

**Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura**

Trabajo de Graduación

**Determinación de microplásticos en contenido gastrointestinal del
Blue gill *Lepomis macrochirus* (Rafinesque, 1819) en el lago Atitlán**

Presentado por

T.A. Ana Lucía Sagastume Chinchilla

**Para otorgarle el título de
Licenciada en Acuicultura**

Guatemala, febrero del 2022

**Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura**

Trabajo de Graduación

**Determinación de microplásticos en contenido gastrointestinal del
Blue gill *Lepomis macrochirus* (Rafinesque, 1819)
en el lago Atitlán**

**Presentado por
T.A. Ana Lucía Sagastume Chinchilla**

**Para otorgarle el título de
Licenciada en Acuicultura**

Asesora: M. Sc. Elsa María de Fátima Reyes Morales

Guatemala, febrero del 2022

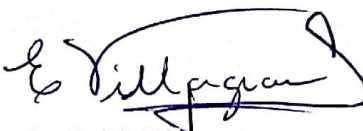
Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura

Consejo Directivo

Presidenta	Dra. Juana Lorena Boix Morán
Secretario	Dr. Pedro Julio García Chacón
Representante Docente	M.Sc. Norma Edith Gil Rodas de Castillo
Representante del Colegio de Médicos Veterinarios y Zootecnistas	Licda. Liliana Maricruz Maldonado Noriega
Representantes Estudiantiles	T.A. Karol Rubí Rivas Díaz T.A. Alejandra Raquel Contreras Perdomo

El Coordinador Académico del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-, después de conocer el dictamen favorable de la asesora, M.Sc. Elsa María de Fátima Reyes Morales, al trabajo de graduación de la estudiante Ana Lucía Sagastume Chinchilla, titulado: “Determinación de microplásticos en contenido gastrointestinal del Blue gill *Lepomis macrochirus* (Rafinesque, 1819) en el lago Atitlán” da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Atentamente,
“ID Y ENSEÑAD A TODOS”




M.Sc. Erick Villagrán
Coordinador Académico



Guatemala, febrero de 2022

La directora del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-, después de conocer el dictamen favorable del M.Sc. Erick Roderico Villagrán Colón, Coordinador Académico, sobre el trabajo de graduación de la estudiante universitaria **Ana Lucía Sagastume Chinchilla**, titulado: “Determinación de microplásticos en contenido gastrointestinal del Blue gill *Lepomis macrochirus* (Rafinesque, 1819) en el lago Atitlán” da por este medio su aprobación a dicho trabajo. IMPRIMASE.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Dra. Juana Lorena Boix Morán
Directora



Guatemala, febrero de 2022

Agradecimientos

Al país de la eterna primavera, Guatemala, por ser el lugar donde nací y donde ahora ha nacido mi pequeña hija a la que enseñaré a amarlo y cuidarlo con mucho cariño.

Al Centro de Estudios del Mar y Acuicultura –CEMA-, el centro que me otorgó mi primer título universitario y el cual ahora me permite culminar esta etapa de formación académica como licenciada.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala –USAC-, máxima casa de estudios que ha tenido la labor de brindar a Guatemala, profesionales en las ciencias acuícolas y marítimas a nuestro hermoso país.

A la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago Atitlán y su Entorno - AMSCLAE-, entidad que tuvo a bien abrirme nuevamente sus puertas para la ejecución de mi EPS.

Al Departamento de Investigación y Calidad Ambiental –DICA- y su personal, quienes amablemente me brindaron el apoyo necesario y su conocimiento para la realización de los proyectos ejecutados durante mi estancia en la Institución.

Al Programa del Ejercicio Profesional Supervisado Multidisciplinario -EPSUM- por haberme tomado en cuenta como parte de su equipo multidisciplinario.

A los pescadores artesanales de los municipios de Panajachel, San Lucas Tolimán, San Juan La Laguna, Santiago Atitlán y San Pablo La Laguna, por el apoyo brindado en la compra de los peces, producto de desembarques, los cuales permitieron la realización de esta investigación.

Acto que dedico

- A la madre naturaleza Sin sus recursos y riquezas no habría tenido la inquietud por estudiar acerca de ella y contribuir con un granito de arena en la investigación a nivel nacional.
- A mis padres Les agradezco grandemente los consejos, las palabras de aliento, las muestras infinitas de apoyo hacia mis estudios. Son los pilares de mi vida y son un gran ejemplo de lucha y perseverancia, gracias por demostrarme que no hay nada imposible. Los quiero mucho.
- A mis hermanos Luis (con cariño hasta Italia), Dulce y Diana, por complementar mi vida. Los quiero mucho patojos.
- A mi esposo Gracias por brindarme tu apoyo en todo momento, alentarme y siempre darme ese empujoncito cuando pensaba que no lo lograría. Te amo.
- A mi amada hija Mi hermosa princesa Ania, tú me acompañaste en parte de este camino, recorrimos juntas el bello Lago Atitlán y me impulsaste a mejorar, este logro es tuyo también mi corazón, te amo infinitamente.

Resumen

El lago Atitlán es uno de los sitios más emblemáticos y de mayor atractivo turístico para guatemaltecos y extranjeros. El cual genera una gran cantidad de ingresos económicos para los pobladores de los municipios alrededor del lago, siendo una de las principales actividades la pesca artesanal. Este lago se ha visto afectado desde hace algunos años por el incremento en la entrada de desechos sólidos a lo largo de la cuenca, debido a una mala gestión y malas prácticas de manejo de estos desechos por parte de los pobladores y las autoridades competentes. Además del incremento de basureros clandestinos, la excesiva dependencia a la utilización de productos plásticos de un solo uso, que solo agrava la situación de la presencia de residuos plásticos en este cuerpo de agua dulce. Se tiene conocimiento de las “islas de plástico” que se han creado en los mares de diferentes países, sin embargo, poco conocimiento se tiene acerca de la presencia de estas partículas de plástico en cuerpos de agua dulce a nivel global y principalmente en cuerpos de agua de Guatemala. En el año 2018, se reportó que ya existen los denominados microplásticos, partículas de hasta 500 μm , en la superficie del lago Atitlán.

En continuidad al tema sobre los microplásticos, se realizó un estudio para determinar la presencia de estas partículas en el contenido estomacal en una de las especies de mayor importancia comercial en el departamento de Sololá, *Lepomis macrochirus*, conocida como “blue gill”, mojarra o redonda, según el municipio en donde sea capturada. Se seleccionaron cinco municipios que están a la orilla del lago, Panajachel, San Lucas Tolimán, Santiago Atitlán, San Juan La Laguna y San Pablo La Laguna. Se realizaron siete visitas para obtener 152 peces, los cuales fueron analizados. Se encontró la presencia de partículas de microplástico en el contenido estomacal de 27 peces. El microplástico tipo línea o fibra fue el de mayor frecuencia de ocurrencia con un 86.96%, seguido de fragmento con un 8.70% y film con 4.35%, de un total de 46 partículas, estando ausentes los tipos espuma y microesferas. Finalmente, no se encontró asociación entre las partículas de microplástico observadas y los sitios de muestreo elegidos.

Abstract

Atitlan lake is one of the most emblematic sites and of major tourist attraction for Guatemalans and foreigners who visit throughout the year. This body of water generates a large amount of economic income for the inhabitants of the municipalities around the lake. One of the activities that are still carried out due to subsistence and ancestral inheritance is artisanal fishing.

This lake has been affected for some years by the increase in the entry of solid waste throughout the basin, due to poor management and bad practices of handling this waste by residents and competent authorities. In addition to the increase in clandestine garbage dumps, the excessive dependence on the use of single-use plastic products, which only aggravates the situation of the presence of plastic waste in this body of fresh water. There is knowledge of the "plastic islands" that have been created in the mares of different countries, however, little is known about the presence of these plastic particles in freshwater bodies globally and mainly in bodies of Guatemala water. In 2018, it was reported that the so-called microplastics, particles of up to 5000 μm , already exist on the surface of Lake Atitlan.

In continuity to the topic on microplastics, a study was carried out to determine the presence of these particles in the stomach content in one of the most commercially important species in the department of Sololá, *Lepomis macrochirus*, known as "blue gill", mojarra or round, according to the municipality where it is captured. Five municipalities were selected that are on the shore of the lake, Panajachel, San Lucas Tolimán, Santiago Atitlán, San Juan La Laguna and San Pablo La Laguna. Seven visits were made to obtain 152 fish, which were analyzed. The presence of microplastic particles in the stomach contents of 27 fish was found. The microplastic type line or fiber was the one with the highest frequency of occurrence with 86.96%, followed by a fragment with 8.70% and a film with 4.35%, of a total of 46 particles, with the foam and micro spheres being absent. Finally, no association was found between the observed microplastic particles and the chosen sampling sites.

Índice de contenido

1. Introducción	1
2. Marco teórico y estado del arte	4
2.1 Marco teórico	4
2.1.1 Redonda o Blue gill	5
2.1.2 Desechos sólidos	6
2.1.3 Plástico	6
2.1.4 Microplásticos	6
2.1.5 Polietileno de alta densidad (HDPE)	7
2.1.6 Poliestireno (PS)	8
2.1.7 Polipropileno (PP)	8
2.1.8 Tereftalato de polietileno (PET)	8
2.1.9 Bioacumulación	8
2.2 Estado del arte	9
3. Objetivos	11
3.1 Objetivo general	11
3.2 Objetivos específicos	11
4. Materiales y métodos	12
4.1 Área de estudio	12
San Lucas Tolimán	13
Santiago Atitlán	13
San Pablo La Laguna	13
San Juan La Laguna	13
Panajachel	14
4.2 Delimitación espacial	14
4.3 Delimitación temporal	14
4.4 Tipo de investigación	14
4.5 Definición de variables	15
4.6 Muestreo y selección de la muestra	15
4.7 Procedimiento	16
4.8 Análisis de la información	18

5. Resultados y discusión	19
6. Conclusiones	27
7. Recomendaciones	28
8. Referencias bibliográficas	29
9. Anexo	34

Índice de Figuras

<i>Figura 1.</i>	Ejemplar de Blue gill <i>Lepomis macrochirus</i>	5
<i>Figura 2.</i>	Mapa del lago Atitlán y municipios de muestreo	12
<i>Figura 3.</i>	Momento de compra de especímenes de <i>Lepomis macrochirus</i> en Santiago Atitlán	16
<i>Figura 4.</i>	Procesamiento de muestra de especímenes de <i>Lepomis macrochirus</i>	18
<i>Figura 5.</i>	Tipos de microplástico encontrados durante las observaciones realizadas bajo el estereoscopio Proporciones de las abundancias de los tipos de microplásticos	21
<i>Figura 6.</i>	Macroplástico encontrado en el contenido estomacal de <i>Lepomis macrochirus</i> , colectado en Panajachel	21
<i>Figura 7.</i>	Proporción de hembras y machos que consumieron mayor cantidad de partículas de microplástico	23
<i>Figura 8.</i>	Organismos por municipio de muestreo que presentaron mayor consumo de partículas de microplástico	24
<i>Figura 9.</i>	Correlación entre talla de los peces (cm) y tamaño de partícula de microplástico (mm)	25

Índice de Tablas

Tabla 1.	<i>Clasificación y definición de los tipos de microplásticos con mayor frecuencia de ocurrencia</i>	7
Tabla 2.	<i>VARIABLES físicas, químicas y biológicas</i>	15
Tabla 3.	<i>Valores promedio de talla, peso total y peso de tracto digestivo de <u>Lepomis macrochirus</u></i>	19
Tabla 4.	<i>Porcentaje obtenido por tipo de partícula de microplástico</i>	20

Anexo

<i>Anexo 1.</i>	Proceso de compra de peces por medio de desembarque en el municipio de Panajachel	34
<i>Anexo 2.</i>	Proceso de registro de datos biométricos y disección de organismos de <u><i>Lepomis macrochirus</i></u>	34
<i>Anexo 3.</i>	Procesamiento y análisis de muestras de tractos digestivos de <u><i>Lepomis macrochirus</i></u>	35
<i>Anexo 4.</i>	Boleta de registro de datos biométricos por municipio de muestreo para <u><i>Lepomis macrochirus</i></u>	36
<i>Anexo 5.</i>	Boleta de registro de resultados obtenidos durante observación de contenido estomacal de <u><i>Lepomis macrochirus</i></u>	37
<i>Anexo 6.</i>	Proporción de hembras y machos y proporción total de organismos que presentaron partículas de microplásticos en su contenido estomacal	38
<i>Anexo 7.</i>	Mapa de vientos del mes de septiembre, correspondiente a la temporalidad de los muestreos realizados	39
<i>Anexo 8.</i>	Municipios con mayor cantidad de partículas de microplástico consumidas por <u><i>Lepomis macrochirus</i></u>	40
<i>Anexo 9.</i>	Mapa de puntos de contaminación a partir del año 2014 – 2018	41
<i>Anexo 10.</i>	Biometrías obtenidas de ejemplares de <u><i>Lepomis macrochirus</i></u>	42

1. Introducción

Los cuatro afluentes principales del lago Atitlán son los ríos Panajachel o San Francisco, Quiscab, San Buenaventura y La Catarata, todos ubicados en la parte norte del lago. De los cuales se genera el ingreso de agua rica en nutrientes y desechos sólidos, debido a la deficiente gestión municipal de cada una de las sub-cuencas, lo cual genera que todo este material de desecho se mantenga y descomponga por tiempo indefinido en este cuerpo de agua.

El inadecuado manejo de los desechos sólidos es un tema que ha ganado importancia desde hace varios años, ya que han influido en el incremento de basureros clandestinos, el colapso de basureros registrados, así como el ingreso excesivo de nutrientes al lago y de este modo su incremento en las floraciones de micro algas con potencial tóxico y plantas acuáticas y últimamente el hallazgo de la presencia de microplásticos en la superficie del lago (López, 2018).

Cole y colaboradores (2011), definen a los materiales plásticos como polímeros sintéticos que se obtienen a partir de la polimerización de monómeros extraídos del petróleo. La principal característica de los plásticos es que resultan atractivos para el ser humano debido a su durabilidad, bajo costo, su resistencia y facilidad para obtenerlos. Sin embargo, su alta dependencia ha creado a su vez un problema ya que algunos de ellos son imposibles de degradar (Derraik, 2002).

Se han definido dos clases de microplásticos; primarios y secundarios, dentro de los microplásticos primarios se encuentran aquellas partículas que han sido fabricadas con un tamaño reducido y cuyo destino está enfocado en la cosmética y productos de limpieza principalmente (Cole, et al., 2011). Mientras que entre los microplásticos secundarios encontramos todos aquellos que derivan de productos gran tamaño y que alcanzan la denominación de microplástico, debido a que la acción del viento, mareas y oleaje les confieren un tamaño de partícula de aproximadamente 5000 μm (Barnes, et al., 2009).

Entre algunos de los materiales de plástico que se encuentran en el mercado son las bolsas plásticas, las cuales son fáciles de conseguir y su tiempo de uso es limitado. Sin embargo, su

bajo tiempo de uso no se compara con el tiempo de degradación, el cual es de aproximadamente 150 años. Otro ejemplo de esto son las botellas de plástico, las cuales pueden llegar a degradarse en un tiempo estimado de hasta 450 años (León,& Ávila, 2015).

En algunos países ya se cuenta con la cultura de reutilización e incluso el rechazo a varios de estos productos de plástico. En España la tasa de reciclaje, en el año 2011, fue del 56% (SGAPC, 2014), sin embargo, varios de estos productos no reciben el tratamiento posterior adecuado, tanto por el usuario inmediato como por las empresas encargadas del tratamiento de los desechos (basura).

El ingreso de desechos plásticos es generado principalmente a través de las actividades antropogénicas, industriales y turísticas, donde se producen diversos residuos que posteriormente son transportados e ingresados a los cuerpos de agua a través de la escorrentía generada por los ríos, con el agravante de la mala gestión y disposición final de los mismos; los cuales, por acción del viento, oleaje, dinámica de las corrientes y mareas, son descompuestos en partículas de menor tamaño denominadas microplásticos, las cuales pueden llegar a ser confundidas con alimento por parte de los organismos acuáticos.

Jambeck y colaboradores, (2015), argumentan que es imposible cuantificar la cantidad de residuos plásticos, debido a que muchos de estos se hunden y acumulan en los fondos o en el peor de los casos, se incorporan a la cadena alimenticia; lo cual da como resultado una difícil estimación de la cantidad real de residuos que se encuentran en mares y océanos.

En el medio acuático resulta imposible evitar que los organismos que ahí habitan ingieran microplásticos, debido a que muchas veces los confunden con alimento o por acción de filtrado en donde no existe una selección de alimento. El resultado de esta ingesta es el desarrollo más lento respecto a otros organismos de la misma especie, lo cual los vuelve vulnerables ante predadores (Lönnstedt,&Eklöv, 2016).

Debido a la importancia que ha ganado el tema de los residuos plásticos en la actualidad, es conveniente estudiar su impacto en cuerpos de agua continental y en los organismos que los habitan para descartar o confirmar la presencia de microplásticos en organismos acuáticos en general y especialmente en los que cuentan con valor comercial y son consumidos por los seres humanos.

De acuerdo a los resultados obtenidos por el Departamento de Investigación y Calidad Ambiental (DICA) de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del lago Atitlán y su Entorno (AMSCLAE), durante el año 2016 en la ejecución del “*Estudio sobre el estado de las poblaciones nativas y exóticas de la fauna ictiológica del Lago de Atitlán*”, una de las especies con mayor abundancia reportadas en los municipios elegidos y de mayor importancia comercial corresponde a “Blue gill” *Lepomis macrochirus* (Rafinesque, 1819). Esta especie presenta una amplia distribución en el lago y posee diferentes características de interés para este estudio.

1. Marco teórico y estado del arte

2.1 Marco teórico

Los plásticos de mayor tamaño denominados macroplásticos ($>5000\mu\text{m}$) y las partículas de microplásticos ($<5000\mu\text{m}$) están asociadas a una mezcla de productos y sustancias químicas que son añadidas durante su proceso de fabricación. En el Convenio de Estocolmo se encuentran comprendidas estas sustancias utilizadas para la fabricación de estos productos, entre las cuales se encuentran: plastificantes, antioxidantes, retardantes de llama, colorantes, así como sustancias bioacumulables o persistentes, además de COP's o contaminantes orgánicos persistentes (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2016).

Se piensa que la contaminación por productos plásticos y partículas de microplástico dio inicio a mediados del siglo XX, en donde debido al incremento de la población y el ascenso de la producción a gran escala, se enfocó en la fabricación de estos productos. Actualmente, la excesiva presencia de micro y ahora nanoplásticos, nos indica que la presencia y uso de productos plásticos ha sobrepasado la capacidad de transformación de las entidades encargadas de su manejo. Se cuenta con informes del año 1960, en donde se exponen escenarios de contaminación por productos plásticos (Rothstein, 1973; Ryan, 2015).

Entre las fuentes de microplásticos se encuentran las fibras sintéticas obtenidas a partir del lavado de prendas de ropa, fragmentos a partir de artes o aparejos de pesca, componentes de determinados productos de limpieza del hogar, personal y cosmética y todos aquellos residuos a partir de actividades recreativas, actividades antropogénicas y acumulación de basura (Brown, *et al.*, 2010; Napper, *et al.*, 2015; Retama, *et al.*, 2016).

2.1.1 Redonda o Blue gill

En los diferentes municipios del lago recibe diversos nombres, conocido como mojarra, redonda o “blue gill”. Se trata de un organismo bentopelágico. Habitan generalmente en lechos de malezas o masas de plantas profundas. Su nivel de actividad es mayor durante horas de amanecer y atardecer. Su boca está en posición terminal y posee rastrillos branquiales largos, lo cual tiene influencia en su alimentación, seleccionando presas pequeñas y blandas, caracoles, pequeños cangrejos, insectos, gusanos. Durante el verano, estos organismos pueden comer hasta un 35% de su peso por semana, durante el invierno esta condición varía, alimentándose en hasta un 1% de su peso por semana (Maryland, s.f.; Page, 1991).



Figura 1. Ejemplar de Blue gill *Lepomis macrochirus* (Nanfa, 2016)

Es una especie nativa de Estados Unidos y su distribución va desde lagos del valle de Mississippi hacia el este y desde el sureste de Canadá hasta el noreste de México. Este pez es considerado especie invasora, debido al desplazamiento de especies nativas, que puede generar al ingresar a cuerpos de agua en donde no se cuenta con esta especie. A lo largo de los años se ha introducido en cuerpos de agua de Europa, Sudáfrica, Asia, Sudamérica y Centroamérica (Maryland, s.f.).

2.1.2 Desechos sólidos

Los desechos sólidos se conocen comúnmente como basura y son el resultado de los residuos generados o producidos por el ser humano en el desempeño de sus labores, los cuales se caracterizan por presentar un estado sólido. Estos pueden ser clasificados dependiendo de su origen, por su composición y tiempo que tardan en degradarse y estos a su vez en desechos ordinarios y especiales (Red San Juan, 2015).

2.1.3 Plástico

Son sustancias de origen orgánico, que se encuentran formadas por estructuras de carbono e hidrógeno principalmente. Su obtención es a partir de la reacción de ciertas sustancias químicas y diferentes materias primas de origen natural o sintético (Góngora, 2014).

En el año 2015, la producción de artículos a partir de plástico alcanzó los 322 millones de toneladas producidas. A nivel mundial, los productos plásticos han ganado importancia debido a su accesibilidad, su resistencia y durabilidad, además de atribuirle ventajas ante la corrosión y el aislamiento (PlasticsEurope, 2016).

2.1.4 Microplásticos

Thompson (2009), definió por primera vez el término de microplástico, haciendo referencia a que son partículas que tienen una longitud menor de cinco milímetros (5000 μm). De acuerdo al origen y uso específico, se pueden clasificar en primarios y secundarios. Entre sus desventajas, se encuentra la capacidad de ser contaminantes hidrófobos, ser bioacumulables a través de la cadena trófica, causar daños a la biota y afectar gravemente la dinámica de poblaciones.

Entre las fuentes de microplásticos se encuentran las fibras sintéticas obtenidas a partir del lavado de prendas de ropa, fragmentos a partir de artes o aparejos de pesca, componentes de determinados productos de limpieza del hogar, personal y cosmética y todos aquellos residuos a partir de actividades recreativas, actividades antropogénicas y acumulación de basura (Browne, et al., 2010; Napper, et al., 2015; Retama, et al., 2016).

De acuerdo al estudio realizado por López (2018), se obtuvo que el promedio de abundancia de partículas de microplástico presentes en el lago de Atitlán son 128,763 partículas/km². Siendo el “fragmento” el tipo de microplástico más abundante en el lago en los dos muestreos realizados, cabe mencionar, que este tipo de plástico es de origen secundario.

De acuerdo a Free y colaboradores (2014), los tipos de microplásticos se pueden definir y clasificar de la siguiente manera:

Tabla 1.

Clasificación y definición de los tipos de microplásticos con mayor frecuencia de ocurrencia

Tipo de microplástico	Definición	Fuente potencial de aparición
Línea/fibra	Plástico recto, fino o fibroso	Líneas o redes de pesca, ropa o textiles sintéticos.
Fragmento	Partícula dura de plástico	Botellas, plásticos duros y resistentes al deterioro.
Film	Plástico delgado y suave	Bolsas de plástico, envoltorios de golosinas y/o productos de cocina.
Espuma	Ligero, plástico similar a una esponja.	Poliestireno, material de amortiguación.
Microesferas	Partículas duras y redondas.	Pellets de fábrica, limpiadores faciales y productos cosméticos.

Fuente: López, 2018; Free, et al., 2014.

2.1.5 Polietileno de alta densidad (HDPE)

El polietileno es un polímero de la familia de los olefínicos, al igual que el polipropileno o polietileno. Se trata de un polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de etileno. A partir de este material se producen artículos como botellas de detergente, tuberías, molduras aislantes, contenedores de alimentos, cajas para congelación de alimentos, tablas de corte. En el ámbito de la industria química, es aplicado para la fabricación de mesas de laboratorio, tapas y cubiertas en ambientes altamente corrosivos y tanques para procesos químicos. Su principal efecto sobre la salud es la liberación de sustancias estrogénicas causantes de cambios en la estructura de las células humanas (Li, et al., 2016a).

2.1.6 Poliestireno (PS)

Este es un compuesto conocido como polímero termoplástico que se obtiene a partir de la polimerización del estireno monómero. De esta materia prima se derivan artículos como envases de espuma, recipientes de alimentos, vajillas de plástico, vasos desechables, platos, cubiertos, CD, tanques y materiales de construcción. Su principal afectación a la salud es la irritación de ojos, nariz y garganta, puede causar mareos e inconsciencia, tiene la capacidad de migrar a los alimentos y almacenar la grasa corporal, además de ser carcinogénico y causar daños hematopoyéticos (Li, et al., 2016b).

2.1.7 Polipropileno (PP)

Se trata de un polímero termoplástico que en ocasiones se encuentra cristalino y se obtiene a partir de la polimerización del propileno (Arlie, 1990). El polipropileno es la base para la elaboración de tapas de botellas, envases de yogur, envases, embalajes, películas, láminas y electrodomésticos (Li, et al., 2016c). Este componente, al ser fundido puede causar quemaduras, por otro lado, al entrar en contacto con los ojos y tracto respiratorio puede causar irritación ya que genera finos y polvos casi imperceptibles (Petroquim, 2012).

2.1.8 Tereftalato de polietileno (PET)

El tereftalato de polietileno, es un polímero termoplástico lineal, contiene un alto grado de cristalinidad. Este al igual que los demás compuestos termoplásticos mencionados anteriormente solamente puede ser procesado a partir de procesos como extrusión, inyección y soplado y termoconformado (Pilato, 2010). Uno de los materiales más conocidos, el cual es materia prima para elaborar artículos como botellas de bebidas carbonatadas, tarros de productos comestibles, películas para embalar y tuberías. Su potencial afectación a la salud es ser un carcinógeno potencial (Li, et al., 2016d).

2.1.9 Bioacumulación

Proceso en el cual sustancias químicas son acumuladas en concentraciones más elevadas que en el medio, esta puede ser biótica o abiótica. Las tres principales vías de bioacumulación en los organismos es de tipo respiratoria, alimenticia y tegumentaria (García, 2018).

Existen ciertos compuestos de mayor atención por su capacidad de ser bioacumulados, tal es el caso de metales pesados como el arsénico, cadmio, cobalto, cromo, cobre, mercurio, níquel, plomo, estaño y zinc; su grado de daño va desde la intoxicación y detonante de enfermedades cuando las concentraciones son altas en los organismos. Los compuestos son principalmente acumulados en el hígado, en donde se concentran para tratar de ser excretados y normalmente se presentan concentraciones mayores en porciones de músculo. La constante ingesta de partículas plásticas podría generar este proceso de bioacumulación en los organismos acuáticos debido a la acción del metabolismo en cuanto a la digestión de estas partículas (García, 2018).

2.2 Estado del arte

En la región Mwanza de Tanzania, localizado sobre la orilla del sur del lago Victoria se realizó una investigación donde se estudiaron porciones de estómago de dos organismos acuáticos la perca del Nilo *Lates niloticus* (Linnaeus, 1758) y tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). En el estudio confirmaron plásticos en el 20 % del pescado por medio del método de Reflectancia Atenuada Total Fourier o espectroscopia Infrarroja (ATR-FTIR). Los resultados arrojaron una variedad de tipos de polímero (Biginagwa, et al., 2015).

Así mismo, se cuenta con el registro de un estudio realizado sobre la ingesta de microplásticos en peces bentónicos y pelágicos en costas portuguesas, se reportó la formación de biopelículas; provocando a nivel sistémico, disrupción endócrina, carcinogénesis y teratogénesis (Neves, et al., 2015). En 2016, Brasil reportó datos acerca del contenido de microplásticos en especies de consumo humano (Miranda & Freire, 2016). También en Brasil, en el año 2017, Santos y colaboradores, evaluaron la deglución de microplásticos en la especie de agua dulce *Hoplosternum littorale* (Hancock, 1828), consumida por los lugareños.

En 2017, Jabeen y colaboradores, analizaron peces de aguas costeras cercanas al río Danubio, los cuales todos contenían partículas de plástico en su contenido estomacal. Free y colaboradores (2014) realizaron una evaluación acerca de la presencia de microplásticos superficiales en el Lago Hovsgol, Asia, tomando como referencia tres tamaños de partícula: 0.355 – 0.999 mm, 1.00 – 4.749 mm y >4.75 mm. De acuerdo a los resultados de la

evaluación, se obtuvo una media de 20, 264 partículas por km², encontrándose todo tipo de partículas y un 81% correspondiente a partículas de microplástico menores a 4.75 mm.

2. Objetivos

3.1 Objetivo general

- Determinar la presencia de microplásticos en el contenido gastrointestinal del Blue gill *Lepomis macrochirus* de los desembarques de la pesca artesanal de cinco municipios del lago Atitlán, Sololá.

3.2 Objetivos específicos

- Determinar la naturaleza, tipo y tamaño de los microplástico en el contenido gastrointestinal del Blue gill *Lepomis macrochirus* de los desembarques de la pesca artesanal de cinco municipios del lago Atitlán, Sololá.
- Establecer la frecuencia de ocurrencia de las partículas de microplásticos en el contenido gastrointestinal del Blue gill *Lepomis macrochirus* de los desembarques de la pesca artesanal de cinco municipios del lago Atitlán, Sololá.

3. Materiales y métodos

4.1 Área de estudio

Los sitios de muestreo elegidos fueron los municipios de San Lucas Tolimán, Santiago Atitlán, San Pablo La Laguna, San Juan La Laguna y Panajachel. Esta selección se realizó tomando como referencia los resultados obtenidos durante la investigación realizada por Herrera y colaboradores en el año 2016 denominada “*Estudio sobre el estado actual de las poblaciones nativas y exóticas de la fauna ictiológica del Lago de Atitlán*”, en los cuales indican que estos municipios son los que mostraron una mayor captura por faena de pesca, lo cual es de importancia para la búsqueda de la especie objetivo de estudio.

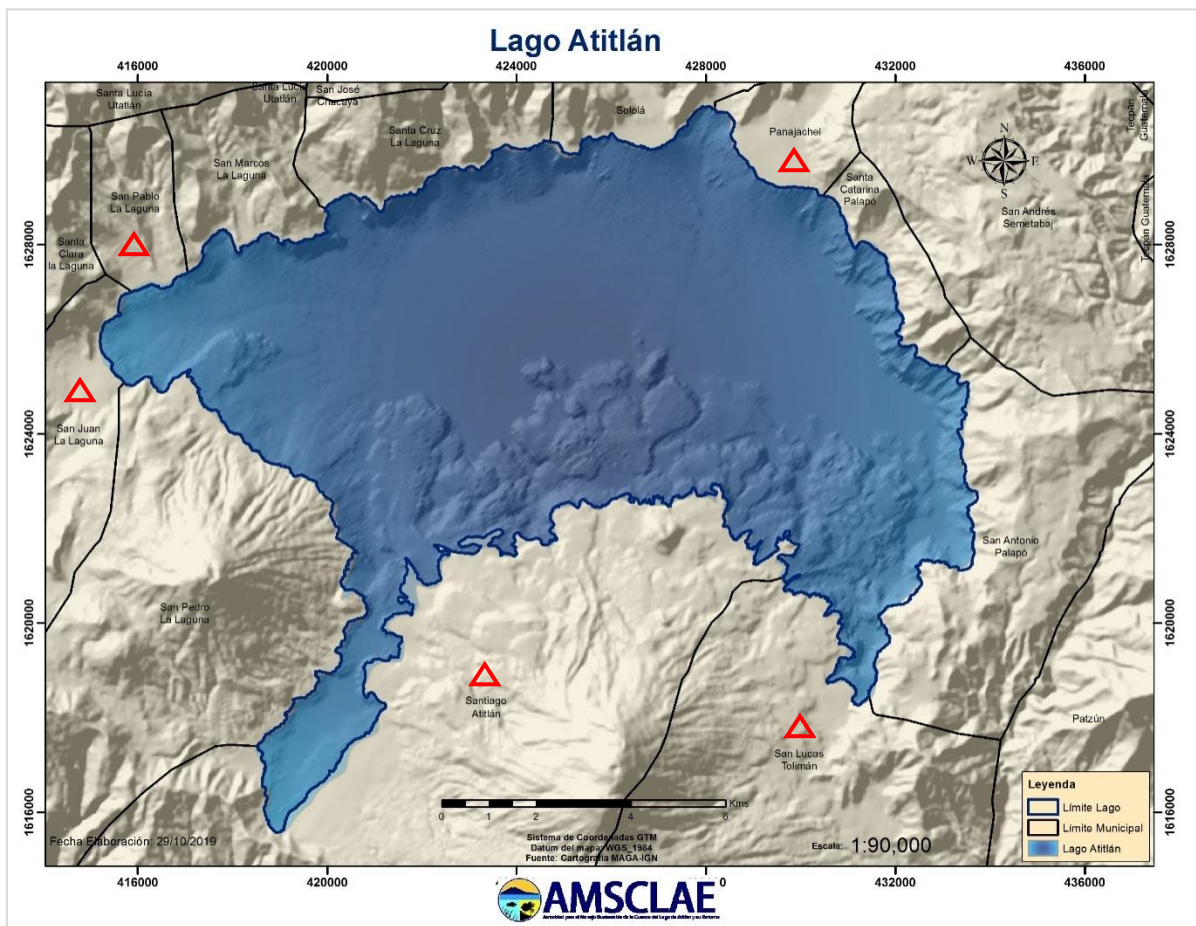


Figura 2. Mapa del lago Atitlán y municipios de muestreo (DICA, 2019)

- San Lucas Tolimán

De acuerdo a la información obtenida del Plan de Desarrollo Integral Municipio de San Lucas Tolimán (2002), el municipio de San Lucas Tolimán, forma parte de uno de los municipios pertenecientes a la cuenca del lago Atitlán. Situado al occidente del país, a 157 km de la Ciudad Capital en el departamento de Sololá, colinda al norte con el lago Atitlán y el municipio de San Antonio Palopó, Sololá, al este con los municipios de Pochuta y Patzún, Chimaltenango, al sur con el municipio de Patulul, Suchitepéquez y al oeste con el municipio de Santiago Atitlán, Sololá. El municipio cuenta con una densidad poblacional de 35,467 habitantes (Instituto Nacional de Estadística [INE], 2019).

- Santiago Atitlán

Santiago Atitlán es uno de los municipios de la cuenca del lago Atitlán; posee clima templado, su extensión territorial es de 136 km² y se encuentra a una altura de 1,592 metros sobre el nivel del mar (msnm). Santiago Atitlán colinda al norte con el lago Atitlán, al este con el municipio de San Lucas Tolimán, al sur con San Pedro La Laguna, Sololá y Santa Bárbara del departamento de Suchitepéquez, al oeste con San Pedro La Laguna, Sololá y Chicacao del departamento de Suchitepéquez (PDM, 2017). Cuenta con una densidad poblacional de 54,431 habitantes (INE, 2019).

- San Pablo La Laguna

De acuerdo al diagnóstico del municipio de San Pablo La Laguna. Su población es de 8,437 habitantes (INE, 2019). El Municipio se encuentra a una altitud de 1650 msnm. Su geometría es alargada y sus límites son: al Norte, con el municipio de Santa Lucía Utatlán, al Este con San Marcos La Laguna, al Sur con el lago Atitlán y al Oeste con San Juan La Laguna (Fundación Centroamericana de Desarrollo [FUNCEDE], 1997a).

- San Juan La Laguna

El municipio de San Juan La Laguna, posee una extensión territorial de 36 Km². Colinda al norte con Santa Clara La Laguna y San Pablo La Laguna; al sur con el municipio de Chicacao; al este con San Pedro La Laguna y el lago Atitlán; y al oeste con Santa Catarina Ixtahuacán y Santa Clara La Laguna, municipios del departamento de Sololá, a excepción de Chicacao que pertenece al departamento de Suchitepéquez. Su población hasta el 2019 era de 12, 702

habitantes, de acuerdo a los datos recabados por el INE (Plan de Desarrollo Institucional, 2002).

- Panajachel

El municipio de Panajachel, se encuentra situado en la parte noreste del departamento de Sololá posee una altitud promedio 1,573 msnm. Colinda al norte con el municipio de Concepción y Sololá; al sur con el lago Atitlán, al este con el municipio de San Andrés Semetabaj y Santa Catalina Palopó; y al oeste con el municipio de Sololá (FUNCEDE, 1995b). Su densidad poblacional es de 21,638 habitantes (INE, 2019).

4.2 Delimitación espacial

Los sitios de muestreo elegidos fueron los municipios de San Lucas Tolimán, Santiago Atitlán, San Pablo La Laguna y San Juan La Laguna. Esta selección se realizó tomando como referencia los resultados obtenidos durante la investigación realizada por Herrera y colaboradores en el año 2016, en el “Estudio sobre el estado actual de las poblaciones nativas y exóticas de la fauna ictiológica del Lago de Atitlán”, siendo los tres municipios anteriormente mencionados, los que resultaron albergar un mayor número de peces por faena de pesca.

4.3 Delimitación temporal

La fase experimental del estudio se realizó durante los meses de septiembre a octubre de 2019.

4.4 Tipo de investigación.

El enfoque de la investigación fue cualitativo por tratarse de partículas que deben cuantificarse y clasificarse según su origen. Mientras que el tipo de investigación fue exploratoria, debido a que aún no se cuenta con información acerca del tema de presencia de microplásticos en organismos acuáticos en cuerpos de agua continentales.

4.5 Definición de variables.

Las variables a analizar fueron elegidas tomando en cuenta los organismos objeto de estudio, así como la posible presencia de partículas de microplásticos, las cuales se pueden clasificar dependiendo de su naturaleza.

Tabla 2.

Variables físicas, químicas y biológicas

Tipo de variable	Variable	Indicador
Variables respuesta	Tipo	Micro esfera, fragmento, film, espuma, línea/fibra.
	Abundancia	Número de partículas de microplástico.
	Frecuencia de ocurrencia	Cantidad de veces que aparece un tipo de partícula/ número de tractos digestivos.
Variables explicativas	Peso	Gramos (por organismo)
	Talla	Longitud total (por organismo)
	Sexo	Hembra / Macho

4.6 Muestreo y selección de la muestra.

El muestreo contempló la recolección de organismos capturados durante faenas de pesca (Anexo 1), en los cuales se realizaron desembarques en los cinco municipios elegidos en horas de la mañana, esto con el fin de obtener los organismos recién capturados para realizar un análisis biométrico (talla, peso) previo a la disección de los mismos (Anexo 2). Este análisis se realizó en condiciones de laboratorio con los organismos aún frescos, es decir, sin congelación previa, con el fin de obtener pesos exactos y sin alteración.

Se trabajó con una muestra de 30 organismos por municipio. Esto con el fin de que la muestra sea representativa al momento de realizar el análisis estadístico. Se tuvo como resultado una

muestra total de 152 organismos. Para este estudio se colectaron organismos de diferentes tallas, para poder determinar si los organismos consumen las partículas de microplástico sin importar talla.

A los municipios de muestreo se les fue asignado un código para fácil identificación de las muestras, siendo estos: Pana (Panajachel), SLT (San Lucas Tolimán), SA (Santiago Atitlán), SJL (San Juan La Laguna), SPL (San Pablo La Laguna).

4.7 Procedimiento.

Se realizaron colectas de organismos por medio de desembarques en los cinco municipios seleccionados; para esto se realizaron visitas a los muelles, zonas de pesca y áreas de desembarque en horas de la mañana, ya que es cuando los pescadores artesanales realizan sus faenas de pesca o realizan la colecta en las artes de pesca que fueron dejadas con anterioridad. En la mayoría de los casos, los pescadores fueron abordados directamente en el momento de realización de la pesca. Se les comentó acerca del estudio y el fin de la compra de organismos de diferentes tallas. Se realizaron siete visitas en total para muestrear en los cinco municipios.



Figura 3. Momento de compra de especímenes de *Lepomis macrochirus* en Santiago Atitlán

Debido a que los pescadores no realizan el eviscerado de los organismos, estos fueron seleccionados *in situ* previo a realizar la compra, posteriormente, fueron trasladados al laboratorio de calidad del agua del DICA/AMSCLAE para realizar el análisis biométrico. Este consistió en la medición por medio de un ictiómetro y pesaje del organismo completo y posteriormente solo el tracto digestivo, los datos obtenidos fueron registrados en boletas de campo. Cada tracto digestivo fue almacenado de manera individual en bolsas resellables, identificando el sitio de colecta y el número de muestra. El total de las muestras fue congelado hasta el momento de realizar el total de la colecta e iniciar con la siguiente fase del procedimiento. El tamaño de muestra constó de 30 organismos por municipio, excepto Santiago Atitlán con 29 organismos para un total de 152 organismos por los cinco municipios seleccionados, de manera que el resultado sea representativo al momento de elaborar el análisis estadístico.

Al momento de iniciar el procesamiento de las muestras, se trabajó individualmente por cada uno de los cinco municipios, descongelando las muestras para posteriormente colocar los tractos digestivos de manera individual en cajas Petri para retirar el contenido estomacal con la ayuda de tijeras y pinzas de disección, asegurándose de limpiarlas entre cada extracción. Se utilizó parte de la información existente en el manual de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) "*Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for the quantifying synthetic particles in waters and sediments*"- "*Métodos de laboratorio para el análisis de microplásticos en el medio marino: recomendaciones para la cuantificación de partículas sintéticas en agua y sedimentos*", adaptado para peces de agua dulce (Masura, *et al.*, 2015). El resultante del contenido estomacal fue lavado con Peróxido de Hidrógeno (H₂O₂) al 30% marca Merck y una solución 0.05 M de Sulfato de cobre pentahidratado (II) marca Merck+ agua + Ácido sulfúrico, para eliminar la materia orgánica que esté adherida a las partículas de plástico; el remanente obtenido fue observado en un estereoscopio marca Olympus modelo SZ61 (Anexo 3).



Figura 4. Procesamiento de muestras de especímenes de *Lepomis macrochirus*

4.8 Análisis de la información

Con el objetivo de determinar una frecuencia de ocurrencia, así como la naturaleza y forma de las posibles partículas de microplásticos contenidas en los organismos colectados era significativa, se realizó un análisis de Chi Cuadrado de Pearson. Este análisis estadístico es una prueba de hipótesis, que compara la distribución observada de los datos de una distribución teórica (Minitab, 2019).

4. Resultados y discusión

Se muestrearon 152 organismos de los cinco municipios propuestos (Tabla 3). La talla promedio fue de 14.91cm, peso total promedio fue 48.42g y promedio del peso del tracto digestivo 3.09g. Se analizaron 120 organismos machos que representan un 78.95% del total y 32 hembras, las cuales representan el 21.05%. Por medio de una boleta de registro de datos (Anexo 4 y 5). Se realizó un registro biométrico con cada organismo y los resultados promedio por municipio de muestreo fueron los siguientes:

Tabla 3.

Valores promedio de talla, peso total y peso de tracto digestivo de Lepomis macrochirus

Código	Longitud total promedio(cm)	Peso total promedio (g)	Peso promedio de tracto digestivo (g)	Sexo		Total de peces	Total de peces con microplásticos	
				M ♂	H ♀		M ♂	H ♀
SLT	17.17±1.91	72.35±32.21	4.32±2.27	25	6	31	1	1
	14.18±2.79	43.11±34.68	3.35±2.06	25	7	32	6	
SJL	17.60±2.52	73.26 ±31.06	2.72±1.34	26	4	30	6	1
PANA	14.41±2.42	39.38±26.03	2.01±1.60	18	11	29	4	
SA	11.21±1.18	13.98±8.32	3.06±2.54	26	4	30	7	1
SPL								

Se encontraron 46 partículas de microplástico en 27 peces, de las cuales el tipo de partícula de microplástico que presentó mayor frecuencia de ocurrencia fue el de tipo línea o fibra con un 86.96%; seguido del tipo fragmento con 8.70% y tipo film con 4.35% no se encontraron microplásticos de los tipos espuma y micro esferas (Figura 5). La Tabla 4 muestra los porcentajes obtenidos por tipo de partícula demicroplástico y tamaño.

Tabla 4.

Porcentaje obtenido por tipo de partícula de microplástico

Tamaño de partícula (mm)	Tipo de microplástico		
	% Línea/fibra	%Fragmento	%Film
1	25		50
1.1	2.5		
1.2	2.5		
2	20		
3	15	25	
3.5	2.5		
4	2.5	25	50
5	10	50	
6	5		
7	10		
10	2.5		
60	2.5		

Durante los recorridos realizados para la compra de los peces, se pudo presenciar la existencia de lavaderos artesanales en diferentes puntos de la zona litoral del lago, lo cual podría provocar el desprendimiento de fibras a partir de la fricción ocasionada entre la prenda y las piedras utilizadas como lavaderos, lo cual podría orientarnos a entender que el tamaño de partícula que se encontró con mayor frecuencia pertenezca al tamaño de 1 – 3 mm. Este comportamiento se reporta en estudios realizados en diferentes cuerpos de agua del mundo, el caso más cercano es en el estuario de Tecolutla, donde la mayoría de partículas encontradas corresponden al tipo fibra o línea (Sánchez, 2018). En cuerpos de agua de las costas del Atlántico y el Mediterráneo, así como en el Canal Inglés y Portugal, esta situación se repite, dado como resultado que más del 60% de las partículas encontradas corresponden a este tipo de partícula (fibra), donde infieren en que esto podría ser el resultado de la fácil y rápida descomposición de los plásticos por acción de la temperatura que reciben, así como de la acción del viento y oleaje (Bella, *et al.*, 2010; Lusher, *et al.*, 2013; Neves, *et al.*, 2015).

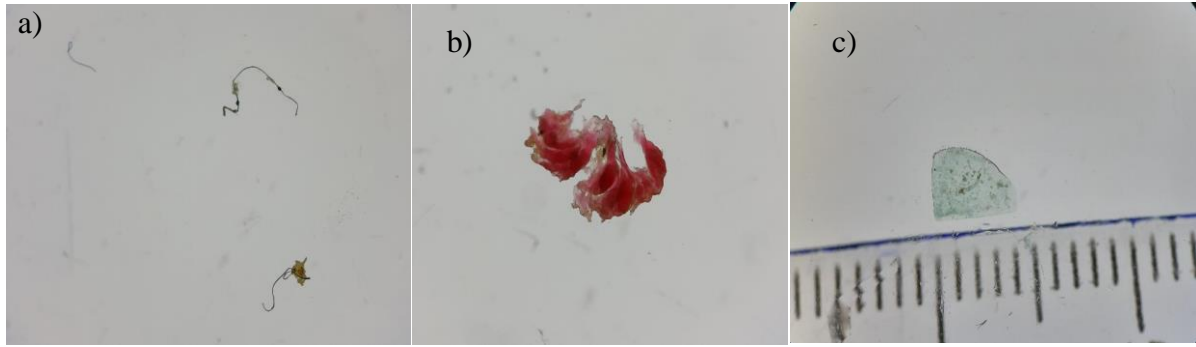


Figura 5. Tipos de microplástico encontrados en las muestras observadas en el microscópio, de izquierda a derecha: a) línea o fibra, b) fragmento, c) film

Adicionalmente, entre el material identificado se pudo observar una partícula de macroplástico de tipo línea o fibra, la cual corresponde a restos de lazo que ha sido deteriorado por acción de la corriente y mareas y se han generado cortes hasta otorgarle un menor tamaño, el tamaño de esta partícula encontrada es de 6cm de largo (Figura 6). El organismo que presentó esta partícula registró una talla de 20.5 cm de longitud. Esta partícula sale de la denominación de microplástico debido al tamaño que presenta. El pez que presentó esta partícula correspondió al desembarque realizado en Panajachel, donde dicha faena fue realizada en la desembocadura del río San Francisco, uno de los principales efluentes que se integran al lago y el cual genera el arrastre de una gran cantidad de desechos sólidos.

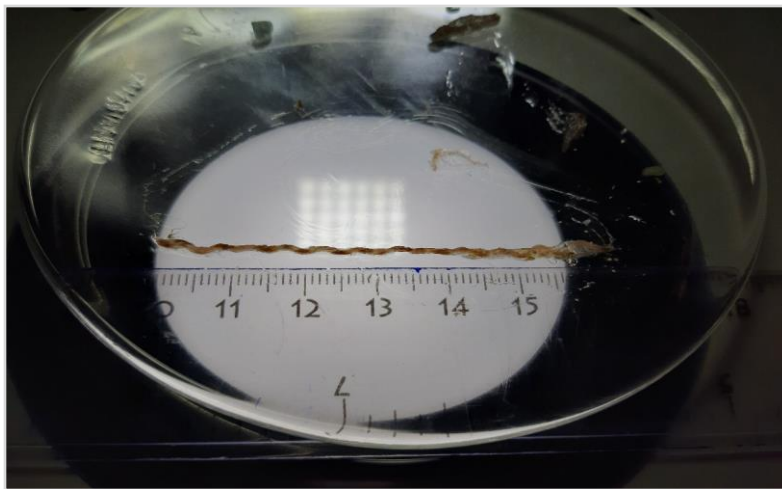


Figura 6. Macroplástico encontrado en el contenido estomacal de *Lepomis macrochirus*, colectado en Panajachel

Respecto al tipo de microplástico línea o fibra. Los colores que se encontraron fueron negro, azul, rojo, turquesa, verde, morado y blanco, los cuales en la mayoría de casos podrían definir la naturaleza de las partículas. Las partículas pueden ser ingeridas accidentalmente debido a que llegan a ser confundidas con alimento o resultan atractivas para los peces debido al reflejo que puedan percibir (Andrady, *et al.*, 2011; Neves, *et al.*, 2015). La ingesta de partículas de color azul realizada por “blue gill” podría deberse al deterioro de las redes o artes de pesca que se encuentren en uso o bien sea abandonadas, generando la denominada “pesca fantasma” que se da en diferentes zonas del lago. Estas modalidades suceden ya que en el lago se lleva a cabo la pesca artesanal, dicha actividad es realizada desde hace muchos años por pobladores de los diferentes municipios a la orilla del lago (Plan Regional de Pesca y Acuicultura Continental, 2007). Lusher y colaboradores (2017), mencionan que la presencia de las partículas poliméricas de color rojo, pueden deberse principalmente a la degradación de envases o tapas de bebidas. Por otra parte, el desprendimiento de la pintura de las embarcaciones puede suministrar residuos plásticos al cuerpo de agua.

Browne y colaboradores, (2010), reportaron que por cada lavado se desprenden hasta 1900 fibras que entran directamente al sistema acuático, esto podría explicar porque las partículas tipo fibra, de color negro principalmente, son el resultado del deterioro de trajes de baño y bolsas de basura, además de productos provenientes del caucho que en muchos casos llegan al lago directamente (Andrady, *et al.*, 2011; Lassen, *et al.*, 2015; Nieto & Montoto, 2017). Otra posible fuente de ingreso de microplásticos es la alta incidencia de botaderos de basura clandestinos o no autorizados que pueden ser observados en diferentes puntos de la cuenca del lago Atitlán (Anexo 8).

López (2018), realizó un estudio donde se determinó la presencia de microplásticos en la superficie del lago Atitlán, teniendo como resultado que el tipo más abundante fue el fragmento, concentrándose la mayor cantidad de partículas de los diferentes tipos en el centro del lago, principalmente en época lluviosa. Sin embargo, el tercer tipo de microplástico encontrado, aunque con menor frecuencia fue el tipo film, esto podría deberse a que su concentración pudiera ser mayoritariamente superficial. Finalmente, los tipos microesfera y espuma no fueron detectados en el presente estudio, ya que las microesferas se encuentran

principalmente en productos de belleza como exfoliantes, mientras que el tipo espuma puede ser el resultado del desprendimiento de partículas de esponjas para limpieza corporal y vajilla.

En la Figura 7, se observa que la proporción de sexo que presentó un mayor consumo de partículas de plástico corresponde a machos de *L. macrochirus*, principalmente en los municipios de Panajachel, San Pablo La Laguna y San Lucas Tolimán, estando ausente en hembras de los organismos colectados en Santiago Atitlán y San Juan La Laguna. Se considera que debería ampliarse el estudio de microplásticos en contenido estomacal que confirmen o rechacen la posibilidad de que el consumo de microplásticos sea mayor en hembras de otras especies acuáticas, de acuerdo con lo que Rodríguez-Sierra y colaboradores (2020), presentaron en el documento titulado “*Ingesta de microplásticos por el pez exótico Gambusia holbrooki en dos lagunas costeras mediterráneas*”, en dicha investigación obtuvieron un resultado similar, donde, se encontró un ligero incremento de ingesta de microplástico por parte de machos que de hembras, en este estudio se colectaron 92 hembras, de las cuales el 39% aproximadamente consumió microplástico, mientras que la muestra colectada de machos correspondía a 64 organismos, de los cuales, aproximadamente el 48% de ellos consumieron microplástico (Anexo 6).

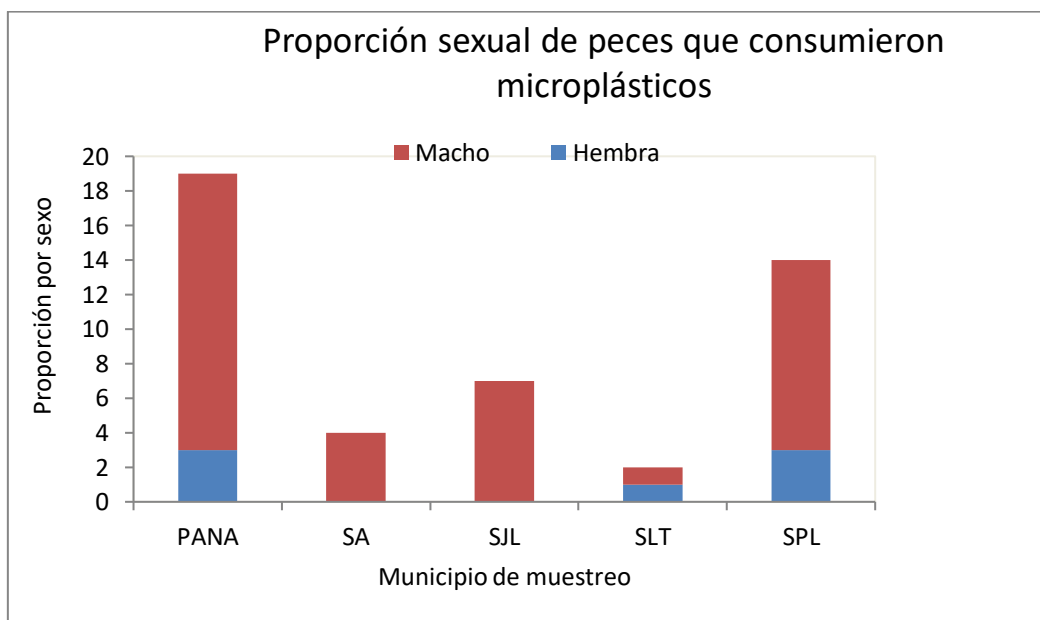


Figura 7. Proporción de Hembras (H) vs. Machos (M), según consumo de microplásticos

Se cuantificó la proporción de organismos por municipio que presentaron mayor consumo de partículas de microplástico, mostrando el de mayor consumo los organismos pertenecientes a San Pablo La Laguna, seguido de Panajachel y San Juan La Laguna, en menor proporción se encontraron en Santiago Atitlán y San Lucas Tolimán (Figura 8, Anexo 7). Este suceso puede deberse al comportamiento del viento durante el mes de septiembre, el cual se dirigió hacia el área norte, de acuerdo a la información recopilada mensualmente por estaciones meteorológicas la cual es procesada por personal del DICA/AMSCCLAE (Anexo 10).



Figura 8. Organismos por municipio de muestreo, según consumo de microplástico

Para el mes de septiembre en el lago Atitlán, se presentó un comportamiento del viento de sur a norte (Anexo 7). Esta variable pudo tener influencia en cuanto a la cantidad y disponibilidad de partículas de microplástico en los municipios de San Pablo La Laguna, Panajachel y San Juan La Laguna, incrementando así la ingesta de microplásticos por los peces en esas áreas (Anexo 8). Existe una serie de estudios en donde se ha evidenciado la influencia que tienen, tanto el viento como las corrientes respecto a la disponibilidad y movimiento de las partículas poliméricas en cuerpos de agua (Anexo 9) (Imhof, *et al.*, 2013; Eriksen, *et al.*, 2013).

En la Figura 9, se muestra un análisis de correlación entre la talla de los peces evaluados y el tamaño de las partículas de microplástico encontradas en las muestras de tractos digestivos, con su respectiva biometría registrada (Anexo 10). Se puede observar que la talla de los peces es independiente al tamaño de partícula que ingiere.

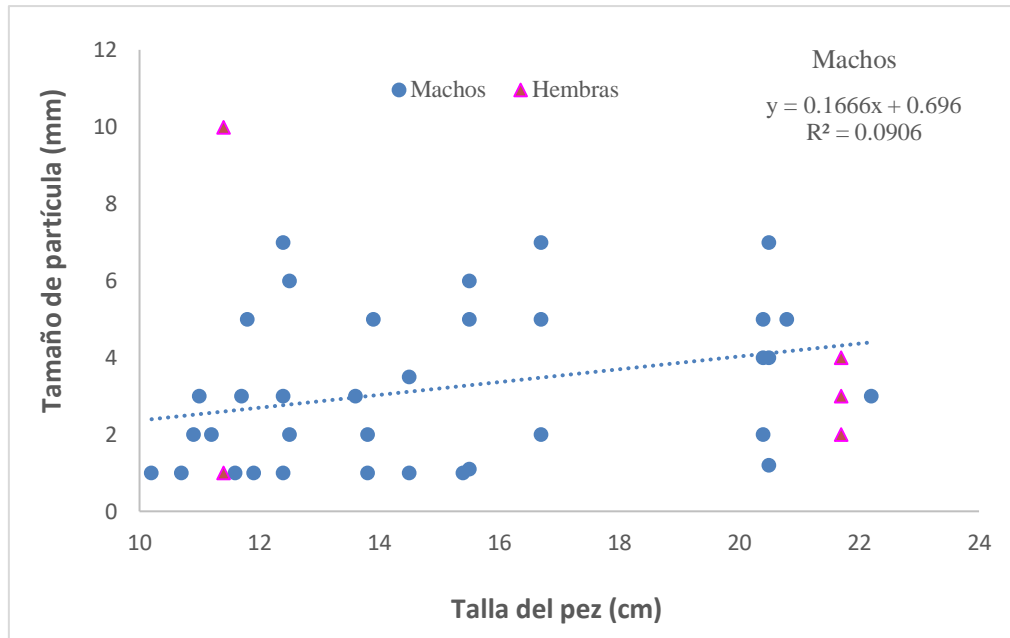


Figura 9. Correlación entre talla de los peces (cm) y tamaño del microplástico (mm)

Sánchez (2018), realizó un estudio donde evaluó la presencia de microplásticos en contenido estomacal de diferentes especies pelágicas y demersales en el estuario de Tecolutla. En dicho estudio no se pudo demostrar una relación directa entre los datos biométricos registrados con las partículas de microplástico encontradas. El consumo de estas partículas podría deberse a que son ingeridas de forma accidental, ya que los microplásticos se encuentran depositados dentro de las macrófitas acuáticas y sedimentos, incluso al quedar suspendidos en la columna de agua pueden ser confundidos con productores primarios como fitoplancton y zooplancton (Nieto & Montoto, 2017). Además, debido a la naturaleza de muchas de estas partículas poliméricas, muchas tienden a precipitarse al fondo y ser consumidas por organismos bentónicos o filtradores, y de esta manera llegar al tracto digestivo de los peces (Lusher, *et al.*, 2013; Nieto & Montoto, 2017). En cuanto a la posición en la columna de agua, Lusher y colaboradores (2013) menciona que los peces demersales consumen una mayor cantidad de partículas en comparación con los peces pelágicos. Por otra parte, Neves y colaboradores (2015) concluyó que los peces pelágicos en Portugal presentaron un mayor consumo de partículas de microplásticos, lo cual puede tener relación al consumo generado por “blue gill”, el cual es un pez bento pelágico, y debido a que dentro de su dieta se encuentran organismos

acuáticos de menor tamaño, esto podría influir en la ingesta de partículas de microplásticos generada.

De acuerdo a los resultados obtenidos durante el procesamiento de muestras en el laboratorio, se realizó un análisis de Chi cuadrado, comparando la relación entre la Presencia/Ausencia de las partículas de microplástico encontradas y con los sitios de muestreo. Tomando en cuenta que $(\chi^2 (4)=5.3, p>0.05)$, se puede concluir que no existe ninguna asociación entre las partículas de microplástico encontradas en los tractos digestivos de *L. macrochirus* y los sitios de muestreo seleccionados. Por tanto, se esperaría encontrar las diferentes partículas de microplástico en diferentes zonas del lago y en diferentes partes de la columna de agua.

5. Conclusiones

- Se encontraron 46 partículas de microplástico en el contenido estomacal de 27 peces de 152 organismos recolectados, pertenecientes a la especie *Lepomis macrochirus*.
- El tipo de microplástico dominante fue el tipo línea o fibra, seguido del tipo fragmento y del tipo film, estando ausentes los tipos espuma y micro esferas, debido posiblemente al origen de estas últimas que generalmente se encuentran en productos de belleza.
- El tamaño de partícula de microplástico que predominó en las muestras fue 1mm, seguido de 2 y 3mm de longitud, las cuales podrían ser resultado de la rotura de fibras por acción del deterioro ocasionado por el agua, adicionalmente, se cuantificaron dos partículas de macroplástico con una longitud de 1 y 6cm, correspondientes a fragmentos de lazos o cuerdas.
- No se presentó una talla específica en la cual se marcara una diferencia en cuanto al consumo de las partículas de microplástico, lo cual indica que, debido al hábito y estrategias de alimentación, cualquier talla de estos organismos se encuentra expuesta a ingerir estas partículas y si bien se obtuvo un mayor consumo por parte de organismos machos, hace falta la continuación de este tipo de estudios que nos oriente a conocer la razón por la que determinado sexo pueda llegar a consumir mayor cantidad de microplástico.
- Los municipios con mayor cantidad de partículas de microplástico corresponden a San Pablo La Laguna y Panajachel en comparación a los demás municipios muestreados, esto ocasionado posiblemente por acción del viento y mareas.
- Entre los principales riesgos que puede representar el consumo de microplásticos en los peces va desde la dificultad para poder ingerir alimentos, además de daño hepático y renal al realizar un consumo constante y excesivo de estos materiales plásticos.

6. Recomendaciones

Luego de haber determinado la presencia de partículas de microplástico en el contenido estomacal de organismos de la especie *Lepomis macrochirus* se realizan las siguientes recomendaciones:

- Analizar el contenido estomacal de otras especies de valor comercial de hábitos similares a la estudiada, además de agregar *Micropterus salmoides* (Lobina negra), la cual es una especie carnívora y que podrían demostrar el consumo de microplásticos en diferentes niveles de la cadena trófica.
- Extender el estudio a los municipios de San Antonio y Santa Catarina Palopó, San Pedro, San Marcos y Santa Cruz La Laguna.
- Realizar por lo menos dos muestreos por temporalidad, tomando en cuenta la época seca y la época lluviosa, para determinar si existe diferencia en el consumo en ambas épocas del año.
- Realizar un muestreo diferencial entre hembras y machos para determinar cuál de estos sexos es más propenso a consumir mayor cantidad de microplásticos,.
- Tomando en cuenta las tallas pequeñas colectadas durante los desembarques y las costumbres culinarias de los pueblos, se recomienda no ingerir estos organismos sin eviscerar, debido a la posible presencia de microplásticos, los cuales ingresarían en el organismo humano.

7. Referencias bibliográficas

- Andrady, A. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 1596-1605.
- Arlie, J.P. (1990). *Commodity thermoplastics*. París: Editions Technip.
- Barnes, D.K.A., Galgani, F., Thompson, R.C., & Barlaaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 364, 1985-1998. doi:10.1098/rstb.2008.0205
- Bellas, J., Martínez-Armental, J., Martínez-Cámara, A., & Besada, V. M. G. (2016). Ingestion of microplastics by demersal fish from the Spanish Atlantic and Mediterranean coasts. *Marine Pollution Bulletin*, 109, 55-60.
- Biginagwa, F.B., Sosthenes, Y., & Shashoua. (2015). First evidence of microplastics in the African great lakes: Recovery from lake Victoria Nile perch and Nile tilapia. *Journal of Great Lakes Research*, 30, 1-4.
- Browne, M., Galloway, T., & Thompson, R. (2010). Spatial patterns of plastic debris along estuarine shorelines. *Environmental Science & Technology*, 44, 3404–3409.
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 62 (12), 2588 – 2597
- Derraik, J. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 44, 842–852.
- Eriksen, M., Mason, S., Wilson, S., Box, C., Zellers, A., Edwards, W., et al. (2013). Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian great lakes. *Marine Pollution Bulletin*, 77, 177-182.
- Food and Agriculture Organization [FAO]. (2016). *The state of world fisheries and aquaculture 2016: Contributing to food security and nutrition for all*. Rome: Author.
- Imhof, H., Ivleva, N., Schmid, J., Niessner, R., Laforsch, C. (2013). Contamination of beach sediments of a subalpine lake with microplastic particles. *Current Biology*, 23 (19), R867–R868.
- Instituto Nacional de Estadística [INE]. (2019). *Estimaciones de la población total por municipio: Periodo 2008-2020*. Guatemala: Autor.



- Lassen, C., Hansen, F., Magnusson, K., Hartmann, N., Rehne-Jensen, P., Nielsen, T., et al. (2015). *Microplastics: Occurrence, effects and sources of releases to the environment in Denmark*. Copenhagen: Danish Environmental Protection Agency.
- Lusher, A., McHugh, M., & Thompson, R. (2013). Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. *Marine Pollution Bulletin*, 67, 94-99.
- Lusher, A., Hollman, P., & Mendoza-Hill. (2017). *Microplastics in fisheries and aquaculture*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Maryland. (s.f.). *Biology of Bluegills*. Recuperado de <https://dnr.maryland.gov/ccs/Documents/education/Biology-of-Bluegill.pdf>
- Neves, D., Sobral, P., Ferreira, L. J., & Pereira, T. (2015). Ingestion of microplastics by commercial fish of the Portuguese coast. *Marine Pollution Bulletin*, 101, 119-126.
- Nieto, R. E., & Montoto, T. (2017). *Basuras marinas y microplásticos: Orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global*. España: Ecologistas en Acción.
- Free, C., Jensen, O., Mason, S., Eriksen, M., Williamson, N., & Boldgiv, B. (2014). High levels of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake. *Marine Pollution Bulletin*, 85 (1), 156–163.
- Fundación Centroamericana de Desarrollo [FUNCEDE]. (1997). *Diagnóstico del municipio de San Pablo La Laguna, departamento de Sololá*. Guatemala: Autor.
- FUNCEDE. (1995). *Diagnóstico del municipio de Panajachel*. Guatemala: Autor.
- García, J. (2018). *Residualidad y bioacumulación*. Guatemala: Centro de Estudios del Mar y Acuicultura [CEMA].
- Góngora, P. (2014). La industria del plástico en México y el mundo. *Comercio Exterior*, 64 (5), 4.
- Herrera, A. (2016). *Estudio sobre el estado de las poblaciones nativas y exóticas de la fauna ictiológica del lago de Atitlán*. Guatemala: Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del lago de Atitlán y su Entorno [AMSCLAE].
- Jabeen, K., Lei, S., Jiana, L., Dongqi, Y., Chunfu, T., Jingli, M., & Huahong, S. (2017). Microplastics and mesoplastics in fish from coastal and fresh waters of China. *Elsevier*, 221, 141 – 149.



- Jambeck, R. J., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, R. T., Perryman, M., Andrady, A., et al. (2015). Danube river: Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347, 768-771.
- León, C.A.Á., &Ávila, J.M.R. (2015). Proceso de conversión de residuos plásticos en combustible. *Jóvenes en la CIENCIA: Verano de la Investigación Científica*, 1(2), 1252-1256.
- Li, J., Yang, D., Li, L., Jabeen, K., & Shi, H. (2015a). Polietileno de alta densidad (HDPE). Microplastics in commercial bivalves from China. *Environmental Pollution*, 207, 190-195.
- Li, J., Yang, D., Li, L., Jabeen, K., & Shi, H. (2015b). Poliestireno (PS): Microplastics in commercial bivalves from China. *Environmental Pollution*, 207, 190-195.
- Li, J., Yang, D., Li, L., Jabeen, K., & Shi, H. (2015c). Polipropileno (PP). Microplastics in commercial bivalves from China. *Environmental Pollution*, 207, 190-195.
- Li, J., Yang, D., Li, L., Jabeen, K., & Shi, H. (2015d). Tereftalato de polietileno (PET): Microplastics in commercial bivalves from China. *Environmental Pollution*, 207, 190-195.
- López, N. (2018). *Contaminación por microplásticos en la superficie del lago Atitlán, Sololá* (Tesis Licenciatura). Universidad del Valle de Guatemala.
- Lönnstedt, O.M., & Eklöv, P. (2016). Environmentally relevant concentrations of microplastic particles influence larval fish ecology. *Science*, 352 (6290), 1213-1216. doi: 10.1126/science.aad8828
- Masura, J., Baker, J., Foster, G., Arthur, C., & Herring, C. (2015). *Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment: Recommendation of quantifying synthetic particles in waters and sediments*. Estados Unidos: NOAA.
- Minitab. (2019). *¿Qué es una prueba de chi-cuadrada?* Recuperado marzo 28, 2019, de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-howto/statistics/tables/supporting-topics/chi-square/what-is-a-chi-square-test/>
- Miranda, D., & Freire de Carvalho-Souza, G. (2016). Are we eating plastic ingesting fish? *Marine Pollution Bulletin*, 103, 109-114.
- Municipalidad de San Juan La Laguna. (2002). *Plan de Desarrollo Integral 2002 – 2010 con énfasis en la reducción de la pobreza*. Guatemala: Autor.



- Municipalidad de San Lucas Tolimán. (2002). *Plan de Desarrollo Integral Municipio de San Lucas Tolimán 2002-2012: con énfasis en la reducción de la pobreza*. Guatemala: Autor.
- Municipalidad de Santiago Atitlán. (2017). *Plan de Desarrollo Municipal de Santiago Atitlán 2017 – 2032*. Guatemala: Autor.
- Napper, I., Bakir, A., Rowland, S., & Thompson, R. (2015). Characterization, quantity and sorptive properties of microplastics extracted from cosmetics. *Marine Pollution Bulletin*, 99, 178-185.
- Neves, D., Sobral, P., Ferreira, L. J., & Pereira, T. (2015). Ingestion of microplastics by commercial fish off the Portuguese coast. *Marine Pollution Bulletin*, 101, 119-126.
- Page, L.M., & Burr, B. M. (1991). *A field guide to freshwater fishes of North America north of Mexico*. Boston: Houghton Mifflin Company.
- Petroquim. (2012). *Hoja de seguridad Polipropileno: NCH 2245 OF. 93*. Hualpén, Chile: Autor.
- Pilato, L. (2010). *Phenolic resins: A century of progress*. País: Switzerland. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- PlasticsEurope. (2016). *Plastics - the facts 2016: An analysis of European plastics production, demand and waste data*. Bruselas, Bélgica: Autor.
- PREPAC. (2007). *Plan de manejo del lago de Atitlán con énfasis en la pesca y acuicultura*. Guatemala: OSPESCA, TAIWAN, OIRSA.
- Retama, I., Jonathan, M., Shruti, V., Velumani, S. S., Priyadarsi, D. R., & Rodríguez, E. P. (2016). Microplastics in tourist beaches of Huatulco bay, Pacific coast of southern Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 113, 530-535.
- Red San Juan. (2015). *Desechos sólidos*. Recuperado febrero 26, 2020, de <https://www.rdsanjuan.com/que-son-los-desechos-solidos/>
- Rodríguez-Sierra, C.M., Antón-Pardo, M., Quintana, X.D., Armengol, X. (2020). Ingesta de microplásticos por el pez exótico *Gambusia holbrooki* en dos lagunas costeras mediterráneas. *Ecosistemas*, 29 (3), 2097. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2097>
- Rothstein, S. I. (1973). Plastic particle pollution of Surface of Atlantic ocean - evidence from a seabird. *Condor*, 75 (3), 344-345.



- Ryan, P.G. (2015). A brief history of marine litter research. In Bergmann, M., Gutow, L., & Klages, M. (Eds), *Marine anthropogenic litter*, pp. 1-25. Cham, Switzerland: Springer International Publishing.
- Sánchez, L. (2018). *Evaluación de la presencia de microplásticos en peces comerciales, agua y sedimento del estuario de Tecolutla, Veracruz* (Tesis Maestría). México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- SGAPC. (2014). *Diagnóstico del sector residuos en España: Análisis y prospectiva / Serie Medio Ambiente*, 7. España: Autor.
- Thompson, R., Moore, C., Saal, F., & Swan, S. (2009). Plastics, the environment and human health: Current consensus and future trends. *Philosophical Transactions of Royal Society B.*, 364, 2153-2166.

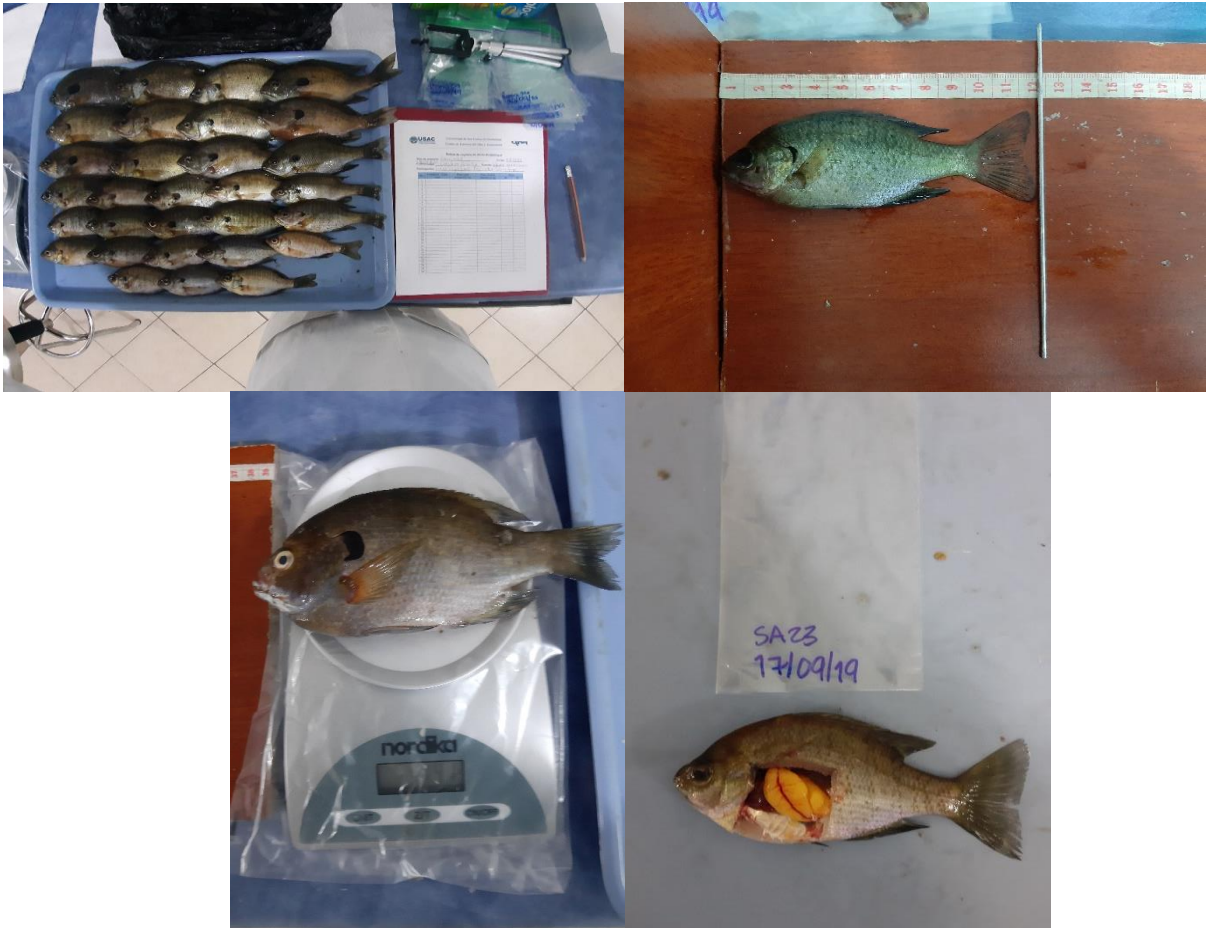


8. Anexo

Anexo 1. Proceso de compra de peces por medio de desembarque en el municipio de Panajachel.
Pescador: Sebastián Ajuchan.



Anexo 2. Proceso de registro de datos biométricos y disección de organismos de *L. macrochirus*.



Anexo 3. Procesamiento y análisis de muestras de tractos digestivos de *L. macrochirus*.



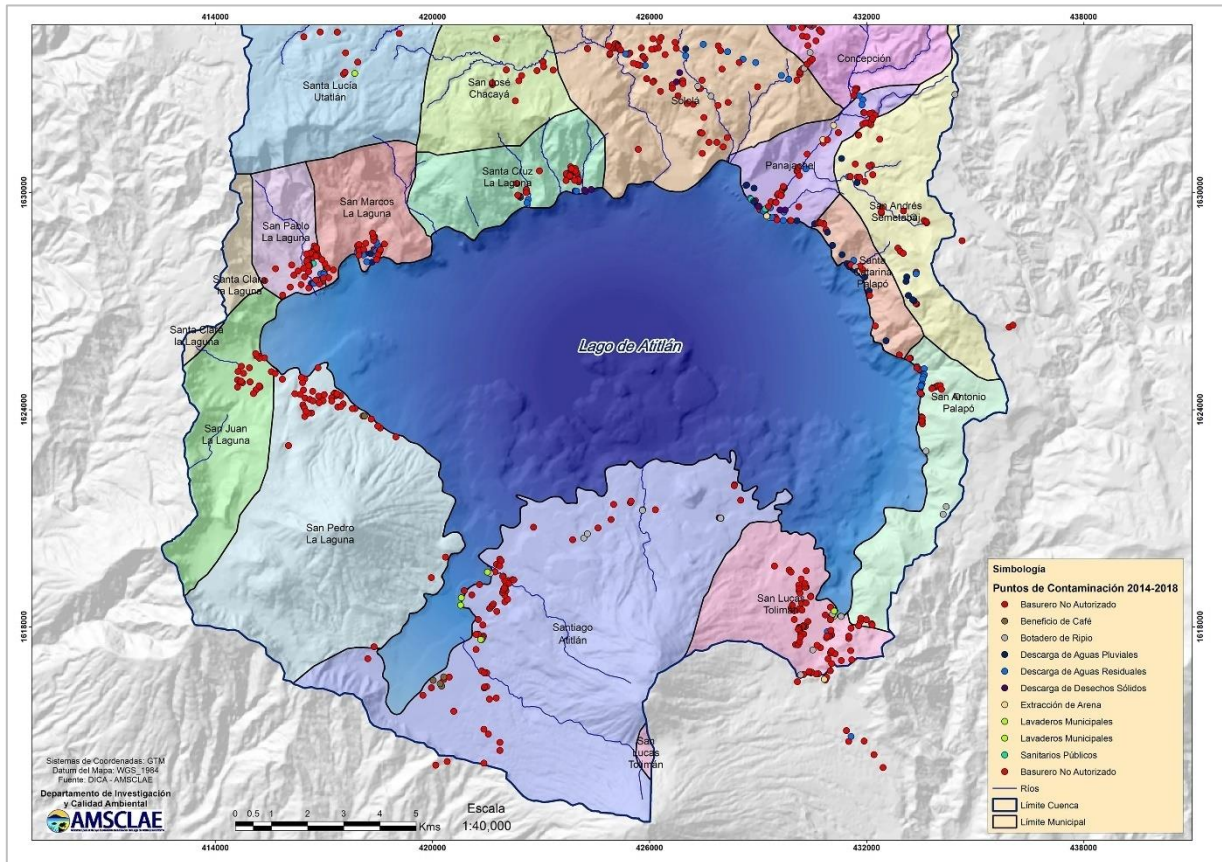
Anexo 6. Proporción de hembras (H) y machos (M) y proporción total de organismos que presentaron partículas de microplásticos en su contenido estomacal.

Código Municipio	Total de Peces			Peces con MP			Proporción con MP		
	Total	♂	♀	Total	♂	♀	Por Sexo		Total
							♂	♀	
Pan	30	26	4	7	6	1	0.23	0.25	0.23
SAN	29	18	11	4	4		0.22		0.14
SJL	32	25	7	6	6		0.24		0.19
SLT	31	25	6	2	1	1	0.04	0.17	0.06
SPL	30	26	4	8	7	1	0.27	0.25	0.27

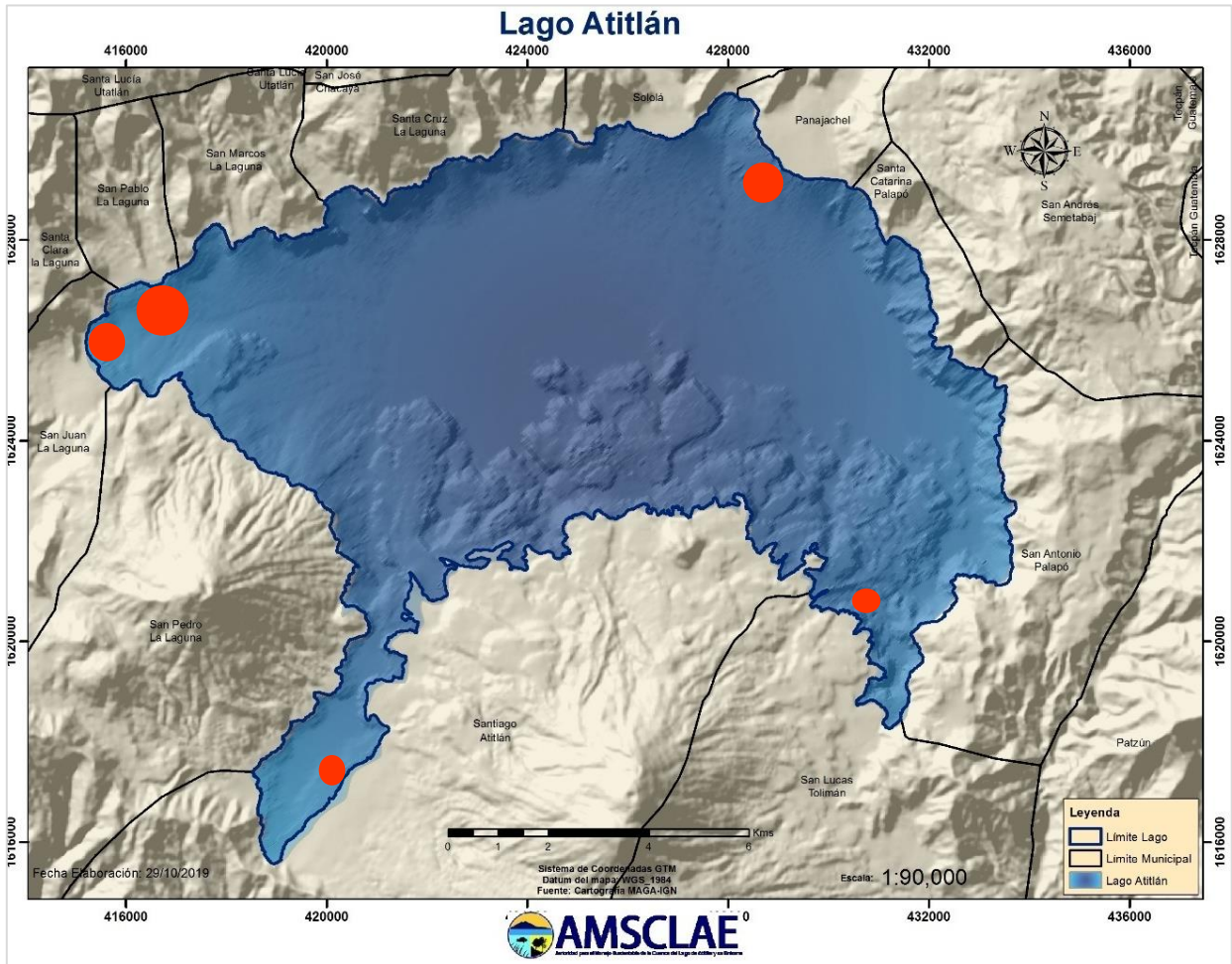
Proporción por sexo = $\frac{\text{Número de machos o hembras con presencia de microplásticos.}}{\text{Número de machos o hembras colectados por municipio}}$

Proporción de peces que consumieron = $\frac{\text{Número de peces con presencia de microplásticos}}{\text{Número de peces colectados por municipio}}$

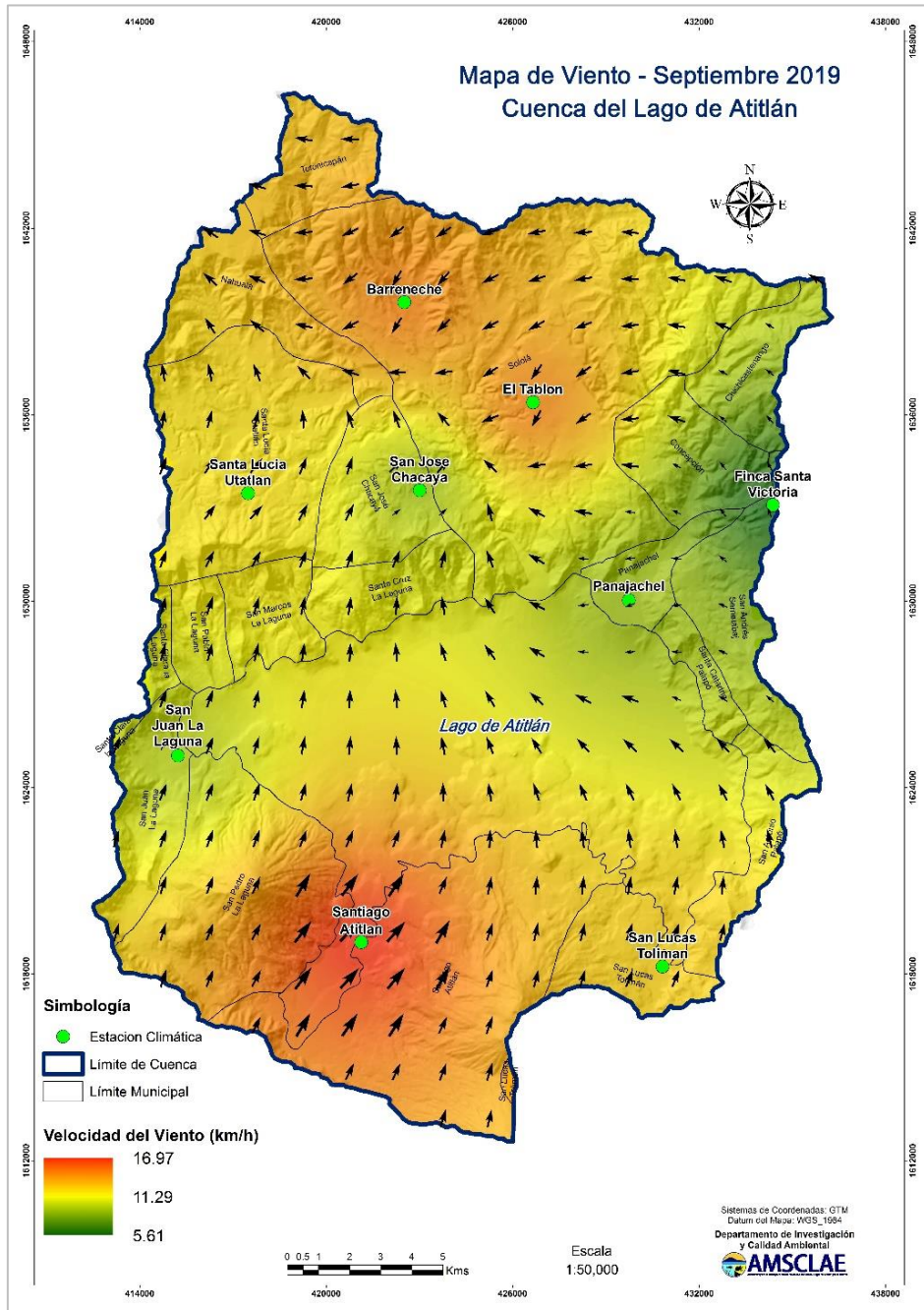
Anexo 7. Mapa de puntos de contaminación a partir del año 2014 – 2018 (Fuente: DICA/AMSCLAE, 2019)



Anexo 8. Municipios con mayor cantidad de partículas de microplástico consumidas por *L. macrochirus* (Fuente: DICA/AMSCLAE, 2019).



Anexo 9. Mapa de vientos del mes de septiembre, correspondiente a la temporalidad de los muestreos realizados (DICA, & AMSCLAE, 2019).



Anexo 10. Biometrías obtenidas de ejemplares de *Lepomis macrochirus*.

San Lucas Tolimán

Cód.	Longitud / Talla (cm)	Peso (pez completo) (g)	Peso (tracto digestivo) (g)	Sexo	
				M	H
SLT01	14.6	10	5	X	
SLT02	14.8	49	7	X	
SLT03	15	40	6	X	
SLT04	15.8	47	4		X
SLT05	15.4	56	2	X	
SLT06	16.6	56	3		X
SLT07	15.1	48	3	X	
SLT08	15.1	50	2	X	
SLT09	16	66	5		X
SLT10	15.4	53	2	X	
SLT11	17	62	3	X	
SLT12	16.1	52	4	X	
SLT13	16	60	3	X	
SLT14	16.3	63	4	X	
SLT15	17.3	66	4	X	
SLT16	16	49	2	X	
SLT17	16.8	69	2	X	
SLT18	17.5	66	2	X	
SLT19	17	69	2	X	
SLT20	16.7	55	2		X
SLT21	16.6	60	2	X	
SLT22	17.9	87	5		X
SLT23	18.5	94	5	X	
SLT24	19	99	6	X	
SLT25	18	70	4	X	
SLT26	19.4	102	6	X	
SLT27	19.3	105	9	X	
SLT28	19.6	104	8	X	
SLT29	20.7	124	8	X	
SLT30	21	149	10	X	
SLT31	21.7	163	4		X

San Juan La Laguna

Cód.	Longitud / Talla (cm)	Peso (pez completo) (g)	Peso (tracto digestivo) (g)	Sexo	
				M	H
SJL01	9.8	9.92	1.42	X	
SJL02	9.8	11.34	1.41	X	
SJL03	10.5	14.17	4.25	X	
SJL04	10.7	11.33	5.66	X	
SJL05	11	9.93	4.25	X	
SJL06	11.9	18.43	4.25	X	
SJL07	12.6	24.09	2.83	X	
SJL08	13.4	28.35	4.25	X	
SJL09	12.7	24.08	4.81	X	
SJL10	13.1	26.93	5.38	X	
SJL11	13.3	29.77	3.11		X
1SJL2	14.3	39.69	7.37	X	
SJL13	13.8	32.60	5.95	X	
SJL14	14.3	42.81	8.78	X	
SJL15	14.5	45.92	2.26	X	
SJL16	14.7	40.54	3.68	X	
SJL17	14.9	49.61	5.95		X
SJL18	13.3	28.34	1.41	X	
SJL19	12.7	26.93	2.83	X	
SJL20	13.8	36.85	1.41	X	
SJL21	14.4	39.68	0.85		X
SJL22	14.9	41.10	1.42		X
SJL23	14.5	43.94	2.83	X	
SJL24	14.8	36.85	1.13		X
SJL25	14.8	39.68	1.13	X	
SJL26	15	45.35	1.42	X	
SJL27	15.5	49.61	2.83	X	
SJL28	15	51.02	4.25	X	
SJL29	17	75.12	5.66	X	
SJL30	19.8	106.31	1.42		X
SJL31	20.7	120.48	1.70		X
SJL32	22.2	178.60	1.40	X	

Panajachel

Cód.	Longitud / Talla (cm)	Peso (pez completo) (g)	Peso (tracto digestivo) (g)	Sexo	
				M	H
PANA01	13.9	32.60	0.56	X	
PANA02	14.5	39.68	1.70	X	
PANA03	15.3	38.55	1.98	X	
PANA04	13.7	32.31	2.26	X	
PANA05	15.4	45.35	0.85		X
PANA06	15.9	49.89	1.13	X	
PANA07	14.8	41.10	1.98	X	
PANA08	16	49.61	2.83	X	
PANA09	15.8	52.16	2.27	X	
PANA10	16.7	59.53	2.55	X	
PANA11	15.9	53.58	2.83	X	
PANA12	16.6	62.65	1.70	X	
PANA13	15.5	55.28	2.83	X	
PANA14	15.8	48.19	2.55	X	
PANA15	16.3	49.61	4.25	X	
PANA16	17.5	72.29	3.40	X	
PANA17	16.4	54.14	1.42	X	
PANA18	17.7	70.87	4.25	X	
PANA19	18	86.46	4.81	X	
PANA20	19.2	93.55	3.11	X	
PANA21	19.7	106.31	3.68		X
PANA22	20.8	96.38	1.13	X	
PANA23	19.8	103.75	1.98	X	
PANA24	20.3	94.97	4.25	X	
PANA25	20.7	106.31	1.13		X
PANA26	21.7	126.15	5.66		X
PANA27	20.5	106.31	2.83	X	
PANA28	20.4	125.02	3.40	X	
PANA29	21.0	111.98	5.67	X	
PANA30	22.1	133.24	2.55	X	

Santiago Atitlán

Cód.	Longitud / Talla (cm)	Peso (pez completo) (g)	Peso (tracto digestivo) (g)	Sexo	
				M	H
SA01	10.2	8.50	0.56		X
SA02	11.2	14.17	0.57	X	
SA03	11.5	12.75	0.57		X
SA04	11.7	17.01	0.85	X	
SA05	12	18.12	1.13	X	
SA06	12.4	18.43	0.56		X
SA07	13.8	19.84	1.13	X	
SA08	13.4	28.34	0.85		X
SA09	12.5	18.43	0.56	X	
SA10	12.2	18.42	1.70	X	
SA11	12.9	24.09	1.70	X	
SA12	13.6	24.10	1.42	X	
SA13	14.5	31.18	1.41	X	
SA14	13.6	29.76	1.41	X	
SA15	14.9	38.27	2.83	X	
SA16	15.2	39.68	2.83		X
SA17	15.8	43.94	1.42	X	
SA18	18	75.12	3.11	X	
SA19	20	120.48	1.42	X	
SA20	13.6	28.34	1.13	X	
SA21	14.8	42.52	2.83	X	
SA22	14.8	45.35	0.85		X
SA23	14.8	42.50	2.83		X
SA24	15.5	45.36	4.25	X	
SA25	14	42.52	1.42		X
SA26	16.9	65.20	1.98		X
SA27	18.8	77.96	5.66		X
SA28	17.3	62.36	7.08		X
SA29	18	89.30	4.25	X	

San Pablo La Laguna

Cód.	Longitud / Talla (cm)	Peso (pez completo) (g)	Peso (tracto digestivo) (g)	Sexo	
				M	H
SPL01	10.1	8.50	1.13	X	
SPL02	9.5	7.08	0.85	X	
SPL03	10.2	9.92	0.90	X	
SPL04	10.2	8.50	1.13	X	
SPL05	10.3	7.09	0.85	X	
SPL06	9.9	8.50	0.85	X	
SPL07	10.2	14.17	1.44	X	
SPL08	10.4	11.33	0.56		X
SPL09	10.6	12.75	0.85	X	
SPL10	10.4	7.08	0.57	X	
SPL11	11.6	12.76	1.13	X	
SPL12	11	11.34	4.25		X
SPL13	10.2	11.33	2.83	X	
SPL14	11.4	12.76	4.25		X
SPL15	10.9	11.35	1.98	X	
SPL16	11	11.32	1.41	X	
SPL17	11	8.50	1.42	X	
SPL18	11.6	9.92	1.70	X	
SPL19	11.9	15.59	5.66	X	
SPL20	11.9	12.75	4.25	X	
SPL21	11.2	15.59	4.25	X	
SPL22	11.3	15.60	5.66	X	
SPL23	11.2	9.92	7.08	X	
SPL24	11.5	18.42	2.83	X	
SPL25	11.2	11.34	2.84	X	
SPL26	11.8	12.76	1.13	X	
SPL27	13.8	31.18	7.09		X
SPL28	12.4	25.51	7.37	X	
SPL29	12.5	18.43	5.66	X	
SPL30	15.2	48.19	9.92	X	