



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

REGISTRO DEL SERVICIO SOCIAL
POR ACTIVIDADES RELACIONADAS CON LA PROFESIÓN

Apoyo al proyecto de investigación: Contaminación por microplásticos en la zona costera de Yucatán

QUE PRESENTA EL ALUMNO (A)

ADDI PAMELA FIGUEROA MIRANDA

Matrícula:

2173066667

ASESORES

**Dra. Gabriela Vázquez Silva (No. Eco. 30288) - Asesor interno
Laboratorio de Limnobiología y Acuicultura, UAM Xochimilco**

**Dra. Cecilia Robles Mendoza (Céd. Prof. 3504169) - Asesor externo.
UMDI-SISAL, UNAM**

RESUMEN

En el servicio social se realizó en la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación Sisal (UMDI-Sisal), ubicada en el estado de Yucatán, el cual consistió en el apoyo a la investigación de contaminación por microplásticos. Este tema es de gran importancia a nivel mundial, ya que como en otros países, en México el manejo de los residuos plásticos ha causado un gran impacto, siendo el país que ocupa el lugar 12 en el mundo en consumo de plásticos y el lugar 11 en producción, de los cuales la mayoría llegan a los ecosistemas naturales por el mal control en su desecho, acumulándose en aguas, sedimentos y en organismos. Por lo que, el presente proyecto de servicio social tuvo como objetivo identificar el estado de contaminación por microplásticos en los ambientes costeros de Yucatán con el fin de contar con herramientas para la toma de decisiones en el manejo de materiales contaminantes y gestión de las actividades humanas. En Yucatán, como en el resto del país, es importante la preservación de los ecosistemas, de sus recursos naturales, servicios ecosistémicos y de mantener su calidad para las generaciones futuras por lo que en este proyecto se estudian especies de importancia comercial como *Lutjanus griseus* mejor conocido como pargo mulato y camarones del género *Farfantepenaeus*. Además, debido a su belleza natural, el ecosistema es aprovechado como un sitio turístico lo que contribuye a la economía de las comunidades costeras circundantes. Por lo tanto, son importantes estos tipos de estudios que permitan conocer el estado actual de los ecosistemas.

Palabras clave: costa, histología, microplásticos, sedimento.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quisiera aprovechar para expresar mis más grandes agradecimientos a mis tutoras de Servicio social la Dra. Gabriela Vázquez Silva y a la Dra. Cecilia Robles Mendoza, por la dirección y el consejo que me brindaron en la realización de mi servicio social y de este escrito.

A la Dra. Cecilia Robles Mendoza, quisiera agradecer por el apoyo y la oportunidad de poder colaborar en su equipo de trabajo por la confianza brindada, por compartirme sus conocimientos, brindarme una gran experiencia durante mi estancia en el estado de Yucatán (sisal), por su amabilidad y hacerme sentir en confianza la considero una inspiración, gracias por todas las pláticas, comidas, consejos, tips y sobre todo por su valiosa amistad, espero en un futuro poder volver a trabajar juntas, me llevo muy buenos recuerdos. Con profundo afecto, mil gracias por ayudarme a crecer como persona y como profesional.

También quiero agradecer a la Dra. Gabriela Vázquez Silva, que tengo el gusto de conocer desde hace cinco años, por ser mi tutora en varias ocasiones, por su apoyo, sus valiosos conocimientos, guía, atenciones, amistad y consejos brindados durante toda la carrera, por abrirme las puertas de su laboratorio y permitirme trabajar y aprender muchas cosas importantes, gracias por hacerme sentir en confianza y saber que puedo acudir por algún consejo académico, siempre esta dispuesta ayudar a los alumnos que pasan por su laboratorio, es una gran profesora que me hizo apreciar y valorar la carrera, es de esas personas que dejan huella.

A mis amigos Javier Lozoya y Andrea Morales Farfan que me acompañaron a lo largo de este camino de la Licenciatura, por todas las experiencias vividas, desvelos, proyectos, prácticas de campo, ánimo, consejos y conocimientos transmitidos, es un placer poder haberlos encontrado en esta gran aventura y ver como vamos creciendo, los quiero y aprecio mucho a seguir luchando por nuestros sueños. A mi compañera y amiga Elizabeth Ramirez, por permitirme participar en su trabajo de investigación, acompañarme, compartir sus conocimientos,tips, transporte, viajes, tristezas, enojos, risas, por tu la amistad y no dejarme sola, por escucharme y apoyarme, espero poder volver a coincidir tanto profesionalmente como de amistad, nunca olvidare los grandes momentos, te admiro y respeto mucho por tu gran inteligencia y por la buena persona que eres.

A mi más grande motor y ejemplo mi MADRE, la persona que siempre ha estado y estará conmigo y a mi gran PADRE que siempre me apoya en todos los momentos , sueños, gracias por ser ese ejemplo de amor y perseverancia,

Por último quisiera agradecer al proyecto **PAPIME PE209222** de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM, por la beca recibida en la modalidad de beca de titulación" Asimismo, agradecer a la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación-Sisal de la Facultad de Ciencias del UNAM por el apoyo recibido durante tu servicio social

ÍNDICE

1. MARCOINSTITUCIONAL	4
2. INTRODUCCIÓN	7
3. ANTECEDENTES DEL PROYECTO DE SERVICIO SOCIAL	8
4. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	10
5. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO	11
6. ESPECIFICACIÓN Y FUNDAMENTO DE LAS ACTIVIDADES DE SERVICIO SOCIAL	11
<i>A. Apoyo en el trabajo de campo para el muestreo de agua, sedimentos y organismos en ecosistemas costeros</i>	11
<i>B. Apoyo en el procesamiento de tejidos de peces para la cuantificación de efectos histopatológicos</i>	15
<i>C. Apoyo en el procesamiento de muestras de agua y sedimento y tejidos para la extracción de micro plásticos</i>	18
<i>D. Apoyo en el procesamiento de resultados para la realización de análisis estadísticos y gráficos</i>	20
<i>E. Elaboración de consultas sobre información oficial relacionada con residuos sólidos urbanos en la Península de Yucatán a través de la Plataforma Nacional de Transparencia</i>	20
<i>F. Búsqueda de información en base de datos sobre la acumulación y efectos tóxicos de micro plásticos y plastificantes en matrices ambientales</i>	20
7. IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES DEL SERVICIO SOCIAL	21
8. APRENDIZAJE Y HABILIDADES OBTENIDAS DURANTE EL DESARROLLO DEL SERVICIO SOCIAL	22
9. FUNDAMENTO DE LAS ACTIVIDADES	22
10. REFERENCIAS	24
11. ANEXOS	28

1. MARCO INSTITUCIONAL

Conforme a orden jurídico en México se consideran las siguientes leyes como importantes en el deber de esta investigación:

1-La *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*, la cual es la máxima ley de derecho ambiental en México, se encuentra fundamentada en:

- **Artículo 1:** La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para: I.- Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar. II.- Definir los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación. III.- La preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente. IV.- La preservación y protección de la biodiversidad, así como el establecimiento y administración de las áreas naturales protegidas. V.- El aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas. VI.- La prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo.

2- La *ley general de Vida Silvestre* en base a la protección de la vida silvestre conforme al:

- **Artículo 4º.** Donde se indica que es deber de todos los habitantes del país conservar la vida silvestre y su hábitat; queda prohibido cualquier acto que implique su destrucción, daño o perturbación, en perjuicio de los intereses de la nación.
- **Artículo 5º.** Conservación mediante la exigencia de niveles óptimos de aprovechamiento sustentable, de modo que simultáneamente se logre mantener y promover la restauración de su diversidad e integridad, así como incrementar el bienestar de los habitantes del país.

-

3- La *Ley de Responsabilidad Ambiental* en cuestión de los daños al ambiente en donde se entiende “daño al ambiental” como la pérdida, cambio, deterioro, menoscabo, afectación o modificación adversos y mensurables del hábitat, de los ecosistemas, de los elementos y recursos naturales, de sus condiciones químicas, físicas o biológicas, de las relaciones de interacción que se dan entre estos, así como de los servicios ambientales que proporcionan. Conforme:

- Artículo 10. Toda persona física o moral que con su acción u omisión ocasione directa o indirectamente un daño al ambiente, será responsable y estará obligada a la reparación de los daños, o bien, cuando la reparación no sea posible a la compensación ambiental que proceda, en los términos de la presente Ley.

4- En cuanto al delito conforme al *Código Penal Federal*, las penas establecidas:

- **Artículo 414.-** Se impondrá pena de uno a nueve años de prisión y de trescientos a tres mil días multa al que ilícitamente, o sin aplicar las medidas de prevención o seguridad, realice actividades de producción, almacenamiento, tráfico, importación o exportación, transporte, abandono, desecho, descarga, o realice cualquier otra actividad con sustancias consideradas peligrosas por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, radioactivas u otras análogas, lo ordene o **Artículo 416.-** Se impondrá pena de uno a nueve años de prisión y de trescientos a tres mil días multa, al que ilícitamente descargue, deposite, o infiltre, lo autorice u ordene, aguas residuales, líquidos químicos o bioquímicos, desechos o contaminantes en los suelos, subsuelos, aguas marinas, ríos, cuencas, vasos o demás depósitos o corrientes de agua de competencia federal, que cause un riesgo de daño o dañe a los recursos naturales, a la flora, a la fauna, a la calidad del agua, a los ecosistemas o al ambiente.

autorice, que cause un daño a los recursos naturales, a la flora, a la fauna, a los ecosistemas, a la calidad del agua, al suelo, al subsuelo o al ambiente.

5- El Componente Ordenamiento y Vigilancia Pesquera y Acuícola 2018 del Programa de Fomento a la Productividad Pesquera y Acuícola 2018 se encuentra fundamentado en:

A) Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos:

- Artículo 4: Toda persona tiene derecho a la alimentación nutritiva, suficiente y de calidad, lo cual será garantizado por el Estado.
- Artículo 4 párrafo 5: Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley.

B) Leyes

Ley de Desarrollo rural sustentable

- Artículo 11: Las acciones para el desarrollo rural sustentable mediante obras de infraestructura y de fomento de las actividades económicas y de generación de bienes y servicios dentro de todas las cadenas productivas en el medio rural, se realizarán conforme a criterios de preservación, restauración, aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la biodiversidad, así como prevención y mitigación del impacto ambiental.

Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentable

- Artículo 17 referente a la importancia de la actividad pesquera y la acuicultura.
- Artículo 4 párrafo XXV referente a la definición del ordenamiento pesquero: Conjunto de instrumentos cuyo objeto es regular y administrar las actividades pesqueras, induciendo el aprovechamiento sustentable de los recursos pesqueros y acuícolas, basado en la disponibilidad de los recursos pesqueros, información histórica de niveles de extracción, usos y potencialidades de desarrollo de actividades, capacidad pesquera o acuícola, puntos de referencia para el manejo de las pesquerías y en forma congruente con el ordenamiento ecológico del territorio;

D) Normas Oficiales Mexicanas principales

Algunas Normas Oficiales Mexicanas de carácter general que aplican son:

- NOM-009-SAG/PESC-2015

Que establece el procedimiento para determinar las épocas y zonas de veda para la captura de las diferentes especies de la flora y fauna acuáticas, en aguas de Jurisdicción Federal de los Estados Unidos Mexicanos.

- NOM-060-SAG/PESC-2014

Pesca Responsable en Cuerpos de Aguas Continentales Dulceacuícolas de Jurisdicción Federal de los Estados Unidos Mexicanos. Especificaciones para el Aprovechamiento de los Recursos Pesqueros.

2. INTRODUCCIÓN

Las zonas marinas y costeras en la actualidad enfrentan grandes presiones tanto en México como en el mundo, de acuerdo con SEMARNAT (2004), los principales causantes de las presiones que sufren estos ecosistemas están relacionadas con las actividades humanas particularmente las actividades productivas tales como la industria, actividades ganaderas y agrícolas, turismo, crecimiento de las zonas urbanas, entre otras. En el presente proyecto de servicio social se pretende investigar la contaminación por microplásticos, la cual tiene relación con las actividades que ejercen presión en estos sistemas, según Jean Pierre, (2001) esta problemática es una de las más alarmantes en los últimos años ya que afectan a la biodiversidad, dando paso a la extinción de especies y por consecuente la afectación del ser humano. Al respecto, los microplásticos son pequeñas partículas de plástico de 5 mm e inferiores (Huang *et al.* 2020); de acuerdo con Ivar y Costa, (2019) el 80% de la procedencia corresponde a las actividades terrestres derivado del inadecuado manejo de la basura plástica.

Los mares y las zonas costeras de México conforman una parte fundamental del territorio, estas regiones poseen una gran riqueza natural y material, por lo que es importante su gestión, conservación y/o restauración que permitan mantener la integridad de estos ecosistemas, los cuales proveen de una gran cantidad materias y servicios para los habitantes de estas zonas como para el país, es así por lo que se

Los estudios basados en concentración de microplásticos en sedimento, utilizan en la mayoría la separación por densidad como metodología ejemplo Álvarez- Zefirino et al. (2020), Cabrera, (2018), Beckwith & Fuentes, (2018), Li et al. (2018) y Ruiz, (2021), sin embargo, las soluciones utilizadas para este proceso difieren entre autores, entre la solución saturada más comúnmente utilizada se encuentra el Cloruro de Calcio CaCl_2 utilizada en la mayoría, y el cloruro de sodio NaCl .

Por su parte en cuanto a los organismos también los estudios van más enfocados a la estimación de concentración y sobre los posibles daños que podrían traer consigo en el desarrollo de vida del organismo sin profundizar bien en revisar esos daños o enfermedades, entre los organismos más estudiados podemos encontrar a los, moluscos y arrecifes como los estudios de de Arreola, (2020) y Amaya, (2016), en menos proporción los crustáceos (camarón) y peces como Lacerot et al. (2020), Godoy-Balcarcel, (2021), Ruiz, (2021), Lino, (2019), Franco-Trece et al. (2016) y Greenpeace México, (2017) cabe mencionar que en su mayoría suelen ser especies marinas; los estudios constan en la revisión al microscopio de tractos digestivos (esófago, estómago e intestino), además es importante mencionar sobre los pocos estudios en mamíferos.

Por lo anterior, es importante hacer más estudios para conocer la incidencia de los plásticos en los ecosistemas del país, sobre todo los de gran relevancia ecológica, la importancia en la transferencia trófica, cómo los contaminantes plásticos y los contaminantes adheridos pueden afectar a los organismos, como es que actúan y qué daños y/o enfermedades están asociadas. En la actualidad aún existen dudas sobre los daños que puedan causar las partículas de microplásticos y las sustancias con las que estos son fabricados, por lo que es necesario la realización de más estudios que busquen explicar las consecuencias que traen consigo la contaminación en la biota e incluso para la salud humana.

4. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El presente Servicio social se realizará en las instalaciones de la UNAM, Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación Sisal (UMDI-SISAL), ubicada en Puerto de Abrigo, S/N. CP: 97356, Sisal, en el municipio Hunucmá, Yucatán, México.

Sisal es un puerto mexicano ubicado en el litoral norponiente del Estado de Yucatán, se localiza a 70 km de Mérida (capital del estado) en el municipio de Hunucmá, se ubica entre los paralelos 21° 36' y 19° 32' latitud norte , 87° 32' y 90° 25' longitud oeste (Figura 1), colinda al norte con el Golfo de México, al sur con los municipios de Samahil y Tetíz, al este con Progreso y Ucú y al oeste con Celestún (SECTUR, 2020).

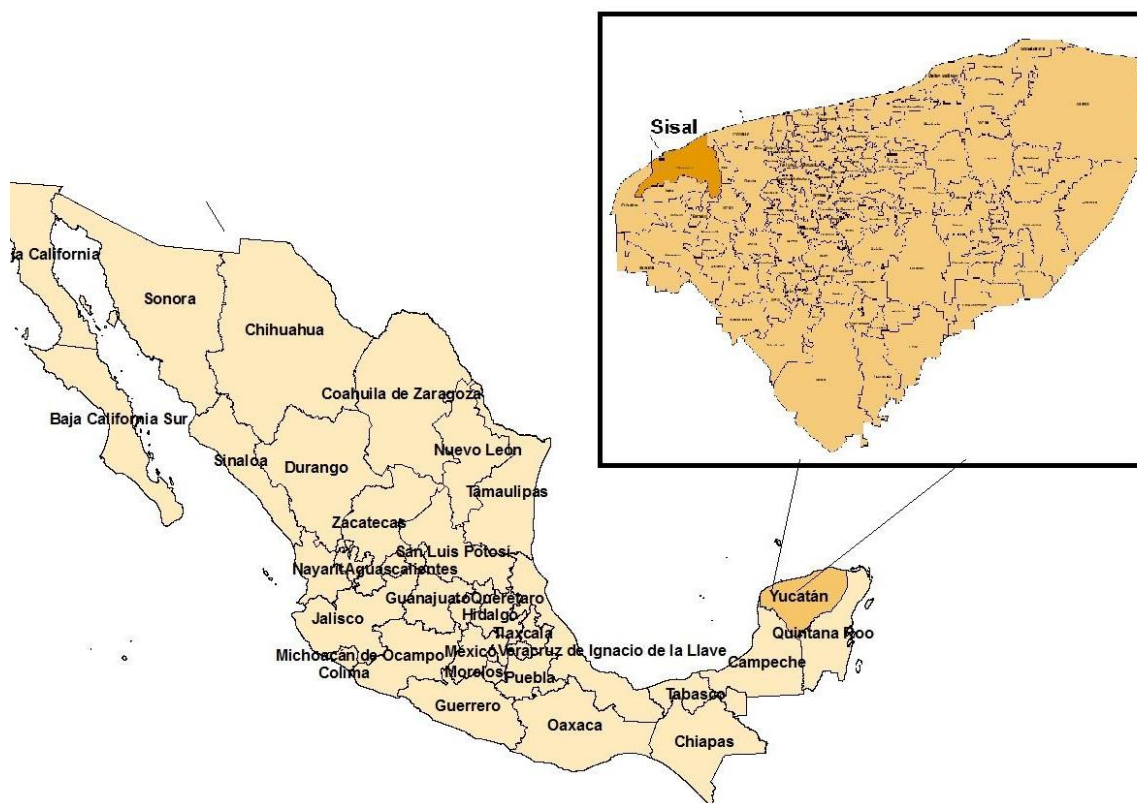


Figura 1. Ubicación geográfica donde se llevarán a cabo las actividades del servicio social.

5. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto de Investigación “Contaminación por microplásticos en la zona costera de Yucatán” tiene como objetivo identificar el estado de contaminación por microplásticos en ambientes costeros de Yucatán a fin contar con herramientas para la toma de decisiones en el manejo de materiales contaminantes y gestión de las actividades humanas.

6. ESPECIFICACIÓN Y FUNDAMENTO DE LAS ACTIVIDADES DE SERVICIO SOCIAL

A. Apoyo en el trabajo de campo para el muestreo de agua, sedimentos y organismos en ecosistemas costeros.

Para el cumplimiento de esta actividad se realizaron 5 salidas al campo de las cuales cuatro fueron a laguna costera conocida como “*La bocana*” y una a la Ciénega de Sisal que se encuentran dentro del “*Área Natural Protegida Estatal Ciénagas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán*” la cual abarca una superficie de 54,776.72 hectáreas y se ubica dentro de los municipios de Ucú, Progreso, Ixil, Motul, Dzemul, Telchac, Sinanché, Yobaín, Dzidzantún, Dzilam de Bravo y Hunucmá (DOEY,2010), pertenecientes a la localidad de Sisal, en conjunto con el equipo de trabajo de Ecotoxicología en ambientes costeros y marinos de la Facultad de Ciencias (**Anexo 1y2**).

Como primer ejercicio se reunió todo lo necesario para las salidas, conforme a la Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentable, se solicitó una licencia de pesca de fomento ante la CONAPESCA, se tramitaron los seguros de los colectores y se hizo la preparación de la renta de vehículos de transporte. En cuanto al material para la toma de muestras se realizó la compra de material (ej. Frascos de vidrio, papel aluminio, hielo etc), en el laboratorio se realizó la preparación de soluciones (ej. Analgésicos, fijadores, agua destilada etc.), la limpieza de material en ácido clorhídrico para la eliminación de algún tipo de contaminación plástica , la revisión y calibración de equipo (ej.

Multianalizador de parámetros físico-químicos, GPS, refractómetro, draga etc.) y se reunieron todos los materiales indicados en la lista para el cumplimiento de las actividades en campo (ej. Redes, pilas, bitácoras, desarmadores, sal, botiquín de primeros auxilios, manuales de identificación de organismos, pilas, hieleras etc.); todo con el fin del cumplimiento de las buenas prácticas. De acuerdo con IICA, (2010) las buenas prácticas, las cuales permiten una realización más planificada y correcta, se definen como “todas las acciones que se toman durante el ciclo de producción y procesamiento, para asegurar la calidad e inocuidad, el bienestar laboral, social y animal, y la protección de la salud humana y del ambiente”. Conforme al área de investigación (sitio de interés) se delimitaron las estaciones de muestreo en donde se encontrarán los sitios de muestreo de agua, sedimento, organismos y parámetros físico-químicos.

La toma de parámetros Físico-Químicos se realizó con la ayuda de un Multiparámetro HANNA INSTRUMENTS – HI 98194, se midieron las distintas variables como el pH, potencial de oxidación y reducción ORP (mV), % de saturación de O₂, oxígeno disuelto (mg/L), conductividad eléctrica (µS/cm), resistividad (MΩ*cm), Total de Sólidos Disueltos TDS (g/L), salinidad, temperatura (°C) y profundidad (cm) del agua, y se registró en la hoja de formato de parámetros físico-químicos (**Anexo 3**).

En cuanto a los muestreos de agua debemos saber que estos pueden variar en cuanto al equipo utilizado (ej. botellas tipo Niskin, Van Dorn y Ruttner), dependiendo de los requisitos de la investigación se puede seleccionar entre uno u otro, para este caso se utilizó una red de plancton la cual se utiliza para la toma de agua y de organismos de diversos tamaños, en este caso podría ayudar a la toma de microplásticos de baja densidad los cuales al igual que estos organismos (generalmente microscópicos) se encuentran flotando sobre el agua, por lo que es importante recordar lo mencionado por la Aldana, (2022), donde indica que se consideran generalmente que el tamaño de los microplásticos abarcan un tamaño 5 mm e inferiores, sin embargo otros autores como GESAMP, (2016) indica que dentro de esta generalización se encuentra otro grupo los llamados “nanoplásticos” con un tamaño que va de los 100 *nm* e inferior; de

acuerdo con Samanez *et al.* (2014) en los sitios de colecta meso-eutróficos y eutróficos como es el caso de las áreas de investigación se debe emplear redes de 20 μ m a 35 μ m de abertura de la malla; por lo que los microplásticos capturados no podrían perderse además de que los arrastres permiten abarcar un área más extensa de los sitios de muestreo.

Las redes de plancton están constituidas por un cono de tela cuya base se fija en un cuadrado de metal que la mantiene abierta y en él se sujeta un flujo metro el cual registra el flujo del agua que entra a esta red; su extremidad posterior la parte puntiaguda que se cierra como una rosca al colector de plancton en donde se captura todo lo recolectado durante el arrastre. La red se amarra a la embarcación (lancha) y es lanzada al agua, mientras la lancha avanza lentamente para este estudio se realizaron arrastres de 10 min; lo anterior de acuerdo con Branco (1978), quien establece el volumen de agua dependiendo del estado trófico del ecosistema: Oligotrófico (30 - 40 litros) y meso a eutrófico (10 - 20 litros), por lo que diez minutos se consideró como un tiempo mínimo para cumplir esta regla; además de realizar réplicas, cuanto mayor sea el número de muestras por estación, será mejor (entre 3 a 6). Lo colectado en el cilindro se colocó en frascos de 300 ml, llenando 3 frascos por arrastre aproximadamente, los cuales se etiquetaron y conservaron en refrigeración dentro de una hielera hasta el momento de su procesamiento (**Anexo 4**).

Para ello, es necesario saber que existe muchos instrumentos o formas de muestrear sedimento, y al igual que las muestras de agua depende de los objetivos ya que al momento de elegir uno tenemos que tomar en cuenta distintas variables; de acuerdo con ISO (1995), la selección del tipo de instrumento de muestreo se define en función de variables, por ejemplo la profundidad a la que se encuentra el sedimento, del espesor (tamaño del grano) o del tamaño de la capa que se requiera coleccionar y la cantidad necesaria para las pruebas. La draga es un Instrumentos tipo "recogedor" y es de los más sencillos, se utilizan normalmente para muestreos de sedimentos de fondo, sobre todo las de accionamiento dirigido, además de que ayudan a que haya una posibilidad de obtener fácilmente grandes cantidades de muestras, no son aptas para

realizar, por ejemplo, análisis de perfiles Herranz. M. *et al.* (2007). Debido al objetivo del estudio solo necesitamos la parte superficial, ya que en esta parte se encuentran los plásticos con los que los organismos de interés podrían estar en mayor contacto, debido a que en estas zonas se encuentra su alimento (ej. camarones, cangrejos etc.), es por este motivo que se seleccionó el uso de una draga.

La toma de muestras de sedimento se realizó desde la lancha con la ayuda de una draga, se hicieron dos tipos de muestras: simples y compuestas. Las muestras simples las cuales consistía en hacer un solo lanzamiento de la draga lo capturado se colocaba directamente sobre un frasco de vidrio 300 ml; mientras que para las muestras compuestas se realizaron tres lanzamientos, lo capturado en cada lanzamiento se colocaba sobre una charola de metal para evitar la contaminación plástica externa, en donde se revolvía y posteriormente se colocaba en un frasco, finalmente se etiquetaban y se colocaban en hielo hasta su procesamiento (**Anexo 5**).

El muestreo de organismos se realizó en base a las especies y cantidad permitida por las autoridades de la CONAPESCA, en total se trabajó con tres especies distintas de las cuales dos son peces, *Cyprinodon artifrons* y *Lutjanus griseus*, un crustáceo (camarón) *Farfantepenaeus sp.* siendo estos dos últimos de importancia económica (DOF, 2014 y Garrido *et al.* 2008). Para las capturas se utilizaron distintas formas de pesca, *Lutjanus griseus* se captura mediante el arte de pesca conocido como “línea de mano” o “línea de anzuelo” esta técnica es utilizada el Golfo de México, es un método de pesca que consiste en la utilización de una línea (hilo pesca) y un anzuelo, normalmente con cebo, que se introduce en el agua desde una barca a la deriva, anclada o en movimiento, muelle y/o costa, es utilizada para coleccionar un tipo determinado de pez (FAO,1995 y INAPESCA, 2000). (**Anexo 6**). Para *Cyprinodon artifrons* se optó por el uso de red atarraya y redes trampa, la primera consiste en arrojar la red la cual debe extenderse de tal manera que forme lo más cercano a un círculo perfecto al caer al agua, con el objeto de cubrir la mayor área posible. Posteriormente, se espera que llegue al fondo, posibilitando así que los objetivos de captura queden atrapados en la superficie de acción de la red, por su parte la red trampa (Nasa) son

artes de pesca fijos, que operan en el ambiente marino y las nasas en lagunas, esteros y aguas continentales, funcionan con carnada (INAPESCA, 2000) (**Anexo 7**).

B. Apoyo en el procesamiento de tejidos de peces para la cuantificación de efectos histopatológicos.

El procesamiento para el análisis histopatológico solo se realizó para la especie *L. griseus*. Existen distintas técnicas histológicas el uso de una u otra varía dependiendo del objetivo del estudio; sin embargo, todas comparten un mismo objetivo que es observar una estructura de los diferentes componentes del tejido de los organismos. Para este estudio se seleccionaron tres órganos(componentes) de interés diferentes: 1) estómago-intestino, 2) hígado y 3) branquias, los cuales suelen ser los órganos donde se acumulan más comúnmente los microplásticos en organismos acuáticos como los peces, de acuerdo con autores como Lino (2020); Iannacone *et al.* (2021); Mendoza *et al.* (2020), Bebelyn-Godoy *et al.* (2021) y Danopoulos *et al.* (2020) en estudios similares. En general el procesamiento histológico consta de seis fases distintas: 1) Obtención de material histológico (órganos) 2) Fijación, 3) inclusión, 4) corte, 5) tinción y 6) observación.

1. Obtención de material histológico: para llevar a cabo la obtención de órganos se realizó una disección, en la obtención de las branquias con ayuda de unas tijeras finas se hizo un corte del opérculo para dejar expuesta a las branquias de las cuales con delicadeza y ayuda de unas tijeras y pinzas se tomó el primer y segundo arco branquial de cada lado del pez, tratando de no lastimar las lamelas; para una mayor precisión y poder tomar toda la branquia nos apoyamos de la ayuda de un microscopio estereoscópico, obteniendo un total de cuatro branquias por pez. Para la disección del hígado y estómago, se realizó un corte horizontal desde el ano, situado delante de la aleta anal, siguiendo una línea recta hasta la cabeza, después se realizó un corte vertical hasta la línea lateral desde esta se realizó otro corte horizontal hasta la altura de ano y posteriormente se realizó otro corte vertical conectando con el ano, así formado una especie de rectángulo se levantó el musculo dejando a la vista las vísceras

de donde se extrajeron el estómago, el intestino y las gónadas (**Anexo 8**). Todo se realizó sobre una charola de aluminio, con herramientas de metal para evitar el contacto de los órganos con plástico y que pudiera presentar algún tipo de contaminación, además también se empleó en todo momento un blanco, el cual consistió en un frasco de vidrio con agua destilada, el cual se mantuvo abierto durante el proceso con el propósito considerar contaminación de microplásticos de tipo fibras, que se encontraran suspendidas en el ambiente, cuyo origen generalmente es de tejidos sintéticos. El promedio de los microplásticos precipitados en los frascos se debe restar a la cantidad de microplásticos identificados en las muestras ambientales.

2. Fijación: El proceso de fijación se realiza para tratar de conservar de una forma el estado de original de los tejidos en los organismos; ya que cuando se los organismos se colectan y mueren, ocurren procesos degradativos (autólisis) y la putrefacción (acción bacteriana), por lo que se debe fijar para detener la vida de célula e impedir los procesos *post mortem* por lo que se debe hacer lo más prontamente posible (Montalvo, 2010; Gorodner, 2013 y Mejías, 2019). Hay diferentes fijadores estos pueden ser físicos o químicos siendo este último el que se usó, para este procedimiento se utilizó solución Davidson como primer fijador a través de inyección en la cavidad celómica; en el laboratorio después de la disección de las muestras se colocan en frascos de entre 5-10 ml donde vuelven a colocan en solución Davidson por inmersión y después de 3 días son colocados en alcohol al 70% para evitar el endurecimiento excesivo que puede causar la solución Davidson pero mantener su preservación. En el caso de, las branquias se sometieron a una desclasificación a través del uso de ácido etilendiaminotetraacético al 14% (EDTA), para reblandecer el tejido óseo y poder hacer más fácil el corte en el micrótopo (**Anexo 9**), hasta el momento antes de la inclusión las muestras de los órganos se cortan en partes más pequeñas específicamente de la zona de interés y se colocaron en histocasetes etiquetados y se colocaron en un bote con alcohol al 70% hasta la inclusión.

3. Inclusión: Es el proceso mediante el cual el tejido se le confiere dureza para poder posteriormente realizar los cortes. Este proceso se divide en tres fases 1) la

deshidratación de los tejidos, 2) Impregnación del solvente (aclaración- diafanización) e 3) Inclusión y formación de bloque. Los primeros dos se realizaron a través de un tren de alcohol (distintos grados), Xilol y parafina (**anexo 10**), para la formación del bloque se utilizó un dispensador de parafina *Leica EG1150 H* el cual calienta a la parafina y la mantiene líquida, esta se vierte en un molde donde se introduce la muestra la cual se coloca según la orientación deseada para el corte se tapa con un histocasetes, se deja solidificar a temperatura ambiente, posteriormente se desmolda y queda lista para el corte (**Anexo 11**).

4.Corte: El corte es el paso que se utiliza para obtener la porción del tejido a analizar y colocarlos en laminillas para su análisis. Los tamaños de los cortes varían dependiendo del tejido, usualmente se suelen realizar cortes de 5-8 μm de grosor. Existen diferentes tipos de cortadoras o mejor conocidas como “Micrótomos” y su mecanismo consta de 1) sujeción del bloque de parafina 2) sujeción de la navaja la que permite que el filo de la navaja seccione al bloque en cortes delgados y de grosor uniforme 3) el de avance del bloque en un número determinado de micrómetros después que se ha obtenido un corte (Montalvo, 2010; Gorodner, 2013 y Megías M, 2019). Para el proceso de corte de este estudio se utilizó un micrótomo de tipo Minot el *Leica RM2255*, para el caso de hígado se hicieron cortes de un tamaño de 4 μm , mientras que para las branquias se optó por cortes del tamaño de 5 μm . Debido a que los cortes generalmente se arrugan, para extenderlos y adherirlos en un portaobjetos, previamente etiquetado, se emplea un aparato llamado baño de flotación, el cual mantiene a un líquido caliente en una temperatura deseada, para este caso se utilizó agua destilada a una temperatura de 40 - 45 °C, las secciones del corte se depositan con cuidado en el líquido se extiende y se recogen con un portaobjetos en donde se adhieren, posteriormente se dejaron secar y se guardaron en porta laminillas, para cada órgano se realizaron de dos a tres repeticiones con un total de 2 portaobjetos por un mismo tejido (**Anexo 12**).

5.Tinción: Este proceso es importante para que al momento de la observación podamos distinguir los distintos componentes celulares de un tejido, existen diversa cantidad de colorantes y cada uno cumple una función diferente. Para este proceso se optó por una

tinción de hematoxilina – eosina, la cual es la técnica más utilizada. La tinción se realizó mediante un tren de tinción en donde los tejidos van cambiando entre diferentes sustancias contenidas en cajas coplin, estas sustancias son Xilol, alcohol en diferentes grados, alcohol ácido y agua etc. durante tiempos diversos. Antes de realizar el tren es necesario quitar el exceso de parafina, por lo que las laminillas son sometidas a calor en una estufa entre 15-45 min y posteriormente se colocan en Xilol en proceso se llama desparafinación. Posteriormente debe hacerse una rehidratación de tejidos, este se hace con un cambio de alcoholes en forma decreciente y agua, para luego hacer la coloración con los colorantes, el tiempo de duración depende entre tejidos, seguido se hace una deshidratación está por el contrario pasa por los alcoholes y agua de forma creciente, por último, se hace la diafanización o aclaración para quitar el exceso de colorante y tener un buen resultado. Para asegurar que los tejidos no sufran algún daño se tiene que hacer el montaje, este proceso consiste en colocar encima del corte un cubre objetos, pero para que éste quede adherido se utilizó como sustancia adherente Entellan y se dejó secar **(Anexo 13)**.

6.Observación: La observación se realizó en microscopio y en él se buscaban algunas patologías, las patologías observadas se registraron en hojas y después se colocaron a una base de datos.

C. Apoyo en el procesamiento de muestras de agua y sedimento y tejidos para la extracción de micro plásticos.

El procesamiento de muestras de sedimento en la búsqueda de microplásticos se hizo mediante una separación por densidad.

Para este procedimiento se pesó el sedimento húmedo en platos de vidrio etiquetados en una balanza VELAD-VE-CB2000, luego se pusieron a secar en una estufa a 60 °C durante 3 - 5 días aproximadamente, se tomó el peso seco y ambos pesos se registraron en una bitácora. Muestras de 50 g de sedimento seco se tamizó en mallas de tres aperturas diferente: 0.5cm, 500 y 250 μ m, el material que se retuvo

en cada malla se separó y se guardó en sobres de aluminio, los cuales se colocaron en vasos de precipitados de 250 ml en donde se adicionaron 150 ml de solución saturada de cloruro de sodio (NaCl) (**Anexo 14**); con ayuda de una placa se sometieron a agitación DLAB - MS7-H550-S durante 15 min, después se dejaron reposar durante 24 horas, pasadas esas horas el sobrenadante se filtró con la ayuda de una bomba de vacío Rocker 300C mediante un sistema de filtrado en filtros de microfibras de vidrio de poro (4.7 μm), este procedimiento de agitación y filtrado se repitió tres veces, finalmente los filtros se revisaron en el microscopio estereoscópico, todo lo encontrado se registró en hojas y se pasó a una base de datos (**Anexo 15**).

Para el caso de las muestras de agua solo apoyé en el filtrado de las muestras, lo filtrado se colocó en frasco de vidrio etiquetados. En el caso de procedimiento para la extracción de microplásticos en los organismos se realizó digestión enzimática con proteinasa K, lo cual degrada la materia orgánica para así poder separar los microplásticos del tejido de los organismos (**Anexo 16**). Para la búsqueda de plásticos se hizo una revisión visual en los organismos con ayuda de un microscopio estereoscópico, lo que se encontraba se separaba y guardaba en sobres de aluminio, además también se registraban algunos daños que pudiéramos observar en los organismos (opacidad en ojo, asimetrías, daños en las branquias, inflamaciones etc.), también se registraron datos biológicos de los organismos como sexo, la longitud total, peso, peso del estómago, entre otros.

En cada grupo de organismos el proceso fue distinto, para el caso de *Cyprinodon artifrons* y *Farfantepenaeus sp.* se realizó la digestión completa de los organismos, puesto que el tamaño de estos organismos era pequeño y se podía hacer este proceso, mientras que para el caso de *Lutjanus griseus* se optó por considerar únicamente el estómago e intestino; antes de la digestión se realizó una revisión del contenido estomacal en búsqueda de microplásticos, todo se registró y se colocó a una base de datos (**Anexo 17**). La digestión enzimática es un proceso en el cual se inicia con el secado de las muestras en una estufa a 60°C, esto tardó un aproximado de 2 a 4 días, posteriormente las muestras secas se cortaron en pedazos más pequeños y se colocan

en tubos de ensayo, se adiciona una solución buffer la cual se incubaba junto con la muestra por 15 min, para la incubación se agitaron los tubos de ensayo junto con su contenido con ayuda de un vórtex GENIE 2- SI-236 y posteriormente se sometieron a baño térmico a una temperatura de 55°C, pasado ese tiempo se adiciono la proteinasa k , se incubó durante 3 horas, y durante este tiempo, cada 15 minutos las muestras se agitaban en el vórtex , al final las muestras se filtraban en filtros de microfibra de vidrio y se observaron al microscopio.

D. Apoyo en el procesamiento de resultados para la realización de análisis estadísticos y gráficos.

El apoyo en cuanto al procesamiento de datos para los resultados, lo que realicé fue el apoyo en la captura de los datos en la base de datos en el programa Excel de la paquetería Microsoft office.

E. Elaboración de consultas sobre información oficial relacionada con residuos sólidos urbanos en la Península de Yucatán a través de la Plataforma Nacional de Transparencia.

Las consulta de la información no se realizó, sin embargo esta actividad se cambió por el apoyo en la participación de la filmación en un video de docencia, en el cual realice actividades preparación de material, muestreo en campo y utilización de equipos de muestreo en conjunto con otras compañeras del grupo de trabajo de ecotoxicología, con fin de tener registro material fotográfico y de video, el cual se utilizará para la realización de un video educativo sobre las buenas prácticas en la colecta de muestras ambientales y en sitios contaminados, procedimientos bioéticos en las actividades de investigación y docencia.

F. Búsqueda de información en base de datos sobre la acumulación y efectos tóxicos de micro plásticos y plastificantes en matrices ambientales.

Esta actividad no se llevó a cabo, sin embargo, se sustituyó por el apoyo en la elaboración del inventario de materiales-equipo de laboratorio y campo, el catálogo de programa de mantenimiento de equipo de laboratorio y la guía de prácticas para la atención a emergencias químicas en el laboratorio, información que es necesario para el establecimiento de los sistemas de gestión de calidad y que será incluido en el “Manual de procedimientos del área de ecotoxicología en ambientes costeros y marinos”.

7. IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES DEL SERVICIO SOCIAL

Las actividades realizadas en el desarrollo del servicio social constituye un gran aporte para el estado de Yucatán, región sumamente importante en el desarrollo pesquero del país de acuerdo con Gobierno del Estado de Yucatán (2018) ocupa el primer lugar en la pesca de mero y pulpo siendo estas especies la principal fuente de ingresos de pescados para el estado, además de destacarse por contar una gran diversidad de especies (peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos), además de acuerdo con la CONAGUA, (2020) la península de Yucatán es considerada como la mayor reserva de agua dulce del país, principalmente esta tiene un origen subterráneo y se mueve de las zonas interiores hasta las zonas de costa, donde se realiza la descarga natural del acuífero acarreando consigo contaminación de distintas zonas del estado . Por lo que es importante conocer el estado actual del ambiente (diagnóstico)es por eso que esta investigación nos permitirá conocer el estado de contaminación micro-plástica en la zona costera del estado, cómo esto afecta a las especies que habitan estos sistemas, funcionando así como una herramienta que permita ayudar en la toma de decisiones del gobierno del Estado Yucatán sobre el manejo de materiales contaminantes y gestión de las actividades humanas y así poder aplicar las leyes de una manera más efectiva, contribuyendo así al fortalecimiento de los instrumentos de política ambiental y conciencia ciudadana.

Otro aspecto considerable a destacar es que se contribuye conforme la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentable, en donde se solicita una licencia de pesca de organismos fomento ante la CONAPESCA, donde se entrega un reporte del estado de

los organismos y la cantidad pescada de la especie, lo que permite llevar un registro a esta institución con el fin de contar con una regulación pesquera en el país.

Por su parte de acuerdo a las metodologías desarrolladas en la investigación de contaminación por microplásticos, se encuentra en prueba otra técnica “digestión enzimática con Proteinasa K” para eliminar toda la materia orgánica y facilitar la búsqueda de microplásticos los cuales a veces pueden ser confundidos con ramas o materia orgánica, lo que podría ayudar a investigaciones futuras sobre el tem

8. APRENDIZAJE Y HABILIDADES OBTENIDAS DURANTE EL DESARROLLO DEL SERVICIO SOCIAL

El servicio social permitió la adquisición de diferentes habilidades y aprendizajes como:

- Uso de las técnicas histológicas
- Muestreo en campo de organismos acuáticos, distintas artes de pesca: pesca de línea o mano, atarraya, redes trampa y redes de arrastre.
- Muestreo de peces, considerando prácticas bioéticas: métodos de colecta no destructivos, uso de métodos de eutanasia aprobados por la comunidad científica, necesidad del aval de los comités de bioética para el uso de organismos en la investigación y docencia, requerimiento de los permisos de colecta científica.
- Técnicas de extracción de microplásticos: técnica de digestión enzimática con proteinasa K y técnica de extracción por diferencia de densidad.

9. FUNDAMENTO DE LAS ACTIVIDADES

Las actividades realizadas dentro del servicio social, se relacionan con el perfil de conocimientos que se imparte en la carrera de biología de UAM Xochimilco, basado en un contexto biológico sobre el análisis de cómo estos contaminantes (microplásticos) influyen en los procesos del ciclo de vida de los organismos (peces) , por su parte en cuanto al contexto ecológico-ambiental se examinaron muestras de agua y sedimento de estos ecosistemas de interés para conocer el estado de contaminación plástica de

los sistemas costeros del estado de Yucatán y así poder tener un diagnóstico que permita crear estrategias para la toma de decisiones en el uso, conservación y/o restauración de los recursos naturales por parte de las poblaciones que los aprovechan así como de los organismos que los habitan.

Ya que de acuerdo con el Programa de Fomento a la Productividad Pesquera y Acuícola se busca asegurar la productividad y el bienestar económico del sector, así como la sustentabilidad de las poblaciones que conforman los diversos ecosistemas acuáticos del país (SADER, 2021). Es por esto que de acuerdo con la Misión de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, las actividades del servicio social realizadas dentro de esta UMDI- SISAL se basaron en resolver problemáticas complejas que involucran diversas áreas de conocimiento, de tal manera que además aplicar conocimientos de la biología, se requirió de la comprensión de otros elementos teóricos provenientes de otras áreas, para poder resolver la problemáticas concretas, lo cual concuerda con lo expuesto en el documento Xochimilco que dice: “que el estudiante sea un actor fundamental, capaz de intervenir en el proceso de transformación de la realidad social y material” (Villarreal *et al.*,1974); así mismo concuerda con lo expresado por Arbesú, (1996), en cuanto a que expresa la vinculación de la universidad con la sociedad por medio del estudio de un problema concreto que afecte a las clases más necesitadas. Las actividades comprendieron de forma general: el apoyo en el trabajo de campo para el muestreo de agua, sedimentos y organismos en ecosistemas costeros; apoyo en el procesamiento de tejidos de peces para la cuantificación de efectos histopatológicos; apoyo en el procesamiento de muestras de agua y sedimento y tejidos para la extracción de microplásticos; apoyo en el procesamiento de resultados para la realización de análisis estadísticos y gráficos y consultas sobre información oficial relacionada con residuos sólidos urbanos en la Península de Yucatán a través de la plataforma nacional de transparencia.

10. REFERENCIAS

- Acosta, G., Carillo, D.V. y Caballero, J. (2022). Microplásticos en agua y organismos. *Revista de Ciencias, Revista de la Academia Mexicana de Ciencia*, 73, 6-7.
- Aldana, D. (2022). Contaminación por microplásticos. *Revista de Ciencias, Revista de la Academia Mexicana de Ciencia*, 73, 6-7.
- Álvarez-Zeferino, J. C., Ojeda-Benítez, S., Cruz-Salas, A.A., Martínez-Salvador, C. y Vázquez-Morillas, A. (2020), "Microplastics in Mexican beaches", *Resources, Conservation and Recycling*, 33, 1-8.
- Amaya, A. I. (2016), *Evaluación de los microplásticos en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Quintana Roo, México, y sus efectos en la biota, tomando en cuenta como ejemplo una especie de invertebrado béntico: Ophiocoma echinata (tesis de maestría)*. Universidad Nacional Autónoma de México. Quintana Roo.
- Arbesú, M. I. (1996). El sistema modular Xochimilco. En: Arbesú, M. I. y Berruecos, L. (Eds). *El sistema modular en la Unidad Xochimilco de la Universidad Autónoma Metropolitana* (9-25 p). Ciudad de México: uam-x.
- Arreola, I. M. (2020), *Análisis de la concentración de microplásticos en zonas arrecifales de áreas naturales protegidas de Baja California Sur, México (Tesis de maestría)*. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La paz.
- Bebelyn-Godoy, B., Ponciano-Nuñez, M., Alpuche-Palma., A., Vera-Quiñones, F. y Mendiola-Campuzano, J. (2021). Identificación de microplásticos en el contenido gastrointestinal de peces comerciales. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 8, 124-134.
- Beckwith, V.K. y Fuentes, M. (2018). Microplastic at nesting grounds used by the northern Gulf of Mexico loggerhead recovery unit. *Marine Pollution Bulletin*, 131, 32–37.
- Branco, S. (1978). *Hidrobiología Aplicada a Engenharia Sanitaria*. Sao Paulo, Brasil: CETESB.
- Cabrera, D. (2018). *Determinación de la presencia de microplásticos en las playas de Tenerife*. Universidad de la Laguna, España: lio
- CINVESTAV. (2010). La costa de Yucatán en la perspectiva del desarrollo turístico. Corredor Biológico Mesoamericano México. *Serie Conocimientos, CONABIO*, 9, 15-23.
- Danopoulos, E., Jenner, E., Twiddy, M. y Rotchell, Y.M. (2020). Contaminación por microplásticos de pescados y mariscos destinados al consumo humano: una revisión sistemática y un metanálisis. *Environmental Health Perspectives*, 128, 1-32.
- Diario Oficial del Estado de Yucatán. (2010). *Reserva Estatal Ciénagas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán*. Secretaria de Desarrollo Sustentable. Recuperado el 25 octubre, 2022 de: https://sds.yucatan.gob.mx/areas-naturales/cienagas_manglares.php

- Diario Oficial de la Federación. (2014). *Plan de manejo pesquero de camarón café “Farfantepenaeus aztecus” y camarón blanco “Litopenaeus setiferus” en las costas de Tamaulipas Veracruz. México: Secretaría de agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación.* Recuperado el 25 octubre, 2022 de: <https://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/Planes-de-Manejo-Pesquero/Golfo/Plan-de-Manejo-Pesquero-de-Camaron-Cafe-y-Blanco.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. (1995). *Pesca con línea de mano y con calamarrera.* Italia: Biblioteca David, Lubin.
- Franco-Trecu V., Drago, M., Katz H., Machín, E., Marín, Y. (2016). With the noose around the neck: Marine debris entangling otariid species. *Environmental Pollution*, 220,985-989.
- Garrido, A., Castillo-Enrique, P.A. y Felix, F.J. (2008). Preferencias alimenticias de las especies comerciales más importantes de genero Lutjanus en el litoral costero del estado de Tabasco, México. *Kuxulkab´. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco*, 27,55-57.
- GESAMP. (2016). “Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment” Kershaw, P.J., y Rochman, C.M., (Eds). *Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection* (pp. 93-220). Reino Unido, Londres: International maritime organization.
- Greenpeace México (2017), *Estudio sobre la contaminación por microplásticos en peces de México, Greenpeace México.* Recuperado el 14 noviembre, 2022 de: <https://www.greenpeace.org/%20mexico/publicacion/3377/estudio-sobre-el-impacto-de-la-contaminacion-por-microplasticos-en-peces-de-mexico/#:~:text=Estudio%20sobre%20el%20impacto%20de%20la%20contaminaci%C3%B3n%20por%20micropl%C3%A1sticos%20en%20peces%20de%20M%C3%A9xico,-Greenpeace%20M%C3%A9xico%20octubre&text=De%20los%20755%20peces%20muestreados,pezas%20en%20un%20mismo%20pez%20E2%80%BA,%20consultado%20el%203%20de%20febrero%20de%202022>
- Gorodner, O.Z. (2013). *Histología: Métodos e instrumentos de estudio de la histología, Parte I: técnica histológica.* Facultad de Medicina. Universidad Nacional del Nordeste. Recuperado el 03 de Noviembre, 2022 de: https://med.unne.edu.ar/sitio/multimedia/imagenes/ckfinder/files/files/histologia_med_cat2/GUIA%201%20%202013.pdf
- Herranz, M., Bolivar, J.P., Liger, E., Payeras, J. y Pinilla, J. (2007). *Procedimiento de toma de muestras de sedimentos para la determinación de la radiactividad ambiental.* Madrid, España: Consejo de Seguridad Nuclear.
- Huang, W., Song, B., Liang, J., Niu, Q., Zeng, G., Shen, M., Deng, j., Luo, Y., Wen, X. y Zhang, Y. (2020). Microplastics and associated contaminants in the

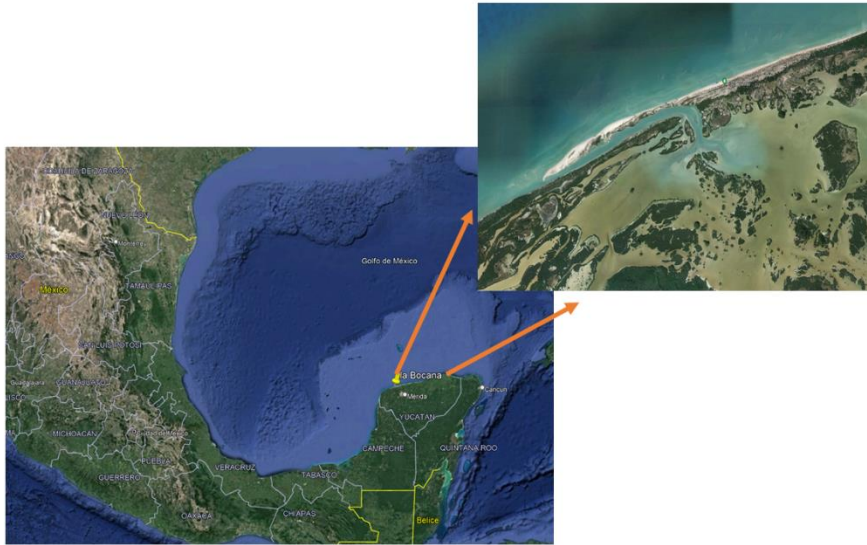
- aquatic environment: A transfer, and potential impacts to human health. *Journals of Hazardous Materials*, 405, 1-11.
- Iannacone, J., Principe, F., Minaya, D., Panduro, G., Carhuapoma, M. y Alvaríño, L. (2021). Microplásticos en peces marinos de importancia económica en Lima, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32, 1-15.
- IICA. 2010. Manual de capacitación en buenas prácticas agrícolas
- Ivar Do Sul, J.A. y Costa, M.F. (2014). El presente y futuro de la contaminación por microplásticos en el medio marino. *Environmental Pollution, Elsilver*, 185, 352-364.
- INAPESCA. (2018). *El Instituto Nacional de Pesca, Gobierno del Encuentro*. Recuperado el 15 abril, 2022 de: <https://institutopesca.gob.ec/inp-alista-campana-sobre-microplasticos-en-los-oceanos/>
- INAPESCA. (2000). *Catálogo de los sistemas de captura de las principales pesquerías comerciales*. Distrito Federal, México: Semarnap.
- ISO. (1995). Water quality — Sampling — Part 12: Guidance on sampling of bottom sediments
- Jeanpierre, K.L. (2001). *El microplástico y la contaminación del mar (Tesis licenciatura)*. Comunicación social, Universidad Politécnica Salesiana. Guayaquil.
- Lacerot, G., Lozoya, J.P y de Mello, F.T. (2020). Plásticos en ecosistemas acuáticos: presencia, transporte y efectos. *Revista científica de Ecología y Medio Ambiente, ecosistemas*, 29, 1-3.
- Li, H., Zhang, K., Yang, R., Li, R., & Li, Y. (2018). Characterization, source, and retention of microplastic in sandy beaches and mangrove wetlands of the Qinzhou Bay, China. *Marine Pollution Bulletin*, 136, 401–406.
- Lino, J.G. (2019). *Microplástico en el tracto digestivo de Scomber japonicus, Opisthonema libertate y Auxis thazard, comercializados en el puerto pesquero de Santa Rosa, provincia de Santa Elena-Ecuador. (Tesis licenciatura)*. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Estatal Península de Santa Elena. La libertad, Ecuador.
- Megias, M., Molist, P. y Pombal, M.A. (2019). *Técnicas de histología Atlas de histología vegetal y animal*. Recuperado el 03 de Noviembre, 2022 de: <https://mmegias.webs.uvigo.es/cita-celula.php>
- Mendoza, M.Y. y Glier, K.T. (2020). *Presencia de microplásticos en peces pelágicos de mayor comercialización, en el mercado de “Playita Mía” de la ciudad de Manta (Tesis licenciatura)*. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Manabí, Ecuador.
- Montalvo, C.E. (2010). *Técnicas histológicas*. Facultad de medicina, Universidad Autónoma Nacional de México. Recuperado el 03 de Noviembre, 2022 de: https://bct.facmed.unam.mx/wpcontent/uploads/2018/08/3_tecnica_histologica.pdf
- POETCY. (2007). *Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán*. Mérida, Yucatán: CBM
- Ruiz, J.B. (2021). *Evidencia de la presencia de microplásticos en agua, sedimento y tracto digestivo de tilapia (oreochromis aureus) proveniente de la laguna de*

- catemaco, veracruz (Tesis licenciatura)*. Instituto Tecnológico Superior de san Andrés Tuxtla. Chiapas
- SADER. (2021). Gobierno de México. *Programa de fomento a la productividad pesquera y acuícola 2021*. Recuperado el 15 abril, 2022 de: <http://www.agricultura.gob.mx/ano-2021/programa-de-fomento-la-productividad-pesquera-y-acuicola-2021>
- Samanez, I. (2014). Plancton Metodología de colecta. En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Museo de Historia Natural (Eds.), *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú* (pp. 12-19). Lima, Perú: Departamentos de Limnología e Ictiología.
- SECTUR. (2020). *Gobierno de México, Sisal, Yucatán*. Recuperado el 05 abril, 2022 de: <https://www.gob.mx/sectur/articulos/sisal-yucatan>
- SEMARNAT.(2004). *Perspectivas del Medio Ambiente en México*. Geo México. Distrito Federal: México.
- Villarreal, R. (1974). *Documento Xochimilco. Anteproyecto para establecer la Unidad del Sur de la Universidad Autónoma Metropolitana*. México: Uam x.
- UNAM. (2021). *UNAM sisal, México*. Recuperado el 05 abril, 2022 de: <http://www.sisal.unam.mx/content.php?id=58>

11. ANEXOS

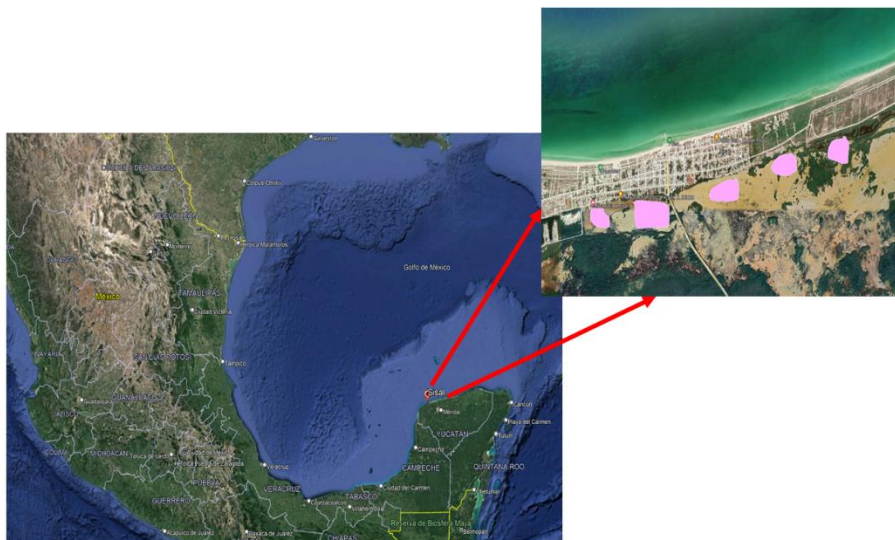
Anexo 1.

Zona de muestreo en laguna costera “Laguna la Bocana”.



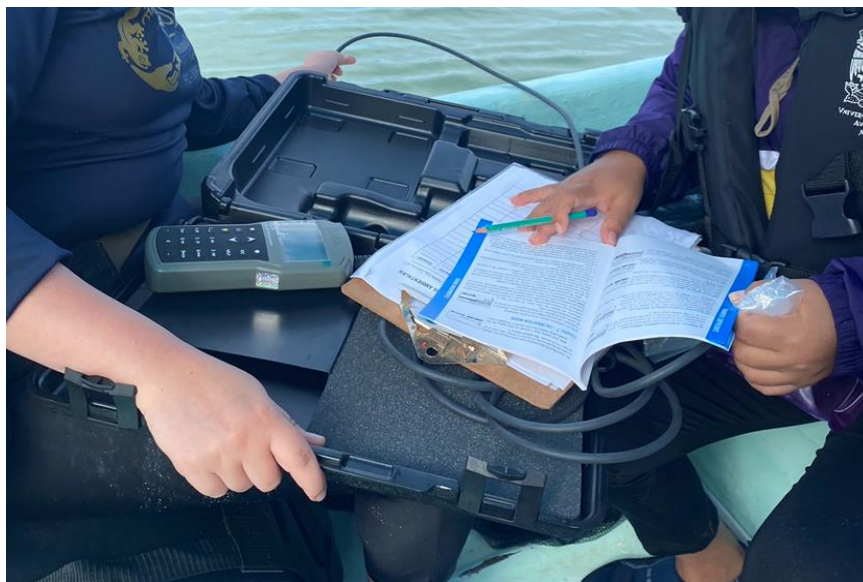
Anexo 2.

Zona de muestreo en la Ciénega de sisal la cual se encuentra dentro de “Área Natural Protegida Estatal Ciénagas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán”.



Anexo 3.

Medición de parámetros Físico-Químicos, formato de parámetros e información de muestreos.



Formato de Parámetros Ambientales e información de muestreos

Nombre proyecto: _____ Fecha: _____
 Sitio: _____ Nombre del observador: _____

Parámetro	Estación No. _____	Estación No. _____	Estación No. _____	Estación No. _____	Estación No. _____
Hora de inicio					
Latitud norte					
Latitud Oeste					
pH					
ORP (mV)					
% de saturación de O ₂					
O ₂ Disuelto (mg/L)					
Conductividad (µS/cm)					
Resistividad (MΩ*cm)					
TDS (g/L)					
Salinidad					
Temperatura de agua °C					
Profundidad (cm)					
Hora de termino					
Datos de muestreo de agua Valor inicial(I) y final (F) del flujo metro. Tiempo de arrastre (T)	Hora: I: F: T:				
Datos de muestreo de sedimento Muestra simple (S) compuesta (c)	S: C:				
Observaciones					

Anexo 4.

Muestreo de agua en la laguna la bocana, arrastre, conservación y etiquetado.



Anexo 5.

Muestreo de sedimento mediante draga.



Anexo 6

Muestreo de *Lutjanus griseus* en la laguna “la Bocana”, técnica de pesca “línea de mano” o “línea de anzuelo”.



Anexo 7

Muestreo de *Cyprinodon artifrons* en la laguna “la Bocana” y “Ciénega de Sisal”, método de pesca atarrayado y redes trampa.



Anexo 8

Disección de peces *Cyprinodon artifrons* y *Lutjanus griseus*, en el laboratorio Central de la UMDI-Sisal.



Anexo 9

Preparación de solución ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) para un litro y descalcificación del tejido óseo de las branquias en solución EDTA. La descalcificación es lenta y causa poco daño, en 800 ml de agua destilada disolver EDTA y ajustar a pH 7 con peróxido de hidrogeno NaOH, la solución se tornará transparente y se afora a 1 L (Rolls, 2018).

Cantidad	Sustrato y/o sustancia
100 g	Sal EDTA $C_{10}H_{16}N_2O_8 \cdot 2H_2O$
800 ml	Agua destilada H_2O
pH	Ajustar a 7 con NaOH
+/-	Aforo a 1 L

Nota: La determinación del pH se realiza utilizando un potenciómetro.



Anexo 10

Inclusión proceso de deshidratación de tejidos de hígado, branquias, Intestino y estomago del pez *Lutjanus griseus*.

Tiempo	Solución	cantidad
1 hora	Alcohol 70 %	1 L
1 hora	Alcohol 90 %	1 L
1 hora	Alcohol 96%	1 L
1 hora	Alcohol 96%	1 L
1 hora	Alcohol Absoluto 100%	1 L
1 hora	Alcohol absoluto 100%	1 L
1 hora	Xilol I	1 L
1 hora	Xilol II	1 L
1 hora	Parafina I 55-57 °C	1 L
1 hora	Parafina II 55-57 °C	1 L

Nota: También este procedimiento puede ser manual, en este caso se hizo se utilizó Procesador de tejidos automatizado KD-TS3A



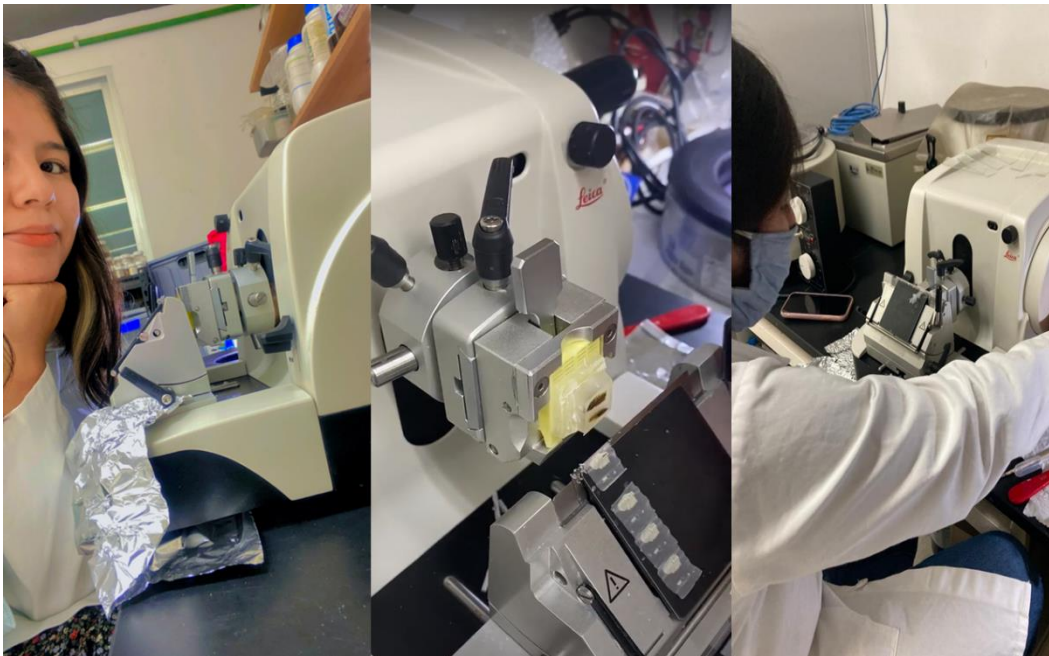
Anexo 11

Inclusión proceso de formación del bloque para corte con el micrótopo.



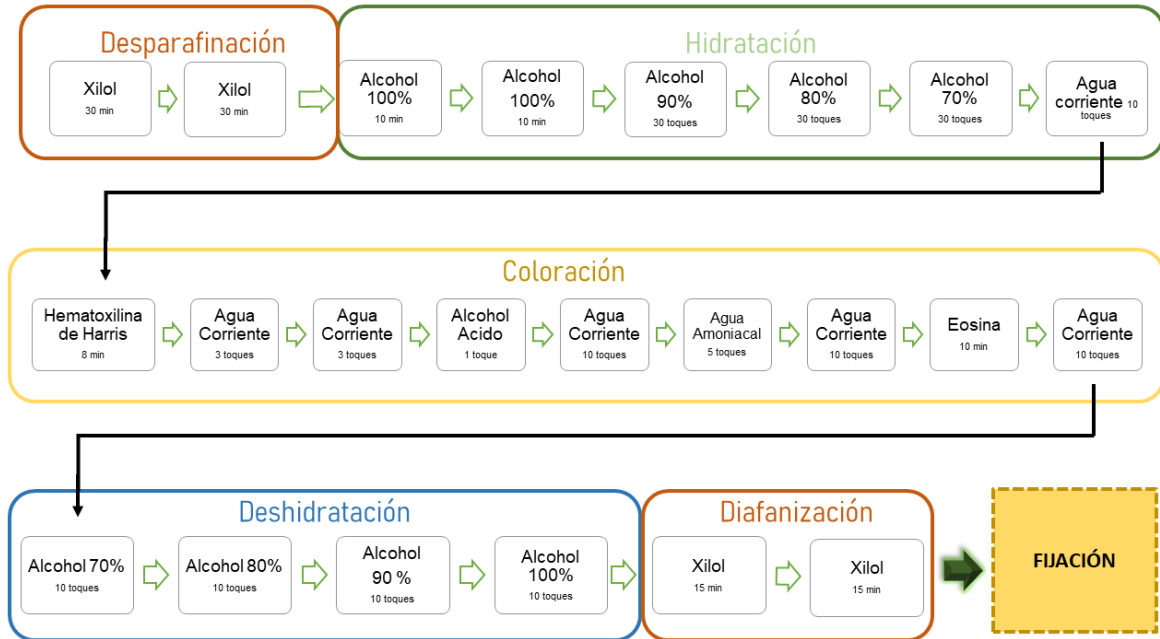
Anexo 12

Corte de tejido micrótopo de tipo minot el *Leica RM2255*, hígado cortes de 4 μm , branquias y estomago se optó por cortes del tamaño de 5 μm .



Anexo 13

Proceso de tinción Hematoxilina de Harris y Eosina, para teñir cortes histológicos de *Lutjanus griseus*.



Anexo 14

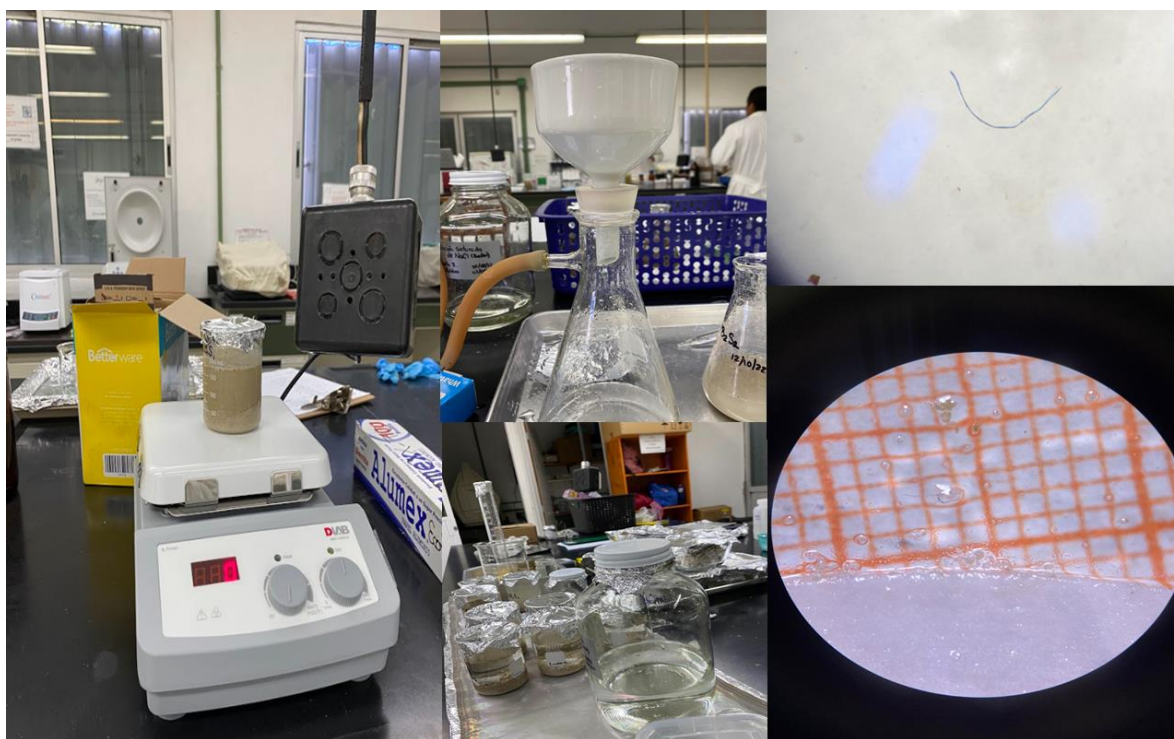
La preparación de solución saturada de cloruro de sodio (NaCl) para un litro, los componentes son los siguientes. En un litro de agua destilada disolver el NaCl y mantener en agitación y temperatura 60 °C por 48 horas aproximadamente hasta que este disuelta la sal.

Cantidad	Sustrato, sustancia y/o proceso
359 g	Sal Cloruro de Sodio NaCl
1 L	Agua destilada H ₂ O
60 °C	Agitación por 48 h.

Nota. Guardar a temperatura ambiente en un frasco de vidrio,

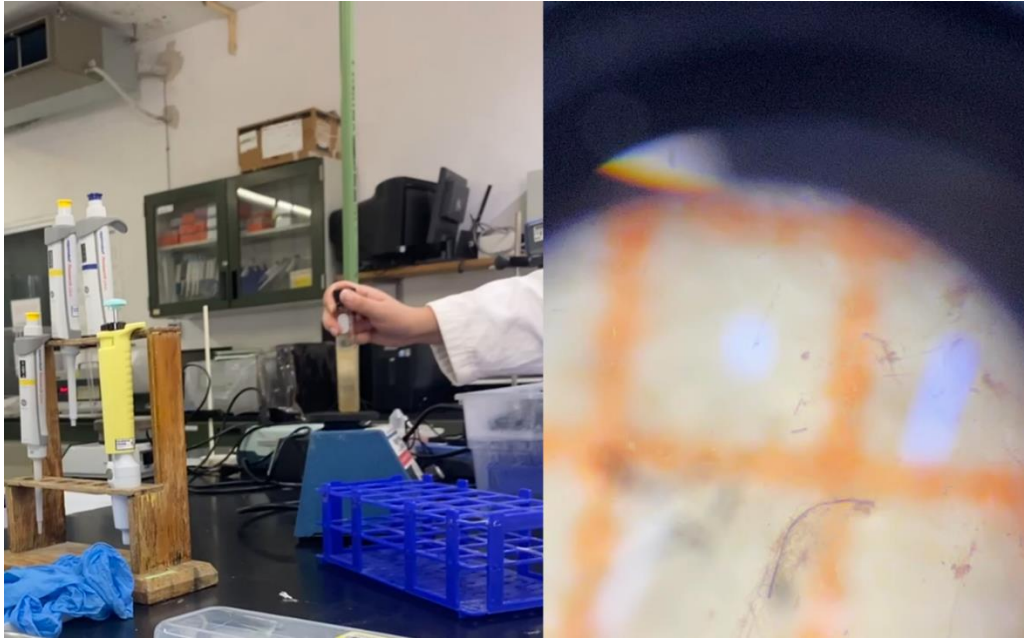
Anexo 15

Separación por densidad mediante una solución saturada de cloruro de sodio NaCl, en muestras de sedimento, y observación en el microscopio.



Anexo 16

Extracción de microplásticos en los organismos mediante digestión enzimática con proteinasa K.



Anexo 17

Revisión de intestino y estómago de *Lutjanus griseus* en busca de microplásticos.

