tiene un $77.51 \pm 2.44\%$, y que el sitio de no extracción (NE) con $74.37 \pm 1.22\%$.



Grafica 7. Contenido de humedad (%) en Isla Agaltepec (A), Los castillos (C) y sitio de no extracción (NE).

8.4. Granulometría

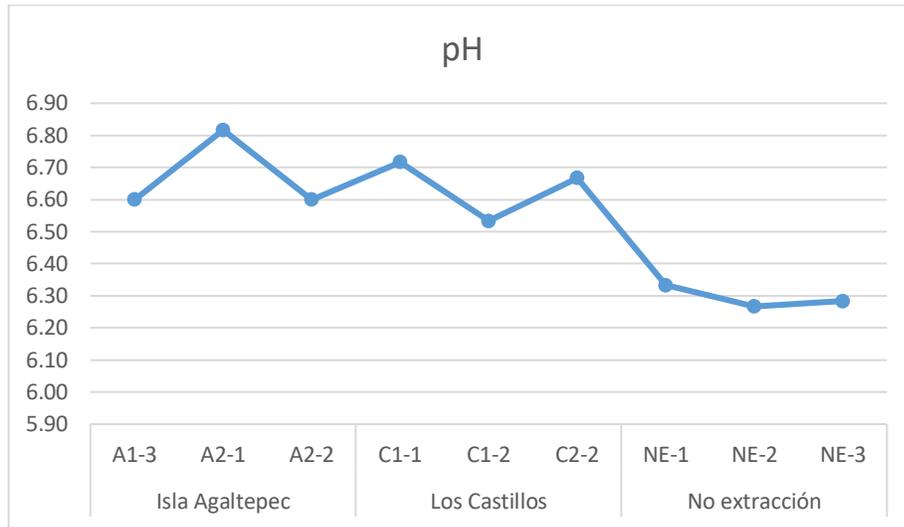
El análisis de granulometría dio como resultado para la Isla Agaltepec, suelos con poco porcentaje de grava (19.13% a 34.57%), alto contenido de arena (63.94% a 80.85%), muy bajo contenido de limo (1.49%), y ausencia de arcilla. En Los Castillos, la presencia de grava fue alta en el punto B1-2 (36.37%), y menor en los puntos B1-1 (4.39%) y B2-1 (2.91%); el porcentaje de arena fluctúa entre 29.51% y 40.51%, limos entre 33.53% hasta 56.75%, y entre 0.59% y 0.83% de arcilla. En sitio sin extracción de tegogolo, la grava estuvo ausente, la arena entre 32.47% y 44.84%, limo entre 54.52% y 66.74%, y de igual manera muy bajo contenido de arcilla, entre 0.64% y 0.77%.



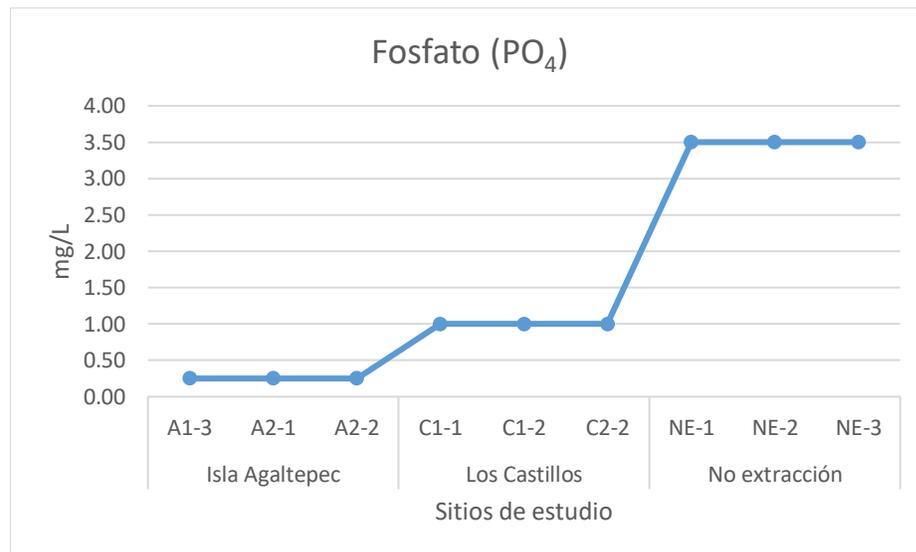
Grafica 8. Granulometría de los sitios de estudio: Isla Agaltepec (A1-3, A2-1 y A2-2), Los Castillos (C1-1, C1-2 y C2-1) y sitio de no extracción (NE-1, NE-2, y NE-3).

8.5. Variables químicas

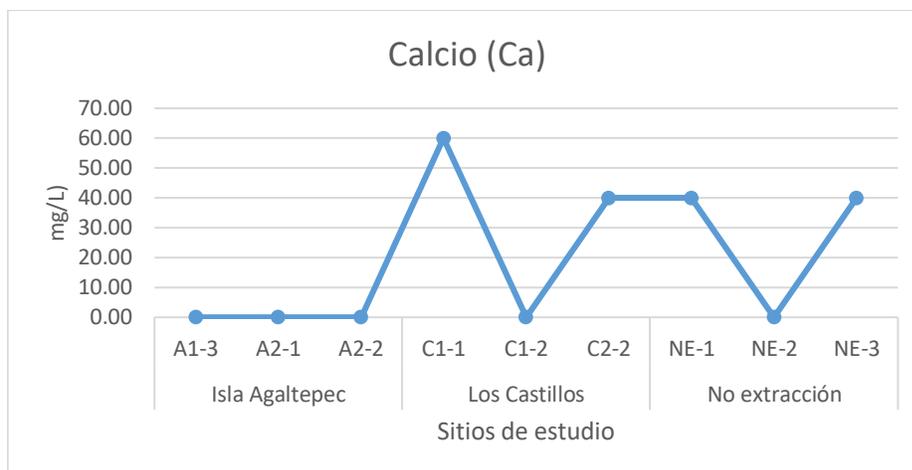
El sedimento lacustre analizado presenta un pH que va desde neutro en la Isla Agaltepec, a ligeramente más ácido en los Castillos y en el sitio sin extracción (grafica 9). En cuanto al fosfato (PO_4), fue relativamente bajo en la isla Agaltepec (0.25mg/L), medio en Los Castillos (1mg/L), y alto (3.50mg/L) en el sitio sin extracción (Grafica 10). El Calcio en la isla Agaltepec es <20mg/L, y en Los Castillos (C) y el sitio sin extracción (S) varió entre <20 y 60 (grafica 11).



Grafica 9. pH de los sitios de estudios: Isla Agaltepec (A), Los Castillos (C) y el sitio de no extracción (NE).



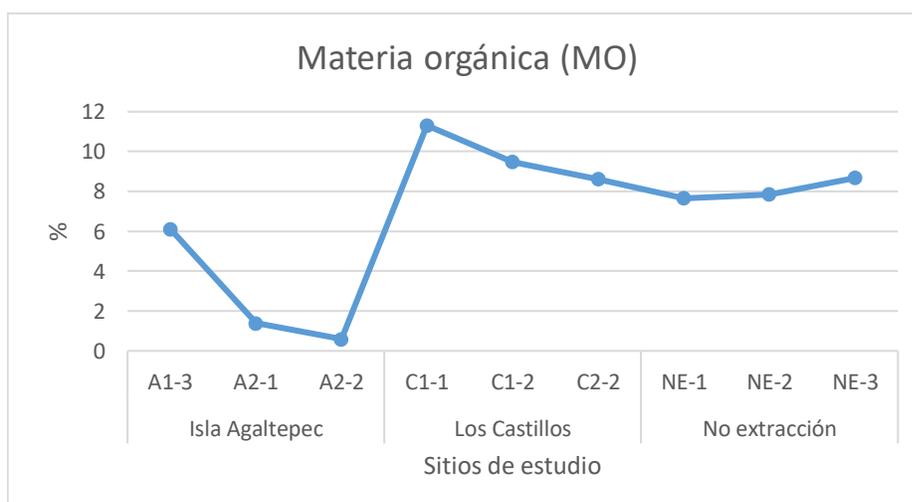
Grafica 10. Valores de fosfatos (PO_4) en los sitios de estudio: Isla Agaltepec (A), Los Castillos (C) y el sitio de no extracción (NE)



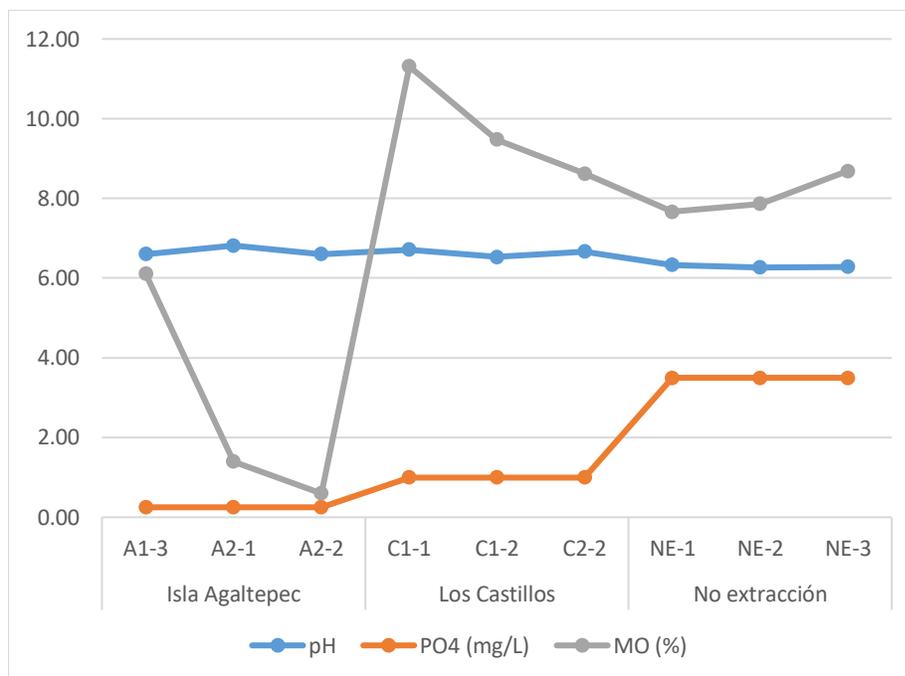
Grafica 11. Valores de calcio (Ca) en los sitios de estudio: Isla Agaltepec (A), Los Castillos (C) y el sitio de no extracción (NE).

8.6. Materia orgánica (MO)

La cantidad presente de materia orgánica (MO) en el Lago de Catemaco va desde muy bajo a bajo en la Isla Agaltepec (de 0.59% a 6.10%), medio y alto en Los Castillos (de 8.62% a 11.31%), y medio en el sitio de extracción (de 7.66% a 8.68%).



Grafica 12. Materia orgánica (MO) en los sitios de estudio: Isla Agaltepec (A), Los Castillos (C) y el sitio de no extracción (NE).



Gráfica 13. Variables químicas pH, fosfato (PO₄) y materia orgánica (MO) en los sitios de estudio: Isla Agaltepec (A), Los Castillos (C), y un sitio de no extracción (NE).

En la gráfica 13 se observa como las variables químicas presentan diferencias significativas entre los 3 sitios de estudio (Isla Agaltepec, Los Castillos y el sitio de no extracción), demostrando que las características del sedimento cambian notablemente dentro del Lago de Catemaco.

9. ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN

9.1. Trabajo de campo

El trabajo de campo consistió en el muestreo de dos sitios de extracción de caracol tegogolo (*P. p. catemacensis*), y uno de no extracción, obteniendo muestras de sedimento y caracoles durante dos muestreos realizados en temporada de lluvias los días 25 de septiembre y 31 de octubre del 2019.

9.2. Trabajo de laboratorio

Se prepararon las muestras, secando en horno y triturando las muestras secas. Las muestras de sedimento se analizaron, determinando PO₄, Ca, pH, granulometría, y contenido de humedad. Se realizó una estancia para determinar Materia Orgánica en el Laboratorio de Agua-Suelo-Planta del Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas Campus Veracruz. Respecto al caracol tegogolo se realizaron biometrías.

Se les suministraron dietas, y se dieron los cuidados necesarios a los organismos de estudio. Así como se brindó apoyo a los estudiantes de maestría en sus proyectos.

9.3. Trabajo de gabinete

Se capturaron los datos en hojas Excel y se realizaron los cálculos de la media de captura por unidad de esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo total así como el tiempo promedio y el tiempo total de captura de los dos sitios de extracción (Isla Agaltepec y Los Castillos); la longitud, la altura, ancho y peso promedio de caracol tegogolo (*P. p. catemacensis*); el porcentaje de materia orgánica (MO), el porcentaje de contenido de humedad (W%) y la textura de el sedimento, en los tres sitios de estudio (Isla Agaltepec, Los Castillos y el sitio de no extracción). Con los resultados se realizaron gráficas para comparar los tres sitios de estudio. Se participó en el Curso básico de SIG (ArcGIS v10.3) impartido por la Dra. Ana Lilia Gutiérrez Velázquez y al Dr. Leonardo Ortiz Lozano, del 20 al 24 de enero del 2019 con una duración de 40hrs, graficando bases de datos en una representación geográfica.

10. CONCLUSIONES

1. Se observó que los sitios con extracción comercial (Isla Agaltepec y Los Castillos) se encuentran en la zona litoral y presentan a diferencia del sitio de no extracción, fosfatos (PO_4) $\leq 1\text{mg/L}$.
2. En comparación a Los Castillos y el sitio de no extracción, la Isla Agaltepec presento un suelo arenoso, así como un bajo porcentaje de materia orgánica (de 0.59% a 6.10%).
3. En Los Castillos, a diferencia de la Isla Agaltepec y del sitio de no extracción, se observó la cantidad más alta de Calcio (60mg/L).
4. El sitio de no extracción tiene un suelo con prácticamente 0% de grava, y cantidades de fosfatos superiores (3.50mg/L) a los sitios de extracción (Isla Agaltepec y Los Castillos).
5. A pesar de que no hay diferencia marcada entre la captura por unidad de esfuerzo y el tiempo de captura en los sitios de extracción, las dimensiones promedio (longitud, altura y ancho) y el peso del caracol tegogolo (*P. p. catemacensis*), son mayores en la Isla Agaltepec, alcanzando la talla establecida por la NOM-041-PESC-2004 (32 mm), a diferencia de Los Castillos, sitio que no cumple la talla establecida.
6. Entre Los Castillos y el sitio de no extracción existió mayor similitud, ambos teniendo un sedimento franco limoso con altas cantidades de materia orgánica, calcio oscilando entre los 40 y 60mg/L (Ca) y un pH ligeramente ácido; con la

única diferencia que el sitio de no extracción pertenece a un sitio no litoral con alta cantidad de fosfatos (PO_4).

7. Con lo anterior mencionado, los datos parecen indicar que las variables químicas (pH, fosfato y materia orgánica) y la variable física (textura de sedimento) están influenciando la talla y el peso del caracol (*P. p. catemacensis*) en el lago de Catemaco.

8. Dada la importancia del caracol tegogolo en el Lago de Catemaco, se deben realizar estudios de este tipo, en un mayor número de sitios y de temporadas, a fin de conocer si existen patrones asociados con la distribución y abundancia de los caracoles, información indispensable para proponer acciones de manejo, así como un uso responsable de este importante recurso pequero.

11. COMPETENCIAS DESARROLLADAS

- Manejo de la especie *Pomacea patula catemacensis* en Laboratorio.
- Preparación y análisis químicos de sedimento (PO_4 , Ca, pH, MO).
- Granulometría por medio de tamiz.
- Uso de sonda batimétrica Garmin echoMAP SV.
- Curso básico del SIG ArcMap v.10.3., lo cual me permite realizar mapas 2D e integrar una base de datos en él.

12. FUENTES DE INFORMACIÓN

<http://posgrado.itboca.edu.mx/index.php/infraestructura>

<http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM30veracruz/municipios/30032a.html>

<http://www.catemaco.info/s/laguna/hidrografia.html>

<http://www.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/2/2012/01/tf07-er-07-tuxtlas-reg.pdf>

13. REFERENCIAS

- Audesirk, T., Audesirk, G., & Byers, B. E. (2008). *Biología: La vida en la Tierra*. Pearson educación.
- Arriaga Cabrera, L., Sierra, A., & Durand, A. (2000). Aguas continentales y diversidad biológica de México (No. C/333.91 A7).
- Bautista–Blanco, A., y Ortiz López Alicia (2017). Evaluación de la reproducción del tegogolo (*Pomacea patulata catemacensis*) en condiciones semicontroladas.
- Cole, G. A. (1983). *Textbook of limnology*, 3.a ed., Saint Louis, The C.V. Mosby Company.
- Gobierno del estado de Veracruz (2011). Region los Tuxtlas. Estudios Regionales para la Planeación. Recuperado de <http://www.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/2/2012/01/tf07-er-07-tuxtlas-reg.pdf>
- Håkanson, L. (1981). *A manual of lake morphometry*. Berlín, Springer Verlag.
- HAKANSON, L. & M. JANSSON (1983). *Principles of lake sedimentology*. Springer Verlag, Berlín, 318p.
- H. Ayuntamiento de Catemaco (s.f.). Catemaco. Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México: Estado de Veracruz. Recuperado de <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM30veracruz/municipios/30032a.html>
- Hutchinson, G. E., (1957). *A treatise on limnology*, vol, 1. Geography, Physics and Chemistry. Nueva York, John Wiley & Sons, 540 p.
- Jiménez-García, M. I., y Suárez-Morales, E. (2017). Complementary description of *Ergasilus arthrosis* Roberts, 1969 (Copepoda: Poecilostomatoida: Ergasilidae), a new parasite of cichlid teleosts in southeast Mexico. *Systematic parasitology*, 94(1), 81-90.
- Linton, I. C. (2019). Evaluación de diferentes sustratos físicos para aumentar la superficie de fijación del caracol tegogolo, *Pomacea patula catemacensis*, durante su engorda (Tesis de Maestría). División de Estudios de Posgrado. Instituto Tecnológico de Boca del Río, Ver.

- Lorán,R., Valdez, A, Martinez, F y Gáspar,T.(2013). Lago de Catemaco, Veracruz. En Dillanes, M y Aguilar, D (Ed.), *Pesquerías continentales de México*.(pp. 93-118) México,Df:Instituto nacional de pesca.
- Margalef, R. (1983). *Limnología*, Barcelona, Ediciones Omega, S.A., 1.010p.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000
- NORMA Oficial Mexicana NOM-041-PESC-2004
- Pérez, G. R., & Restrepo, J. J. R. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical (Vol. 15)*. Universidad de Antioquia.
- Pérez-Rojas, A., Torres-Orozco, R., & Márquez-García, A. Z. (1994). Los sedimentos recientes del lago de Catemaco, Veracruz, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México*, 20, 67-76.
- Sperling Von, E. (1999). *Morfología de lagos y represas*, Belo Horizonte, DESAAJFMG.
- Vázquez-Silva, G., Castro-Barrera, T., Castro-Mejía, J., y Mendoza-Martínez, G. D. (2011). Los caracoles del género *Pomacea* (Perry, 1810) y su importancia ecológica y socioeconómica. *ContactoS*, 81, 28-33.

14. ANEXOS



Anexo A. Batimetría a bordo de una embarcación turística.



Anexo B. Registro de CUE.



Anexo C. Biometría de caracol tegologo (*Pomacea patula catemacensis*).



Anexo D. Molido de sedimento seco.



Anexo E. Tamizado de muestras de sedimento.



Anexo F. Tamizado de muestras de sedimento.



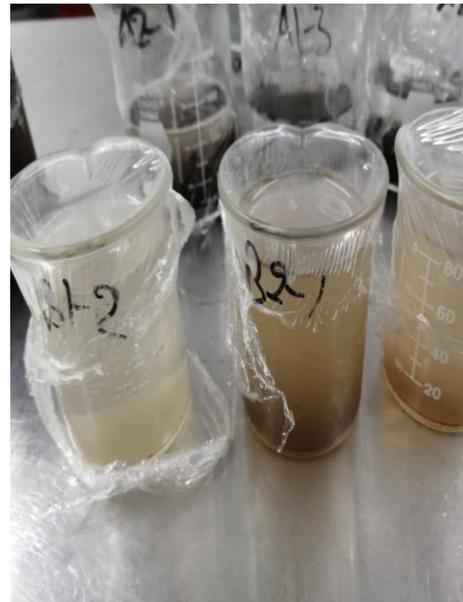
Anexo G. Tamices para análisis granulométrico.



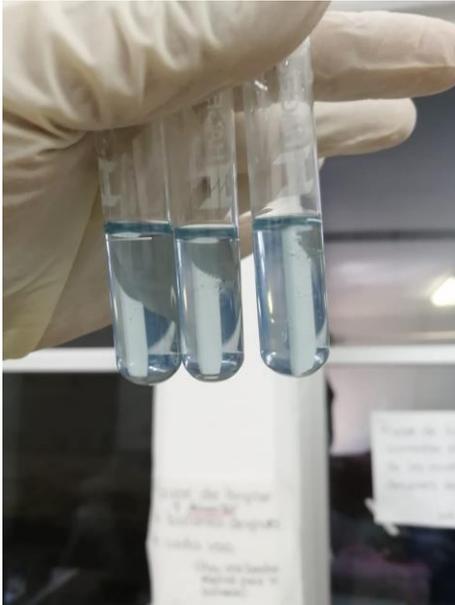
Anexo H. Sedimentación de muestra <math><200</math> en tubos de ensaye.



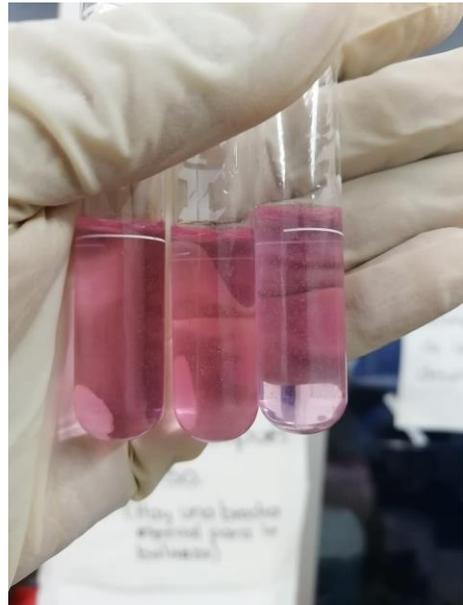
Anexo I. Preparación de muestra saturada relación 1:2.5.



Anexo J. Muestras en reposo para análisis químicos.



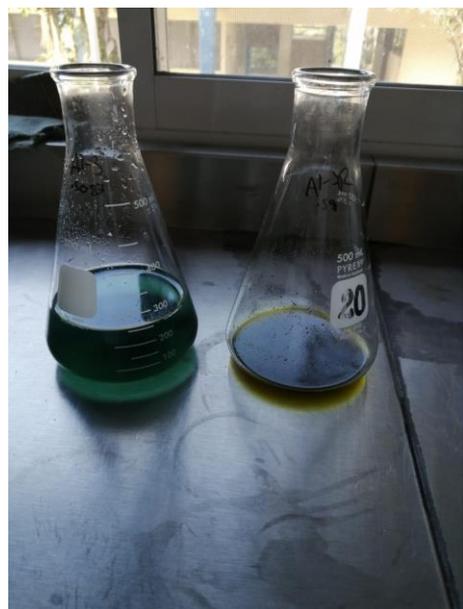
Anexo K. Análisis de PO_4



Anexo L. Análisis de Calcio (Ca).



Anexo M. Titulación para determinar materia orgánica (MO).



Anexo N. Izq. Muestra titulada, Dcha. Muestra a titular.