

Programa Universitario de Investigación en Alimentación y Nutrición

**Primeros registros de *Atherinella* sp. en la laguna de Ayarza, análisis de su origen, estado poblacional y respuesta del ecosistema acuático**

**Código B5CU2021**

Instituto de Investigaciones Hidrobiológicas del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura  
IIH – CEMA

MSc. Erick Villagrán (Coordinador)  
MSc. Alan Humberto Gatica Herrera (Investigador)

Guatemala, 31 de marzo de 2022.

## **Contraportada**

### **Autoridades**

Dr. Félix Alan Douglas Aguilar Carrera  
Director General de Investigación

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar  
Coordinador General de Programas

Ing. Liuba Cabrera  
Coordinadora del Programa Universitario de Investigación en Nutrición y Alimentación  
Coordinadora del Programa Universitario de Investigación en Desarrollo Industrial

### **Autores**

MSc. Erick Villagrán

MSc. Alan Humberto Gatica Herrera

### **Colaboradores:**

Ing. Ag. Mauricio Velásquez Meléndez

Sr. Alberto Donis

Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación (Digi), 2021. El contenido de este informe de investigación es responsabilidad exclusiva de sus autores.

Esta investigación fue cofinanciada con recursos del Fondo de Investigación de la Digi de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de del código B5CU2021, en el Programa Universitario de Investigación PUINA.

Los autores son responsables del contenido, de las condiciones éticas y legales de la investigación desarrollada.



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Dirección General de Investigación



## Índice general

Resumen y palabras claves.....	8
Abstract .....	9
Introducción .....	10
Planteamiento del problema .....	12
Delimitación en tiempo y espacio .....	13
Marco teórico .....	14
Estado del arte .....	18
Objetivos .....	20
<b>Objetivo General</b> .....	20
<b>Objetivos Específicos</b> .....	20
Materiales y métodos .....	21
<b>Enfoque de la investigación</b> .....	21
<b>Método</b> .....	21
Recolección de información.....	22
Técnicas e instrumentos .....	23
Técnicas de Captura, Manejo y Destino de las muestras.....	23
Técnicas para el registro de la información .....	24
Registro de información colectada en campo.....	24
Técnicas para el registro de información analizada en laboratorio.....	26

Operacionalización de las variables o unidades de análisis .....	31
Procesamiento y análisis de la información .....	32
Resultados .....	34
Identificación y similitud con especies del género <i>Atherinella</i> .....	34
Descripción de las características de peces del género <i>Atherinella</i> de laguna de Ayarza.....	40
Indicadores poblacionales (sexo/peso/talla/edad) de <i>Atherinella</i> (Laguna Ayarza) .....	43
Características morfométricas asociadas a la diferenciación inter-específica del grupo <i>Atherinella</i> .....	45
Características morfométricas asociadas al estado de madurez gonadal (hembras) de peces del grupo <i>Atherinella</i> de la laguna de Ayarza .....	46
Características morfométricas distintivas de peces del grupo <i>Atherinella</i> de la laguna de Ayarza, con peces del mismo grupo y otros cuerpos de agua .....	48
Análisis de la respuesta del ecosistema acuático de la laguna de Ayarza ante el surgimiento de peces del grupo <i>Atherinella</i> .....	52
Análisis de parámetros de calidad y salud ambiental recolectados en el estudio.....	54
Indicadores ecológicos .....	56
Discusión de resultados.....	58
Referencias .....	63
Apéndice.....	67
Vinculación .....	88
Estrategia de difusión, divulgación y protección intelectual.....	88
Aporte de la propuesta de investigación a los ODS: .....	88
Orden de pago final .....	89
Declaración del Coordinador(a) del proyecto de investigación .....	89

Aval del Director(a) del instituto, centro o departamento de investigación o Coordinador de investigación del centro regional universitario .....	90
Visado de la Dirección General de Investigación .....	90

## Índice de Tablas

Tabla 1. Indicadores ecológicos registrados en los sitios de muestreo .....	25
Tabla 2. <i>Conjunto de elementos de análisis de las muestras para compararlas</i> .....	27
Tabla 5. <i>Varianza total explicada</i> .....	40
Tabla 6. <i>Estadísticos descriptivos para variables relacionadas con la caracterización de las aletas, de peces del grupo Atherinella de la laguna de Ayarza</i> .....	46
Tabla 7. <i>Criterio discriminativo para la identificación de las variedades de Atherinella basado en el patrón de distribución de escamas en el cuerpo</i> .....	51
Tabla 8. <i>Resumen de las principales características distintivas de las variedades de Atherinella</i> .....	52
<b>Tabla 9.</b> Guía de clasificación de las calificaciones asignadas a cada indicador extraído del tracto digestivo de peces.....	53

## Índice de Figuras

Figura 1 .....	41
<i>Análisis de componentes principales para variables relacionadas con el cambio de longitud de los peces .....</i>	<i>41</i>
Figura 2 .....	42
<i>Modelo Bayesiano de crecimiento para peces del género Atherinella de la laguna de Ayarza .....</i>	<i>42</i>
Figura 3 .....	44
<i>Relación entre el crecimiento corporal y la edad estimada de los peces Atherinella de la laguna de Ayarza .....</i>	<i>44</i>
Figura 4 .....	45
<i>Relación entre el crecimiento corporal y la edad estimada de los peces Atherinella de la laguna de Ayarza, según el mes de muestreo .....</i>	<i>45</i>
Figura 5 .....	47
<i>Identificación de la talla de primer desove.....</i>	<i>47</i>
Figura 6 .....	49
<i>Relación entre el crecimiento corporal con el aumento del valor de otros parámetros morfométricos en peces Atherinella de la laguna de Ayarza .....</i>	<i>49</i>
Figura 7 .....	50
<i>Relación entre el crecimiento corporal con el aumento del valor de otros parámetros morfométricos en peces Atherinella de la laguna de Güija.....</i>	<i>50</i>
Figura 8 .....	54
Indicadores de calidad del agua identificados en los sitios de muestreo .....	54
Figura 9 .....	55
Valor de parámetros de calidad del agua registrados en los sitios de muestreo .....	55

Figura 10 .....	55
Concentración de nutrientes en el agua, en sitios de muestreo .....	55
Figura 11 .....	56
Presencia de algas filamentosas en los tractos digestivos de <i>Atherinella</i> , variedad de laguna de Ayarza .....	56
<b>Figura 12</b> .....	<b>57</b>
<i>Análisis gráfico comparativo entre diferentes especies con valor alimenticio y comercial...</i>	<i>57</i>

## 1 Resumen y palabras claves

Desde el 2018, los pescadores artesanales del caserío La Laguna, en Ayarza, reportaron el surgimiento de “Buta-Plateada” *Atherinella milleri* (Bussing, 1979), desde entonces han notado la disminución de Poecílidos (butas) y disminución en la biomasa de pesca de *Parachromis managuensis*. Para entender el origen de los peces *Atherinella* y la respuesta del ecosistema acuático de la laguna, se colectaron muestras en dos épocas del año, caracterizando 27 variables morfométricas y dos merísticas, comparándolas con otras tres variedades del mismo grupo taxonómico en otros cuerpos de agua anteriormente referidos. La talla y peso de los peces colectados en la laguna de Ayarza fue significativamente mayor (I.C. 95%) respecto: al mes evaluado, mayor en julio [talla (cm), M=10.21, DT=0.74]; [peso (g), M=8.62, DT=1.97] que en noviembre [talla (cm), M=9.81, DT=0.63]; [peso (g), M=6.48, DT=1.49]. También respecto al sexo, mayor en hembras [talla (cm), M=10.36, DT=0.72]; [peso (g), M=8.91, DT=2.26] que en machos [talla (cm), M=9.84, DT=0.5]; [peso (g), M=7.44, DT=1.17]. Además, respecto a la variedad reportada en laguna de Güija [talla (cm), M=9.61, DT=1.13]. La característica morfométrica distintiva entre las variedades reportadas en el estudio fue la ubicación de la primera aleta dorsal, separándolas en tres variedades: Las Lisas *Membras gilberti*, Izabal A. *chragresi*, Ayarza y Güija A. *milleri*, sugiriendo origen endémico y no introducido. El contenido estomacal de los peces de la laguna de Ayarza varió significativamente del resto, con mayor incidencia de restos de otros peces, huevos e insectos, sugiriendo efecto depredador sobre otras especies acuáticas nativas.

**Palabras clave:** Atherinopsidae, morfometría, contenido estomacal, modelo bayesiano talla/peso

## Abstract

Since 2018, through artisanal fishing in Ayarza's Lagoon, occurrence of *Atherinella*'s type of fish was reported. Since then, fishermen noticed the decrease in *Poecilia* family fish and decrease in fishing biomass of *Parachromis managuensis*. To understand the origin of the *Atherinella* fish and the response of the lagoon's aquatic ecosystem, samples were collected at two times of the year, characterizing 27 morphometric and two meristic variables and comparing them with three other varieties of the same taxonomic group in other lakes and humedals. Total length L, and weight W of each sample of fish collected was significantly higher (C.I. = .05) compared to: the month evaluated, higher in July [L(cm), M=10.21, SD=0.74]; [W (g), M=8.62, SD=1.97] than November [L(cm), M=9.81, SD=0.63]; [W (g), M=6.48, SD=1.49]. Also regarding sex, higher in females [L (cm), M=10.36, DT=0.72]; [W (g), M=8.91, DT=2.26]. In addition, regarding the variety reported in Güija Lake [L (cm), M=9.61, DT=1.13]. The distinctive morphometric characteristic among the varieties reported was the location of the first dorsal fin, separating them into three varieties: Las Lisas *Membras gilgerti*, Izabal *A. chragresi*, Ayarza and Güija *A. milleri*, pointing towards endemic and non-introduced origin in the Ayarza lagoon. Gastric content of the Ayarza lagoon's *Atherinella* fishes, varied significantly from the rest, with a higher incidence of remains of other fish, eggs and insects, suggesting a predatory effect on other native aquatic species confirming to said by the fishermen.

**Keyword:** Atherinopsidae, morphometry, stomach contents, Bayesian length/weight

## Introducción

La laguna de Ayarza es una laguna volcánica endorreica de doble caldera, que no muestra evidencia de actividad tectónica eruptiva post-caldera. La batimetría del lago ha evolucionado como resultado del relleno sedimentario; estos sedimentos se han acumulado en los últimos 23,000 años a una tasa de sedimentación promedio mínima de 7 m / 103 años (Poppe, et. al., 2003).

Como lo menciona Rodas en 2016, la laguna presentó valores elevados de concentración de fósforo, que la clasifican como una laguna en proceso de eutrofización. En parte, el aporte de fósforo proviene de procesos de escorrentía de zonas agrícolas de café, sobre todo en época lluviosa (observaciones personales en 2018 y 2019).

El origen de los peces de lagunas interiores de Guatemala cuenta con muy pocas referencias históricas, algunas describen desde el enfoque lingüístico, avances en la pesca y el comercio piscícola en tiempos prehispánicos, siendo el pueblo Kaqchikel quienes aportan mayor diversidad de registros en la zona central y occidental del altiplano guatemalteco. Menos abundantes son los registros de pueblos como Poqomchi' y Xinka, que se asentaron en el altiplano oriental, desde el sur del río Motagua hasta la laguna de Ayarza (Ruz, 1998).

La configuración de especies de peces y el estado de su población han estado ligados desde tiempos prehispánicos, a procesos antropológicos que incluyen la pesca y la introducción de especies exóticas, así como el manejo de las mismas. A finales del siglo XX, se inició con el registro de peces en lagunas interiores (Meek & Cory, 1908), sobre todo las más cercanas a centros urbanos poblados (Amatitlán y Atilán) y desde entonces se recomendó la introducción de especies nativas tal como *Cichlasoma trimaculatum* (Günther, 1867), *Cichlasoma motaguensis* (Günther, 1867), *Centropomus nigrescens* (Günther, 1864), *Philypnus sp.*, *Dormitator sp.*, y la introducción de especies exóticas como *Micropterus sp.*, *Pomoxis sps.*, *Lepomis sps.*, *Parachromis managuensis* (Günther, 1867), y *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758).

Un estudio más reciente, de mediados del siglo XX (Bolaños Yela, 1964) referencia las especies que para entonces era muy probable encontrar en lagunas interiores de agua dulce, como *Astyanax*

*fasciatus* (Cuvier, 1819), *Cilchlasoma guttulatum* (Ghünter, 1864), *Mollienesia sphenops* (Valenciennes, 1846), *Cichlasoma motaguensis* (Ghünter, 1867), *Amatitlania nigrofasciatum* (Ghünter, 1867), Poecilidos, *Profundulus guatemalensis* (Ghünter, 1866), *Roeboides salvadoris* (Hildebrand, 1925), y *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758). A finales de los años 50's y principios de los años 60's, los cuerpos de agua dulce comenzaron a ser repoblados con especies exóticas, y esto como lo señala Povh y colaboradores en 2008, pudo ocasionar la pérdida de la diversidad genética en las poblaciones locales de peces, causando daños irreversibles en próximas generaciones.

Desde el año 2018, en la laguna de Ayarza se ha reportado la presencia de una población de peces conocidos como Pejerreyes. Los pescadores locales no habían tenido registro previo de esta especie, que al principio sucedió como pesca de incidencia. Los pescadores le atribuyen la disminución de Poecilidos nativos, así como la disminución de biomasa en la pesca de *Parachromis managuensis*, especie exótica introducida de alto valor comercial local.

Se realizaron muestreos sistemáticos en la Laguna de Ayarza, Güija, estero Las Lisas y el lago de Izabal, donde se colectaron peces del grupo Atherinella y posteriormente se analizó la similitud de sus características morfométricas distintivas, comparándolas entre sí y diferenciándolas en dos estaciones del año (junio y noviembre de 2021). Con la información colectada se caracterizó el estado actual de la población de peces del grupo Atherinella en la laguna de Ayarza y su similitud con otros peces similares registrados en otros cuerpos de agua, evaluando la respuesta del ecosistema acuático al surgimiento de esta especie.

Los resultados de la investigación servirán para alertar a las autoridades nacionales de temas de Biodiversidad y manejo de Áreas Protegidas, así como a la Dirección de normatividad de la Pesca, para establecer medidas de ordenamiento y acceso sostenible mediante prácticas y técnicas amigables de pesca. El registro de una nueva especie en esta laguna, y su difusión por medio de la revista científica de la Universidad de San Carlos, puede ser de interés para la comunidad científica en el campo de la Ictiología, Biología y Limnología y constituirá una herramienta de consulta recuperable para las autoridades y futuros investigadores a nivel nacional e internacional.

## Planteamiento del problema

La fauna ictiológica de la laguna de Ayarza ha sido descrita en estudios previos no publicados hasta el momento, el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) en el estudio técnico de la laguna, no registró peces representantes de la familia Atherinopsidae (CONAP, 2006; OSPESCA, 2005). Peces de esta familia han sido reportados por pescadores artesanales de la laguna como pesca incidental, desde el año 2018 y desde el 2019 han realizado esfuerzos de pesca dirigida y ha sido parcialmente identificada por la Dirección de Normatividad de la Pesca y Acuicultura (DIPESCA-MAGA).

Las poblaciones ícticas de la laguna de Ayarza han sido alteradas a causa del repoblamiento de peces, representados por especies exóticas, que no incluyen peces de la familia Atherinopsidae, dichas introducciones de peces fueron promovidas por el estado de Guatemala desde el año 1958 (Bolaños, 1964).

La presencia de peces de la familia Atherinopsidae (Pejerreyes) en la laguna de Ayarza, podría estar asociada a la fauna endémica parcialmente descrita con anterioridad, o bien a repoblamientos no oficiales (sin autorización).

Actualmente no se cuenta con la información suficiente que permita establecer el origen y el estado de la población de Pejerreyes en la laguna de Ayarza, lo cual es un factor limitante para brindar orientaciones científicamente sustentadas a la DIPESCA, para la elaboración de planes de manejo y ordenamiento de la pesca artesanal.

Se ha considerado que por medio del presente estudio se pueda dar respuesta a las siguientes preguntas de investigación, como un aporte de base con sustento científico, para estudios posteriores.

¿Cuáles son las características morfométricas distintivas de los peces de la familia Atherinopsidae de la laguna de Ayarza?

¿Cómo se diferencian las características morfométricas distintivas de la familia Atherinopsidae de la laguna de Ayarza, con otros Pejerreyes reportados en el Pacífico y el Caribe de Guatemala?

¿Cómo responde la población de peces de la familia Atherinopsidae de la laguna de Ayarza, a la presión ejercida por la pesca artesanal?

¿Cuáles son las características poblacionales (edad/peso/talla) de los grupos de peces de la familia Atherinopsidae, en la laguna de Ayarza?

¿En qué épocas del año se presentan indicadores de reproducción de peces de la familia Atherinopsidae en la laguna de Ayarza?

¿Cuál es la respuesta del ecosistema acuático de la laguna de Ayarza, ante el reciente surgimiento de la población de peces de la familia Atherinopsidae?

## **Delimitación en tiempo y espacio**

5.1 Delimitación en tiempo: En apéndice se presenta un cronograma detallado de ejecución de la propuesta (Gantt). Las jornadas de muestreo dieron inicio en el mes de junio y finalizaron en noviembre del año 2021.

### 5.2 Delimitación espacial

La laguna de Ayarza es una laguna cratérica ubicada en la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, ubicada entre los municipios de Media Cuesta y Casillas, del departamento de Santa Rosa.

Se realizaron jornadas de muestreo en la Laguna de Ayarza (Figura 1), en donde se colectaron muestras en las zonas de pesca artesanal, del mismo modo en cuerpos de agua con registros preliminares de peces del grupo Atherinopsidae, tales como: Laguna Güija, Lago de Izabal, Estero y Boca-barra Las Lisas. Se presenta la ubicación de los sitios de colecta.

**Figura 1.** *Sitios de colecta de peces del grupo Atherinopsidae en la laguna de Ayarza*

## Marco teórico

### 6.1 Identificación taxonómica del grupo de peces Atheriniformes (Pejerreyes)

Este grupo de peces se encuentran distribuidos ampliamente en aguas continentales y marinas, en América son conocidos como Pejerreyes y corresponden al orden Atheriniformes, e incluyen a la familia Atherinopsidae con dos subfamilias; Menidiinae y Atherinopsinae (Bogan, Reyes, & Cenizo, 2009).

Dentro de la familia Menidiinae se encuentra el género *Atherinella*, que representa 35/43 especies; 17 de ellas son de agua dulce y algunas especies marinas del litoral Atlántico, desde Centro América hasta el centro de Brasil; y en el Pacífico, desde el Golfo de California hasta el norte de Chile, incluyendo las Islas Galápagos (Chernoff, 1986, citado en Brian y Dyer, 2006).

La diversidad de peces centroamericanos, es el resultado de múltiples migraciones diferenciadas temporalmente, provenientes de América del Sur. Como lo menciona Bogan, Reyes y Cenizo en el año 2009, entre otras especies, las del género *Atherinella* (del grupo Atheriniformes), representan peces predominantemente marinos, los cuales han llegado a ser “residentes permanentes de agua dulce” en la zona costera de Centroamérica (Bogan et. al., 2009, página 293, párrafo 2).

Peces Atheriniformes registrados para la vertiente del Pacífico, en la región Este-Central del continente americano, presentan características distintivas, tales como, dos aletas dorsales bien separadas, la línea lateral se presenta incompleta o ausente, una franja lateral plateada y algunas veces de color oscuro, así como una boca protráctil en algunas especies. Forman grandes cardúmenes en aguas costeras, así como en sistemas fluviales y lacustres (Fischer, y otros, 1995), (Castro & Espinoza, 2006).

Peces del grupo Atheriniformes se reportaron sobre la franja marino-costera del Pacífico de Guatemala, se pueden clasificar en dos familias, tal como lo reportó Dávila, López, y García, en el año 2014, entre los cuales se encuentra la familia Atherinidae que ha sido relacionada con ambientes salinos y es tolerable a ecosistemas marino costeros (Castro y Espinoza, 2006).

Peces de la familia Atherinopsidae, citadas específicamente para agua dulce, son representadas por 10 géneros; de los cuales, dos son eminentemente de agua dulce y el resto residen en ambientes que van; desde mixohalinos, oligohalinos, hasta hipersalinos; en ambas costas (Castro y Espinoza, 2006).

En la costa Caribe, se han reportado especies de la familia Atherinidae que han sido asociadas a zonas coralinas (FAO, 2002), tal como *Atherinomorus stipes* (Müller and Troschel, 1848) e *Hypotherina harringtonensis* (Goode, 1877), aunque también se reportan otras especies de agua dulce, principalmente del género *Atherinella spp.* (Barrientos, 2005).

Para la región centroamericana, se reporta dicha familia y es representada por *Atherinella güija* (Hildebrand, 1925), considerada una especie de importancia comercial para la pesca artesanal en laguna Güija (FAO, 1998), compartida entre Guatemala y El Salvador, en la vertiente del Pacífico.

## 6.2 Diferenciación inter-específica del grupo de Atheriniformes, por medio de la comparación de rasgos morfométricos

Ecosistemas con abundante biodiversidad pueden albergar en una misma región, peces que están relacionados entre sí parentalmente y coexistir de forma segregada. En ocasiones, factores geológicos han aislado especies que fueron diferenciándose, hasta generar sus propios medios de adaptación, un caso lo manifiestan peces del género *Chirostoma*, que se diferencian por rasgos expresados en su morfometría mandibular (Barbour, 1973, Soria y Maya, 2005), los autores demostraron que dichos rasgos están estrechamente relacionados con la captura de alimento, un factor adaptativo diferenciado.

En otros casos, alguna característica distintiva de la morfometría del pez, los separa de otros grupos de peces que no la poseen o la poseen parcialmente, ese es el caso de los peces de la subfamilia Mediniidae, que fueron agrupados y separados debido a un rasgo monofilético, atribuido a la presencia de un embudo hemal en las vértebras caudales del pez (Schultz, 1948 y Chernoff, 1986, citado en Brian y Dyer, 2006).

Algunos estudios como el de Tombari y colaboradores en el año 2010, proponen el uso de estructuras óseas duras tales como los otolitos y las vértebras caudales, como una herramienta de identificación de Atherinidos marinos (Pejerreyes) del Océano Atlántico sudoccidental, demostrando que estas estructuras óseas, son útiles para la identificación de este grupo de peces, ya que presentaron amplia diferenciación entre las especies.

### **6.3 Evaluación poblacional**

Para conocer la población de peces en determinado lugar y/o rango de tiempo (poblaciones migratorias), es preciso conocer ciertos parámetros de crecimiento y tasas de mortalidad, lo cual demanda la medición de ciertas características de la población que se desea analizar, tales como la talla, el peso, y la edad; siendo esta última de mayor complejidad su estimación, ya que en regiones en donde no son significativamente marcadas las estaciones del año en función de la temperatura del medio, tal como los trópicos (Sparre & Venema, 1998), los autores mencionan que es difícil diferenciar rasgos distintivos en otolitos y escamas, sobre todo si estos se tratan de anillos diarios de crecimiento, lo que requiere un equipo de microscopía más robusto para su análisis.

Con los parámetros poblacionales evaluados durante un rango de tiempo, se puede clasificar la población estimando la composición por edades, tallas y pesos, pudiendo analizar si dicha composición poblacional se mantiene durante todo el año, o varía según las estaciones. Esto, como lo señala Sparre y Venema en 1998, se puede utilizar para construir claves talla/edad por especie, empleando muestras pequeñas; además mencionan que estos datos son muy relevantes, ya que la metodología para evaluar un determinado stock de peces, puede basarse en las composiciones talla/edad, de la población.

## 6.4 Interacción de Atheriniformes con el medio acuático y otras especies

Navarrete y Sánchez, 1991, citados en Sánchez, Fermín, y Mendoza, 2009, proponen el análisis de la trama trófica, como un medio para comprender la abundancia de fitoplancton en una laguna, en función de la abundancia de zooplancton y el tamaño de este. Así como el papel que juegan los predadores ícticos, cuando estos son zooplantófagos y puede existir algún tipo de competencia entre especies nativas y exóticas, analizando el impacto que puede generar en la productividad primaria.

Un estudio basado en el análisis estomacal de *Menidia humboldtiana* (Valenciennes, 1835), miembro de la familia Atherinopsidae reportado para aguas interiores, como endemico para Centro América, confirmó la selectividad y preferencia alimentarias sobre los géneros *Bosminia*, *Daphnia* y *Mastigodiatomus* (Sánchez, Fermín, & Mendoza, 2009), sobre otros 13 géneros más; disponibles en el medio. Por medio de la metodología que utilizaron, las autoras diferenciaron los grupos de zooplancton que prefieren los peces como fuente de alimento, analizándolas durante las cuatro estaciones del año.

Es importante determinar la relación que existe entre una especie y el tipo de presas que consume, así como la estimación de las cantidades aproximadas, sobre todo si se trata de una especie de reciente esparcimiento, repoblamiento o resurgimiento. Además, este análisis permite identificar las presiones que puede ejercer sobre el medio, desde los niveles tróficos más bajos. Wootton, 1992, citado en Sánchez, Fermín, & Mendoza, 2009, sugiere que esto depende de las capacidades de la especie para obtener sus presas, y este factor está directamente relacionado con factores morfométricos establecidos, como el tamaño de boca y capacidad ocular, lo cual podría determinar el horario de alimentación y otras ventajas adaptativas.

## Estado del arte

La laguna de Ayarza se ubica en territorio del pueblo Xinca, la mayoría de los pescadores se identifican como parte del pueblo Xinca, durante los años 2017 y 2018 se realizaron acercamientos de la autoridad nacional de pesca DIPESCA-MAGA, lo cual ha generado interés local en la participación e información sobre las actividades que se realizan dentro de la laguna. Se alcanzó un consenso entre los pescadores del caserío La Laguna, cuyo Consejo de Desarrollo, en asamblea de pescadores, registró a través de acta oficial (Acta No. 09-18, página 154 – 155, libro de actas) la disposición de la población de pescadores artesanales al uso de trasmallos mayores a 1.0 pulgadas de luz.

Se han identificado especies de la subfamilia Menidiinae en ecosistemas de agua dulce; Granados-Dieseldorff y colaboradores, 2012, identificaron *Atherinella schultzi* (Álvarez y Carranza, 1952) en la laguna Lachuá y la clasificaron como una especie con endemismo en la cuenca del río Usamacinta.

En el caso del Lago de Izabal y ríos tributarios, se han identificado *Atherinella sp.* y una especie del género *Menidia*. Al parecer, su distribución no está relacionada con la presencia de *Hydrilla verticillata*, se ha clasificado como especie nativa y dulce-acuícola, su importancia ecológica radica en ser base de la cadena trófica; ya que fue reportada en 11 sitios de muestreo, siendo una de las especies con mayor distribución, su dieta está asociada al plancton; principalmente del grupo de los Cladóceros y Copépodos, así como algas verdes e insectos, no se identificó ninguna importancia económica relevante (Pérez, Álvarez, Mojica, Dix, & Dix, s.a.).

Recientemente se ha identificado a *Atherinella alvarezi* (Díaz-Prado, 1972) en el lago Petén Itzá (Elías, et. al., 2018), asociada con otras especies forrajeras de diferentes familias como; Poeciliidae, Characidae, Heptateridae, Poeciliidae y Cichlidae.

Representantes de la familia Atherinidae, tal como *Atherinomorus stipes* (Müller y Troschel, 1848) fueron reportados en la región costera este de la vertiente del océano Pacífico, desde Escuintla hasta

la frontera con el Salvador (Dávila, López, & García, 2014). Las autoras también reportaron representantes de la familia Atherinopsidae, tales como *Atherinella argentea* (Chernoff, 1986); *A. guatemalensis* (Günter, 1864); *A. guija* (Hildebrand, 1925).

La familia Atherinopsidae, que está mayormente asociada a ecosistemas de agua dulce, ha sido reportada previamente en ambos litorales, *Atherinella panamensis* fue reportada por primera vez en las costas de la vertiente del Pacífico de México en el año 2012 (Sandoval et. al., 2012).

Pescadores artesanales de la laguna de Ayarza, en la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, que desemboca en el Canal de Chiquimulilla, han reportado la presencia de una especie de pez que no habían visto anteriormente, la observación y reporte de esta especie comenzó en el año 2018 y en el año 2019 comenzó a ser capturada por medio de trasmallos.

El Departamento de Pesca Continental y Acuicultura, de la Dirección de Normatividad de la Pesca y Acuicultura del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación –DIPESCA/MAGA-, la inspectora de pesca Licenciada en Acuicultura: Rachel Rodas y el investigador de pesca, Licenciado en Acuicultura: Alan Gatica Herrera, tomaron una muestra de peces a principios del mes de septiembre de 2019.

El pez presentó coincidencias con 3 especies del género *Atherinella* (*A. brasiliensis*; *A. alvarezi* y *A. milleri*) y se recomendó adoptar el criterio de precaución dirigida hacia la pesca artesanal, mientras se realizan más investigaciones que permitan establecer recomendaciones puntuales sobre su estado actual, la capacidad de carga de la población y medidas de ordenamiento para su aprovechamiento.

## Objetivos

### 8.1 Objetivo General

Caracterizar la población de peces del grupo Atheriniformes de la laguna de Ayarza, con énfasis en el origen de la especie y el estado actual.

### 8.2 Objetivos Específicos

Describir las características morfométricas distintivas de los peces del grupo Atheriniformes de la laguna de Ayarza.

Caracterizar indicadores poblacionales (sexo/peso/talla/edad) de la población de peces del grupo Atheriniformes de la laguna de Ayarza, en la época seca y lluviosa.

Diferenciar las características morfométricas distintivas de peces del grupo Atheriniformes de la laguna de Ayarza con otros Pejerreyes reportados en el Pacífico y el Caribe de Guatemala.

Evaluar la respuesta del ecosistema acuático, ante el reciente surgimiento de la población de peces del grupo Atheriniformes de la laguna de Ayarza, en la época seca y lluviosa.

## 9. Hipótesis

Las características morfo-métricas distintivas de los peces del grupo Atheriniformes de la laguna de Ayarza, se diferencian ( $\alpha = 0.05$ ) de las de otros peces del mismo grupo, encontrados dentro de la cuenca del río los Esclavos y la cuenca del río Motagua.

## 10. Materiales y métodos

### 10.1 Enfoque de la investigación

La investigación tuvo enfoque mixto, ya que se utilizarán datos cuantitativos producidos mediante el muestreo sistemático de peces del grupo Atheriniformes durante 9 meses en la laguna de Ayarza y sus respectivos análisis morfométricos, tales como talla, peso, y otras medidas corporales específicas; estas serán comparadas entre sí y con las mediciones realizadas a otros peces del mismo grupo, ubicados fuera de la micro cuenca de la laguna para determinar su origen probable.

Como parte de la interpretación de la información expresada en datos cuantitativos, se establecerán criterios de clasificación, los cuales servirán para diferenciar las muestras de peces en función de variables como edad, sexo, distribución geográfica, indicadores de similitud o diferenciación con peces del mismo grupo, ubicados fuera de la micro-cuenca de la laguna.

Dichos criterios estarán encerrados en rangos, que numéricamente definirán categorías cualitativas, tales como la edad del pez, estado de madurez gonadal, hábitos alimenticios y otras características distintivas que los diferencien o no, de otros grupos de Atheriniformes de la región. Además, la información morfométrica de múltiples muestras de peces podrá compararse según la época del año (junio y octubre del año 2021).

### 10.2 Método

El acceso a la laguna de Ayarza se realizó por medio de transporte terrestre 4x4 hasta la orilla se abordó en la zona de embarcadero una lancha de 27 pies, con motor de 40HP, fuera de borda.

Para el levantamiento de información de campo, se convocó a técnicos (as) de la Dirección de Normatividad de la Pesca y Acuicultura DIPESCA-MAGA, asistieron representantes de pescadores artesanales locales y estudiantes de la carrera de Licenciatura en Recursos Hidrobiológicos. Además se contó con la previa autorización del Consejo de Desarrollo Comunitario de Ayarza, Media Cuesta y Casillas, Santa Rosa.

Todas las muestras de peces, luego de ser identificadas en campo, fueron conducidas hacia laboratorios del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura para su final determinación taxonómica mediante el uso de guías taxonómicas especializadas en el grupo y familia.

## **Recolección de información**

El universo de estudio estuvo conformado por el conjunto de peces del grupo Atherinopsidae, de la laguna de Ayarza, laguna de Güija, Lago de Izabal, Estero y boca barra Las Lisas (Apéndice 1).

Se tuvo especial énfasis en la caracterización de los peces colectados en la laguna de Ayarza, debido a su reciente surgimiento, reportado por pescadores artesanales desde el año 2017, con incidencia en pesca artesanal a partir de 2018 y con pesca dirigida desde 2019. Actualmente se pesca con fines comerciales, alimenticios y de investigación. Se evaluó el estado instantáneo de la calidad en la columna del agua, dentro de las zonas de muestreo en cada ecosistema analizado, además se detectaron bancos de peces, identificando la densidad y ubicación. Se analizó la presencia de fósforo y nitrógeno, como un indicador del estado trófico del cuerpo de agua en el momento de muestreo.

### *Muestreo*

Se realizaron 7 jornadas de muestreo, en cada uno se colectó un número de muestra  $N$  que se preservó con el uso de hieleras a 3 grados centígrados, y se transportaron a laboratorios. La colecta de peces fue más abundante durante las horas más cálidas del día, en el caso de la laguna de Ayarza. En el lago de Izabal, la muestra fue tomada durante las primeras horas de la mañana.

Las muestras que fueron colectadas en la laguna de Ayarza ( $N = 254$ ) se dividieron en dos, las que se obtuvieron en los meses de mayo – junio y el grupo que se obtuvo en los meses de octubre – noviembre, estas serán analizadas para determinar la homogeneidad y diferencias en algunos indicadores. Las muestras de la laguna de Güija fueron obtenidas en el mes de julio, al igual que las muestras del lago de Izabal. En la laguna de Ayarza se colectó una pequeña muestra de peces durante el mes de agosto, a diferencia de la otra temporalidad de muestreo, fue muy escasa y con

organismos juveniles, esto debido al período de época de lluvia y por consiguiente poca radiación solar.

Para determinar el tamaño de sub-muestras se utilizó el modelo que se propone para evaluar una población normal infinita mayor a 10 mil individuos, en investigaciones médicas (Aguilar-Barojas, 2005), el cual es  $n = \left(\frac{Z^2 * S^2}{E^2}\right)$ ; en dónde: número de peces cuyo valor de longitud estándar promedio, tiene el 95% de probabilidad de estar dentro del rango poblacional.

Z = Nivel de confianza ( $\alpha = 0.05$ ) = 1.96

S = Desviación estándar de la talla promedio (milímetros) evaluado en la pre-muestra

E = error máximo admitido (0.5 milímetros)

## Técnicas e instrumentos

### Técnicas de Captura, Manejo y Destino de las muestras

El muestreo estuvo integrado por dos rutas: en la primera, los peces fueron obtenidos mediante técnicas locales de pesca artesanal, y en la segunda, será por medio de la implementación de pesca científica, utilizando un esfuerzo de pesca constante de 1 trasmallo de 100 metros de largo y 1.5 metros de caída, 1.5 cm de luz de malla, tendido entre las zonas de pesca delimitadas en el área de estudio (Figura 1). Además se utilizó una Atarraya de 6 pies de abertura, de 0.5 pulgadas de luz.

Las áreas de pesca científica fueron registradas mediante un GPS integrado a la Ecosonda Garmin UHD 90SV con transductor GT56UHD. Los peces colectados fueron congelados hasta el momento de su evaluación en los laboratorios especializados.

A cada pez se le efectuó una biopsia, analizando el tracto estomacal para evaluar su contenido, tejido gonadal para evaluar su proceso de maduración, escamas y otolitos para la estimación de la edad.

Se analizó una muestra puntual de (N = 24) peces *Parachromis managuensis* capturados mediante el esfuerzo de pesca aplicado, fueron sometidos al mismo proceso de análisis, al igual que los peces

Atheriniformes obtenidos fuera de la micro-cuenca de la laguna de Ayarza, como en la laguna Güija (n = 33). Los peces colectados en esta laguna posiblemente sean *Atherinella milleri* (Bussing, 1979), no se encontraron referencias taxonómicas morfométricas para *Atherinella güija*, reportada previamente. Algunas características morfométricas de los peces colectados serán comparados con los peces de la laguna de Ayarza, para determinar su parecido.

Los peces colectados en el lago de Izabal (N = 10) *Atherinella alvarezi* (Díaz-Pardo, 1972), así como los colectados en la boca barra del estero “Canal de Chiquimulilla” en Las Lisas (N = 11), *Membras gilberti* (Jordan & Bollmann, 1890), serán analizados superficialmente, ya que difieren notablemente, sus características morfométricas de las de los peces de la laguna de Ayarza y su caracterización no es objeto del presente estudio.

## 10.5 Técnicas para el registro de la información

### **Registro de información colectada en campo**

La ubicación geográfica fue registrada por medio de equipo digital de eco - geo-referenci posicional satelital GPS, luego procesada en softwares libres tal como *Quantum Gis* y *Garmin Homeport*, se realizó una exploración batimétrica de las zonas de pesca, ubicando las agrupaciones de peces detectadas con el transductor a diversas frecuencias, con el objeto de describir mejor el ecosistema acuático, los sitios se presentan en el apéndice 1.

### Parámetros de Calidad del agua

Fueron registrados los valores de parámetros de calidad en la columna de agua, profundidad del disco secchi, utilizando una sonda multi-paramétrica *HANNA HI 98194*. Los parámetros que fueron registrados en los sitios de colecta se muestran en la tabla 1.

Tabla 1.

Indicadores ecológicos registrados en los sitios de muestreo

Parámetro de calidad del agua	Abreviatura	Dimensional
Temperatura	T	Grados centígrados, °c
pH	pH	
Oxígeno disuelto	OD	Mligramos por litro, mg/l
Saturación de oxígeno	SO	Porcentaje, %
Salinidad	Sal	Mligramos por litro, mg/l
Conductividad Eléctrica	CE	Micro Siemens por centímetro cuadrado, $\mu\text{S}/\text{cm}^2$
Sólidos totales disueltos	STD	Mligramos por litro, mg/l
Potencial de óxido-reducción	REDOX	Mili voltios, MV
Contenido de Fosfatos	PO <sub>4</sub>	Mligramos por litro, mg/l
Contenido de Nitratos	NO <sub>3</sub>	Mligramos por litro, mg/l
Profundidad del disco Secchi	Secchi	Metros, m

### Esfuerzo de pesca

Se registraron las medidas de las artes de pesca utilizadas, así como el tiempo de viraje. Se estimó con esa información registrada, el esfuerzo acumulativo por unidad de tiempo, para cada sitio de colecta.

## Registro de información sobre peces

Se utilizaron boletas para el registro inicial de las muestras, correspondiendo la ubicación geográfica con la fecha, el peso total de la pesca y el número de peces por especie. Se presenta el ejemplo de las boletas utilizadas para el registro de las variables morfométricas de cada muestra, en el apéndice 2 (Tabla 2).

## Identificación taxonómica de la especie

Se utilizaron guías de identificación taxonómica disponibles en sitios de consulta referencial de acceso libre, así como otras guías de identificación desarrolladas en investigaciones anteriores. Tales como la guía propuesta por Castro y Espinoza (2006), la revisión sistemática de pejerreyes de Sur América por Dyer (2006), la guía de FAO (2002), sobre los recursos pesqueros del Atlántico Oeste, central, entre otras.

## **Técnicas para el registro de información analizada en laboratorio**

Para el análisis de las muestras se utilizó un microscopio invertido con cámara digital de 5MP y sistema de micro-medición a escala de nanómetros, para diferenciar segmentos, organelos, y otros indicadores morfométricos a una escala de trabajo adecuada al tamaño de las muestras a analizar.

Se utilizó balanza con precisión de 0.01gramos, para la medición de organelos y tejidos específicos y diferenciales según su condición, tales como el estómago (vacíos / llenos) y las gónadas (maduras / inmaduras). Para realizar mediciones corporales a las muestras de peces, se utilizaron escalas de Vernier de dos tipos, uno en milímetros con precisión de 0.05 mm; y otro en centímetros con precisión de 0.5 mm. Para la medición de diámetros de otolitos se utilizó una escala de 0.1 mm, por medio de un porta – objetos señalado.

Fueron registradas 27 mediciones en cada unidad muestral o pez colectado, las cuales se describen a continuación:

Tabla 2

*Conjunto de elementos de análisis de las muestras para compararlas*

<b>Variable observada</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Dimensionales</b>	<b>Descripción</b>
Longitud de la boca al ojo	L#1	Milímetros	Medida desde el límite de la boca hasta la base del ojo
Longitud del ojo	L#2	Milímetros	Diámetro del globo ocular
Longitud de la cabeza	L#3	Milímetros	Medida desde el límite de la boca hasta la base del opérculo
Longitud estándar	L#4	Centímetros	Medida desde el límite de la boca hasta la base de la aleta caudal
Distancia entre aletas dorsales	L#5	Milímetros	Medida entre la base del último radio de la primera aleta dorsal y la base de la primera espina de la segunda aleta dorsal
Grosor de línea plateada	L#6	Milímetros	Medida transversal a la banda plateada característica, a la

# Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

			altura de la base de la aleta anal
Longitud aleta pectoral	L#7	Milímetros	Medida desde la base hasta el límite de la aleta pectoral
Longitud total	L#8	Centímetros	Medida desde el límite de la boca, hasta la altura del límite de la aleta caudal
Altura BPAD	L#9	Milímetros	Medida de la distancia transversal del pez, desde la base de la primera aleta dorsal
Altura BSAD	ABSAD	Milímetros	Medida de la distancia transversal del pez, desde la base de la segunda aleta dorsal
#RAAAIPD	#10	--	Número de radios de la aleta anal antes del inicio de la primera dorsal
#RAAAISD	#11	--	Número de radios de la aleta anal antes del inicio de la segunda dorsal

# Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

#RAP	#12	--	Número de radios de la aleta pectoral
#RPAD	#13	--	Número de radios de la primera aleta dorsal
#RSD	#14	--	Número de espinas y radios de la segunda aleta dorsal
Peso / pez	Peso	Gramos	Medida de masa de cada pez, evaluada en fresco
Peso / estómago	Peso_est	Gramos	Medida de masa del estómago y tracto digestivo con el contenido interno
Peso / gonadal	Peso_gon	Gramos	Medida de masa de la gónada completa, extraída (femenina) del cuerpo
Diámetro otolito	Diam_ot	Milímetros	Medidas de distancia entre los extremos del otolito, ubicados al centro de la vista transversal y longitudinal

# Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

# Radios otolito	#RadOt	--	Cantidad de capas superpuestas alrededor del núcleo del otolito
# Radios escamas	#RadEsc	--	Cantidad de radios o líneas anulares que conforman la estructura de cada escama
Contenido Estomacal	Con_est	--	Suma de la valoración de indicadores alimenticios encontrados en el estómago e interior del sistema digestivo

## Operacionalización de las variables o unidades de análisis

Objetivos específicos	Variables evaluadas en cada pez y variables evaluadas en los ecosistemas acuáticos visitados	Forma en que se medirán, clasificarán o cualificarán
<b>Describir</b> las características morfométricas distintivas de los peces del grupo Atheriniformes de la laguna de Ayarza.	Descritas en Tabla 2.	Muestreo de peces, manejo de la muestra en frío, medición y biopsia en laboratorios especializados  Análisis de componentes principales, utilizando los indicadores morfométricos y poblacionales
<b>Caracterizar</b> indicadores poblacionales (peso/talla/edad/sexo) de la población de peces del grupo Atheriniformes de la laguna de Ayarza, en la época seca y lluviosa.	Peso, talla, edad de los grupos de peces colectados, evaluada mediante el análisis de otolitos, número de anillos en escamas, sexo, nivel de madurez gonadal	
<b>Diferenciar</b> las características morfométricas distintivas de peces del grupo Atheriniformes de la laguna de Ayarza con otros Pejerreyes reportados en el Pacífico y el Caribe de Guatemala.	Ubicación de la primera aleta dorsal  Número de hileras de escamas laterales  Proporciones corporales	
<b>Evaluar</b> la respuesta del ecosistema acuático, ante el reciente surgimiento de la población de peces del grupo Atheriniformes de la laguna de Ayarza, en la época seca y lluviosa.	Contenido estomacal de peces del grupo Atheriniformes y Cichlidae, densidad poblacional, transparencia del agua	

## Procesamiento y análisis de la información

Objetivo	VARIABLES	Procesamiento	Análisis
1	Longitud estándar, altura total, longitud de la cabeza, diámetro ocular, distancia entre aletas dorsales, grosor de la línea lateral, peso, sexo, mes de muestreo	Los datos serán tabulados en un programa de manejo de datos numéricos tal como Microsoft Excel 2013 y se someterán a análisis estadísticos mediante el uso de software libres. Previamente a su análisis se realizarán pruebas de normalidad Kolmogorov-Smirnov ( $\alpha = 0.05$ ) y se propone realizar análisis de componentes principales para describir el conjunto de datos discriminativos.	Estadísticos descriptivos: Promedio, máximo, mínimo, desviación estándar, mediana, cuartiles y percentiles.  Estadística inferencial: Análisis de similitud de las variables morfométricas evaluadas, con un nivel de significancia de 95% m
2	Peso, talla, edad de los grupos de peces colectados, número de anillos en escamas, sexo, nivel de madurez gonadal		Análisis de varianza con 95% de significancia, entre la proporción de peces maduros gonadalmente en las dos estaciones del año  Análisis de varianza con 95% de significancia entre la edad de los peces colectados en diferentes zonas de pesca y épocas del año
3	Longitud estándar, altura total, longitud de la cabeza, diámetro ocular, distancia entre aletas dorsales		Estadística inferencial: Análisis de similitud de las variables morfométricas evaluadas, con un nivel de significancia de 95% entre las agrupaciones de peces identificadas fuera y dentro de las zonas de pesca de la laguna de Ayarza
4	Contenido estomacal de peces del grupo Atheriniformes y	Muestreo y análisis de fitoplancton	Análisis de varianza de los valores sumados de cada contenido estomacal, basado

# Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

	Cichlidae, densidad poblacional, transparencia del agua, diversidad y abundancia de plancton	Análisis <i>in situ</i> de parámetros de calidad del agua	en la escala de valores establecida en la tabla 9
--	--	---	---

## 11. Resultados

### A. Identificación y similitud con especies del género *Atherinella*



**Foto 1.** Pez colectado en la laguna de Ayarza, reportado por pescadores artesanales desde el año 2018, antes de ser conservado con formol.

Con base en la clave de clasificación generada por Menni y colaboradores en 1995 y por la sistematización realizada por Menni en 2004, se identificó el pez obtenido en la laguna de Ayarza dentro del orden ATHERINIFORMES;

1. “peces con dos aletas dorsales claramente separadas”. Con base en la misma clasificación se identificó la familia Atherinopsidae por la característica de poseer “una estola plateada sobre cada flanco”.

Mediante una revisión sistemática de los peces conocidos como “Pejerreyes”, Brian Dyer en 2006, agregó características de la familia Atherinopsidae que reúne el pez colectado en laguna de Ayarza y en este caso, refuerza el argumento de pertenecer a dicha familia. Las características se describen como:

2. “Presencia de una primera aleta dorsal, escamas cicloideas; redondeadas y sin espinas, altura máxima corporal posterior a la aleta pectoral, la base de la aleta pectoral no sobrepasa el margen dorsal de la banda lateral”

Para la identificación del género *Atherinella* se utilizó una clave proporcionada por Castro, Aguirre y Espina en 2006. Donde las características discriminativas fueron:

3. “La vejiga natatoria no se extiende en cinco o más arcos hemales; de 13 a 23 (21 contados) vértebras corporales y de 18 a 27 (18 contadas) vértebras caudales”.

4. “La cavidad del cuerpo se extiende o rebasa más allá del origen de la aleta anal; superficie dorsal del hocico sin depresiones en forma de cráter o de una glándula invertida”
5. “Origen de la primera aleta dorsal bastante atrás del origen de la anal; vientre muy comprimido o redondeado”.
6. “origen de la primera aleta dorsal bastante atrás del origen de la aleta anal, vientre muy comprimido o redondeado”.

Por lo anterior, se ha logrado identificar la familia de peces a la que pertenece el organismo reportado por pescadores desde el año 2018 y obtenido mediante muestreo exploratorio de pescadores locales en 2019, con trasmallos que tienen una luz de malla menor de una pulgada, actualmente no autorizados por la ley de pesca ni por los pescadores locales, aunque solo son utilizados para alimento familiar, según la propia declaración de pescadores.

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA (según la relación filogenética de Atheriniformes propuesta por Dyer y Chernoff en 1996, modificada por Aarn e Ivantsoff en 1997, y por Aarn y colaboradores en 1998, tomado de Dyer, B., 2006.

<b>ORDEN</b>	Atheriniformes
<b>FAMILIA</b>	Atherinopsidae
<b>SUB FAMILIA</b>	Menidiinae
<b>GENERO</b>	Membradini
<b>SUB GÉNERO</b>	Atherinella



**Foto 2.** Pez colectado en la laguna de Ayarza, reportado por pescadores artesanales desde el año 2018, luego de ser conservado con preservantes (Formol y Glicerina).

Se realizó un análisis anatómico del pez, buscando coincidencias con otros peces identificados en la región, llegando a las siguientes similitudes:

7. Sistema sensorial sobre el hocico sin formar cuatro grandes fosas rectangulares.

Fueron identificadas fosas sensoriales tubulares sin estar fusionadas por el medio



**Foto 3.** Cuatro fosas órgano-receptoras ubicadas sobre el hocico, sin formar estructuras cuadrangulares.

8. Mandíbula superior extensible (característica no compartida con *Atherinella crystallina*, Jordan y Culver, 1895), con el extremo posterior ampliado en gran medida, sin proceso óseo expandido por encima de su centro, margen posterior de las mandíbulas curvado hacia abajo sin llegar al borde anterior de los ojos.



**Foto 4-6.** Hocico del pez, mostrando pre maxilares extensibles con pequeños dientes curvados.

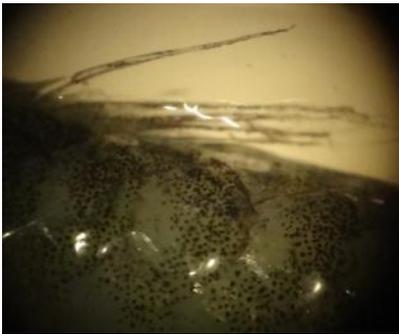
9. Branquiespinas inferiores 20 – 29, rara vez 19.

Fueron contabilizadas en total 19 – 20 branquiespinas inferiores en la muestra analizada.



**Foto 7.** Branquia aumentada para el conteo de branquiespinas.

10. Primera aleta dorsal con 4 espinas.



**Foto 8.** Primera aleta dorsal con 4 espinas.

11. De 6 a 8 radios blandos de la aleta anal, por delante del origen de la primera dorsal, 16 a 18 por delante del origen de la segunda dorsal.



**Foto 9.** Origen de la primera aleta dorsal, ubicada en el 7mo radio de la aleta anal, origen de la segunda dorsal sobre el radio 17 de la anal.

12. Aletas pectorales no sobrepasan el extremo de las aletas pélvicas (característica compartida con *A. crystallina*, Jordan y Culver, 1895, pero no compartida con *A. milleri*, Bussing, 1979).
13. Ubicación de las aletas pectorales por encima del nivel medio de los ojos.



**Foto 10.** Origen de aletas pectorales en la parte alta del cuerpo.

14. Presencia de 40 – 45 escamas medias laterales, 21 a 25 escamas alrededor del cuerpo, 7 – 9 hileras de escamas transversales
15. Pálido con delgadas líneas oscuras bordeando las escamas; 2 – 3 hileras de manchas entre el primer tercio del opérculo y la base de la aleta pectoral.



**Foto 11 y 12.** Pigmentación característica del borde de las escamas, acentuándose en las escamas de la región dorsal. Mancha oscura sobre el opérculo, entre el ojo y la base de la aleta pectoral.

16. Base de la aleta anal distintivamente pigmentada, aleta caudal con borde oscuro a negro, con una franja lateral plateada.



**Foto 13.** Pigmentación característica de la base de la aleta anal. La franja lateral en la foto se ve de color negro a causa de la preservación en formol y glicerina. Pero en condiciones naturales, la línea se presenta de color plateado.

## B. Descripción de las características de peces del género *Atherinella* de laguna de Ayarza

### Características morfométricas asociadas al crecimiento y ganancia de biomasa

Los resultados del análisis de componentes principales como ruta exploratoria inicial, indica una alta correlación entre los datos analizados, con un valor de determinante de 0.003, el modelo sugiere que dos componentes explican el 67% de la variación de los datos (Tabla 5).

Tabla 5

#### *Varianza total explicada*

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	4.706	47.059	47.059	4.706	47.059	47.059
2	1.991	19.909	66.967	1.991	19.909	66.967
3	.699	6.994	73.961			
4	.641	6.406	80.367			
5	.560	5.600	85.967			
6	.418	4.184	90.151			
7	.349	3.489	93.641			
8	.280	2.799	96.440			
9	.198	1.980	98.420			
10	.158	1.580	100.000			

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

En el gráfico de componentes (Figura 1) se observa alta correlación entre la longitud estándar (L4), la longitud total (L8), la longitud de la aleta pectoral (L7). Los resultados analizados indican que estas tres variables explican la variación del tamaño de los peces en función a la ganancia de longitud de sendas variables.

Alta correlación mostraron las variables; longitud bucal (L1), diámetro de ojos (L2), grosor de franja gris lateral (L6), aunque, según el análisis de componentes principales, su variación no está asociada y por ende no explica la ganancia de talla en los peces.

Las variables, distancia entre aletas dorsales (L5), altura en la base de la segunda aleta dorsal (ABSAD), altura en la base de la primera aleta dorsal (ABPAD) y la longitud de la cabeza (L3), presentaron alta correlación entre sí, aunque su variación no esté altamente relacionada con los cambios en la ganancia de longitud.

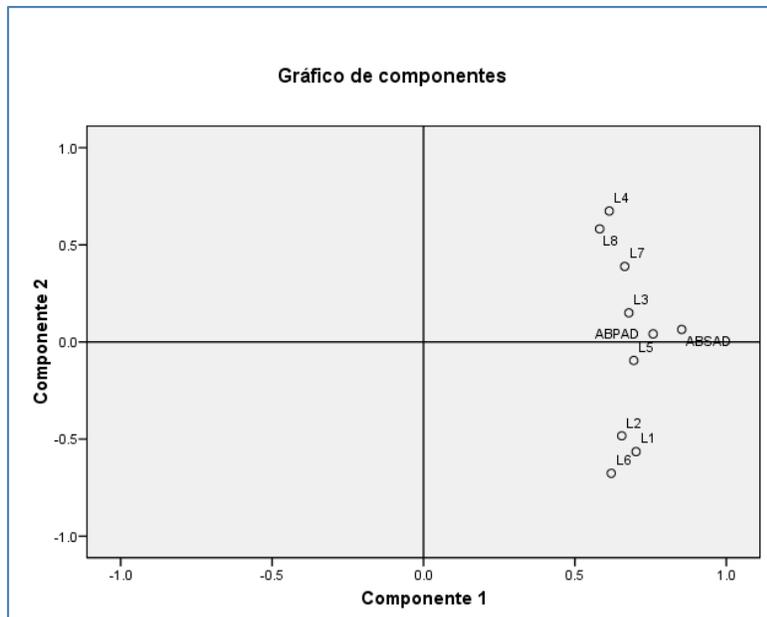


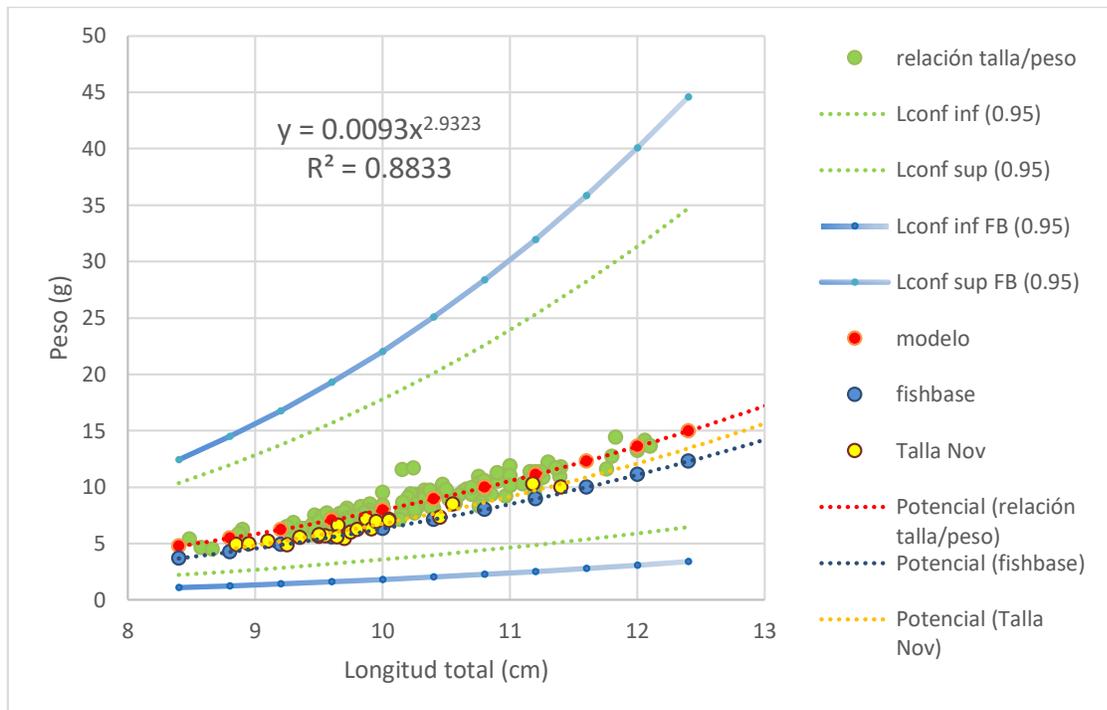
Figura 1

*Análisis de componentes principales para variables relacionadas con el cambio de longitud de los peces*

Conforme a esta observación, se tomó en cuenta el peso y la longitud total para realizar el análisis de regresión potencial entre la longitud y el peso, para obtener los valores a y b del modelo Bayesiano  $y = ax^b$ . Posteriormente se procedió a realizar comparaciones con información de la base de datos digital del sitio [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org) (Figura 2).

Figura 2

*Modelo Bayesiano de crecimiento para peces del género Atherinella de la laguna de Ayarza*



Nota: los valores de fishbase corresponden a *Atherinella milleri*

El modelo de regresión potencial de crecimiento para peces *Atherinella* de la laguna de Ayarza es similar al sugerido por la base de datos mundial *Fishbase*, todos los datos obtenidos en el estudio se ubicaron dentro de los límites de confianza establecidos.

Como se observa en la figura 4, los valores que refleja el modelo están desplazados ligeramente hacia arriba en el eje Y que corresponde al peso esperado, conforme a la especie con la que se comparó el modelo. Todos los datos obtenidos por el modelo y los recolectados en campo se encuentran dentro de los límites de confianza establecidos en el estudio y sugeridos por la base de datos electrónica de acceso libre.

**Indicadores poblacionales (sexo/peso/talla/edad) de *Atherinella* (Laguna Ayarza)***Talla*

Con un nivel de significancia de .05, los resultados de la prueba T (apéndice 4) no expresan diferencia estadística entre los valores medios de longitud total registrados entre el mes de junio (10.10 cm) y julio (10.21 cm), en los peces del grupo *Atherinella* de la laguna de Ayarza [ $t(252) = 8.55, p < .001$ ]. Aunque al comparar dichos valores registrados entre los meses de julio y noviembre (9.81 cm), los resultados de la prueba T (apéndice 5), presentaron significancia [ $t(169) = 1.61, p = .019$ ].

*Sexo*

Al comparar la variable peso y talla entre los peces hembras y machos, la prueba T (Apéndice 6), indicó que existen diferencias significativas, tanto entre el peso [ $t(169) = 34.03, p < .001$ ], así como en el valor de longitud, registrados entre el mes de julio y noviembre [ $t(169) = 17.69, p < .001$ ] para los peces del grupo *Atherinella*, colectados en la laguna de Ayarza.

El diámetro del ojo, presentó significancia entre peces *Atherinella*, macho y hembras en la laguna de Ayarza [ $\chi^2(1, n = 105) 9.42, p = .02$ ], siendo las hembras las que alcanzaron valores más elevados.

Algunas de las variaciones que no pueden asociarse a la variación en el crecimiento, o aquellas variables cuyo coeficiente de extracción fue negativo dentro del plano del componente 2 en el análisis de componentes (Apéndice 3), pueden ser variables que expliquen otras variaciones asociadas al tamaño, tal como el dimorfismo sexual.

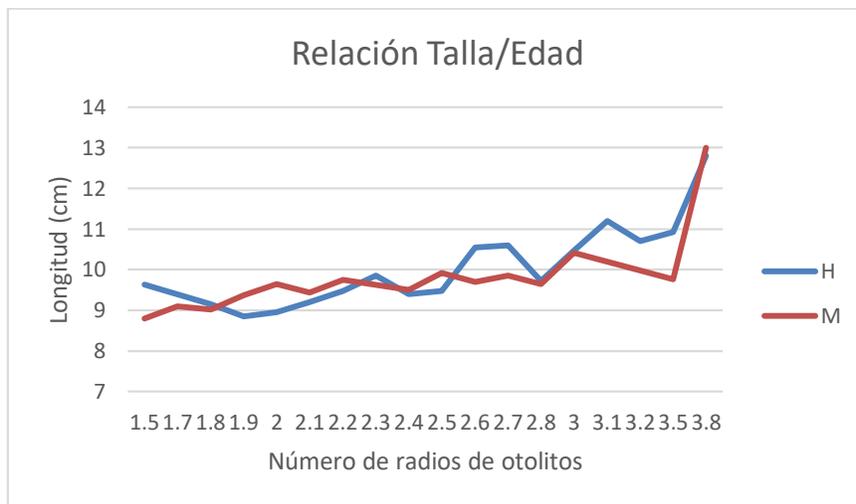
*Edad*

Los otolitos de los peces *Atherinella* de la laguna de Ayarza presentaron un crecimiento cíclico que se pudo identificar como capas de formación cálcica, sobrepuestas en forma central, de adentro hacia afuera (Apéndice 12). La edad de los peces, estimada en el número de radios de crecimiento presentó homogeneidad de varianzas y al comparar entre machos y hembras la prueba T (Apéndice 14), no presentó significancia [ $t(89) = 6.39, p = .145$ ].

La edad de los peces colectados en los meses de junio y noviembre del 2021 estuvo comprendida entre 1.5 y 3.8 ciclos de crecimiento cálcico (Figura 3), que serán interpretados como años en el presente estudio.

Figura 3

*Relación entre el crecimiento corporal y la edad estimada de los peces Atherinella de la laguna de Ayarza*



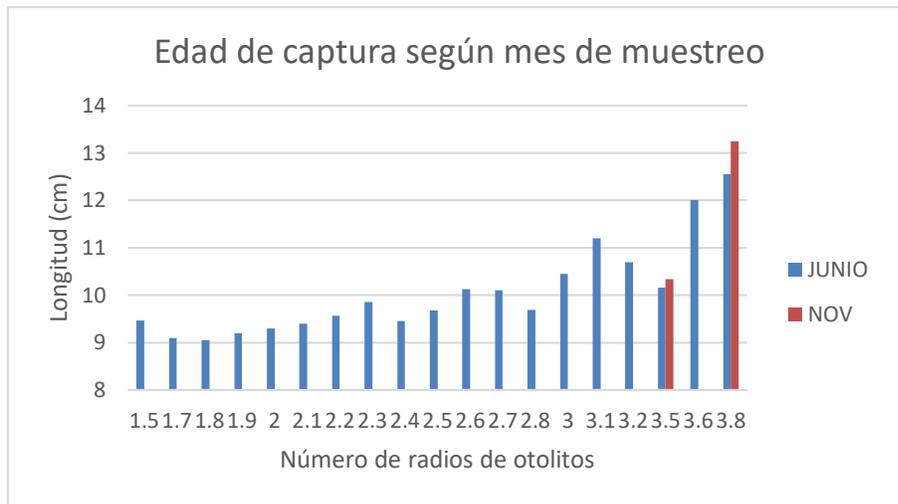
**H** = peces hembras; **M** = peces machos

**Nota:** se puede interpretar el número de radios de otolitos como número de años.

La edad de los peces colectados varió según la temporada de colecta (Figura 4), la prueba U de Mann Whitney (Apéndice 15) presentó diferencias (.05 de significancia), entre el valor promedio de radios de otolitos contabilizados, de peces colectados en el mes de junio con menor puntuación (Mediana = 2.5; Rango = 56.57), que el mes de noviembre [(Mediana = 3.5; Rango = 13.06) U = 69.0,  $p < .00$ , G. Hedges = 2.09].

Figura 4

*Relación entre el crecimiento corporal y la edad estimada de los peces Atherinella de la laguna de Ayarza, según el mes de muestreo*



**Nota:** se puede interpretar el número de radios de otolitos como número de años.

## Características morfométricas asociadas a la diferenciación inter-específica del grupo *Atherinella*

### Conteo de escamas

Se pudo constatar que no hubo variación en el número de hileras laterales de escamas (Apéndice 11), pero el número de escamas contadas en la línea lateral presentó significancia según el mes analizado, donde el mes de junio las puntuaciones del número de escamas laterales (Mdn = 43; Rango = 48.39) fue mayor que la del mes de noviembre [(Mdn = 42; Rango = 26.57) U = 327,  $p < .001$ , g Heges = 0.83].

### Número de radios en aletas

En la tabla 6, se presentan los estadísticos descriptivos de las variables que corresponden a la caracterización de las aletas, según el conteo de sus radios y de la ubicación relativa en el cuerpo.

Los resultados muestran muy poca variación entre indicadores descriptivos como la moda, mediana y percentil 75.

Tabla 6

*Estadísticos descriptivos para variables relacionadas con la caracterización de las aletas, de peces del grupo Atherinella de la laguna de Ayarza*

		RAAIPD	RAAISD	RAP	RPAD	RSAD
N	Válidos	104	104	104	104	85
Moda		7	15	13	4	8
Rango		5	4	2	2	3
Percentiles	25	6.00	15.00	13.00	3.00	8.00
	50	7.00	15.00	13.00	4.00	8.00
	75	7.00	16.00	13.00	4.00	8.00

RAAIPD= Número de radios de la aleta anal, antes del origen de la primera aleta dorsal  
 RAAISD= Número de radios de la aleta anal, antes del origen de la segunda aleta dorsal  
 RAP= Número de radios de la aleta pectoral  
 RPAD= Número de radios de la primera aleta dorsal  
 RSAD= Número de radios de la segunda aleta dorsal

### **Características morfométricas asociadas al estado de madurez gonadal (hembras) de peces del grupo Atherinella de la laguna de Ayarza**

Un resumen de los estadísticos descriptivos se detalla en el Apéndice 8. Se pudo comprobar mediante el análisis de correlación parcial, que las variables *peso gonadal* y *diámetro de huevos* tienen una correlación baja en sentido negativo [ $r(26) = -.34, p = .072$ ].

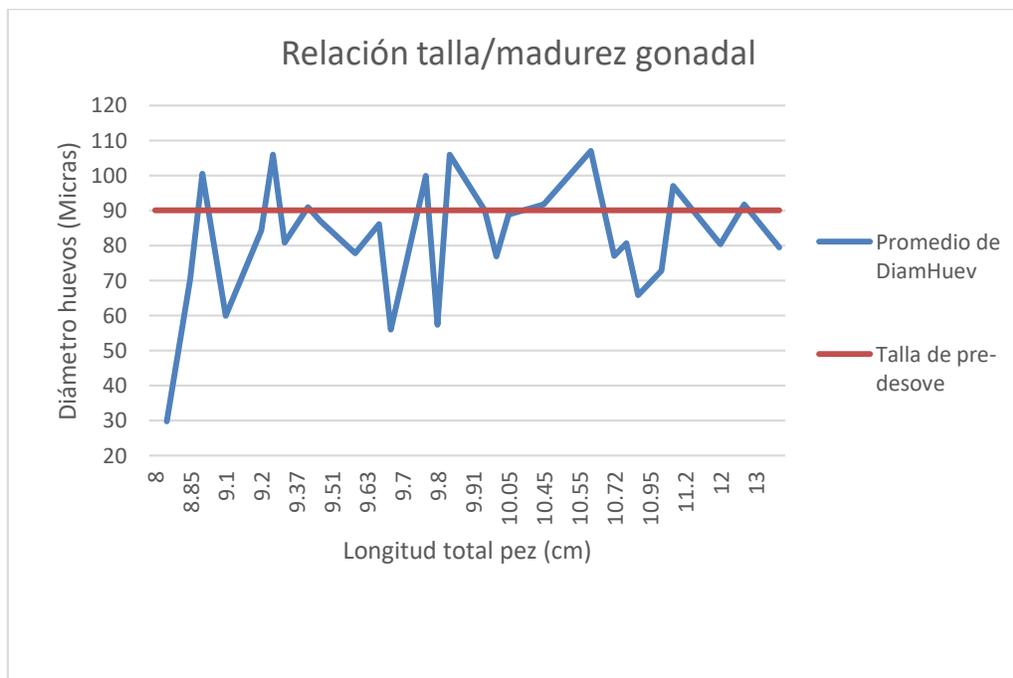
El valor del diámetro de los huevos se clasificó en dos grupos, siendo el grupo comprendido en el rango de 90 a 109 micrómetros el que abarcó mayor número de muestras (~80%), lo cual demuestra que durante las dos épocas de colecta, la muestra estuvo representada por organismos con un nivel gonadal avanzado, una menor proporción de la muestra (~20%), mostró un nivel de madurez gonadal intermedio, con rangos de diámetro de huevos de 29 a 68 micrómetros (Apéndice 10).

Seleccionando el diámetro de los huevos como indicador del grado de madurez gonadal, se analizó la carga gonadal de los peces hembras y el resultado de la prueba T (Apéndice 9), con .05 de significancia, indica que no hay diferencias estadísticas para el diámetro promedio de los huevos de peces *Atherinella* de la laguna de Ayarza [ $t(41) = 1.961, p=.77$ ] entre los meses de junio y noviembre de 2021.

De acuerdo a la Figura 5, los peces que miden de 9 a 10.6 cm, están en el período de máximo diámetro gonadal o etapa de pre-desove (diámetro de huevos mayor a 90 micras) y peces de mayor longitud presentan huevos de menor diámetro, posiblemente a causa de desoves parciales, que eliminan la mayor parte de huevos en etapa de pre-desove.

Figura 5

### Identificación de la talla de primer desove



**Nota:** Según la talla de pre-desove, los peces que fueron analizados comenzaron a reproducirse a partir de 1.5 años, con mayor incidencia de tallas pre-desove entre los 2.5 y 3 años.

### **C. Características morfométricas distintivas de peces del grupo *Atherinella* de la laguna de Ayarza, con peces del mismo grupo y otros cuerpos de agua**

#### **Diferenciación entre la longitud total del cuerpo**

Los peces colectados en las cuatro localidades (Ayarza, Güija, Las Lisas, Izabal) registraron longitudes que fueron agrupadas en marcas de clase (ver estadísticos en Apéndice 16), al ser comparadas entre sí por medio de la prueba de Friedman (Apéndice 16) para diferenciación de medias con datos no paramétricos, con .05 de significancia, se comprobó la diferencia estadística entre ellas [ $\chi^2(3, n = 10) 23.72, p = <.001$ ]. Para los peces *Atherinella* de la laguna de Ayarza, la mayoría de las tallas registradas se encuentra en el rango de 8.5 a 11.5 cm., mientras que para la laguna de Güija, el rango fue de 8 a 9.5 cm., en Las Lisas el rango fue de 12 a 14 cm. y en Izabal no superó los 6 cm.

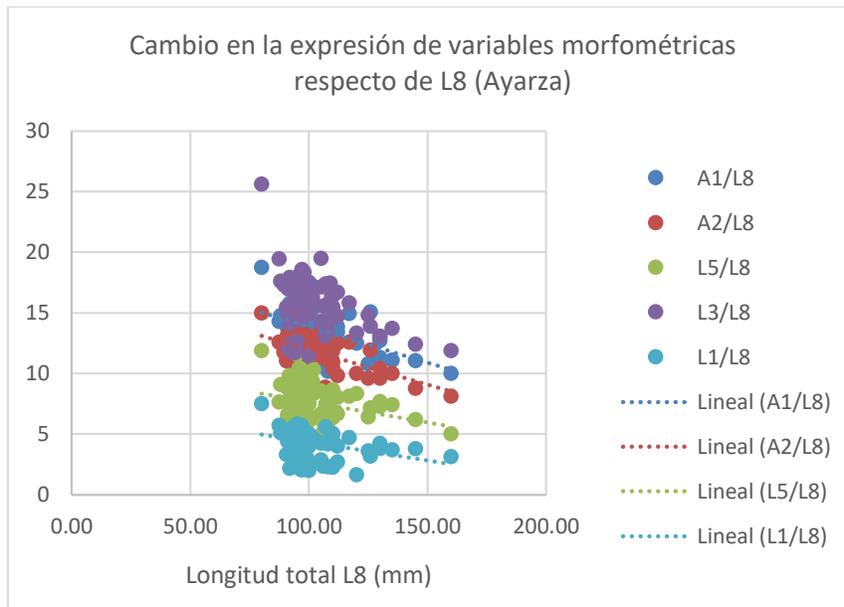
Debido a que el rango entre los peces colectados en Ayarza y Güija son muy parecidos, se procedió a realizar un análisis de prueba de rangos con signos de Wilcoxon (Apéndice 17), con lo cual se pudo confirmar con .05 de significancia, las diferencias en la talla corporal de los peces *Atherinella*, en ambas lagunas [ $Z(20) = -2.20, p = .027$ ].

#### **Relación de la longitud total con otras longitudes corporales**

Se utilizó la variable *longitud total*, para representar la relación que tiene dicho parámetro de crecimiento, con la variación de otras características morfométricas, tales como las que se muestran en las Figuras 6 y 7. Donde se observa una correlación negativa entre dichas variables.

Figura 6

*Relación entre el crecimiento corporal con el aumento del valor de otros parámetros morfológicos en peces Atherinella de la laguna de Ayarza*



A1= Altura desde la base de la primera aleta dorsal

A2 = Altura desde la base de la segunda aleta dorsal

L5 = Longitud entre el final de la primera aleta dorsal y la base de la segunda

L3 = Longitud de la cabeza

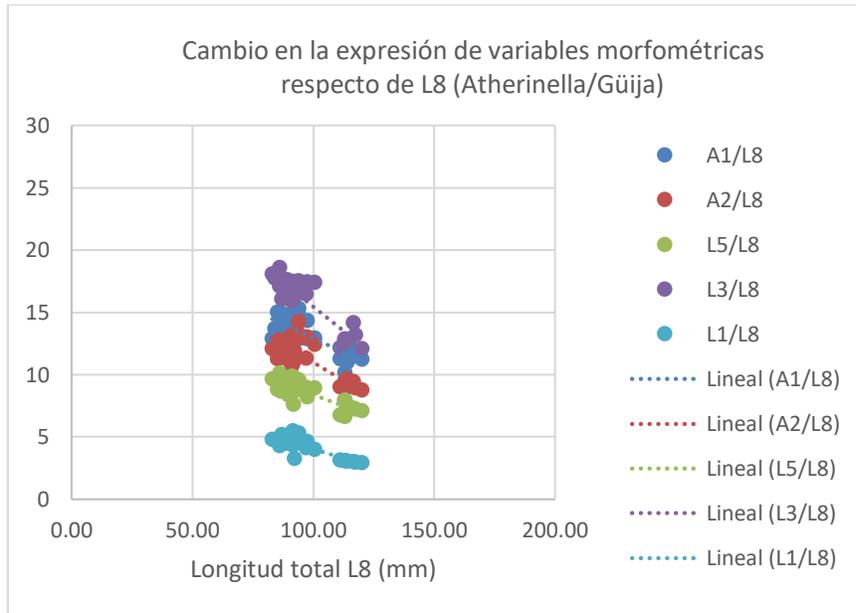
L1 = Longitud entre la boca y el inicio del ojo

L8 = Longitud total

Como se aprecia visualmente, la similitud entre la variación que genera el cambio de longitud total, en la proporción corporal que representa cada una de las variables morfológicas, es alta entre los peces de la laguna de Ayarza y Güija. La diferencia, como se comprobó estadísticamente, corresponde al rango de longitud total del cuerpo, el cual fue ligeramente mayor, en los peces de la laguna de Ayarza.

Figura 7

*Relación entre el crecimiento corporal con el aumento del valor de otros parámetros morfológicos en peces Atherinella de la laguna de Güija*



Se muestra en el Apéndice 18, el comportamiento gráfico de las mismas variables respecto del crecimiento corporal, para peces analizados del Lago de Izabal y Las Lisas.

### **Diferenciación por medio de la caracterización de las aletas**

El número de radios en la aleta anal, antes del origen de la primera aleta dorsal, fue una variable discriminadora, al menos para diferenciar las variedades de Atherinella, colectadas en Las Lisas y en el lago de Izabal (Tabla 7). Entre la variedad de la laguna de Ayarza y Güija se encontró diferencia estadística (Apéndice 20), que indica una ligera variación de un radio [ $t(31) = 6.38, p < .001$ ].

La prueba de Friedman para la diferenciación del promedio de radios en la aleta anal contados antes del origen de la segunda aleta dorsal, mostró significancia (.05) al comparar todas las variedades de Atherinella entre sí [ $\chi_r^2(3, n = 8) 13.28, p < .001$ ]. Por medio de la prueba de rangos con signo de Wilcoxon (Apéndice 21), se confirmó la diferencia entre el número de radios

analizado entre la variedad de *Atherinella* de la laguna de Ayarza y Güija [ $Z(24) = -4.01, p < .001$ ].

El número de radios contados en las aletas pectorales fue otra variable morfológica que presentó variación, según la prueba de Friedman (Apéndice 22), esta característica varió significativamente (.05) entre las cuatro variables de *Atherinella* analizadas, sin embargo, dichas diferencias no se confirman entre las variedades de Ayarza y Güija [ $t(31) = 1.64, p = .109$ ] (Apéndice 23).

### **Diferenciación por la caracterización del patrón de distribución de las escamas**

La distribución de las escamas a lo largo del cuerpo y contados de forma transversal (Tabla 7), también fue una característica que tuvo alto valor distintivo para la identificación taxonómica con base en claves de acceso público, se presentan los estadísticos descriptivos en el Apéndice 25.

Tabla 7

*Criterio discriminativo para la identificación de las variedades de Atherinella basado en el patrón de distribución de escamas en el cuerpo*

Variedad <i>Atherinella</i>	Número de hileras de escamas laterales NHL	Número de escamas laterales NEL
Ayarza	9	43
Güija	9	41
Las Lisas	8	47
Izabal	8	40

Tabla 8

*Resumen de las principales características distintivas de las variedades de Atherinella*

Lugar de captura	L1 (mm)	L3 (mm)	L8 (cm)	L5 (mm)	ABPAD (mm)	ABSAD (mm)	RAP	RAAA PD	RAAA SD	EPD
	Promedio /						# Conteo (Moda)			
Laguna Ayarza	4.33 /	16.14 /	10.18 /	7.67 /	13.88 /	11.98 /	13	7	15	4
Lago de Güija	4.0 /	15.23 /	9.61 /	8.23 /	12.64 /	10.83 /	13	6	13	4
Las Lisas	6.39 /	10.54 /	12.91 /	16.18 /	17.65 /	17.25 /	15	0	11	5-6
Lago de Izabal	2.66 /	10.54 /	5.32 /	5.30 /	8.05 /	7.38 /	12	N.A.	10 - 12	4

**N.A.** = No aplica ya que la aleta anal inicia posterior a la primera dorsal.

RAAAIPD= Número de radios de la aleta anal, antes del origen de la primera aleta dorsal

RAAAISD= Número de radios de la aleta anal, antes del origen de la segunda aleta dorsal

EPD = Espinas contadas en la primera aleta dorsal

## **Análisis de la respuesta del ecosistema acuático de la laguna de Ayarza ante el surgimiento de peces del grupo Atherinella**

### **Análisis del impacto trófico sobre la comunidad acuática**

El valor de impacto sobre la comunidad acuática se asignó según el grado de afectación que tenga sobre la cadena trófica, siendo los valores más bajos los que representan organismos externos, con cierto grado de estacionalidad, tal como los insectos, y que forman parte de los factores relacionados con abundancia trófica estacional, asociados con la entrada de las lluvias y que es aprovechado por múltiples especies para reproducción, crecimiento poblacional y de biomasa.

Por otra parte, los organismos que forman parte del ecosistema, pero tienen un nivel trófico bajo, tal como el plancton pueden ser de valor menor cuando se trata de fitoplancton, adquiriendo valor

mientras sube de nivel trófico, tal como zooplancton, dentro del cual, los organismos indicadores cobran mayor valor.

En el caso particular del presente estudio, se subdividió el valor del zooplancton (Tabla 9), entre aquellos organismos característicos del sitio de colecta, como el caso del lago Gūija, con la presencia de Decápodos y Ostrácodos, que no se presentaron en otra variedad de Atherinella y cuya ocurrencia puede estar relacionada con la ubicación y tipo de laguna (Apéndice 26).

Fueron comparados los valores resultantes del análisis de los tractos digestivos de peces Atherinella de la laguna de Ayarza y Gūija (ver caracterización gráfica presentada en Apéndice 26), con base en la observación de los mismos a través de un microscopio invertido, se registraron fotografías representativas del contenido estomacal y se registró el valor acumulado de cada tipología de contenido, según la tabla 9.

**Tabla 9**

Guía de clasificación de las calificaciones asignadas a cada indicador extraído del tracto digestivo de peces

<b>Contenido estomacal</b>	<b>Valoración del contenido estomacal</b>
<b>Fitoplancton; Insectos</b>	1
<b>Decápodos; Ostrácodos</b>	2
<b>Copépodos; Rotíferos; Cladóceros</b>	3
<b>Huevos (zooplancton; peces)</b>	4
<b>Restos de peces</b>	5

El contenido estomacal registrado de peces de la laguna de Ayarza, fue estadísticamente distinto al contenido de los estómagos de peces de la laguna de Gūija (I.C. 95%), lo valores asignados a dicho contenido estomacal, fueron diferenciados por medio de la prueba de rangos de Wilcoxon [ $Z(30) = -4.39, p < .001$ ] que se muestran en el apéndice 27, lo cual le confiere mayor valoración al contenido estomacal de los peces de la laguna de Ayarza.

Se analizó el contenido estomacal de un lote de peces “Guapotes”, *Parachromis managuensis*, que se constituye la especie de mayor valor comercial de la laguna de Ayarza, en su mayoría se identificó la presencia de moluscos gasterópodos, insectos y en menor proporción, restos de peces, un resumen gráfico se muestra en el apéndice 28.

## Análisis de parámetros de calidad y salud ambiental recolectados en el estudio

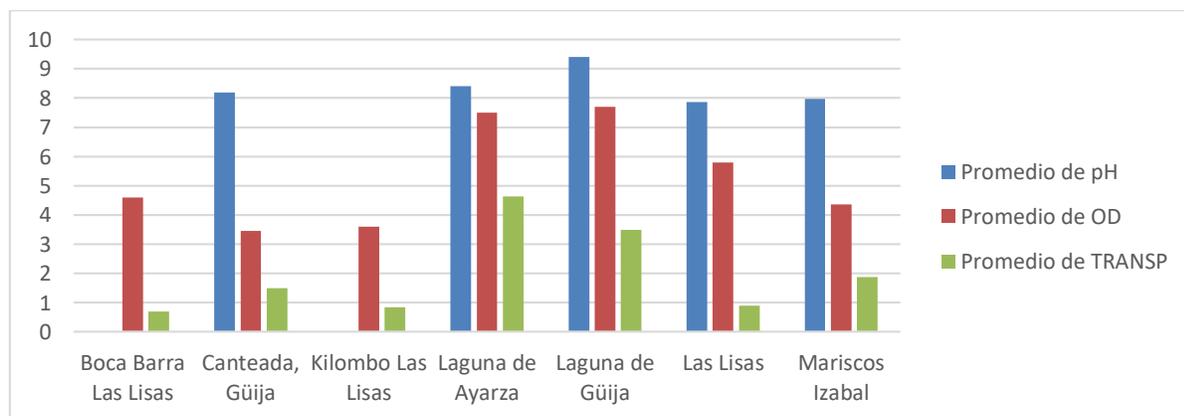
Como se indicó anteriormente, en cada jornada de muestreo fueron registrados valores que representan la condición del ecosistema en el momento en que fueron colectados los peces.

### Calidad del agua

Los indicadores más elevados fueron alcanzados en la laguna de Ayarza y la laguna de Güija, donde se observaron aguas con mayor transparencia y mejor oxigenación (Figura 8).

Figura 8

Indicadores de calidad del agua identificados en los sitios de muestreo

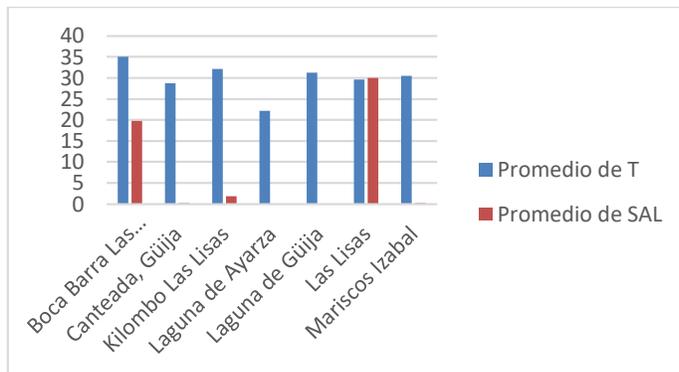


OD = Oxígeno disuelto (mg/l); TRANSP = profundidad disco Sechi (m)

A excepción de la laguna de Ayarza, en todos los sitios de muestreo la temperatura fue superior a los 25 grados centígrados. Los valores de Salinidad fueron representativamente más altos en Las Lisas, que en todos los demás sitios de muestreo (Figura 9).

Figura 9

Valor de parámetros de calidad del agua registrados en los sitios de muestreo

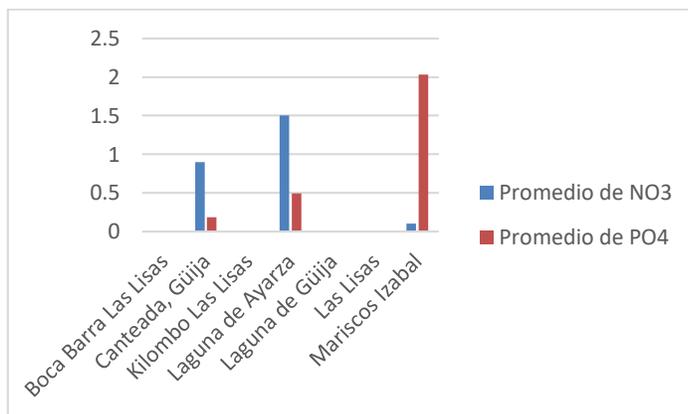


T = Temperatura (grados centígrados); SAL = Salinidad (ppt)

El valor de Ortofosfatos reportado en la laguna de Ayarza y en la zona litoral de la laguna Güija y el lago de Izabal, fueron las más elevadas (Figura 10). Los Nitratos presentaron valores bajos en todos los sitios de muestreo.

Figura 10

Concentración de nutrientes en el agua, en sitios de muestreo



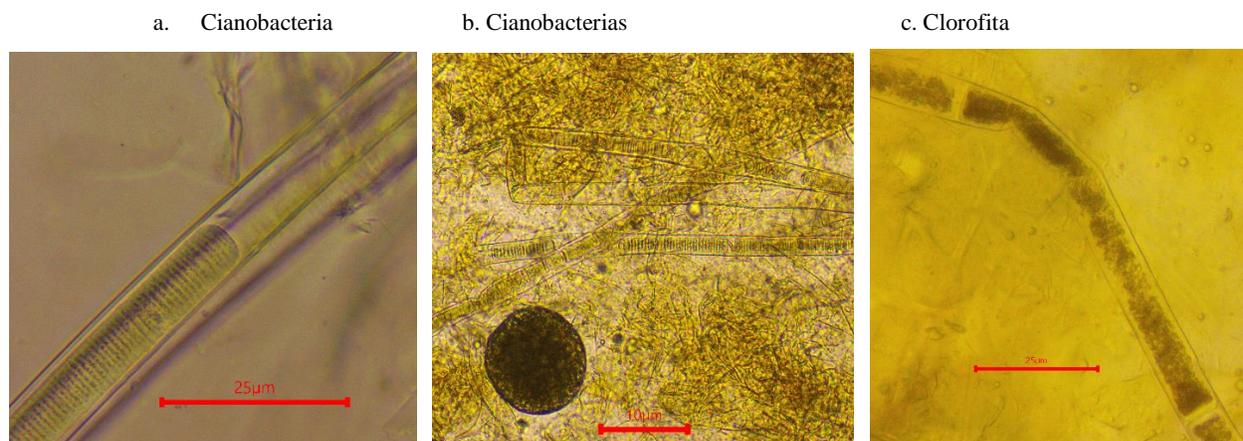
NO3 = Concentración de Nitratos (mg/l); PO4 = Concentración de Orto-fosfatos (mg/l)

## Indicadores ecológicos

En las muestras de peces de la laguna de Ayarza fueron identificadas cianobacterias dentro del tracto digestivo (Figura 11), el análisis bajo el microscopio invertido sugirió que estas pueden ser especies representativas del género *Lyngbya*, las cuales son causantes de crecimientos desbordados.

Figura 11

Presencia de algas filamentosas en los tractos digestivos de *Atherinella*, variedad de laguna de Ayarza



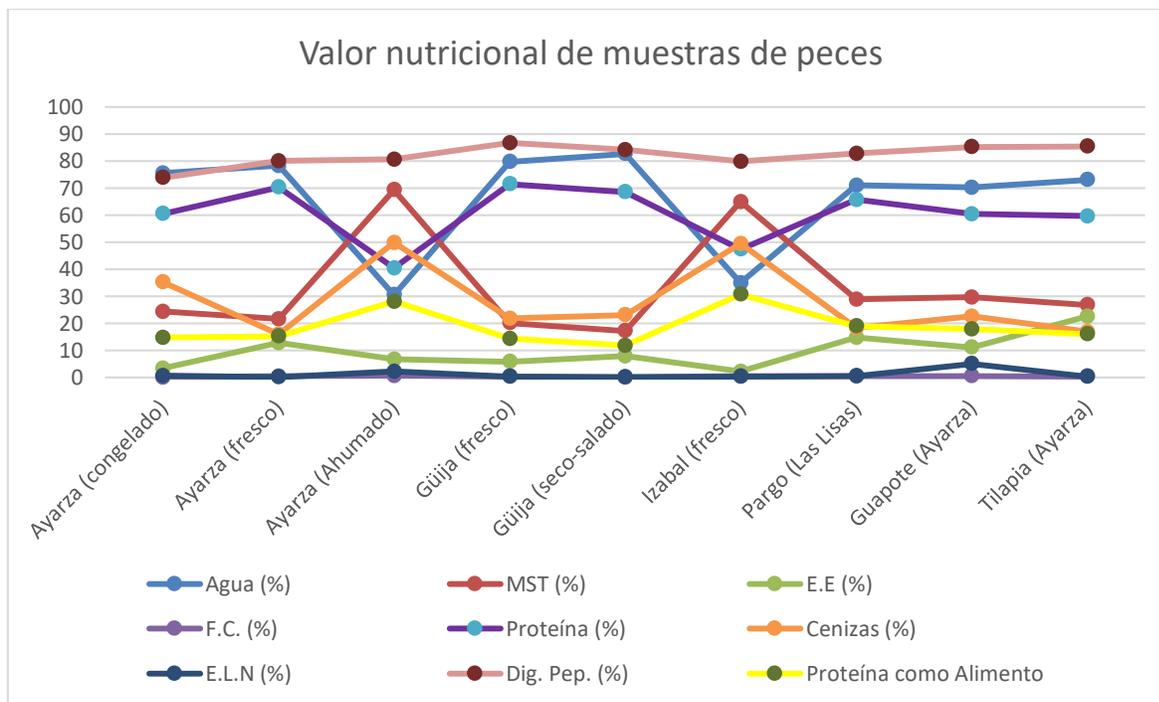
**Nota:** la presencia de cianobacterias del género *Lyngbya* (a y b), es un indicador de eutroficación que debe ser tomado en serio por las autoridades locales y el sistema de producción agrícola característico del área, pues esta es un organismo capaz de reproducirse y formar *Bloom* asociado a factores estacionales. Contiene microcistinas, que son toxinas que pueden afectar a organismos acuáticos que están expuestos a ellas.

## Aprovechamiento y manejo

Se presentan en la Figura 12, algunos indicadores del valor nutricional de tres variedades de *Atherinella* analizadas en el estudio, comparados con otras especies de importancia comercial, tales como Guapote, Pargo y Tilapia. Todas las variedades analizadas en este estudio presentaron características nutricionales dentro de los parámetros de otras especies que se aprovechan actualmente y representan una fuente alimenticia de alto valor nutricional.

**Figura 12**

*Análisis gráfico comparativo entre diferentes especies con valor alimenticio y comercial*



**F.C.** = Fibra cruda; **E.L.N.** = Extracto libre de Nitrógeno; **MST** = Materia seca total; **E.E.** = Extracto etéreo; **Dig. Pep.** = Digestibilidad en Pepsina

## Discusión de resultados

Identificación de peces del grupo *Atherinella* en la laguna de Ayarza

Los peces analizados fueron identificados dentro del grupo de peces conocidos como “Pejereyes”, que poseen dos aletas dorsales separadas y una franja lateral de color plateado y oscuro. Estos peces se han clasificado taxonómicamente dentro del orden Atheriniformes.

Se separa de la familia Atherinidae por la característica de poseer un pre maxilar superior protactil, lo que lo coloca dentro de la familia Atherinopsidae.

Se separa del género *Menidia* debido a que posee una primera aleta dorsal, cuyo origen está ubicado por detrás del origen de la aleta anal. Se separa del género *Membras* por que posee en el rostro, un sistema sensorial que carece de estructuras cuadrangulares sobre el margen anterior de los huesos frontales, lo cual lo coloca dentro del género *Atherinella*.

El pez analizado mostró coincidencias con las siguientes especies, sin embargo se diferencia de ellas por las características que se enumeran a continuación:

1. *Atherinella brasiliensis*: porque la especie analizada presentó 22 radios en la aleta anal, mientras que para *A. brasiliensis* se han especificado de 18 a 20 (FAO, 2002<sup>1</sup>).
2. *Atherinella alvarezi*: porque la especie analizada presentó 43 escamas laterales, mientras que para *A. alvarezi* se reportan de 35 a 40 escamas laterales, raramente 41 (FAO, 2002).
3. *Atherinella sp.*: porque la especie analizada no presentó órganos sensoriales en el rostro en forma de L.

---

<sup>1</sup> FAO. 2002. The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 2. ISSN 1020-6868. Roma.

Con base en las consultas bibliográficas establecidas, se ha logrado relacionar el pez reportado por pescadores de la laguna de Ayarza con *Atherinella milleri* (Bussing, 1979) ya que es con quien comparte más características, aunque esta especie esté asignada a la vertiente del Mar Caribe.

## Análisis de las características morfológicas talla/peso /sexo/estación del año

Los resultados del estudio sugieren que, el modelo de crecimiento isométrico según la relación talla/peso de *Atherinella milleri* es representativo y al comparar los resultados que genera este modelo (con datos de peces de la laguna de Ayarza), con los de Fishbase (Foese, Thorson, & Reyes, 2014), se observó que la reconstrucción de valores de peso a partir de la talla, con los datos obtenidos en este estudio a través del modelo  $Y = 0.0093 X^{2.9323}$  es precisa.

Se observó que los peces capturados en el mes de junio y julio fueron menores que los capturados en el mes de noviembre, esto podría estar asociada a otros factores, tal como el sexo que se diferenció estacionalmente. Algunas de las variaciones que no pueden asociarse a la variación en el crecimiento, o aquellas variables cuyo coeficiente de extracción fue negativo dentro del plano del componente 2 en el análisis de componentes (Apéndice 3), pueden ser variables que expliquen otras variaciones asociadas al tamaño, tal como el dimorfismo sexual.

Aunque el tamaño de muestra  $n$  analizado en el mes de noviembre es muy bajo, la muestra estuvo integrada por peces de mayor edad que el mes de junio del año 2021. Esto podría estar asociado a la estacionalidad, tomando en cuenta que en los meses de julio y julio la temperatura y la disposición de alimentos puede ser más elevada, debido a la influencia de la estación lluviosa, lo cual es aprovechado por peces de menor edad /talla, para ganar peso y por ende, aumentar sus posibilidades de reproducción y supervivencia.

La diferencia entre los rangos de tallas, podrían responder, sumado a otras características, a las adaptaciones morfológicas de la especie que se asocian entre otras causas, a la alimentación.

## Análisis del estado gonadal

La relación entre el peso de la gónada y el diámetro de los huevos fue negativa, la interpretación de este resultado podría estar relacionado con el desove inducido al momento de captura, el cual fue común en peces completamente maduros. Fue común registrar gónadas completas con mayor peso, cuyos huevos presentaban menor diámetro. Por lo tanto el peso gonadal no se recomienda como indicador del estado de madurez gonadal para los peces del grupo *Atherinella* de la laguna de Ayarza, ya que los huevos con mayor diámetro pueden ser parcialmente desovados, al momento de captura, afectando el valor del registro de la variable.

## VARIABLES ASOCIADAS A DIFERENCIAS ENTRE ESPECIES

Otras variables, tal como la longitud de la boca al ojo (L1), la distancia entre las aletas dorsales (L5), la longitud de la cabeza (L3) y la altura del pez desde la base de la segunda aleta dorsal (ABSAD), no presentaron significancia al ser comparadas entre machos y hembras, ni entre los meses de junio y noviembre de 2021 (Apéndice 7). Por lo tanto se interpretan como indicadoras de la especie y de la variedad analizada, de esta manera se utilizan en el presente informe para comparar con especies del mismo grupo pero de diferente cuerpo de agua, como un indicador inter-específico de la especie y variedad en la laguna de Ayarza.

El número de radios en aletas pueden estar relacionadas a factores intrínsecos de la morfología de los peces del grupo *Atherinella* de la laguna de Ayarza, por lo que fueron considerados, junto con la longitud bucal y la distancia entre aletas dorsales, como características comparables con peces del mismo grupo, pero de diferente cuerpo de agua.

La relación graficada en las figuras 8 y 9 indica que, en la medida en que la longitud total de los peces aumenta (de manera asintótica respecto a la edad), disminuye la proporción o porcentaje del tamaño total del cuerpo que representa cada variable morfológica incluida en el análisis (A1, A2, L5, L3, L1). Esto es lógico, tomando en cuenta que las aletas, o la altura del pez, no crecen linealmente o hacia el infinito, y su tasa de crecimiento podría disminuir conforme avanza la edad

del pez. Lo más destacable es la similitud entre las variedades de Ayarza y Güija, correspondiéndose a excepción del rango de tallas, que fue mayor en Ayarza.

La caracterización de las cuatro variedades de *Atherinella* con respecto a la composición de las aletas, mostró similitudes entre tres de ellas (Ayarza, Güija e Izabal), mientras la variedad de las Lisas fue distinta (Apéndice 24), lo cual también se observa en la Tabla 8, esta característica permitió separar las especies que corresponden a Las Lisas y el Lago de Izabal, de las variedades de la laguna de Ayarza y Güija. Sin embargo el margen de diferencia parece ser muy estrecho entre las variedades de Ayarza y Güija, y al parecer están relacionadas con la configuración de sus aletas dorsales (Figura 10).

La caracterización de las aletas ha permitido diferenciar los peces del grupo *Atherinella* según el sitio de captura (Apéndice 29), siendo *Atherinella milleri* (Bussing, 1979), la variedad más parecida a la reportada para laguna de Ayarza (Buta plateada) y Güija (Manjúa, Sardina). En el caso de Las Lisas (Ejote), se trata de *Membras gilberti* (Jordan y Bollmann, 1890) y el lago de Izabal (Manjúa) *Atherinella chagresi* (Meek y Hildebrand in Meek, 1914), siguiendo la guía para identificación de acceso libre (Smithsonian Tropical Research Institute, 2015).

Algunos peces analizados, tales como los de la laguna de Ayarza presentaron en el contenido estomacal, mayor contenido de restos de otros peces y restos de huevos de peces, el impacto sobre el ecosistema acuático que genera esta variedad en la laguna de Ayarza es mayor, y está repercutiendo en larvas y alevines de peces de menor tamaño, como los de la familia Poeciliidae (Butas). Lo cual puede afectar a otras especies de la laguna, tal como lo mencionan pescadores de dos comunidades pesqueras, Media Cuesta y caserío La Laguna, que se han visto afectados por la disminución en la pesca con trasmallo, de Guapote *Parachromis motaguënsis* y en la colecta de carnada *Poecillia sphenops* y *P. gracilis*, para pesca de línea .

El resultado del análisis del contenido del estómago de peces guapotes de la laguna de Ayarza, que se caracterizó por la ocurrencia de gasterópodos e insectos, parece concordar con la afirmación de los pescadores, cuando se refieren a “los peces parece se adelgazaron, los vemos

más flacos” (Conversación personal con pescador del caserío Media Cuesta, laguna de Ayarza, haciendo referencia a los Guapotes, que son comercializados diariamente a orillas de la laguna desde tempranas horas).

Los pescadores artesanales de dos localidades de pesca en la laguna de Ayarza confirmaron lo anterior, al referirse “la buta nativa está disminuyendo debido al surgimiento de la nueva buta o plateada, porque se ven las nubes de peces que se acercan a la superficie del agua en días soleados y por las noches también, porque están comiendo la semilla de la buta” (conversación personal con Alberto Donis, junio de 2021).

Los valores de Ortofosfato PO<sub>4</sub> se clasificaron por encima de la concentración guía, para el agua en estado de eutrofización alto según lo indicado para aguas del neo trópico (Roldán P & Ramírez R, 2008), esta característica, sumado con la presencia de cianobacterias en el tracto digestivo y por la superficie del agua en la laguna de Ayarza, son indicadores que deben ser analizados profundamente también en el lago de Izabal, considerando las posibles fuentes de fósforo y el efecto a largo plazo sobre la comunidad acuática y el estado de eutroficación.

## Referencias

- Aguilar-Barojas, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en Tabasco*, 11(1-2), 333-338. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/487/48711206.pdf>
- Barbour, C. (1973). A biogeographical history of *Chirostoma* (Pisces: Atherinidae): a species flock from the Mexican plateau. *COPEIA*, 533-556. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/272596036\\_A\\_Biogeographical\\_History\\_of\\_Chirostoma\\_Pisces\\_Atherinidae\\_A\\_Species\\_Flock\\_from\\_the\\_Mexican\\_Plateau/link/59dbdff0f7e9b1460fc2bf6/download](https://www.researchgate.net/publication/272596036_A_Biogeographical_History_of_Chirostoma_Pisces_Atherinidae_A_Species_Flock_from_the_Mexican_Plateau/link/59dbdff0f7e9b1460fc2bf6/download)
- Bogan, S., Reyes, M., & Cenizo, M. (2009). Primeros registros fósiles de pejerreyes (Teleostei: Atheriniformes) en el Pleistoceno Medio de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 11(2), 185-192. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/257528721\\_Primeros\\_registros\\_fosiles\\_de\\_pejerreyes\\_Teleostei\\_Atheriniformes\\_en\\_el\\_Pleistoceno\\_Medio\\_de\\_la\\_provincia\\_de\\_Buenos\\_Aires\\_Argentina](https://www.researchgate.net/publication/257528721_Primeros_registros_fosiles_de_pejerreyes_Teleostei_Atheriniformes_en_el_Pleistoceno_Medio_de_la_provincia_de_Buenos_Aires_Argentina)
- Bolaños, R. (1964). *Recursos pesqueros de Guatemala*. Tesis de Licenciatura en Economía, USAC. Obtenido de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/03/03\\_0034.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/03/03_0034.pdf)
- Brian, S., & Dyer, H. (2006). Systematic revision of the South American silversides (Teleostei, Atheriniformes). *BIOCELL*, 30(1). doi:<https://pdfs.semanticscholar.org/36ed/31e7d8241b6e513c45d44490c77eb61f9751.pdf>
- Castro, J., & Espinoza, H. (2006). Los peces de la familia Atherinopsidae (Teleostei: Atheriniformes) de las lagunas costeras neutras e hipersalinas de México. *Hidrobiológica*, 16(1), 89-102. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/289110467\\_Otolith\\_and\\_vertebral\\_morphology\\_of\\_marine\\_atherinid\\_species\\_Atheriniformes\\_Atherinopsidae\\_coexisting\\_in\\_the\\_south\\_western\\_Atlantic\\_Ocean](https://www.researchgate.net/publication/289110467_Otolith_and_vertebral_morphology_of_marine_atherinid_species_Atheriniformes_Atherinopsidae_coexisting_in_the_south_western_Atlantic_Ocean)
- Cione, A., Gasparini, G., Soibelzon, E., & Tonni, E. (2015). *The Great American Biotic Interchange*. Obtenido de <https://www.springer.com/gp/book/9789401797917>
- CONAP, C. N. (2006). *Estudio técnico de la Laguna de Ayarza*. Guatemala.

- Dávila, V., López, A., & García, M. (2014). *Utilidad de la biodiversidad como indicador de sostenibilidad para la evaluación de la calidad ambiental de la costa este del Pacífico de Guatemala*. DIGI-USAC. Obtenido de <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/puirna/INF-2013-20.pdf>
- Dyer, Brian. 2006. Systematic revision of the South American silversides (Teleostei, Atheriniformes). Symposium: Biology and culture of Silversides (Pejerreyes). ISSN 0327-9545. Argentina.
- Elías, D., Mochel, S., Chakrabarty, P., & McMahan, C. (2018). First record of the non-native Pacu, *Piaractus brachypomus*, in lago Petén - Itzá, Guatemala. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/322732729\\_First\\_Record\\_of\\_the\\_Non-Native\\_Pacu\\_Piaractus\\_brachypomus\\_in\\_Lago\\_Peten-Itza\\_Guatemala\\_Central\\_America](https://www.researchgate.net/publication/322732729_First_Record_of_the_Non-Native_Pacu_Piaractus_brachypomus_in_Lago_Peten-Itza_Guatemala_Central_America)
- FAO. (1998). Artes y métodos de pesca en aguas continentales de América Latina. (4), 178. (P. Arias, Recopilador) Roma: COPESCAL. Obtenido de <http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/aquaculture/a0844t/docrep/008/S7088S/S7088S00.htm#TOC>
- FAO. (2002). *The living marine resources of the Western Central Atlantic* (Vol. 2 Bony Fish). (K. E. Carpenter, Ed.) Obtenido de <http://www.fao.org/3/y4161e/y4161e00.htm>
- Fischer, W., Krupp, F., Schneider, C., Sommer, K. E., Carpenter, & Niem, V. (1995). *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca Pacífico Centro Oriental, Volumen II Parte I*. FAO, Roma. Obtenido de <http://www.fao.org/3/t0852s/t0852s00.htm>
- Foese, R., Thorson, J., & Reyes, J. (2014). A Bayesian approach for estimating length-weight relationships in fishes. *Journal of Applied Ichthyology*, 78-85. doi:doi: 10.1111/jai.12299
- Granados-Dieseldorff, P., Cristensen, M., & Kihn-Pineda, H. (2012). Fishes from Lachuá Lake, Upper Usumacinta Basin, Guatemala. *Check List and Authors*, 95-101. doi:10.15560/8.1.095
- Meek, S. E., & Cory, C. B. (1908). *The zoology of lakes Amatitlan and Atitlan, Guatemala, with special reference to ichthyology* (Vol. VII). (F. C. Museum, Ed.) Chicago: The University of Illinois Library.

Menni, R. C., M. A. Miquelarena y H. López. 1995. Peces. Referido en: E. C. Lopretto y G. Tell (Eds.). Ecosistemas de aguas continentales. Metodología para su estudio. T. II: 896 p. Ed. Sur. La Plata.

Menni, R. C. 2004. Peces y ambientes en la Argentina continental. Monogr. Mus. Argentino Cienc. Nat. 5: 1-316.

OSPESCA. (2005). *Inventario de cuerpos de agua continentales de Guatemala con énfasis en la pesca y acuicultura*. Guatemala. Obtenido de <https://climapesca.org/2017/05/11/laguna-de-ayarza/>

Pérez, L., Álvarez, M., Mojica, Á., Dix, M., & Dix, M. (s.f.). *La ictiofauna del Refugio de Vida Silvestre Bocas del Polochic y la cuenca del lago de Izabal: composición, distribución y ecología*. Universidad del Valle de Guatemala. Obtenido de <https://www.scribd.com/doc/79880685/La-ictiofauna-del-Refugio-de-Vida-Silvestre-Bocas-del-Polochic-y-la-cuenca-del-lago-de-Izabal-composicion-distribucion-y-ecologia>

Poppe, L. J., Paull, C. K., Newhall, C. G., Bradbury, J. P., & Ziagos, J. (2003). A geophysical and geological study of Laguna de Ayarza, a Guatemalan caldera lake. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 25, 125-144. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/232354552\\_A\\_geophysical\\_and\\_geological\\_study\\_of\\_Laguna\\_de\\_Ayarza\\_a\\_Guatemalan\\_caldera\\_lake/link/5a8f559aaca2721405601731/download](https://www.researchgate.net/publication/232354552_A_geophysical_and_geological_study_of_Laguna_de_Ayarza_a_Guatemalan_caldera_lake/link/5a8f559aaca2721405601731/download)

Rodas-Moran, E. (s.f.). Evaluación del estdo trófico de la Laguna de Ayarza utilizando el modelo de simulación WASP. *Ciencia, tecnología y salud*, 3(2). doi:<http://dx.doi.org/10.36829/63CTS.v3i2.%25>

Roldán P, G. A., & Ramírez R, J. J. (2008). *Fundamentos de Limnología neotropical*. Antioquía: Universidad de Antioquía.

Ruz, M. H. (1998). Los herederos de Zipacná: notas sobre la pesca en cinco grupos mayas coloniales. *Sociedad Española de Estudios Mayas*, 353-376.

Sánchez, R., Fermín, M., & Mendoza, A. (2009). Selectividad del zooplancton y solapamiento trófico entre tallas del pez *Menidia humboldtiana* (Atheriniformes: Atherinopsidae) en el

embalse Danxhó, México. *Revista Biología Tropical*, 187-194. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v57n1-2/art18v57n1-2.pdf>

Smithsonian Tropical Research Institute. (2015). *Peces Costeros del Gran Caribe, Sistema de Información en línea*. Recuperado el 15 de 11 de 2021, de <https://biogeodb.stri.si.edu/caribbean/es/thefishes/species/3234>

Soria, B., & Maya, J. (2005). Morphometric comparison of the mandibular region in species of *Chirostoma* (Atheriniformes: Atherinopsidae) from lake Patzcuaro, Michoacan, México. *Hidrobiológica*, 161-168. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/hbio/v15n2/v15n2a5.pdf>

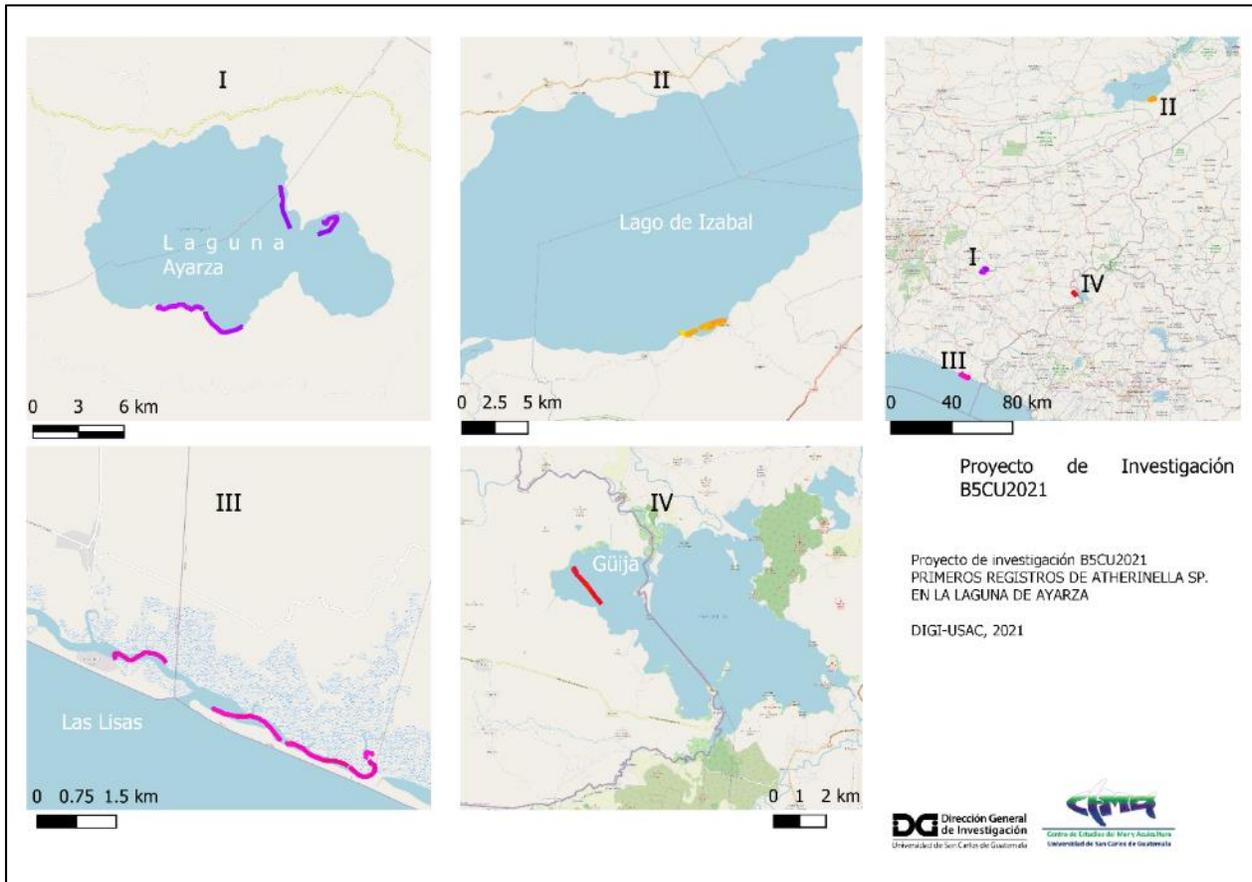
Sparre, P., & Venema, S. (1998). *FAO Documento Técnico de Pesca*. (FAO, Ed.) Roma, Italia. Obtenido de <http://www.fao.org/documents/card/es/c/9bb12a06-2f05-5dcb-a6ca-2d6dd3080f65/>

Tombari, A. D., Gosztonyi, A., Echeverría, D., & Volpedo, A. (2010). Otolith and vertebral morphology of marine atherinid species (Atheriniformes, Atherinopsidae) coexisting in the southwestern Atlantic Ocean. *Ciencias Marinas*, 36(3), 213-223. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/289110467\\_Otolith\\_and Vertebral\\_morphology\\_of\\_marine\\_atherinid\\_species\\_Atheriniformes\\_Atherinopsidae\\_coexisting\\_in\\_the\\_southwestern\\_Atlantic\\_Ocean](https://www.researchgate.net/publication/289110467_Otolith_and Vertebral_morphology_of_marine_atherinid_species_Atheriniformes_Atherinopsidae_coexisting_in_the_southwestern_Atlantic_Ocean)

## Apéndice

### Apéndice 1.

Sitios de muestreo de peces del grupo *Atherinella* durante junio – noviembre de 2021



# Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

## Apéndice 2

BOLETA PARA REGISTRO DE INFORMACIÓN DE CAMPO (OBJETIVO 3: Características Morfométricas grupo Atherinella)										
Fecha de Análisis			Código muestra							
Fecha de muestreo			Medio de conserva							
# pez	SEXO	Peso gonadas	Diámetro huevos	# hileras escamas laterales	# escamas laterales	Contenido estomago	peso estomago	# Anillos escamas	Diámetro otolito	# Radios Otolito

BOLETA PARA REGISTRO DE INFORMACIÓN DE CAMPO (OBJETIVO 2: Estado Poblacional)										
Fecha:		Hora:		Comunidad pesquera:						
Arte de pesca		Luz:	Largo:	Alto:	Hilo:	N	W			
Cantidad		Horas:				Sitio de pesca:				
ID	Especie	Peso total	# peces	sexo	longitud total	altura BPAD	peso/pez	Gónadas	Estómago	# RADOtolitos

BOLETA PARA REGISTRO DE INFORMACIÓN DE CAMPO (OBJETIVO 3: Características Morfométricas grupo Atherinella)															
Fecha de Análisis							Código muestra								
Fecha de muestreo							Referencia								
#	Especie	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	#10	#11	#12	#13	#14

L1= longitud bucal , L2 = diámetro ocular, L3 = longitud de cabeza , L4 = longitud estándar , L5 = distancia entre aletas dorsales, L6 = grosor de línea plateada lateral, L7 = longitud aleta pectoral, L8 = Longitud total, L9 = Altura BPAPelvica, #10 = Número de radios de aleta anal antes del origen de la primera aleta dorsal, #11 = Números de radios AAAO segunda aleta dorsal, #12 = Número de radios de aleta pectoral, #13 = Número de radios primera dorsal, #14 = Número de radios 2da dorsal

## Apéndice 3.

### Matriz de coeficientes para el cálculo de las puntuaciones en las componentes

	Componente	
	1	2
L_boca-ojo	.137	-.250
Diam-ojo	.132	-.173
L_cabeza	.144	.031
L_est	.140	.247
L_inter-dorsal	.143	-.068
L_franja-gris	.120	-.269
L_AletaPec	.144	.118
L_total	.129	.186
Alt_BPAD	.161	.014
Alt_BSAD	.179	-.008
Peso	.057	.321

Método de extracción: Análisis de componentes principales.  
Puntuaciones de componentes.

## Apéndice 4.

Prueba T para diferenciación de medias entre las tallas de *Atherinella* en la laguna de Ayarza, registrados en el mes de junio y julio de 2021

### Estadísticos de grupo

	Mes	n	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Tallas (cm)	JUNIO	105	10.1098	1.19868	.11698
	JULIO	149	10.2130	.74019	.06064

### Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias					95% Intervalo de confianza para la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	Superior	Inferior
Talla_J_J_N	Se han asumido varianzas iguales	8.553	.004	-.846	252	.398	-.10314	.12187	.34315	.13686



## Apéndice 6

Pruebas estadísticas para la diferenciación de variables morfométricas registradas entre los meses junio y noviembre de 2021

### Estadísticos descriptivos

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Percentiles		
						75	25	50 (Mediana)
L_boca-ojo	105	4.3819	.96514	2.00	6.00	4.0000	4.5000	5.0000
L_inter-dorsal	105	7.6481	1.35887	4.00	11.00	7.0000	7.8000	8.5000
Alt_BSAD	105	12.0090	1.12998	9.50	15.00	11.1500	12.0000	12.8500
L_cabeza	105	16.22	2.004	11	21	15.40	16.50	17.50
Diam-ojo	105	4.72	.548	3	6	4.50	5.00	5.00
Sexo_Num	105	1.50	.502	1	2	1.00	2.00	2.00

### Estadísticos de contraste(a,b)

	L_boca-ojo	L_inter-dorsal	Alt_BSAD	L_cabeza	Diam-ojo
Chi-cuadrado	.011	.506	.449	.000	9.423
gl	1	1	1	1	1
Sig. asintót.	.917	.477	.503	.994	.002

a Prueba de Kruskal-Wallis

b Variable de agrupación: Mes

### Estadísticos de contraste(a,b)

	L_boca-ojo	L_inter-dorsal	Alt_BSAD	L_cabeza	Diam-ojo
Chi-cuadrado	.439	1.197	1.465	2.237	4.570
gl	1	1	1	1	1
Sig. asintót.	.508	.274	.226	.135	.033

a Prueba de Kruskal-Wallis

b Variable de agrupación: Sexo\_Num

# Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

## Apéndice 7

Pruebas estadísticas para la diferenciación de variables entre machos y hembras y entre meses junio y noviembre de 2021, Atherinella de la laguna de Ayarza

### Estadísticos de grupo

	Sexo	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Peso (g)	H	105	8.9108	2.26705	.22124
	M	66	7.4467	1.17109	.14415
Talla (mm)	H	105	103.6152	7.92269	.77318
	M	66	98.4500	5.04024	.62041

### Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Superior	Inferior
Peso_J_N	Se han asumido varianzas iguales	34.039	.000	4.852	169	.000	1.46410	.30176	.86839	2.05980
	No se han asumido varianzas iguales			5.545	163.809	.000	1.46410	.26406	.94270	1.98549
Talla_J_N	Se han asumido varianzas iguales	17.697	.000	4.727	169	.000	5.16524	1.09281	3.00792	7.32255
	No se han asumido varianzas iguales			5.210	168.964	.000	5.16524	.99132	3.20828	7.12220

# Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

## Apéndice 8

Estadísticos descriptivos de variables asociadas a las características distintivas de la especie, y otras asociadas al estado de madurez gonadal y condición del estómago y contenido estomacal

### Estadísticos

		RA-AAIP D	RA-AAIS D	RAP	RPAD	RSAD	Peso_E	Peso_G	DIAMOT	RADOT	RADESC	CONTES
N	Válidos	104	104	104	104	85	105	105	84	91	87	91
	Perdidos	172	172	172	172	191	171	171	192	185	189	185
Media		6.94	15.54	13.10	3.70	7.98	.1631	.2581	46.339	2.940	31.56	9.07
Mediana		7.00	15.00	13.00	4.00	8.00	.1500	.1600	46.000	3.000	32.00	9.00
Moda		7	15	13	4	8	.17	.02	48.0	3.0	33	9
Desv. típ.		.923	.994	.566	.589	.672	.07967	.32051	3.9049	.7335	4.626	2.043
Mínimo		5	14	12	3	6	.06	.01	35.0	1.5	19	4
Máximo		10	18	14	5	9	.46	1.76	57.0	4.5	42	13
Per-centiles	25	6.00	15.00	13.00	3.00	8.00	.1000	.0350	44.000	2.500	28.33	9.00
	50	7.00	15.00	13.00	4.00	8.00	.1500	.1600	46.000	3.000	32.00	9.00
	75	7.00	16.00	13.00	4.00	8.00	.2000	.3300	49.000	3.500	34.67	10.00

RAAAIPD= Número de radios de la aleta anal, antes del origen de la primera aleta dorsal  
 RAAASD= Número de radios de la aleta anal, antes del origen de la segunda aleta dorsal  
 RAP= Número de radios de la aleta pectoral  
 RPAD= Número de radios de la primera aleta dorsal  
 RSAD= Número de radios de la segunda aleta dorsal  
 Peso\_E= Peso (g) del estómago y sistema digestivo  
 Peso\_G= Peso (g) de las gónadas completas  
 DIAMOT= Diámetro de otolitos (suma del diámetro transversal y longitudinal)  
 RADOT= Número de radios en los otolitos (capas superpuestas)  
 RADESC= Número de radios de crecimiento en escamas (promedio)  
 CONTES= Valoración del contenido estomacal

## Apéndice 9

Prueba de significancia para la variable *diámetro de huevos*, entre los meses de junio y noviembre de 2021

### Estadísticos de grupo

	Mes	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Diam_Huevos	JUNIO	32	79.8181	20.75743	3.66943
	NOV	11	81.4070	13.13790	3.96123

# Informe final proyecto de investigación 2021

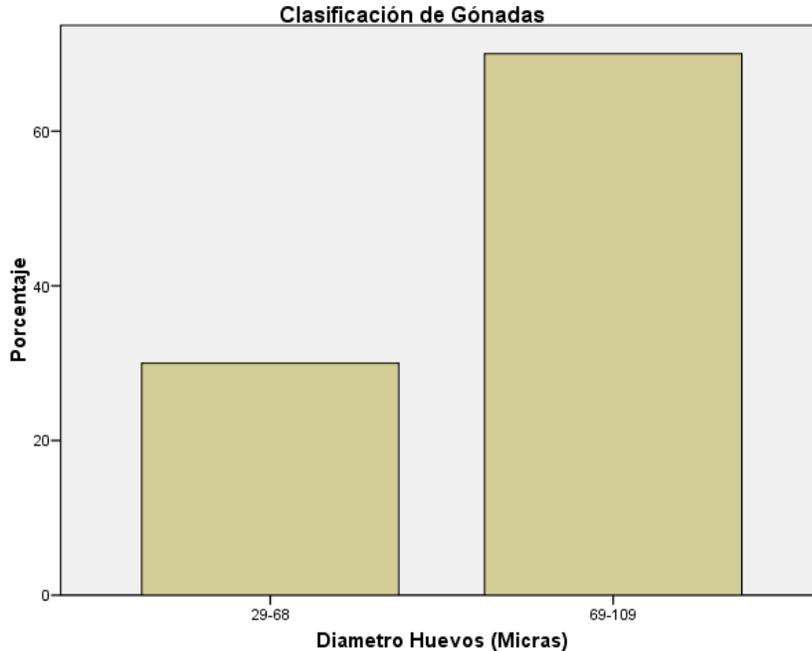
Dirección General de Investigación –DIGI-

## Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias					95% Intervalo de confianza para la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	Superior	Inferior
		Diam_Huevos	Se han asumido varianzas iguales	1.961	.169	-.237	41	.814	-1.58890	6.70371
	No se han asumido varianzas iguales			-.294	27.899	.771	-1.58890	5.39963	-12.65135	9.47356

## Apéndice 10

Clasificación visual del rango / nivel de desarrollo gonadal de peces del grupo Atherinella en la laguna de Ayarza durante los meses de junio y noviembre del año 2021.



## Apéndice 11

Estadísticos descriptivos de medidas morfométricas asociadas a la estructura corporal de escamas de peces del grupo Atherinella de la laguna de Ayarza

### Estadísticos

		Hileras_escamas <sup>1</sup>	Escamas_laterales <sup>2</sup>
N	Válidos	86	85
	Perdidos	190	191
Media		9.0000	43.0471
Desv. típ.		.00000	1.75869
Rango		.00	7.00
Mínimo		9.00	40.00
Máximo		9.00	47.00
Percentiles	25	9.0000	42.0000
	50	9.0000	43.0000
	75	9.0000	44.0000

1. Contados desde la base de la primera aleta dorsal
2. Contadas en la franja lateral plateada

### Estadísticos de grupo

Mes		N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Escamas_later	JUNIO	64	43.3906	1.85692	.23212
	NOV	21	42.0000	.77460	.16903

## Apéndice 12

Prueba U de Mann-Whitney para diferenciar el número de escamas laterales entre los meses de junio y noviembre de 2021

### Rangos

Mes		N	Rango promedio	Suma de rangos
Escamas_later	6	64	48.39	3097.00
	10	21	26.57	558.00
Total		85		

### Estadísticos de contraste(a)

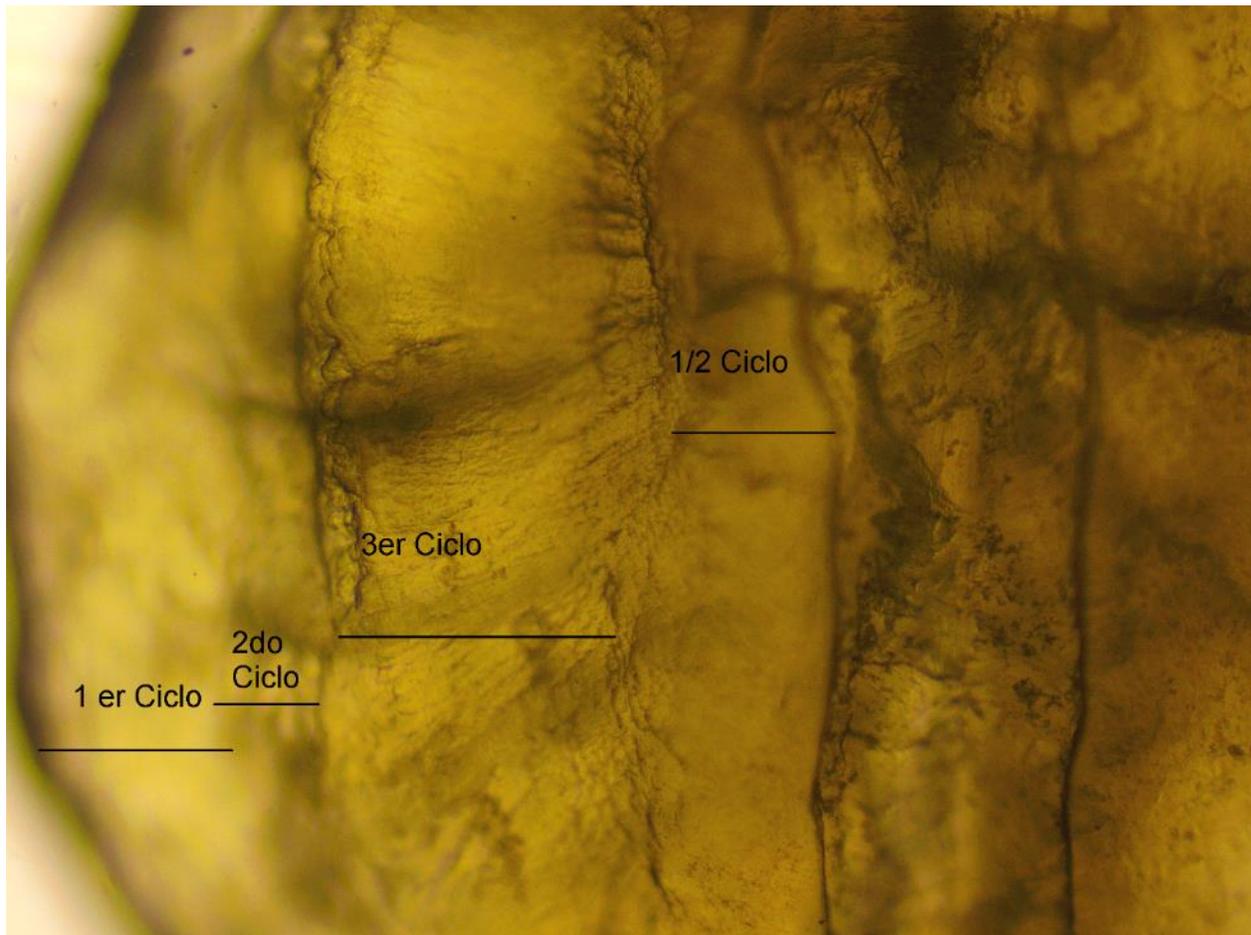
		Escamas_later
U de Mann-Whitney		327.000

W de Wilcoxon	558.000
Z	-3.620
Sig. asintót. (bilateral)	.000

a Variable de agrupación: Mes

## Apéndice 13

Identificación de indicadores de crecimiento cíclico en otolitos de *Atherinella* en la laguna de Ayarza



**Descripción:** Aumento 10x en microscopio invertido de otolito de *Atherinella* sp. capturado en la laguna de Ayarza.

## Apéndice 14

Resultados de la prueba T para la diferenciación de la edad según el sexo, en peces Atherinella de la laguna de Ayarza

### Estadísticos de grupo

Sexo	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Radio_otolito M	43	3.058	.6095	.0930
H	48	2.833	.8208	.1185

### Prueba de muestras independientes

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas	Prueba T para la igualdad de medias								
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Superior	Inferior
Radio_otolito	Se han asumido varianzas iguales	6.398	.013	1.469	89	.145	.2248	.1530	-.0793	.5289
	No se han asumido varianzas iguales			1.493	86.144	.139	.2248	.1506	-.0745	.5242

## Apéndice 15

Prueba U de Mann-Whitney para la diferenciación de la variable, radios de otolito, según el mes de colecta

### Rangos

Mes	N	Rango promedio	Suma de rangos
Radio_otolito Junio	74	53.57	3964.00
Noviembre	17	13.06	222.00
Total	91		

# Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

## Estadísticos de contraste(a)

	Radio_otolito
U de Mann-Whitney	69.000
W de Wilcoxon	222.000
Z	-5.836
Sig. asintót. (bilateral)	.000

a Variable de agrupación: Mes

## Apéndice 16

### Estadísticos

		Ltot_Ayarza	Ltot_Güija	Ltot_Lisas	Ltot_Izabal	Ltot_Ayarza (agrupada)
N	Válidos	83	33	11	10	83
	Perdidos	0	50	72	73	0
Media		10.1871	9.6179	12.9109	5.3260	2.46
Mediana		9.7000	9.1700	12.5000	5.4500	2.00
Desv. típ.		1.29979	1.13910	1.09809	.32674	.738
Rango		8.00	3.70	3.95	.84	4
Mínimo		8.00	8.30	11.10	4.81	1
Máximo		16.00	12.00	15.05	5.65	5
Percentiles	25	9.4000	8.8000	12.2300	4.9875	2.00
	50	9.7000	9.1700	12.5000	5.4500	2.00
	75	10.7200	10.5750	13.8800	5.6125	3.00

Prueba de Friedman para diferenciación de la longitud total en 4 localidades, entre peces del grupo Atherinella

### Rangos

	Rango promedio
Ltot_Ayarza (agrupada)	2.30
Ltot_Güija (agrupada)	2.50
Ltot_Lisas (agrupada)	3.90
Ltot_Izabal (agrupada)	1.30

### Estadísticos de contraste(a)

N	10
Chi-cuadrado	23.724
gl	3
Sig. asintót.	.000

a Prueba de Friedman

## Apéndice 17

Prueba de rangos con signos de Wilcoxon, para confirmar la diferenciación entre la longitud total corporal entre peces *Atherinella* de la laguna de Ayarza y Güija

### Estadísticos de contraste(a)

N	10
Chi-cuadrado	23.724
gl	3
Sig. asintót.	.000

a Prueba de Friedman

### Estadísticos de contraste(b)

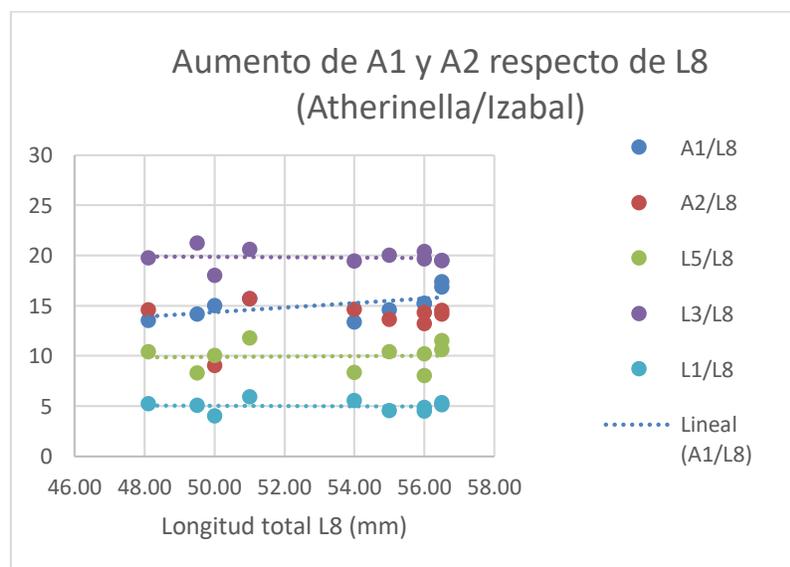
	Ltot_Güija - Ltot_Ayarza
Z	-2.207(a)
Sig. asintót. (bilateral)	.027

a Basado en los rangos positivos.

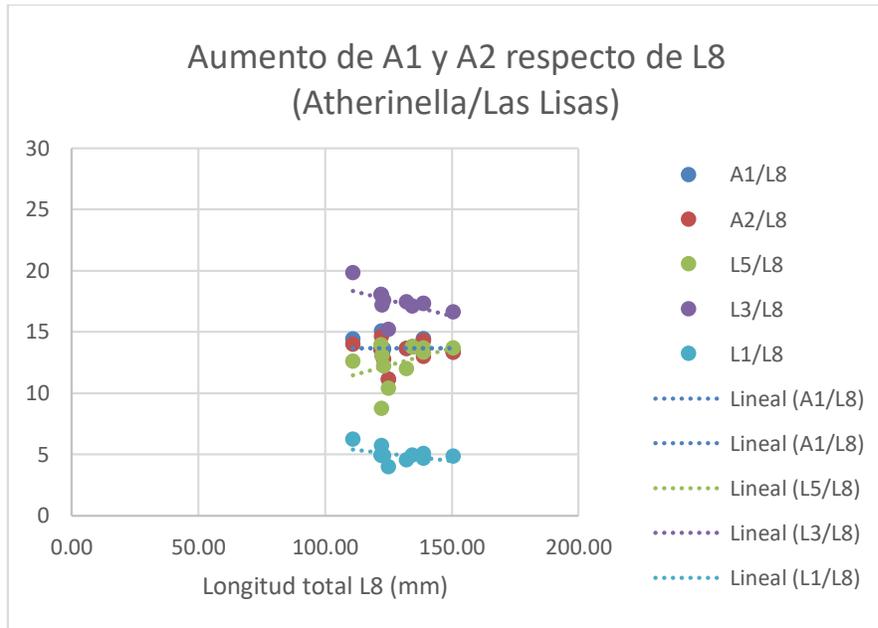
b Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

## Apéndice 18

Variación de parámetros morfométricos respecto al cambio de longitud, en peces colectados en el lago de Izabal y Las Lisas



Nota: se observa poca o nula correlación, posiblemente debido al bajo rango de longitud total evaluado (8 mm).



## Apéndice 19

Prueba T para diferenciar el número promedio de radios de aletas anales antes del origen de la primera aleta dorsal en dos variables de Atherinella, laguna de Ayarza y Güija

### Estadísticos de muestras relacionadas

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	RAAAPD_Ayarza	7.28	32	.813	.144
	RAAAPD_Güija	6.03	32	.740	.131

### Correlaciones de muestras relacionadas

		N	Correlación	Sig.
Par 1	RAAAPD_Ayarza y RAAAPD_Güija	32	-.015	.935

### Prueba de muestras relacionadas

		Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia			Desviación típ.	Error típ. de la media
		Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior
Par 1	RA-AAPD_Ayarza	1.250	1.107	.196	.851	1.649	6.387	31	.000

# Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

- RA- AAPD_Güija								
---------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

## Apéndice 20

Prueba de Friedman para la diferenciación del número de radios en cuatro variables de Atherinella

### Rangos

	Rango pro- medio
RAAASD_Ayarza	3.88
RAAASD_Güija	2.81
RAAASD_Lisas	1.38
RAAASD_Izabal	1.94

### Estadísticos de contraste(a)

N	8
Chi-cuadrado	18.280
gl	3
Sig. asintót.	.000

a Prueba de Friedman

## Apéndice 21

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon, para diferenciar aspectos característicos entre variedades de Atherinella de laguna de Ayarza y Güija

### Rangos

	N	Rango pro- medio	Suma de rangos
RAAASD_Güija - Rangos negativos	24(a)	15.75	378.00
RAAASD_Ayarza Rangos positivos	4(b)	7.00	28.00
Empates	4(c)		
Total	32		

a RAAASD\_Güija < RAAASD\_Ayarza

b RAAASD\_Güija > RAAASD\_Ayarza

c RAAASD\_Güija = RAAASD\_Ayarza

### Estadísticos de contraste(b)

	RAAASD_Güija - RAAASD_Ayarza
Z	-4.014(a)
Sig. asintót. (bilateral)	.000

a Basado en los rangos positivos.

b Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

## Apéndice 22

Prueba de Friedman para la diferenciación de radios de aletas pectorales entre cuatro variables de Atherinella

### Rangos

	Rango promedio
RAP_Ayarza	2.69
RAP_Güija	2.19
RAP_Lisas	3.69
RAP_Izabal	1.44

### Estadísticos de contraste(a)

N	8
Chi-cuadrado	14.250
gl	3
Sig. asintót.	.003

a Prueba de Friedman

## Apéndice 23

Prueba T para diferenciación del número de radios de aleta pectoral, contados en dos variedades de Atherinella

### Estadísticos de muestras relacionadas

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	RAP_Ayarza	13.16	32	.677	.120
	RAP_Güija	12.94	32	.619	.109

### Prueba de muestras relacionadas

		Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Superior	Inferior			
Par 1	RAP_Ayarza - RAP_Güija	.219	.751	.133	-.052	.489	1.648	31	.109

# Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

## Apéndice 24

Estadísticos descriptivos respecto a la variable *Número de espinas en la primera aleta dorsal*

### Estadísticos

		RPD_Ayarza	RPD_Güija	RPD_Lisas	RPD_Izabal
N	Válidos	82	33	11	8
	Perdidos	1	50	72	75
Media		3.72	3.73	5.00	3.75
Mediana		4.00	4.00	5.00	4.00
Moda		4	4	5(a)	4
Desv. típ.		.594	.574	1.000	.707
Rango		2	2	3	2
Mínimo		3	3	3	3
Máximo		5	5	6	5
Percentiles	25	3.00	3.00	4.00	3.00
	50	4.00	4.00	5.00	4.00
	75	4.00	4.00	6.00	4.00

a Existen varias modas. Se mostrará el menor de los valores.

## Apéndice 25

Estadísticos descriptivos que muestran la diferenciación entre el número hileras de escamas laterales, así como el número de escamas a lo largo de la línea lateral

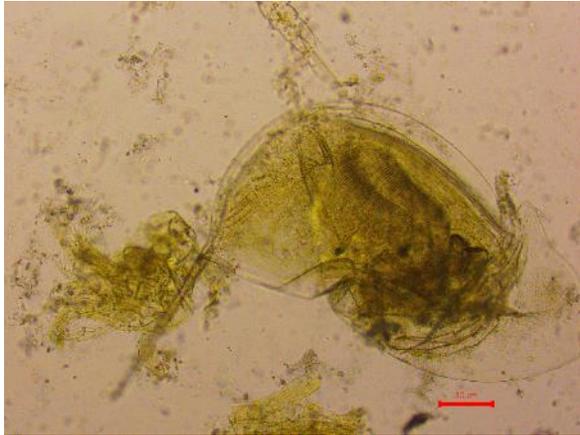
### Estadísticos

		NHE_Ayarza	NEL_Ayarza	NHE_Güija	NEL_Güija	NHE_Lisas	NEL_Lisas	NHE_Izabal	NEL_Izabal
N	Válidos	64	64	33	33	9	9	8	7
	Perdidos	19	19	50	50	74	74	75	76
Media		9.0000	43.3906	8.8788	42.0606	8.0000	47.0000	8.0000	39.4286
Mediana		9.0000	43.0000	9.0000	42.0000	8.0000	47.0000	8.0000	40.0000
Moda		9.00	43.00	9.00	41.00(a)	8.00	47.00	8.00	40.00
Desv. típ.		.00000	1.85692	.33143	1.61902	.00000	1.00000	.00000	.97590
Rango		.00	7.00	1.00	6.00	.00	3.00	.00	2.00
Mínimo		9.00	40.00	8.00	39.00	8.00	45.00	8.00	38.00
Máximo		9.00	47.00	9.00	45.00	8.00	48.00	8.00	40.00
Percentiles	25	9.0000	42.0000	9.0000	41.0000	8.0000	46.5000	8.0000	38.0000
	50	9.0000	43.0000	9.0000	42.0000	8.0000	47.0000	8.0000	40.0000
	75	9.0000	44.0000	9.0000	43.0000	8.0000	48.0000	8.0000	40.0000

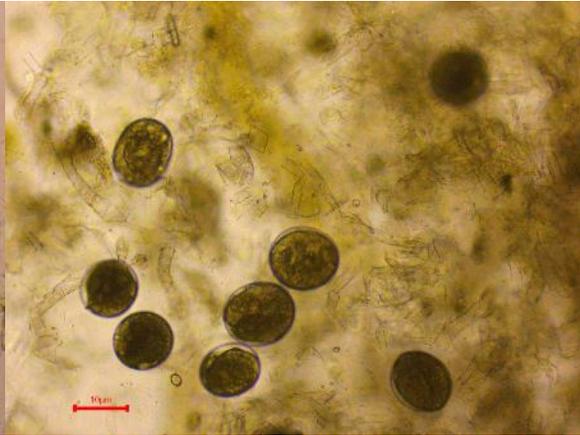
a Existen varias modas. Se mostrará el menor de los valores.

## Apéndice 26

Caracterización gráfica del contenido estomacal y su respectiva valoración conforme la tabla 9



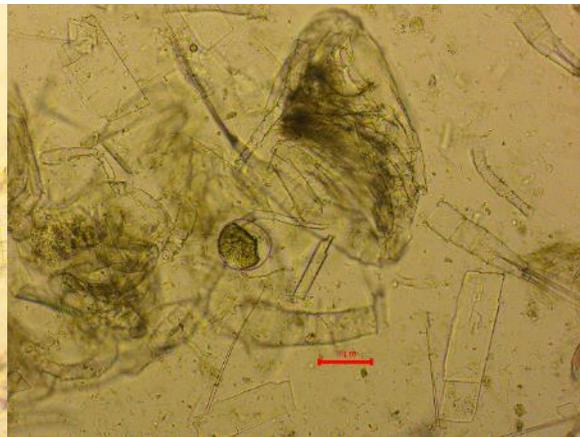
**A.** Restos de agallas de pez



**A2.** Huevos de peces



**B.** Zooplancton (Ostrácoda)



**B2.** Zooplancton (Decápoda)



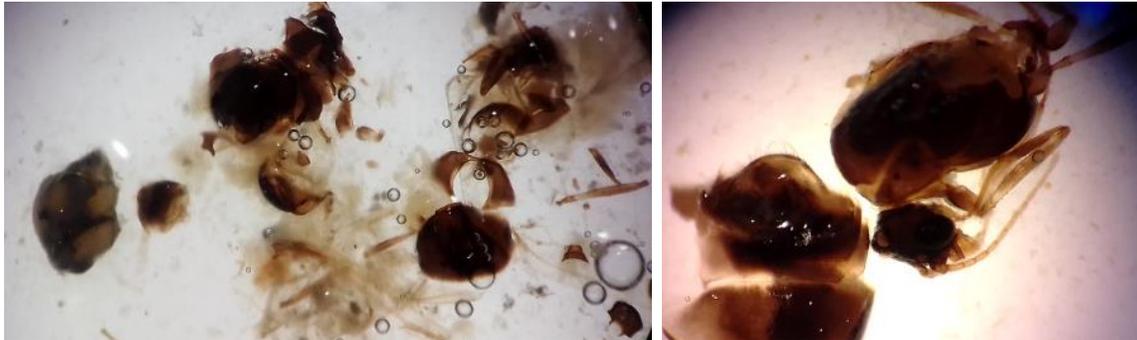
**C.** Restos de insectos



**C2.** Parásito intestinal

## Apéndice 27

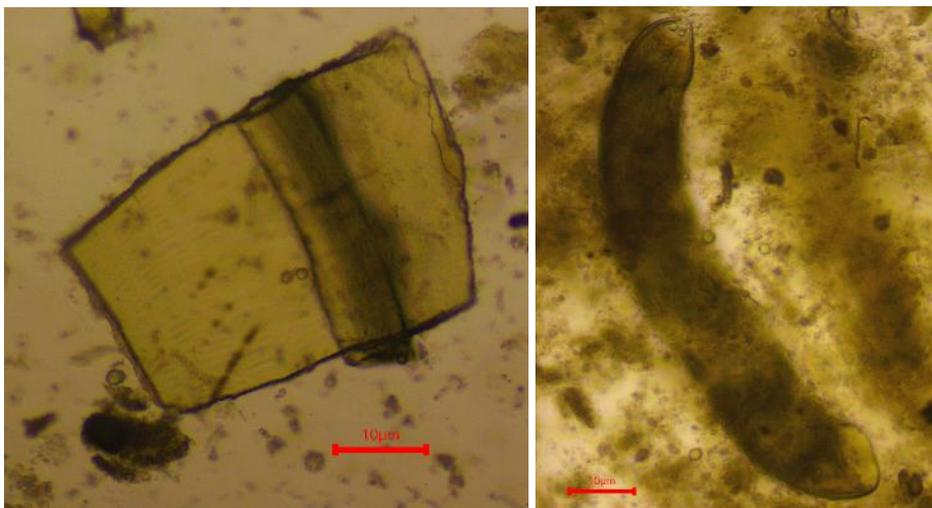
Resumen gráfico del contenido estomacal de un lote 24 peces *Parachromis managuensis* de la laguna de Ayarza, colectados el 31 de julio de 2021



A. Restos de insectos y de moluscos gasterópodos en estómagos de Guapotes



B. Restos de insectos voladores y zooplancton en estómagos de guapotes



C. Restos óseos y un parásito intestinal en restos digestivos de guapotes

## Apéndice 28

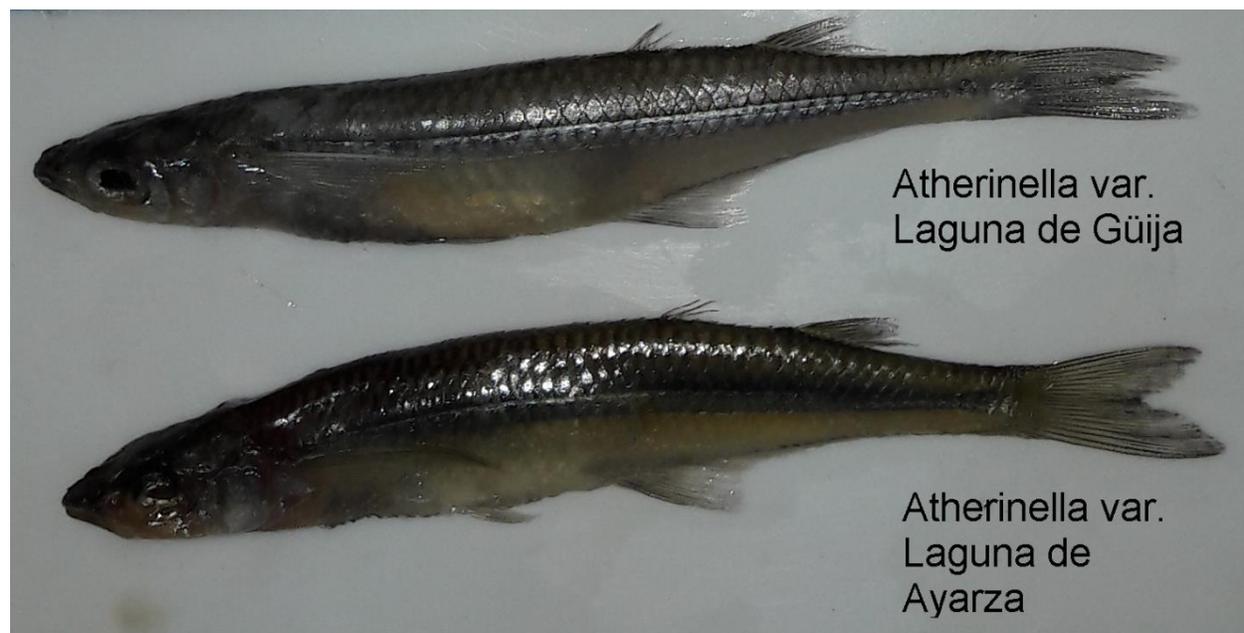
Reporte de indicadores nutricionales de muestras de peces analizados

	Agua (%)	MST (%)	E.E (%)	F.C. (%)	Proteína (%)	Cenizas (%)	E.L.N (%)	Dig. Pep. (%)
Ayarza (congelado)	75.58	24.42	3.44	0.07	60.6	35.27	0.63	73.88
Ayarza (fresco)	78.32	21.68	12.85	0.53	70.41	15.97	0.23	80.05
Ayarza (Ahumado)	30.62	69.38	6.71	0.67	40.47	49.9	2.25	80.66
Güija (fresco)	79.79	20.21	5.87	0.35	71.52	21.86	0.4	86.78
Güija (seco-salado)	82.74	17.26	7.9	0.11	68.62	23.17	0.2	84.21
Izabal (fresco)	35.03	64.97	2.22	0.49	47.43	49.51	0.36	79.85
Pargo (Las Lisas)	71.09	28.91	14.82	0.48	65.75	18.42	0.54	82.82
Guapote (Ayarza)	70.31	29.69	11.17	0.62	60.49	22.66	5.05	85.33
Tilapia (Ayarza)	73.11	26.89	22.63	0.4	59.68	16.95	0.34	85.44

**Fuente:** Informe de resultados de análisis, Laboratorio de Bromatología, 22 – 26 de noviembre de 2021, número de informe de 505 a 513. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, USAC, ver anexos.

## Apéndice 29

Imágenes de las variedades colectadas en el estudio





**Atherinella, variedad Las Lisas *Membras gilberti*.**



**Atherinella, variedad Izabal *Atherinela chagresi***

## **Aspectos éticos y legales**

Fueron notificadas las autoridades competentes a la pesca científica, sobre la investigación y sus objetivos, los resultados serán oportunamente divulgados.

## **Vinculación**

El estudio fue apoyado por la organización de pescadores artesanales del caserío La Laguna, en el municipio de Casillas, Santa Rosa. Se realizaron acercamientos con la autoridad nacional de pesca, la Dirección de Normatividad de la Pesca y Acuicultura, del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Alimentación, quienes mostraron interés y expectativa con los resultados esperados.

## **Estrategia de difusión, divulgación y protección intelectual**

Los resultados de la investigación serán publicados en la revista científica de DIGI-USAC, para la elaboración del manuscrito se contará con la participación de los investigadores contratados, asignando dentro de sus atribuciones correspondientes al contrato de trabajo. Como parte de los productos de la investigación se contará con muestras que serán fijadas y curadas para poder exhibirse en colecciones académicas y científicas nacionales.

## **Aporte de la propuesta de investigación a los ODS:**

La propuesta de investigación, aunque su área de acción corresponde a sistemas acuáticos, el objetivo de desarrollo sostenible número 15 es el que mejor se ajusta ya que este recomienda que “Se deben tomar medidas urgentes para reducir la pérdida de hábitats naturales y biodiversidad que forman parte de nuestro patrimonio común y apoyar la seguridad alimentaria y del agua a nivel mundial, la mitigación y adaptación al cambio climático, y la paz y la seguridad”.

En ese sentido, la investigación propone la estructuración ordenada y con fundamento científico de un nuevo hallazgo relacionado con la presencia de una especie no común y sin previo reporte histórico, lo cual es de gran importancia para la población de pescadores artesanales y las personas que se alimentan de pescado proveniente de la laguna de Ayarza, y para las autoridades

# Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

que administran los recursos naturales de dicha área protegida: CONAP, Cocodes locales, Asociaciones de pescadores, DIPESCA, sin restar la importancia que tiene el humedal y su biodiversidad acuática.

## Orden de pago final

<b>Nombres y apellidos</b>	<b>Categoría (investigador /auxiliar)</b>	<b>Registro de personal</b>	<b>Procede pago de mes (Sí / No)</b>	<b>Firma</b>
Alan Humberto Gatica Herrera	Investigador	20130218	No	

## Declaración del Coordinador(a) del proyecto de investigación

El Coordinador de proyecto de investigación con base en el *Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación financiados por medio del Fondo de Investigación*, artículos 13 y 20, deja constancia que el personal contratado para el proyecto de investigación que coordina ha cumplido a satisfacción con la entrega de informes individuales por lo que es procedente hacer efectivo el pago correspondiente.

<b>MSc. Erick Villagrán</b>	<b>Firma</b>
Fecha: 22/03/2022	

# Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

## Aval del Director(a) del instituto, centro o departamento de investigación o Coordinador de investigación del centro regional universitario

De conformidad con el artículo 13 y 19 del *Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación financiados por medio del Fondo de Investigación* otorgo el aval al presente informe mensual de las actividades realizadas en el proyecto (Primeros registros de *Atherinella* sp (Pejerreyes), en la laguna de Ayarza, análisis del origen, estado poblacional y respuesta del ecosistema acuático) en mi calidad de Director del Instituto de Investigaciones Hidrobiológicas del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, mismo que ha sido revisado y cumple su ejecución de acuerdo a lo planificado.

<b>Vo.Bo. PhD. Pedro Julio García, Director IIIH-CEMA-USAC</b>	<b>Firma</b>
Fecha: 22/03/2022	

## Visado de la Dirección General de Investigación

<b>Vo.Bo. Ing. Liuba Cabrera Coordinadora del PUINA y PUIDI</b>	<b>Firma</b>
Fecha: 31/03/2022	

<b>Vo.Bo. Ing. Julio Rufino Salazar Coordinador General de Programas Universitarios de Investigación</b>	<b>Firma</b>
Fecha: 31/03/2022	