

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades



Identificación de los productos pesqueros comercializados en  
Guatemala por medio de análisis genéticos.

Trabajo de graduación presentado por

María Isabel Cerdón Krumme

para optar al grado académico de Licenciada en Biología

Guatemala,

2021



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades



Identificación de los productos pesqueros comercializados en  
Guatemala por medio de análisis genéticos.

Trabajo de graduación presentado por

María Isabel Cerdón Krumme

para optar al grado académico de Licenciada en Biología

Guatemala,


2021



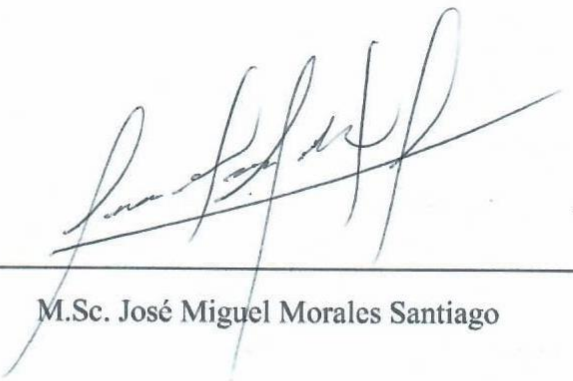
Vo.Bo. :

(f)   
Dra. Ana Hacoheh Domené

Tribunal Examinador:

(f)   
Dra. Ana Hacoheh Domené

(f)   
PhD. Olga Alejandra Zamora Jerez

(f)   
M.Sc. José Miguel Morales Santiago

Fecha de aprobación: Guatemala 10 de diciembre 2021



# AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas las personas que me han acompañado a lo largo de la vida y que me han apoyado durante esta experiencia de aprendizaje.

Agradezco a mis padres Carlos† y Kornelia†, quienes con su amor, paciencia y esfuerzo en el corto tiempo de vida formaron a la mujer que soy hoy en día y que me permitieron llegar a cumplir hoy un sueño más. Gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo, honestidad y valentía.

A mis hermanos Carlos, Luis y Eduardo por darme la confianza y la oportunidad de estudiar Biología y por creer siempre en mí, por su cariño y apoyo incondicional durante toda esta experiencia de aprendizaje y por estar conmigo en todos los momentos. Los quiero muchísimo.

A mis amigos, con los que tuve la oportunidad de compartir esta increíble e inolvidable aventura, de la cual aprendí mucho, por cada anécdota y risa, por cada gira y por los momentos inolvidables vividos en cada salida. Esos recuerdos quedan grabados para siempre.

A todas las personas que me han enseñado mucho a lo largo de estos años académicos y profesionales especialmente a mis asesores Ana, Ale y José Miguel, porque sin ustedes no hubiera sido posible esta investigación.

A Ana Hacoheh por su apoyo y asesoría a lo largo de toda la investigación, por su apoyo incondicional a lo largo de la carrera, y por despertar en mí ese gusto y pasión por la vida marina. Gracias por creer en mis habilidades y en mí. Ojalá podamos seguir trabajando juntas.

A José Miguel Morales por su apoyo incondicional desde el inicio y por motivarme todo el tiempo a ser una mejor persona. Gracias por esa amistad y buenos momentos a lo largo de nuestros proyectos y horas de laboratorio.

A Ale Zamora por sembrar en mí la pasión por el trabajo de laboratorio molecular en los últimos años y por el apoyo brindado durante la investigación.

A Luis Ríos, por todas las enseñanzas en clases y por esas salidas de campo espectaculares e inolvidables. Por todo el apoyo que me brindó cuando lo necesité.

A Adrián Munuguia-Vega por todo su apoyo con la secuenciación de las muestras en la Universidad de Arizona





# ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS .....	ii
LISTA DE CUADROS .....	vii
RESUMEN .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. JUSTIFICACIÓN .....	3
III. OBJETIVOS.....	5
IV. HIPÓTESIS .....	6
V. MARCO TEÓRICO .....	7
A. Localidades de comercialización de productos marinos pesqueros .....	7
1. Océano Pacífico de Guatemala .....	7
2. Ciudad de Guatemala .....	9
B. Peces .....	10
1. Cartilagosos .....	10
2. Óseos .....	13
C. Comercialización de productos pesqueros .....	14
D. Verificación e identificación mediante desembarques .....	15
E. Verificación e identificación mediante técnicas moleculares .....	15
1. Protocolos de extracción de ADN .....	15
2. Marcadores moleculares .....	17
VI. METODOLOGÍA .....	19
A. Área de estudio .....	19
B. Sujetos de estudio .....	19
C. Permisos de investigación y colecta .....	19
1. Permiso de investigación y colecta por parte del Consejo Nacional de <i>Áreas Protegidas (CONAP)</i> .....	19
2. Permiso por comité de bioética de la Universidad del Valle de Guatemala .....	19
D. Trabajo de campo .....	19
1. Criterios de inclusión y exclusión para elección de muestras.....	19
2. Recolección de tejido muscular .....	20
3. Transporte y almacenamiento de las muestras .....	20
E. Trabajo de laboratorio.....	20

1.	Preparación de equipo .....	20
2.	Extracción de ADN según el método de NaCl .....	20
3.	Cuantificación y verificación de calidad y pureza de ADN .....	20
4.	Amplificación para el gen Citocromo c oxidasa I ( <i>COI</i> ) vía Reacción en Cadena de Polimerasa (PCR).....	21
5.	Purificación de <i>producto PCR</i> .....	21
6.	Cuantificación de producto PCR purificado .....	22
7.	Secuenciación.....	22
F.	Análisis de resultados.....	22
VII.	RESULTADOS.....	23
A.	Extracción ADN .....	23
B.	Producto PCR.....	26
C.	Identificación genética de especies .....	29
VIII.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	35
A.	Método de extracción NaCl .....	35
B.	Purificación y amplificación de producto PCR con Citocromo Oxidasa I.....	35
C.	Perfil genético de muestras .....	36
D.	Etiquetado incorrecto .....	41
E.	Estado de conservación de especies.....	43
F.	Manejo de pesquerías y conservación de especies.....	43
IX.	CONCLUSIONES.....	45
X.	RECOMENDACIONES.....	46
XI.	BIBLIOGRAFÍA.....	47
XII.	ANEXOS.....	73

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> <i>Peces óseos de importancia en el Pacífico de Guatemala.</i> .....	8
<b>Cuadro 2.</b> Peces cartilagosos de importancia en el Pacífico de Guatemala. ....	9
<b>Cuadro 3.</b> Criterios de inclusión y exclusión para las muestras musculares provenientes de peces. ....	19
<b>Cuadro 4.</b> Cebadores utilizados para la amplificación del gen COI.....	21
<b>Cuadro 5.</b> Concentración e integridad de ADN de las muestras provenientes de los mercados. ....	23
<b>Cuadro 6.</b> Concentración e integridad de ADN de las muestras provenientes del Desembarcadero.....	24
<b>Cuadro 7.</b> Concentración e integridad de ADN de las muestras provenientes de los supermercados.....	25
<b>Cuadro 8.</b> Concentración e integridad de Producto PCR purificado para el cebador Fish 1 de las muestras provenientes de los mercados. ....	26
<b>Cuadro 9.</b> Concentración e integridad de producto PCR purificado para el cebador Fish 1 de las muestras provenientes del área de desembarque. ....	27
<b>Cuadro 10.</b> Concentración e integridad de producto PCR purificado para el cebador Fish 1 de las muestras provenientes de los supermercados. ....	28
<b>Cuadro 11.</b> Identificación genética de productos pesqueros provenientes de mercados. ....	29
<b>Cuadro 12.</b> Identificación genética de productos pesqueros provenientes del área de desembarque. ....	31
<b>Cuadro 13.</b> Identificación genética de productos pesqueros provenientes de supermercados.....	33



## RESUMEN

En Guatemala la actividad pesquera es una de las actividades más importantes del litoral Pacífico, en donde se realizan dos tipos de pesca, artesanal y de mediana escala. El aumento en el consumo de productos pesqueros ha permitido que la actividad pesquera se extienda a lo largo de todos los océanos, teniendo grandes impactos sobre el ecosistema, los sistemas económicos y de salud. Dentro de la industria de productos marinos, el etiquetado incorrecto es un problema generalizado, en la mayoría de los casos este etiquetado incorrecto es intencionado con el fin de conseguir beneficios económicos, sustituyendo especies de pescado por otras de menor valor. Para Guatemala existe poca información de registros de especies específicas para los productos pesqueros y no se cuenta con información acerca del etiquetado de dichos productos. Por lo que esta investigación tiene como objetivo determinar mediante análisis genéticos la identidad de las especies de productos pesqueros de interés comercial en tres localidades de Guatemala. Para ello se realizaron visitas a las tres localidades de interés en donde se realizó la compra de tejido muscular. Posteriormente se realizó la extracción de ADN siguiendo el método de cloruro de sodio (NaCl) y para amplificar la secuencia diagnóstica especie específica de las muestras colectadas se utilizaron los cebadores FISH propuestos por (Ward *et al.*, 2005), los cuales amplifican aproximadamente 655pb del gen mitocondrial Citocromo oxidasa subunidad I (COI). Para obtener la identificación genética de las muestras, las secuencias obtenidas fueron comparadas con la base de datos de NCBI. En total se secuenciaron 96 muestras, de las cuales fue posible identificar 39 especies, 31 especies de peces óseos y 8 peces cartilagosos. El estado de conservación de las especies identificadas en el estudio permitió identificar que se comercializan especies en peligro crítico como *Sphyrna lewini*, en peligro como *Alopias pelagicus*, casi amenazado como *Lutjanus synagris*, *Lutjanus analis* y *Prionace glauca*, y vulnerables como *Sphyrna zygaena*, *Carcharhinus falciformis*, *Hypanus longus*, *Cynoscion othonopterus*, *Makaira nigricans* y *Rhizoprionodon lalandii*. Por otra parte, fue posible establecer que el método de extracción de NaCl es efectivo para la extracción de ADN puro y de calidad. Asimismo, los cebadores FISH del gen Citocromo oxidasa subunidad I permiten una identificación especie específica correcta. Por lo que se recomienda aumentar el esfuerzo de muestreo por especie y localidades para tener un mejor registro de las especies comercializadas y tener un control sobre el etiquetado de los productos pesqueros y uso de otros marcadores mitocondriales como el Citocromo b (*Cytb*), debido a que es una región altamente conservada y puede brindar información útil para la identificación de especies.



## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años las poblaciones de peces han disminuido drásticamente, debido a la expansión de las pesquerías y a la explotación pesquera, teniendo altas tasas de captura modificando la composición del ecosistema (Babcock *et al.*, 2018). Muchas especies, tales como *Cynoscion reticulatus*, *Lutjanus guttatus*, *Caranx caballus*, *Charcharhinus limbatus*, *Hypanus longus* y *Sphyrna lewini*, ya presentan signos de sobrepesca, mostrando una disponibilidad nula y han dado paso a la captura de peces más pequeños y de niveles tróficos menores (Rodríguez & Antonio, 2003; Saborido-Rey, 2008; Burgess *et al.*, 2013; Castillo & Morales, 2021). Las amenazas de las especies derivadas de la pesca comercial rara vez son identificadas hasta que estas poblaciones ya han sufrido grandes disminuciones.

El sector pesquero de Guatemala contribuye a la economía nacional a través de la generación de empleo e ingresos en zonas marginales donde no existen otras alternativas. Para 2017 se estimó que la producción pesquera total fue de aproximadamente 43, 100 toneladas con un valor total de 114.8 millones de USD. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) estima que el consumo anual de productos pesqueros por habitante es de 2,8kg. (FAO, 2019). Dado al crecimiento comercial de los productos pesqueros y el aumento de la presión pesquera global se ha observado que los organismos marinos sujetos a la pesca, han presentado una reducción en las tasas de captura (Sadovy de Mitcheson *et al.*, 2020). Por ello, la legislación nacional e internacional, como la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES) han desarrollado varios niveles de protección y han listado especies consideradas reducidas o vulnerables a la explotación (CITES, 2004 ; Cardeñosa *et al.*, 2017).

No obstante, para Guatemala existe poca información de registros de especies específicas para los productos pesqueros. Sin embargo, uno estudio acerca de la estructura de la captura de la comunidad costera del Pacífico, determino que el uso no regulado de artes de pesca aumenta la sobrepesca y los impactos sobre los juveniles. Por último, se determinó que las tres especies de tiburones, *Sphyrna lewini*, *Sphyrna mokarran* y *Carcharhinus longimanus*, capturadas en el Pacífico se encuentran clasificados como vulnerables o en peligro crítico, así como también dos especies de rayas, *Mobula thurstoni* y *Mobula japonica* (Tewfik *et al.*, 2020). Asimismo, obtener los datos de las especies que se comercializan en el país se ve obstaculizada debido a la falta de trazabilidad que existe en el país y la inseguridad que existe en el nombre designado para el producto en el mercado y los supermercados para los comerciantes. Por otra parte, si se exportan productos pesqueros al mercado internacional, no se conoce las especies ni la cantidad que se están exporta. Lo cual tiene implicaciones para la formulación e implementación de planes de conservación y manejo a nivel local y nacional.

En los últimos años se han generados estudios de línea base sobre la pesca en el Pacífico (Hernández-Padilla *et al.*, 2020). Sin embargo, estos se han enfrentado con la falta

de datos sobre especies y cantidad capturada. Esto atribuido, a la complejidad del proceso, ya que en la mayoría de las veces se filetea el pescado mar adentro, en lugares de poco acceso e incluso puede ser sustituido por otra especie para generar mejores ganancias (Di Pinto *et al.*, 2015; Hacohe-Domené, Polanco, *et al.*, 2018). Un problema de mayor magnitud para obtener datos de las capturas y comercio de las especies de productos pesqueros es la dificultad de identificar con precisión muchas especies comúnmente explotadas (Hernández *et al.*, 2009). Es por esto que en la actualidad están disponibles varias metodologías para caracterizar el comercio de los productos pesqueros de las distintas especies explotadas (Akasaki *et al.*, 2006). Algunos ejemplos son: las encuestas en mercados y supermercados para recopilar información de importancia, y las metodologías de análisis genético (Di Pinto *et al.*, 2015). En los últimos años, el uso de estas técnicas moleculares se ha convertido en una técnica bastante aceptada para identificar las especies de los productos pesqueros y sus partes a partir de especímenes morfológicamente difícil de identificar, o para confirmar la identificación morfológica de especies (Álvarez-Vega, 2011; Caballero *et al.*, 2012; Jaser *et al.*, 2021).

A la fecha para Guatemala se han realizado pocas investigaciones sobre el comercio de productos pesqueros y aún más escasas son las investigaciones referentes a la exportación de productos pesqueros y las especies que se comercializan y consumen (Hacohe-Domené, Munguia-Vega, *et al.*, 2018; Hernández-Padilla *et al.*, 2020). Es por esto que esta investigación tiene como objetivo elucidar las especies de los productos pesqueros que se comercializan y consumen en Guatemala, siendo un tema de extrema importancia para la conservación de las mismas.



## II. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad el pescado se considera una fuente vital de alimento para las personas. Es una fuente importante de proteína de alta calidad, aportando aproximadamente el 16% de la proteína animal consumida por la población mundial (Tidwell & Allan, 2001; FAO, 2019). Además, el pescado es comúnmente conocido por ser un alimento nutricionalmente muy rico en ácidos grasos poliinsaturados, proteínas ricas en aminoácidos esenciales y un alto contenido de minerales, vitaminas y compuestos nitrogenados no proteicos que en conjunto contribuyen a su calidad como alimento (Castro-González, 2002). Según la Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación mil millones de personas en todo el mundo dependen del pescado como su principal fuente de proteína animal (FAO, 2000).

Debido a este aumento de consumo de productos marinos, la actividad pesquera se ha extendido a todos los océanos, teniendo grandes impactos sobre el ecosistema, los sistemas económicos y de salud. Dentro del comercio de productos marinos, el etiquetado incorrecto es un problema generalizado, en la mayoría de los casos este etiquetado incorrecto es intencionado con el fin de conseguir beneficios económicos, sustituyendo especies de pescado por otras de menor valor (Oriol, 2018; Pellón-Olmedo *et al.*, 2019).

En diferentes países, tales como, México, Costa Rica Australia y Canadá se han realizado investigaciones relacionadas con la determinación de especies de productos marinos comercializados por pesquerías industriales y artesanales con el fin de identificar si existe fraude y etiquetado incorrecto en los mismos (Ward *et al.*, 2005; Cardeñosa *et al.*, 2017; O'Bryhim *et al.*, 2017; Munguia-Vega *et al.*, 2021). En la mayoría de estos estudios se han utilizado técnicas moleculares, las cuales han revelado ser herramientas poderosas, aportando evidencia sobre la frecuencia del etiquetado incorrecto de los productos pesqueros, especialmente en términos de sustitución de especies. Ello demuestra que las técnicas moleculares, constituyen una herramienta potencial muy valiosa para el seguimiento, control y vigilancia de productos pesqueros.

Por otro lado, en Guatemala, son escasos los estudios relacionados a la identificación de las especies de productos marinos comercializados, así como la verificación de etiquetado de los mismos (FAO, 2019). Por ello, es de suma importancia generar estudios de esta índole para contribuir y establecer líneas base de investigación para llenar grandes vacíos de información acerca de las especies pescadas y comercializadas en el país. Asimismo, generar información de la diversidad biológica de los productos marinos permite ser una variable descriptiva del ecosistema, para generar información sobre los impactos ambientales marinos, los cuales están acelerando la pérdida de comunidades.

El presente estudio es de gran importancia, ya que permitirá generar información actualizada sobre las especies que se comercializan y son de gran importancia para la pesquería de Guatemala. De igual manera, este estudio permitirá verificar si existe

sustitución de especies en los productos pesqueros que se comercializan; incurriendo en el mal etiquetado de los productos pesqueros.

### **III. OBJETIVOS**

#### **A. General**

- Determinar mediante análisis genéticos la identidad de las especies de productos pesqueros de interés comercial en Guatemala.

#### **B. Específicos**

1. Analizar muestras de tejido de diferentes especies comercializadas en Guatemala con la finalidad de identificar y verificar el etiquetado en tres localidades de Guatemala, mercados, supermercados y área de desembarques.
2. Generar información acerca de la presencia/ausencia de especies comercializadas en Guatemala y generar un listado actualizado de las más comercializadas.
3. Identificar si se comercializan especies amenazadas o protegidas de acuerdo con el estado en la lista roja UICN.
4. Establecer un protocolo de extracción de ADN y amplificación del gen mitocondrial citocromo oxidasa subunidad I (*COI*) proveniente de productos pesqueros para identificar la especie.

## IV. HIPÓTESIS

### **Hipótesis nula**

El etiquetado de las especies de peces comercializados en Guatemala no corresponde con la identidad obtenida a partir del análisis genético.

### **Hipótesis alterna**

El etiquetado de las especies de peces comercializados en Guatemala sí corresponde con la identidad obtenida en el análisis genético.

## V. MARCO TEÓRICO

### A. Localidades de comercialización de productos marinos pesqueros

#### 1. Océano Pacífico de Guatemala

##### a. Topografía y características físicas

El Océano Pacífico guatemalteco tiene una extensión de 14,700 Km<sup>2</sup> a lo largo de toda la plataforma continental y consta con un área navegable de 93,000 Km<sup>2</sup>, la cual abarca profundidades desde 0 a 200 metros. A su vez, posee una longitud de 254 Km no consecutivos, debido a las diferentes desembocaduras (UNDP, 2018).

##### b. La Pesca en el Litoral Pacífico

La actividad pesquera es una de las actividades más importantes del litoral Pacífico. Esta sucede en las primeras 12 millas náuticas de las 200 millas existentes de la Zona Económica Exclusiva (ZEE). Los principales recursos pesqueros aprovechados están compuestos por atunes, crustáceos y peces como tiburones, dorados, meros, chernas, sardinas, entre otros. La Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN) en conjunto con la Dirección de Ordenamiento (DOT) han determinado que en los últimos 3 años la captura de especies pesqueras ha disminuido en toda la región, debido a problemas ambientales como escases de productos en el maro por fenómenos del niño y degradación de los fondos marinos, y problemas sociales y económicos, como la falta de regulación de la captura y el desinterés (SEGEPLAN/DOT, 2011).

Para esta región la captura de peces puede ser de dos tipos: **i)** de pequeña escala y artesanal, el cual no utiliza un instrumento de localización de los recursos y predomina la red agallera de monofilamento, líneas con anzuelos y cimbras. **ii)** de mediana escala, en la cual se cuenta con tecnología de detección sofisticada del recurso y predomina el uso y redes de arrastre a media agua, redes de cerco a media agua, líneas de mano y redes agalleras (SEGEPLAN/DOT, 2011).

Un estudio realizado acerca de la variación espacial en la composición y la abundancia de las especies capturadas por las pesquerías en el litoral Pacífico reportó 95 especies de peces de importancia para la región. En este estudio se demostró que existe una alta diversidad de especies explotadas por las pesquerías de pequeña escala o gran escala (Hernández-Padilla *et al.*, 2020). Asimismo, se llevó a cabo un estudio para la caracterización de los elasmobranquios presentes en la pesca artesanal del litoral Pacífico, en donde se lograron identificar 21 especies y fue posible determinar que existe una alta diversidad de especies (Castillo & Morales, 2021).

##### c. Pesquería / Desembarcaderos y Mercados

Para la costa del Pacífico de Guatemala, las bases de operación para el abastecimiento, carga y descarga de productos pesqueros se localizan en Champerico, San José, Iztapa y Las Lisas. Sin embargo, no existe una infraestructura básica como soporte de los desembarques pesqueros tanto de la pesca marítima industrial y artesanal. Razón por

la que el desarrollo del sector pesquero en Guatemala es poco o escaso (FAO, 2019). Para Esta zona se han reportado diferentes especies comerciales como;

**Cuadro 1. Peces óseos de importancia en el Pacífico de Guatemala.**

<b>Especie</b>	<b>Nombre común</b>
<i>Thunnus thynnus</i>	Atún
<i>Thunnus obesus</i>	Atún Patudo
<i>Thunnus albacares</i>	Atún Aleta Amarilla
<i>Katsuwonus pelamis</i>	Atún Listado
<i>Thunnus alalunga</i>	Albacora
<i>Prepilus spp.</i>	Aleta
<i>Pytonichthys spp. y Chlopsis sp.</i>	Anguila
<i>Bagre spp.</i>	Bagre
<i>Sarda chiliensis</i>	Bonito
<i>Polydactylus opercularis</i>	Barbudo
<i>Sphyræna ensis</i>	Barracuda
<i>Lobotes pacificus y Lobotes surinamensi</i>	Berrugata
<i>Cephalopholis panamensis</i>	Cherna
<i>Cynoscion spp. y Micropogonias spp.</i>	Corvina
<i>Coryphaena hippurus</i>	Dorado
<i>Caranx spp.</i>	Jurel
<i>Bothus luntaus y Hippolossina spp.</i>	Lenguado
<i>Mugil curema, Mugil cephalus y Mugil liza</i>	Lisa
<i>Makaira mazara y Makaira nigricans</i>	Marlín
<i>Epinephelus spp.</i>	Mero Cabrilla
<i>Eucinostomus dowii</i>	Mojarra
<i>Prepilus spp.</i>	Palometa
<i>Lutjanus spp.</i>	Pargo
<i>Lutjanus guttatus</i>	Pargo lunarejo
<i>Xiphias gladius</i>	Pez espada
<i>Batrachoides spp.</i>	Pez Sapo
<i>Seriola spp.</i>	Quinoga
<i>Centropomus undecimalis y Centropomus robalito</i>	Róbalo
<i>Conodon nobilis y Pomadasys sp.</i>	Ronco
<i>Opisthonema libertate</i>	Sardina
<i>Scomberomorus sierra</i>	Sierra
<i>Arius spp.</i>	Tacazonte

(FAO, 2018, 2019)

**Cuadro 2.** Peces cartilagosos de importancia en el Pacífico de Guatemala.

<b>Especie</b>	<b>Nombre Común</b>
<i>Carcharhinus falciformis</i>	Blanco, gris
<i>Carcharhinus limbatus</i>	Cazón
<i>Carcharhinus longimanus</i>	Volador
<i>Carcharhinus leucas</i>	Gambuzo
<i>Nasolamia velox</i>	Punta de zapato
<i>Sphyrna lewini</i>	Cornuda
<i>Sphyrna zygaena</i>	Cornuda
<i>Sphyrna mokarran</i>	Cornuda
<i>Rhizoprionodon longurio</i>	Cazón picudo
<i>Hypanus longus</i>	Manta de cola larga
<i>Mustelus lunulatus</i>	Mamón
<i>Mustelus sp.</i>	Mamón
<i>Prionace glauca</i>	Azul, gelatina
<i>Galocerdo cuvier</i>	Tintorera, gata
<i>Ginglymostomata cirratum</i>	Lija, nodriza
<i>Alopias pelagicus</i>	Zorro, mico
<i>Heterodontus mexicanus</i>	Dormilón

(FAO, 2018); Castillo *et al.*, 2021)

## **2. Ciudad de Guatemala**

Para Guatemala se ha reportado que la mayoría de los productos pesqueros se venden frescos. Sin embargo, también es posible encontrar pescado en presentación seco salado. La mayoría de los productos de exportación son congelados o enlatados. En la actualidad la deficiencia de datos de captura tiene consecuencias sobre los números de consumo, por lo que el consumo nacional de pescado es uno de los más bajos para Latinoamérica. Según las estadísticas oficiales la actividad pesquera contribuye menos del 1% del PIB (FAO, 2019).

### **a. Supermercados**

El análisis regional hecho por el área de Inteligencia Comercial de centro América Data en 2018 reportó que la región metropolitana de Guatemala concentra alrededor del 45% de todos los supermercados que operan en el país (Jiguan, 2018).

### **b. Mercados**

Según el perfil sobre la pesca y la acuicultura de la República de Guatemala el punto más importante para el mercado pesquero es la Terminal, ubicado en la ciudad capital. Este mercado cuenta con aproximadamente 100 puestos de venta, concentrando un

porcentaje alto de la producción de las costas del país. A su vez, la Terminal es el principal distribuidor del producto a los mercados minoristas de la capital, pero también para varios mercados del interior (FAO, 2019).

Por otra parte, se ha determinado que cada sitio de desembarque tiene sus propios puntos de venta de pescados y mariscos, siendo los más importantes los que se ubican cercanos al desembarcadero municipal (FAO, 2019).

## **B. Peces**

### **1. Cartilagosos**

Los peces cartilagosos también conocidos como condriictios se caracterizan por tener un esqueleto cartilaginoso. Estos pertenecen a la Clase Chondrichthyes y se subdividen taxonómicamente en dos subclases: Elasmobranchii, y Holocephali (Castro, 2010; Benavides *et al.*, 2014; Ebert *et al.*, 2021). Los condriictios representan una gran diversidad de formas, tamaños hábitats y métodos de reproducción (Paramo *et al.*, 2015). Además, son organismos que están altamente adaptados al entorno marino, con 5-7 pares de hendiduras branquiales a ambos lados de la cabeza para respirar y presentan pequeñas escamas semejantes a dientes que les permiten mejorar la hidrodinámica. Los tiburones presentan formas corporales cilíndrica con miles de dientes y los batoideos (Seidel *et al.*, 2016). Estos se encuentran en todas las aguas, desde aguas frías y profundas hasta aguas cálidas subtropicales (Ebert *et al.*, 2021).

En la actualidad uno de los recursos pesqueros de mayor preocupación son los peces cartilagosos (Frid *et al.*, 2008). A nivel mundial se ha reportado una sobreexplotación pesquera de varias especies, lo cual ha ocasionado una disminución en sus poblaciones (Dulvy *et al.*, 2014). Se ha mencionado que la pesquería que estos son un recurso vulnerable y susceptible, dado a que se caracterizan por sus tasas de crecimiento lento y sus bajas tasas de reproducción con un número reducido de crías (Salomón-Aguilar *et al.*, 2009).

Por otra parte, se ha logrado documentar un alarmante continuo declive mundial de las poblaciones de tiburones en el ecosistema marino, incrementando el riesgo de extinción de estas especies (Pacoureau *et al.*, 2021). Esta disminución de diversidad y reducción de poblaciones se atribuye a la sobrepesca, la cual ha llevado a muchas poblaciones marinas que han sido explotadas durante años al colapso (Finucci *et al.*, 2021; Kyne *et al.*, 2021; Yan *et al.*, 2021).

#### **a. Importancia ecológica**

Los peces cartilagosos son grandes depredadores carnívoros, por lo que son muy importantes para mantener el equilibrio y la dinámica poblacional de los ecosistemas marinos en los que habitan, así como también mantener las poblaciones estables de sus



presas (Frid *et al.*, 2008). Asimismo, se determinó que existen áreas de congruencia espacial para las especies de tiburones y rayas alrededor de las aguas costeras, mientras que las endémicas están en los límites convergentes de los ecosistemas tropicales y templados (Derrick *et al.*, 2020). En donde, estos sitios convergentes sirven como puntos críticos para la evolución de las especies debido a su alta productividad y complejidad de hábitat (Siqueira *et al.*, 2016). Por otra parte, se ha identificado que estas áreas de superposición se encuentran dentro de la ZEE, funcionando como puntos críticos de diversidad funcional en los tiburones, ayudando a mantener la función y la estructura de los ecosistemas marinos (Ferretti *et al.*, 2010; Lucifora *et al.*, 2011).

Dado a que se alimentan de presas por debajo de su posición en la cadena alimenticia, son capaces de mantener la distribución espacial potencial de otras especies, dando espacio a que exista una mayor diversidad dentro del ecosistema (Derrick *et al.*, 2020). A su vez, estos contribuyen a mantener la salud ecosistémica, ya que se alimentan tanto de presas saludables como enfermas. De tal manera que una disminución significativa en las poblaciones de tiburones dentro del ecosistema marino no solo puede generar un cambio en la cadena trófica, causando también el declive de poblaciones e incluso la extinción de otras especies, sino que también puede reducir la resiliencia del ecosistema marino haciendo a las demás comunidades de peces y organismos más vulnerables (Myers *et al.*, 2007; Ferretti *et al.*, 2010).

Por otra parte, en los últimos años se han utilizado especies de tiburones como indicadores del estado de salud del ecosistema, debido a que son depredadores ápice en las cadenas tróficas costeras y oceánicas, y su sensibilidad a cambios en los ecosistemas marino (Galván-Magaña *et al.*, 2014). Una de las características que les permite ser los mejores candidatos a ser bioindicadores, es encontrarse en la parte superior de la pirámide trófica, siendo susceptibles de bioacumular y biomagnificar diversos tipos de contaminantes (Cornish *et al.*, 2007). Se han realizado estudios para evaluar los niveles de mercurio, plomo y otros metales pesados en distintas especies de tiburones y rayas como *S. zygaena*, *Chiloscyllium plagiosum*, *Chiloscyllium arabicum*, *Rhinobatos armatus* *Mobula japonica* *Torpedo nobiliana*, entre otros (Adel *et al.*, 2018; Bezerra *et al.*, 2019).

Por último, se ha encontrado una relación de las variaciones ambientales de los tiburones y el cambio climático, en donde se determinó que existe una relación directa con la temperatura del agua, el oxígeno disuelto y la salinidad (Galván-Magaña *et al.*, 2014). A su vez, los tiburones tienen a ser generalistas, por lo que tienen a consumir presas de diferentes hábitats en áreas determinadas dependiendo de la disponibilidad de alimento, y de esta forma logran regular la estructura del ecosistema (Myers *et al.*, 2007; Lopez *et al.*, 2016).

## **b. Importancia económica**

Los elasmobranchios son un recurso natural, el cual brinda un gran valor al ecosistema en el que habitan (Vianna *et al.*, 2012). Esto se debe a que generan grandes ganancias monetarias directas para los seres humanos. Dentro de las actividades que

generan mayores ganancias está el ecoturismo orientado a los tiburones, siendo una atracción natural para recreación. Se ha logrado determinar que este tipo de actividades general alrededor de 314 millones de dólares por año, y se estima que para dentro de 15 años este valor sea duplicado (Cisneros-Montemayor *et al.*, 2013; Haas *et al.*, 2017). Por otra parte, los tiburones han sido considerados como especies bandera, lo cual ha permitido generar planes de manejo, así como acuerdos de conservación en ciertas áreas e inclusive para incentivar el crecimiento económico de las zonas pesqueras (Haas *et al.*, 2017)

En Guatemala, los elasmobranquios son considerados un elemento de alto valor económico, ya que son altamente comercializados (Chacón *et al.*, 2017). Estos son capturados a lo largo de la costa del Pacífico y del Caribe y la pesca de estos se desarrolla en su mayoría en embarcaciones menores o de pequeña escala tipo “panga”, formando parte de la pesca artesanal. Se ha determinado que la pesquería de tiburón en Guatemala es tropical multiespecífica, compuesta al menos de quince especies explotada, principalmente de los órdenes Carcharhiniformes y Lamniformes, representados por las especies *Carcharhinus faciformis*, *Nasolamia velox*, *Sphyrna lewini*, *C. limbatus*, *C. Cuvier*, *C. perezi*, *C. signatus*, *G. cirratum*, *P. glauca* y *Alopias Pelagicus* (Ruíz-Alvarado *et al.*, 2000; Hacohe-Domené *et al.*, 2020).

### **c. Importancia de conservación**

A pesar de su importancia ecológica y económica, varios estudios han logrado demostrar que las poblaciones de elasmobranquios están en disminución (Haas *et al.*, 2017). Se ha establecido que las disminuciones de poblaciones de elasmobranquios se deben a la sobreexplotación pesquera, ya sea por pesca incidental o por pesquería directa, teniendo un impacto de disminución de las poblaciones de un 24% (Paz Velásquez, 2015; Haas *et al.*, 2017). La principal causa de los declives poblacionales se atribuye a la presión pesquera, ya que estos organismos han sido sobre pescados, llevando a las especies a un estado vulnerable. Dado a que son especies con bajas tasa de reproducción y de número reducido de crías, la restauración de las poblaciones es muy difícil (Ramirez-Amaro *et al.*, 2013).

La reducción de estas poblaciones y los efectos que esta conlleva para los ecosistemas marinos son evidentes a nivel mundial, ya que estos animales poseen una amplia distribución en todos los océanos (Myers *et al.*, 2007). Por esta razón, si las poblaciones de elasmobranquios siguen decayendo, los riesgos para los ecosistemas y las otras poblaciones serán grandes, realizando cambios en las redes tróficas, la dinámica del ecosistema y en el aprovechamiento de los recursos que estos nos brindan (Haas *et al.*, 2017). Asimismo, se ha logrado determinar que, para la mayoría de las especies, las capturas se descartan, no se notifican ni se notifican con un código de pesca genérico (Albert *et al.*, 2018). Lo que genera una falta de informes de capturas, reduciendo la capacidad para evaluar tendencias en la población a nivel de especie e implementar acciones de gestión (Ferretti *et al.*, 2020; Finucci *et al.*, 2021).

## 2. Óseos

Los peces óseos o también conocidos como teleósteos son actualmente la clase dominante de peces, estos se caracterizan por tener un esqueleto osificado, con el cuerpo recubierto de escamas ciclodeas, por lo general una aleta caudal homocerca y una sola cámara branquial, una vejiga natatoria y altas concentraciones de urea en sus tejidos (Vélez Alvarez, 2015). A su vez, estos son vertebrados de sangre fría, que se caracteriza por la presencia de aletas, tener respiración branquial y que se desarrollan en un medio acuático. Se ha determinado que los peces utilizan varias estrategias para sobrevivir a los cambios ambientales, esto debido a que también poseen un amplio rango de distribución. Los teleósteos son el grupo más numeroso y diverso de vertebrados y presentan una gran diversidad formas de reproducción (Kobelkowsky, 2007; Navarro-Flores *et al.*, 2019).

Desde el punto de vista pesquero los teleósteos son el grupo más importante, ya que las capturas son muy diversas y son fuentes de proteínas para el consumo directo en los seres humanos (FAO, 2019). Sin embargo, la sobrepesca está generando que una disminución significativa en la abundancia de especies de peces (Holmlund & Hammer, 1999; Yan *et al.*, 2021). Esto se debe a que muchas de las especies de interés comercial están siendo explotadas por encima de su umbral de supervivencia, haciendo que la disponibilidad de recursos ícticos se reduzca (Cano & Sosa, 2018) .

### a. Importancia ecológica

Los peces en su mayoría son de suma importancia para el funcionamiento del ecosistema, como disipadores de la materia y la energía (Mariscal-Romero & van der Heiden, 2006). A su vez, se ha determinado que los peces desempeñan una función mucho más importante como agentes contribuidores de nutrientes en el ecosistema, causando cambios en los ritmos de crecimiento de los organismos en base de la cadena alimentaria. En los últimos años se consideraba que los peces contribuían al ecosistema únicamente como depredadores. Sin embargo, se determinó que los peces tienen otro importante papel en el sistema, ya que a través de las heces reciclan los nutrientes que ingieren, proporcionando fertilizante para otros organismos como, algas, bacterias, entre otros (McIntyre *et al.*, 2007). Asimismo, se describe que los peces juegan un papel importante en la manutención de la biomasa de algas, al igual que la estructura y composición de las mismas, abundancia de invertebrados y dinámicas particulares como la distribución espacial de otros organismos (Holmlund & Hammer, 1999)

Por otra parte, es posible establecer que los peces son migratorios de largas distancias, ayudando al movimiento de los nutrientes dentro del océano, llegando a ser sustanciales para otros animales con la finalidad de aumentar la productividad (Wheeler, 2014).

### b. Importancia económica

Los productos pesqueros, especialmente los peces constituyen una fuente de proteína muy importante para los humanos a nivel mundial (Holmlund & Hammer, 1999). En la actualidad el pescado es considerado una fuente vital de proteína de alta calidad,

proveyendo alrededor del 16% de proteína animal consumida por la población mundial (Tidwell & Allan, 2001). La FAO (2000) estima que el pescado genera alrededor de 51 billones de dólares por año, logrando dar empleo a 36 millones de personas y generando ingresos de manera directa e indirecta a más de 200 millones de personas. Debido a la alta demanda, la captura de peces ha aumentado. En 1970 se reportaron 40 millones de toneladas, para 1998 se reportaron 86 millones de toneladas y para 2018 se estimó que la producción mundial de pescado ha alcanzado unos 179 millones de toneladas, siendo uno de los valores más altos reportados (FAO, 2000, 2020)

Por otra parte, los peces también son de suma importancia en la industria farmacéutica, ya que ciertas sustancias son utilizadas en investigación para la producción de medicamentos. Por ejemplo, los antibióticos solubles en agua de amplio espectro se han encontrado en extractos provenientes del estómago de un tiburón (*Squalus acanthias*) y en la familia Tetradontidae se ha logrado la extracción de tetrodotoxina para estudiar las células nerviosas en humanos (Carté, 1996; Holmlund & Hammer, 1999).

En cuanto a Guatemala, en los últimos años se ha visto un aumento en la comercialización y exportación de productos pesqueros, permitiendo generar alrededor de 120 millones de dólares (FAO, 2019). Por ello, el sector pesquero es considerado actualmente como una fuente importante de ingresos, alimento y desarrollo en las regiones costeras (Hernández-Padilla *et al.*, 2020).

### **c. Importancia de conservación**

El declive de la diversidad de peces y las poblaciones puede generar grandes cambios en el ecosistema marino, cambiando la distribución espacial de los recursos y alterando el ciclo de reciclaje de los nutrientes, teniendo grandes implicaciones en la productividad oceánica. En la actualidad este rápido declive de poblaciones se atribuye a la sobreexplotación pesquera, por lo que es de suma importancia regular estas actividades para así evitar el malfuncionamiento del ecosistema (McIntyre *et al.*, 2007).

Por otra parte, poder predecir los efectos de la sobreexplotación pesquera, es necesario entender la dinámica de los peces dentro del ecosistema y la magnitud de los cambios, para evitar agotar este recurso natural de suma importancia para los humanos (Holmlund & Hammer, 1999).

## **C. Comercialización de productos pesqueros**

El proceso de comercialización comienza desde el momento de la captura y el desembarque, en donde el producto se vende a un intermediario el cual se encarga de procesar y comercializar la carne y las demás partes (Estrada, 2016; Hacoheh-Domené, Polanco *et al.*, 2018). Se ha reportado que la carne se vende en troncho para filete fresco y seco salado, y el cráneo, vertebras y aleta caudal son procesados y comercializados en el

marcado para elaborar medicinas. Por otra parte, el hígado se utiliza para la extracción de aceite, destinado para el consumo humano y animal. Por último, se ha logrado determinar que las carnes blancas se comercializan de manera fresca y congelada y que las carnes oscuras se venden como seco salado o filete fresco (Estrada, 2016).

La actividad pesquera y la comercialización poco controlada genera un desequilibrio en las poblaciones de peces. La pesca es altamente multiespecífica, en donde diversas especies son capturadas durante la operación (Escribano *et al.*, 2003). Es por esta multiespecificidad que se generan problemas asociados a la identificación y estimación de la proporción de especies de peces en las capturas, la cual es relevante para la determinación de especies, así como para determinar la mortalidad por pesca de especie específica, siendo relevante para un manejo adecuado de los recursos pesqueros (Aranis *et al.*, 2014). A pesar de que muchas especies han sido ampliamente capturadas y desembarcadas en puertos, todavía existen dificultades en el reconocimiento de los ejemplares, especialmente si se trata de individuos aislados o confinados a un área geográfica o donde sus distribuciones se sobreponen (Aranis *et al.*, 2007).

#### **D. Verificación e identificación mediante desembarques**

El aumento en las proporciones de captura, sumado a una elevada similitud morfológica entre especies ha ocasionado deficiencias en los sistemas de monitoreo que intentan determinar la proporción de especies para cuantificar las capturas y generar información para tomar posibles acciones de manejo (Aranis *et al.*, 2014).

En el caso de las capturas de condriictios varios estudios han generado herramientas para la identificación morfológica de los mismos. En el caso de (Hernández *et al.*, 2009) se realizó una guía de identificación morfológica de aletas de tiburón con el fin de tener registros más detallados y fidedignos de los desembarques de Chile para incorporar la identificación de las especies en los productos comercializados. A su vez, Perú desarrolló un manual para la identificación de troncos de tiburones de importancia comercial para el área, la cual incluye ocho especies pertenecientes a cinco géneros. Esto con la finalidad de tener un registro de las capturas de tiburones que son comercializadas para consumo humano directo (Camarena, 2018).

#### **E. Verificación e identificación mediante técnicas moleculares**

##### **1. Protocolos de extracción de ADN**

Los métodos de extracción de ácidos nucleicos eficaces y eficientes son de suma importancia para los laboratorios moleculares, ya que la capacidad de extraer ADN puro y de calidad es extremadamente crítico para aplicaciones siguientes. Es por esto, que al seleccionar un método de extracción se deben considerar ciertos aspectos; la pureza de

ADN obtenido, la rentabilidad del procedimiento, la duración de la exposición a productos químicos peligrosos y contaminantes, el tiempo del proceso y el número de pasos de transferencia. Importante mencionar, que no importa la fuente o el uso final del ADN, esto debido a que todos los métodos de extracción tienen como objetivo liberar el material genético de su fuente, lograr estabilizar el mismo contra la degradación, la eliminación de inhibidores de amplificación, una concentración de ADN en un volumen útil en solución acuosa que le permita ser compatible con aplicaciones posteriores y por último, sea un protocolo con capacidad de estandarización, preciso, sensible y reproducible (Riemann *et al.*, 2007; Boesenberg-Smith *et al.*, 2012).

Actualmente existen tres categorías principales de métodos de extracción de ADN. El primero, son las extracciones convencionales o manuales, el cual se define por el uso de productos químicos tales como fenol, cloroformo y etanol para aislar y precipitar los ácidos nucleicos (ESLAMI *et al.*, 2017). Estos métodos representan los métodos estándar, pero por lo general, no son adecuados para aplicaciones clínicas, ya que existen numerosos pasos de transferencia y exposición a químicos que pueden provocar contaminación (Boesenberg-Smith *et al.*, 2012).

Por otra parte, la segunda categoría de extracción, son los kits comerciales, los cuales permiten emplear una variedad de métodos de extracción, en donde se realiza una precipitación de sal, lisis celular con proteínas y columnas. Es importante resaltar, que los kits tienen a variar mucho con respecto a su costo, tiempo de procesamiento, tipo de muestra de entrada, cantidad requerida y la habilidad de obtener ADN puro y de calidad. En comparación con una extracción convencional es posible establecer que requieren de menos mano de obra y menos pasos de transferencia (Boesenberg-Smith *et al.*, 2012).

Por último, la tercera categoría, es en la cual se realizan extracciones por medio de un laboratorio automatizado, los cuales tienen como objetivo aumentar la uniformidad del procesamiento de muestras, el rendimiento de las muestras, la eficacia de los procedimientos y la reproducibilidad entre muestras y/o lotes para disminuir el tiempo total requerido para la extracción. Se suelen utilizar plataformas robóticas, las cuales funcionan con base a dos mecanismos; la adhesión de los ácidos nucleicos a una membrana de sílice y la separación magnética con revestimiento de perlas de sílice (Boesenberg-Smith *et al.*, 2012).

En cuanto a la extracción de productos pesqueros se han utilizado varios métodos convencionales de extracción y kits comerciales. El protocolo de extracción más utilizado para la extracción de ADN de pescado es el de Cloruro de sodio (NaCl), conocido como el método “salting out”. Varios estudios han modificado este protocolo, dentro de los cuales el buffer de extracción más utilizados está compuesto por Tris-HCl, EDTA, SDS, NaCl con un pH 8.0 (Hsieh *et al.*, 2005; Jiménez, 2015; Munguia-Vega *et al.*, 2021), y algunas veces cuenta con urea como el buffer de digestión TNES (Asahida *et al.*, 1996; Wasko *et al.*, 2003).

Se han realizado comparaciones entre ambos métodos de extracción, en el cual se determinó que se obtiene mayor concentración de ADN con el método de NaCl en

comparación a un método de NaCl con urea y un kit comercial. Sin embargo, el kit comercial obtuvo mejores resultados para la pureza. Por último, también fue posible determinar que los métodos clásicos muestran una significativa contaminación de fenoles y sales en el extracto de ácidos nucleicos (Dwiyitno *et al.*, 2018).

## **2. Marcadores moleculares**

En los últimos años ha aumentado la preocupación acerca de la salud de los océanos debido a las altas tasas de explotación pesqueras. Esto atribuido al aumento en la demanda de productos pesqueros como el pescado (FAO, 2011). A su vez, la globalización de la industria ha permitido que un número creciente de especies de peces se agrupen bajo un nombre en común (Helyar *et al.*, 2014). Por lo que la presión por mejorar el etiquetado y la trazabilidad de los productos pesqueros ha aumentado, ya que los consumidores son cada vez más conscientes de los problemas nutricionales y ambientales relacionados con la pesca (FAO, 2011)

Dado que, en la industria pesquera, el fraude es uno de los problemas más grandes y difíciles de identificar se han desarrollado otras técnicas para su identificación. Es por esto que los análisis genéticos de las especies de peces es uno de los métodos más útiles para reconocer, identificar y determinar la especie del producto, particularmente en el caso de especies morfológicamente muy similares o después de la pérdida de caracteres distintivos debido al procesamiento (Manosalvas & Estefanía, 2013).

Los primeros métodos desarrollados para la identificación de especies de tiburones se basan en marcadores moleculares RFLP (*Restriction fragment length polymorphisms*), pero es un método que requiere de mucho dinero y trabajo (Pank *et al.*, 2001). Por lo que, algunos años después se desarrolló el método basado en la amplificación de regiones, como la ITS2, la cual es una técnica más ágil y económica para la identificación de especies (Shivji *et al.*, 2002). En este estudio se desarrolló y evaluó un método de genética molecular, el cual está basado en la cadena de la Polimerasa (PCR), utilizando cebadores especie específicos, con la finalidad de distinguir las especies con precisión y sensibilidad. Por otra parte, también se han realizado estudios para la determinación de las especies de tiburón martillo basados en las regiones ITS2, en la cual se idéntico la presencia de estas especies en el comercio internacional (Abercrombie *et al.*, 2005)

Debido a esto en Europa, así como en otras partes del mundo se han realizado varios estudios recientes sobre el etiquetado incorrecto en productos provenientes del mar, en donde se han encontrado tasas de etiquetado incorrecto hasta del 32 (Filonzi *et al.*, 2010). La (FAO, 2011) menciona que la mayoría de los productos con un etiquetado erróneo proceden de comercios de pequeña escala o establecimientos de conveniencia. Asimismo, se determinó que los supermercados representan el 72% del mercado minorista, pero aún no han sido estudiados a fondo.

Helyar *et al.*, (2014) realizó un estudio en el Reino Unido para verificar los porcentajes de etiquetado incorrecto en sus productos pesqueros mayormente comercializados en supermercados. El estudio utilizó dos métodos moleculares para identificar la especie de los productos obtenidos. Se extrajo ADN con kits comerciales de extracción y se amplificó para el gen mitocondrial *COI*, ya que este ha sido validado para obtener identificaciones adecuadas.

Por otra parte, en Inglaterra se realizó un estudio para verificar el etiquetado en productos pesqueros procesados como dedos de pescado. Utilizaron un protocolo de extracción alto en sales para extraer ADN genómico y utilizaron cebadores para teleosteos para amplificar una región de 650pb del gen *COI*. Logran determinar que el etiquetado de los productos es muy general, ya que únicamente se da un nombre común y que las ganancias de un mal etiquetado en productos procesados son bajas, por lo que sugieren realizar estudios con productos en presentación de filete (Huxley-Jones *et al.*, 2012)

Asimismo, en España se han realizado varios estudios relacionados con la revisión de etiquetado en los alimentos de origen marino, ya que un etiquetado incorrecto puede dar como resultado una subestimación de las especies explotadas. Se utilizaron kits comerciales para la extracción y se amplificó la región *COI* y *Cytb* para la identificación de las especies. Lograron determinar que el etiquetado incorrecto se produce en los primeros pasos de procesamiento de los productos, alrededor del 7%, y que a pesar de la existencia de las distintas regulaciones la identificación y trazabilidad de los productos es un gran reto (Muñoz-Colmenero *et al.*, 2016). A su vez, se llevó a cabo un estudio para determinar fraude en pescado ofrecido en restaurantes de Madrid, en donde se utilizó se amplificó un pequeño fragmento de la región 16S para la identificación de especies de peces. Se logró determinar que el 37% de los productos presentaban un etiquetado incorrecto y que existía dominancia de etiquetado incorrecto en ciertas especies (Horreo *et al.*, 2019).

En México, se llevó a cabo un estudio para determinar si el pescado ofrecido en restaurantes y mercados de La Paz, Baja California sur están correctamente etiquetados, ya que el etiquetado incorrecto de los mariscos tiene un gran potencial para enmascarar cambios en el suministro de especies debido a la sobre pesca (Munguia-Vega *et al.*, 2021). Para la identificación de las especies se utilizó un fragmento de 650pb del gen *COI*. La investigación permitió determinar que el 40% de las muestras estaban mal etiquetadas; además fue posible identificar las 10 especies comerciales más importantes.

Por último, en los últimos años se ha determinado que la pesca ilegal, en donde no existen regulaciones y no se reporta proporciones de las capturas es una de las principales amenazas para el manejo adecuado de estos valiosos recursos (Helyar *et al.*, 2014). Por lo que, si se producen tasas comparables de etiquetado incorrecto en los productos pesqueros, es probable que se produzca un impacto sustancial a los esfuerzos para manejar y gestionar pesquerías de manera sostenible.



## VI. METODOLOGÍA

### A. Área de estudio

El estudio se realizará en Guatemala y se utilizarán tres sitios de importancia comercial: Supermercados (La Torre y Walmart), Mercados (La Terminal y Mercado Municipal de Villa Nueva) y Desembarcadero (Rancho El Calamar, Iztapa).

### B. Sujetos de estudio

Los sujetos de estudio fueron peces óseos y cartilagosos comercializados en las áreas de estudio previamente mencionadas. Los individuos fueron seleccionados de acuerdo con la disponibilidad de especies de peces en cada localidad.

### C. Permisos de investigación y colecta

#### 1. Permiso de investigación y colecta por parte del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP)

Se solicitó la licencia de investigación y de Colecta al Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP). Se solicitaron cartas de aval de depósito para material biológico al Departamento de la Universidad del Valle de Guatemala y a Colecciones Biológicas de la Universidad del Valle. El número de registro de investigación es el I-DPR-007-2021 (Anexo 3 y 4).

#### 2. Permiso por comité de bioética de la Universidad del Valle de Guatemala (UVG)

Se solicitó aprobación del protocolo de investigación al comité de bioética, Comité de ética, uso y cuidado animal (CEUCA) de la Universidad del Valle de Guatemala (Anexo 5).

### D. Trabajo de campo

#### 1. Criterios de inclusión y exclusión para elección de muestras

Para la toma de tejido muscular de peces se utilizaron los siguientes criterios de inclusión y exclusión para evitar fuentes de error durante el muestreo (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Criterios de inclusión y exclusión para las muestras musculares provenientes de peces.

<i>Criterios de inclusión</i>	<b>Criterio de exclusión</b>
<i>Productos pesqueros en cualquier presentación, filete, troncho, chuleta. Tejido muscular sin etiquetado</i>	Tejido muscular proveniente de un individuo completo Producto en presentación seco-salado

## **2. Recolección de tejido muscular**

Para la recolección de tejido se realizaron visitas a las tres localidades anteriormente mencionadas (supermercados, mercados y desembarcaderos) durante marzo a julio de 2021. En cada sitio se realizó la compra de 1lb de tejido muscular. Se registraron los datos de la etiqueta, especie, precio y posible punto de origen de captura. El tejido fue colocado en una bolsa previamente etiquetada. Se utilizó un código de identificación para todas las muestras.

## **3. Transporte y almacenamiento de las muestras**

El tejido fue colocado en una hielera para ser transportado. Luego de un filete se cortó un pedazo de 0.5 cm<sup>2</sup> el cual fue colocado en un tubo con etanol al 70%. A su vez, el resto del filete fue almacenado en un congelador a -20°C. Las muestras en etanol al 70% se mantuvieron en refrigeración hasta el día que se realizó el trabajo de laboratorio.

## **E. Trabajo de laboratorio**

### **1. Preparación de equipo**

Toda la cristalería utilizada fue lavada previamente con jabón baja en fosfatos y luego fue colocado en la autoclave por 20 minutos. A su vez, todas las superficies y equipo no autoclaveable fue desinfectado previamente con cloro al 10% y etanol al 70%.

### **2. Extracción de ADN según el método de NaCl**

El ADN de las porciones de tejido se extrajo siguiendo el protocolo modificado de extracción de NaCl propuesto por (Miller *et al.*, 1988).

Se utilizó un trozo de tejido de aproximadamente 10mg y fue colocado en un tubo Eppendorf de 1.5mL. Luego se añadieron 400 µL de buffer de extracción (100 mM NaCl, 50 mM Tris-HCl, 50mM EDTA, 1% SDS y pH de 8.0). Después se agregaron 40 µL de SDS al 2 y 8 µL de 20mg/mL de Proteinasa K (concentración final de 400 µg/mL). Los tubos fueron colocados en incubación a 56°C con agitación durante 3 hora 45 minutos. Después se colocaron 300 µL 6M NaCl (NaCl saturado con H<sub>2</sub>O). Los tubos fueron agitados con un Vortex a velocidad máxima por 30 segundos y fueron centrifugados a 10,000 rpm por 30 minutos. El sobrenadante fue transferido a nuevos tubos y se agregaron 700 µL de etanol absoluto. Se mezclaron por inversión y fueron incubados a -20°C por 1 hora. Luego estos fueron centrifugados por 20 minutos a 4°C a 10,000 rpm. Se descartó el sobrenadante. El pellet fue lavado con 300 µL etanol al 70% y fueron secados a temperatura ambiente. Por último, este fue re-suspendido en 100µL de Buffer TE 0.1X y fue almacenado a -20°C.

### **3. Cuantificación y verificación de calidad y pureza de ADN**

Para la cuantificación de ADN se utilizó un espectrofotómetro NanoDrop<sup>C</sup>1000 (Thermofisher), en el cual se colocaron 1.5 uL del extracto de ADN generado

anteriormente y se obtuvo la lectura con la concentración (ng/uL) de cada muestra. El banco utilizado fue Buffer TE.

La pureza y calidad del ADN fue medida con un espectrofotómetro NanoDrop<sup>C</sup>1000 a una absorbancia de A230/260 y A260/A280. La integridad del ADN se verificó mediante electroforesis en un gel de agarosa al 1%, con 1 µL de GelRed (10,000X), cargando 4uL de ADN por 1 uL de buffer de carga (Loading dye- Bionline). Cada gel se dejó correr a 110 V por 45 minutos (Jiménez, 2015).

#### 4. Amplificación para el gen Citocromo c oxidasa I (COI) vía Reacción en Cadena de Polimerasa (PCR)

Para amplificar la secuencia diagnóstica especie específica de las muestras colectadas se utilizarán los cebadores FISH propuestos por (Ward *et al.*, 2005), los cuales amplifican aproximadamente 655pb de la región 5' del gen mitocondrial COI (Cuadro 4.)

**Cuadro 4.** Cebadores utilizados para la amplificación del gen COI

<i>Cebador</i>	<i>Secuencia</i>
<i>FishF1</i>	5' TCAACCAACCACAAAGACATTGGCAC 3'
<i>FishF2</i>	5' TCGACTAATCATAAAGATATCGGCAC 3'
<i>FishR1</i>	5' TAGACTTCTGGGTGGCCAAAGAATCA 3'
<i>FishR2</i>	5' ACTTCAGGGTGACCGAAGAATCAGAA 3'

Para una reacción de 25 µL se utilizó 18.75 µL de agua ultrapura, 2.25 µL de Buffer de PCR 10X, 1.25 µL de MgCl<sub>2</sub> (50mM), 0.25 µL de cada primer (0.01mM), 0.125 de DNTPs (0.05mM), 0.625 U de Taq polimerasa y 0.5-2.0 µL de ADN. Las amplificaciones se realizaron con un termociclador (Eppendorf). El programa consistió en un paso inicial de 2 minutos a 95 °C seguido 35 ciclos de 30 segundos a 94°C, 30 segundos a 54 °C y un minuto a 72 °C, seguido por una extensión final de 10 minutos a 72°C y, por último, se mantuvo a 4°C. Los productos del PCR fueron visualizados en geles de agarosa al 1% (Ward *et al.*, 2005).

#### 5. Purificación de *producto PCR*

Los productos fueron purificados utilizando SpinPrep<sup>TM</sup> PCR Clean-Up Kit de Novagen de 100 preparaciones, se siguieron las instrucciones de la casa comercial.

Antes de iniciar se debe colocó el tubo con Buffer de dilución (SpinPrep Elution Buffer) a incubar a 70 °C. Se colocó en un tubo Eppendorff de 1.5mL 20 uL del producto PCR y 80 uL de Buffer de enlace (SpinPrep Bind Buffer) y vortexear por 10 segundos. Se colocó un filtro PCR en un tubo Eppendorff receptor de 2.0 mL, transferir la mezcla anterior y se centrifugó a 13,200 rpm por 2 minutos. Se levantó el filtro y se descartó el líquido del tubo receptor. Luego se agregaron 400 uL de Buffer de enlace (SpinPrep Bind

Buffer) y se centrifugó a 13,200 rpm por 2 minutos. Se levantó el filtro y se descartó el líquido del tubo receptor. Se agregaron 500 uL Buffer de lavado (SpinPrep Wash Buffer) y fue centrifugado a 13,200 rpm por 2 minutos. Se levantó el filtro, luego se descartó el líquido del tubo receptor y se volvió a centrifugar a 13,200 rpm por 2 minutos. Se transfirió el filtro PCR a un tubo Eppendorff de 1.5 mL y se agregó 50 uL del Buffer de dilución (SpinPrep Elution Buffer) previamente calentado sobre el filtro PCR. Se cerró la tapa y se dejó incubar a temperatura ambiente por 3 minutos. Se centrifugó inmediatamente por 2 minutos a 13,200 rpm.

Para la cuantificación de ADN purificado se usó un espectrofotómetro NanoDrop<sup>C</sup>1000, en el cual se colocaron 2 uL del extracto de ADN purificado y se obtuvo la lectura con la concentración (ng/uL) de cada muestra. El banco utilizado fue agua libre de nucleasas.

## **6. Cuantificación de producto PCR purificado**

Para la cuantificación del producto PCR purificado se utilizó un espectrofotómetro NanoDrop1000, en el cual se colocaron 1.25 uL y se obtuvo la lectura con la concentración (ng/uL) de cada muestra. El banco utilizado fue Buffer de dilución (SpinPrep Elution Buffer).

## **7. Secuenciación**

Se colocará 25 uL del producto PCR purificado en cada pozo de una placa de 96 pozos, el cual fue sellado con Biofilm y almacenado a 4°C y fueron enviadas a el laboratorio de la Universidad de Arizona en 1657 E Helen St, Tucson AZ 85721.

Para la secuenciación se utilizó un analizador de ADN ABI3730XL. Todas las muestras fueron secuenciadas bidireccionalmente.

## **F. Análisis de resultados**

Las secuencias completas fueron visualizadas con AliView. Posteriormente se utilizó el Software MEGA-X (Molecular Evolutionary Genetics Analysis) para editar cada una de las secuencias, cortando el fragmento *COI*. Luego de tener las secuencias editadas se alineó la secuencia Forward y la secuencia Reverse para obtener la secuencia consenso de la muestra. Para obtener la identificación genética de las muestras, las secuencia consenso fueron comparadas con la base de datos de NCBI. La identificación de especies se realizó revisando la coincidencia de la secuencia que mostró una similitud de secuencia de al menos 98% y un valor de E más cercano a 0.

Para establecer que existía un etiquetado incorrecto, se necesitó comparar la identificación genética con una lista que relaciones nombres comerciales y científicos. Sin embargo, para Guatemala las autoridades oficiales no han publicado un listado similar, por lo que se utilizó otras referencias que relacionen nombre comercial y especie, tales como nombres comunes conocidos por la FAO y otras referencias científicas. Se definió como etiquetado incorrecto cuando el nombre comercial de la muestra no coincida con la identificación genética. (Munguia-Vega *et al.*, 2021).

## VII. RESULTADOS

### A. Extracción ADN

En total se recolectaron 102 muestras de pescado, 34 muestras provenientes de mercados, 34 provenientes de supermercados y 32 de desembarcadero. En el caso de los mercados se recolectó un total de 16 muestras de peces cartilagosos y 18 de peces óseos en los mercados (**Cuadro 5.**). En contraste se recolectaron 2 muestras de peces cartilagosos y 30 muestras de peces óseos en el área de desembarque (**Cuadro 6.**). Finalmente, se recolectaron 6 muestras de peces cartilagosos y 28 muestras de peces óseos en los supermercados (**Cuadro 7.**)

Por otra parte, fue posible la extracción de ADN de las 102 muestras. En dónde es posible establecer que para la absorbancia de A260/280 se obtuvieron valores entre 1.09 y 2.31, indicando una posible contaminación de ARN. Por último, los valores de la absorbancia A260/230 se obtuvieron valores entre 0.36 y 2.39, indicando una posible contaminación por residuos de etanol (**Cuadro 5 ,6 y 7.**)

**Cuadro 5.** Concentración e integridad de ADN de las muestras provenientes de los mercados.

<i>ID</i>	<i>Localidad</i>	<i>Etiqueta</i>	<i>Concentración ng/uL</i>	<i>A 260/280</i>	<i>A 260/230</i>
1	Mercado	Dorado	1017.7	2.03	1.89
2	Mercado	Mamón	943.5	2.04	1.82
3	Mercado	Tiburón blanco	757.6	2.02	1.59
4	Mercado	Vela	1134.6	2.06	1.92
5	Mercado	Dorado	1186.3	1.97	1.59
6	Mercado	Tiburón	1238.8	2.04	1.75
7	Mercado	Manta	601.3	1.93	1.57
8	Mercado	Sierra	1516.6	2.05	1.96
9	Mercado	Robalo	501.7	2.05	1.45
10	Mercado	Pez espada	981.3	2.01	1.66
11	Mercado	Pez vela	1431.4	1.90	1.69
12	Mercado	Marlin	1035.1	2.05	1.53
13	Mercado	Tiburón	1842.4	2.06	1.83
14	Mercado	Dorado	3897.1	1.77	1.53
15	Mercado	Robalo	858.6	1.98	1.76
16	Mercado	Tiburón	3116.4	2.07	2.09
17	Mercado	Pez vela	1444.3	2.03	1.66
18	Mercado	Pargo	2014.8	2.31	2.01
19	Mercado	Manta	1436.5	1.99	1.69
20	Mercado	Manta	1226.7	1.91	1.64
21	Mercado	Pez Vela	981.0	2.01	2.04

<i>ID</i>	<i>Localidad</i>	<i>Etiqueta</i>	<i>Concentración ng/uL</i>	<i>A 260/280</i>	<i>A 260/230</i>
22	Mercado	Tiburón	1536.7	2.02	1.88
23	Mercado	Tiburón	1787.5	2.00	1.94
24	Mercado	Dorado	1582.8	1.99	1.68
25	Mercado	Tiburón	1510.8	2.04	1.98
26	Mercado	Dorado	1567.9	2.04	1.88
27	Mercado	Robalo	683.7	2.00	1.65
28	Mercado	Tiburón	1176.4	2.04	1.97
91	Mercado	Manta	549.3	1.93	1.38
92	Mercado	Vela	913.5	1.77	0.67
93	Mercado	Dorado	2078.2	2.06	1.99
94	Mercado	Marlin	1427.9	2.04	1.94
95	Mercado	Tiburón	841.8	1.9	1.47
96	Mercado	Manta blanca	764.0	1.92	1.67
97	Mercado	Atún Aleta Amarilla	1459.9	2.09	1.98
98	Mercado	Tiburón	846.9	2.06	1.79

**Cuadro 6.** Concentración e integridad de ADN de las muestras provenientes del Desembarcadero.

<i>ID</i>	<i>Localidad</i>	<i>Etiqueta</i>	<i>Concentración ng/uL</i>	<i>A 260/280</i>	<i>A 260/230</i>
29	Desembarcadero	Ronco	724.8	1.97	1.36
30	Desembarcadero	Pargo	1490.6	1.96	1.55
31	Desembarcadero	Lenguado	3944.1	2.14	2.04
32	Desembarcadero	Curbina	774.1	2.08	1.36
33	Desembarcadero	Caballito	592.1	2.01	1.31
34	Desembarcadero	Dorado	1926.8	2.07	1.77
35	Desembarcadero	Mero	573.3	2.07	1.56
36	Desembarcadero	Sierra	765.2	1.94	1.27
37	Desembarcadero	Bagre	1392.8	1.59	1.63
38	Desembarcadero	Curvina	1145.9	1.94	1.09
39	Desembarcadero	Tiburón	2830.8	1.99	1.31
40	Desembarcadero	Pargo	1080.8	1.92	1.03
41	Desembarcadero	Marin blanco	1614.9	1.78	0.81
42	Desembarcadero	Marlin rosado	1293.6	2.00	1.16
43	Desembarcadero	Manta	1051.7	1.84	1.06
44	Desembarcadero	Lenguado	813.1	1.98	1.26
45	Desembarcadero	Jurel	646.5	1.98	1.43
46	Desembarcadero	Picuda	1061.6	1.99	0.95
47	Desembarcadero	Espada	1608.6	2.09	1.64

<i>ID</i>	<i>Localidad</i>	<i>Etiqueta</i>	<i>Concentración ng/uL</i>	<i>A 260/280</i>	<i>A 260/230</i>
48	Desembarcadero	Dorado	819.8	2.05	1.54
49	Desembarcadero	Tiburón	769.0	1.73	0.87
50	Desembarcadero	Marlin	1008.1	1.93	0.78
51	Desembarcadero	Pargo	511.9	1.41	0.36
52	Desembarcadero	Dorado	2307.7	2.15	2.09
53	Desembarcadero	Pez sapo	692.8	1.98	1.10
54	Desembarcadero	Atún negro	587.6	2.08	1.24
55	Desembarcadero	Atún Aleta Amarilla	770.8	1.57	0.52
56	Desembarcadero	Curbina	305.2	2.22	0.98
57	Desembarcadero	Guavina	767.2	2.08	1.38
58	Desembarcadero	Sierra	843.9	2.02	1.2
59	Desembarcadero	Pargo	862.4	1.96	1.06
60	Desembarcadero	Marlin rosado	480.8	2.05	1.61

**Cuadro 7.** Concentración e integridad de ADN de las muestras provenientes de los supermercados.

<i>ID</i>	<i>Localidad</i>	<i>Etiqueta</i>	<i>Concentración ng/uL</i>	<i>A 260/280</i>	<i>A 260/230</i>
61	Supermercado	Dorado (Mahi mahi)	2373.6	2.15	1.78
62	Supermercado	Pargo	744.0	1.81	0.78
63	Supermercado	Curbina	698.3	2.02	1.36
64	Supermercado	Curbina	1247.5	2.02	1.43
65	Supermercado	Troncho	847	1.88	1.02
66	Supermercado	Lenguado	564.6	1.93	1
67	Supermercado	Dorado	1494.1	2.11	1.85
68	Supermercado	Curbina	203.6	1.85	0.73
69	Supermercado	Róbalo	753.5	1.93	0.96
70	Supermercado	Troncho	935.8	1.92	1.32
71	Supermercado	Pargo	2590.1	2.16	2.04
72	Supermercado	Troncho	803.3	2.01	1.54
73	Supermercado	Curbina	363.0	2.10	1.58
74	Supermercado	Troncho	452.4	1.95	1.10
75	Supermercado	Lenguado	1064.7	2.1	1.79
76	Supermercado	Curbina	907.1	2.09	2.39
77	Supermercado	Robalo	481.5	1.95	1.32
78	Supermercado	Lenguado	726.3	1.93	1.15
79	Supermercado	Curbina	402.3	1.74	0.83
80	Supermercado	Dorado	984.2	2.05	1.67

<i>ID</i>	<i>Localidad</i>	<i>Etiqueta</i>	<i>Concentración ng/uL</i>	<i>A 260/280</i>	<i>A 260/230</i>
81	Supermercado	Pargo	1192.0	1.85	1.17
82	Supermercado	Róbalo	281.8	1.75	0.77
83	Supermercado	Troncho	760.7	1.99	1.54
84	Supermercado	Dorado	1516.9	2.05	1.76
85	Supermercado	Lenguado	1479.6	1.13	0.64
86	Supermercado	Curbina	868.2	1.95	1.44
87	Supermercado	Róbalo	570.9	1.66	1.35
88	Supermercado	Troncho	710.5	1.86	0.48
89	Supermercado	Curbina	861.2	1.61	0.47
90	Supermercado	Curbina	717.0	1.27	0.42
99	Supermercado	Róbalo	495.2	1.90	0.99
100	Supermercado	Pargo	1720.6	1.09	0.73
101	Supermercado	Curbina	746.4	1.97	1.47
102	Supermercado	Dorado	1041.0	2.02	1.81

## B. Producto PCR

En cuanto a la cuantificación del producto PCR es posible determinar que se logró la amplificación de 102 muestras. Sin embargo, únicamente fue posible la purificación de 100. En cuanto a la absorbancia de A260/280 se pueden observar valores cercanos a 1.8, indicando un producto PCR de buena calidad. Sin embargo, en cuanto a la absorbancia de A260/230 es posible observar que la mayoría de los valores están por debajo de 0, indicando una posible contaminación por compuestos fenólicos y guanidina (**Cuadro 8, 9 y 10**).

**Cuadro 8.** Concentración e integridad de Producto PCR purificado para el cebador Fish 1 de las muestras provenientes de los mercados.

<i>ID</i>	<i>Localidad</i>	<i>Etiqueta</i>	<i>Cocentración (ng/ul)</i>	<i>A 260/280</i>	<i>A 260/230</i>
1	Mercado	Dorado	20.2	1.82	-1.57
2	Mercado	Mamón	13.3	1.69	-1.08
3	Mercado	Tiburón blanco	14.5	1.80	-1.34
4	Mercado	Vela	27.2	1.78	-10.26
5	Mercado	Dorado	7	1.91	-0.57
6	Mercado	Tiburón	N.A.	N.A.	N.A.
7	Mercado	Manta	17.4	1.82	-2.60
8	Mercado	Sierra	5.7	1.63	-0.69
9	Mercado	Robalo	23.3	1.81	-64.42
10	Mercado	Pez espada	23.1	1.93	-3.67
11	Mercado	Pez vela	21	1.66	6.54
12	Mercado	Marlín	36	1.70	2.04



<i>ID</i>	<i>Localidad</i>	<i>Etiqueta</i>	<i>Cocentración (ng/ul)</i>	<i>A 260/280</i>	<i>A 260/230</i>
13	Mercado	Tiburón	13.4	1.72	-1.30
14	Mercado	Dorado	N.A.	N.A.	N.A.
15	Mercado	Robalo	17.1	1.69	-6.27
16	Mercado	Tiburón	19.5	1.97	-1.94
17	Mercado	Pez vela	24	1.89	-2.99
18	Mercado	Pargo	26.6	1.59	1.04
19	Mercado	Manta	9.6	1.94	-0.78
20	Mercado	Manta	15.8	1.77	-5.74
21	Mercado	Pez Vela	36.6	1.73	2.19
22	Mercado	Tiburón	21.8	1.74	2.84
23	Mercado	Tiburón	22.3	1.80	7.51
24	Mercado	Dorado	9.6	2.06	-1.15
25	Mercado	Tiburón	12.9	1.96	-1.23
26	Mercado	Dorado	13.4	1.95	-1.67
27	Mercado	Robalo	6.3	2.12	-0.50
28	Mercado	Tiburón	12.4	2.10	-1.00
91	Mercado	Manta	21.7	1.83	-3.07
92	Mercado	Vela	26.2	1.80	-6.82
93	Mercado	Dorado	27.8	1.81	-5.56
94	Mercado	Marlin	18.2	1.82	-2.67
95	Mercado	Tiburón	25.9	1.70	-8.38
96	Mercado	Manta blanca	13.6	1.54	-2.51
97	Mercado	Atún Aleta Amarilla	9.4	1.74	-0.88
98	Mercado	Tiburón	37.5	1.77	18.80

**Cuadro 9.** Concentración e integridad de producto PCR purificado para el cebador Fish 1 de las muestras provenientes del área de desembarque.

<i>ID</i>	<i>Localidad</i>	<i>Etiqueta</i>	<i>Cocentración (ng/ul)</i>	<i>A 260/280</i>	<i>A 260/230</i>
29	Desembarcadero	Ronco	5	2.28	-0.31
30	Desembarcadero	Pargo	20.8	1.73	4.77
31	Desembarcadero	Lenguado	3.6	1.59	-0.37
32	Desembarcadero	Curvina	10.6	2.04	-0.86
33	Desembarcadero	Caballito	14.7	1.83	-3.82
34	Desembarcadero	Dorado	23.7	1.80	-51.18
35	Desembarcadero	Mero	8.5	1.70	-0.67
36	Desembarcadero	Sierra	2.7	1.39	-0.16
37	Desembarcadero	Bagre	10.4	1.92	-1.52
38	Desembarcadero	Curvina	7.2	1.81	-0.54
39	Desembarcadero	Tiburón	14.6	1.82	-1.23
40	Desembarcadero	Pargo	19.8	1.74	12.14

<i>ID</i>	<i>Localidad</i>	<i>Etiqueta</i>	<i>Cocentración (ng/ul)</i>	<i>A 260/280</i>	<i>A 260/230</i>
41	Desembarcadero	Marin blanco	12.8	1.87	-1.00
42	Desembarcadero	Marlin rosado	11.1	1.93	-0.83
43	Desembarcadero	Manta	15.1	1.79	-1.93
44	Desembarcadero	Lenguado	2.2	1.53	-0.14
45	Desembarcadero	Jurel	10.3	1.81	-0.73
46	Desembarcadero	Picuda	14.4	1.88	-1.45
47	Desembarcadero	Espada	7.4	1.96	-0.50
48	Desembarcadero	Dorado	24.8	1.87	-3.58
49	Desembarcadero	Tiburón	25.9	1.85	-3.54
50	Desembarcadero	Marlin	17.6	1.86	-1.70
51	Desembarcadero	Pargo	20.6	1.79	-2.28
52	Desembarcadero	Dorado	37.4	1.72	2.97
53	Desembarcadero	Pez sapo	26.6	1.81	-4.37
54	Desembarcadero	Atún negro	28.5	1.80	-8.21
55	Desembarcadero	Atún Aleta Amarilla	21.3	1.75	-2.92
56	Desembarcadero	Curbina	18.8	1.83	-3.30
57	Desembarcadero	Guavina	24.7	1.77	-4.08
58	Desembarcadero	Sierra	7.7	1.22	-0.75
59	Desembarcadero	Pargo	20.9	1.65	-3.46
60	Desembarcadero	Marlin rosado	26.1	1.76	-6.31

**Cuadro 10.** Concentración e integridad de producto PCR purificado para el cebador Fish 1 de las muestras provenientes de los supermercados.

<i>ID</i>	<i>Localidad</i>	<i>Etiqueta</i>	<i>Cocentración ng/ul</i>	<i>A 260/280</i>	<i>A 260/230</i>
61	Supermercado	Dorado (Mahi mahi)	22.6	1.79	-3.11
62	Supermercado	Pargo	20.3	1.63	6.29
63	Supermercado	Curbina	23.3	1.78	-3.87
64	Supermercado	Curbina	30.2	1.74	12.16
65	Supermercado	Troncho	17.1	1.70	-2.75
66	Supermercado	Lenguado	3.8	1.63	-0.26
67	Supermercado	Dorado	23.1	1.76	-5.11
68	Supermercado	Curbina	15.5	1.71	-9.73
69	Supermercado	Róbalo	9.6	1.85	-0.82
70	Supermercado	Troncho	16.5	1.84	-1.92
71	Supermercado	Pargo	40.7	1.65	2.14
72	Supermercado	Troncho	13.5	1.70	-3.33
73	Supermercado	Curbina	25.0	1.76	-11.36
74	Supermercado	Troncho	16.7	1.68	-3.95
75	Supermercado	Lenguado	3.2	1.44	-0.25

<i>ID</i>	<i>Localidad</i>	<i>Etiqueta</i>	<i>Cocentración (ng/ul)</i>	<i>A 260/280</i>	<i>A 260/230</i>
76	Supermercado	Curquina	7.7	1.54	-0.90
77	Supermercado	Robalo	32.1	1.67	4.00
78	Supermercado	Lenguado	0.5	0.74	-0.03
79	Supermercado	Curquina	3.2	1.12	-0.29
80	Supermercado	Dorado	28.3	1.68	10.73
81	Supermercado	Pargo	24.1	1.75	-6.39
82	Supermercado	Róbalo	9	1.61	-1.15
83	Supermercado	Troncho	8.8	1.51	-5.56
84	Supermercado	Dorado	29.4	1.76	6.88
85	Supermercado	Lenguado	3	1.48	-0.24
86	Supermercado	Curquina	23.7	1.80	-6.33
87	Supermercado	Róbalo	2.7	1.33	-0.23
88	Supermercado	Troncho	8.5	1.71	-0.66
89	Supermercado	Curquina	6.5	1.62	-0.54
90	Supermercado	Curquina	7.6	1.64	-0.59
99	Supermercado	Róbalo	4.5	1.39	-0.38
100	Supermercado	Pargo	21.8	1.77	-3.77
101	Supermercado	Curquina	6.6	1.59	-0.61
102	Supermercado	Dorado	20.8	1.72	-3.39

### C. Identificación genética de especies

Se logró secuenciar de manera exitosa un total de 96 muestras. Las 96 muestras correspondían a 39 especies, 31 especies de peces óseos y 8 peces cartilagosos (**Cuadro 11, 12 y 13**). En cuanto a las especies observadas se determinó que se comercializan especies en peligro crítico (CR) como *Sphyrna lewini*, en peligro (EN) como *Alopias pelagicus*, casi amenazados (NT) como *Lutjanus synagris* y *Prionace glauca*, y vulnerables (VU) tales como *Sphyrna zygaena*, *Carcharhinus falciformis*, *Hypanus longus*, *Makira nigricans* y *Rhizoprionodon lalandii*. Asimismo, fue posible determinar que existe un 39.5% de sustitución de especies.

**Cuadro 11.** Identificación genética de productos pesqueros provenientes de mercados.

<i>ID</i>	<i>Etiqueta</i>	<i>Origen probable</i>	<i>Localidad</i>	<i>ID Genético</i>	<i>Nombre común</i>	<i>Estado IUCN</i>	<i>Etiquetado correcto</i>
1	Dorado	Pacífico	Mercado	<i>Sphyrna zygaena</i>	Tiburón martillo	VU	NO
2	Mamón	Pacífico	Mercado	<i>Alopias pelagicus</i>	Zorro pelágico	EN	NO
3	Tiburón blanco	Pacífico	Mercado	<i>Carcharhinus falciformis</i>	Tiburón sedoso	VU	SÍ

<b>ID</b>	<b>Etiqueta</b>	<b>Origen probable</b>	<b>Localidad</b>	<b>ID Genético</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Estado IUCN</b>	<b>Etiquetado correcto</b>
4	Vela	Pacífico	Mercado	<i>Istiophorus platypterus</i>	Pez Vela	LC	SÍ
5	Dorado	Pacífico	Mercado	<i>Istiompax indica</i>	Marlin Negro	DD	NO
7	Manta	Pacífico	Mercado				
8	Sierra	Pacífico	Mercado	<i>Scomberomorus sierra</i>	Sierra	LC	SÍ
9	Robalo	Pacífico	Mercado	<i>Centropomus robalito</i>	Robalito	LC	SÍ
10	Pez espada	Pacífico	Mercado	<i>Xiphias gladius</i>	Pez Espada	LC	SÍ
11	Pez vela	Pacífico	Mercado	<i>Istiophorus platypterus</i>	Pez Vela	LC	SÍ
12	Marlin	Pacífico	Mercado	<i>Istiophorus platypterus</i>	Pez Vela	LC	NO
13	Tiburón	Pacífico	Mercado	<i>Carcharhinus falciformis</i>	Tiburón sedoso	VU	SÍ
15	Robalo	Pacífico	Mercado	<i>Micropogonias megalops</i>	Corvina ojogrande	LC	NO
16	Tiburón	N/A	Mercado	<i>Alopias pelagicus</i>	Zorro pelágico	EN	SÍ
17	Pez vela	Pacífico	Mercado	<i>Istiophorus platypterus</i>	Pez Vela	LC	SÍ
18	Pargo	N/A	Mercado	<i>Lutjanus peru</i>	Pargo de seda	LC	SÍ
19	Manta	N/A	Mercado	<i>Hypanus longus</i>	Raya látigo	VU	SÍ
20	Manta	Pacífico	Mercado	<i>Hypanus longus</i>	Raya látigo	VU	SÍ
21	Pez Vela	Pacífico	Mercado	<i>Istiophorus platypterus</i>	Pez Vela	LC	SÍ
22	Tiburón	Pacífico	Mercado	<i>Carcharhinus falciformis</i>	Tiburón sedoso	VU	SÍ
23	Tiburón	N/A	Mercado	<i>Carcharhinus falciformis</i>	Tiburón sedoso	VU	SÍ
24	Dorado	Pacífico	Mercado	<i>Istiophorus platypterus</i>	Pez Vela	LC	NO
25	Tiburón	Pacífico	Mercado	<i>Carcharhinus falciformis</i>	Tiburón sedoso	VU	SÍ
26	Dorado	Pacífico	Mercado	<i>Carcharhinus falciformis</i>	Tiburón sedoso	VU	NO
27	Robalo	Pacífico	Mercado	<i>Centropomus undecimalis</i>	Róbalo	LC	SÍ
28	Tiburón	Pacífico	Mercado	<i>Carcharhinus falciformis</i>	Tiburón sedoso	VU	NO

<b>ID</b>	<b>Etiqueta</b>	<b>Origen probable</b>	<b>Localidad</b>	<b>ID Genético</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Estado IUCN</b>	<b>Etiquetado correcto</b>
91	Manta	Pacífico	Mercado	<i>Istiophorus platypterus</i>	Pez Vela	LC	NO
92	Vela	Pacífico	Mercado	<i>Istiophorus platypterus</i>	Pez Vela	LC	SÍ
93	Dorado	Pacífico	Mercado	<i>Coryphaena hippurus</i>	Dorado	LC	SÍ
94	Marlin	Pacífico	Mercado	<i>Makaira nigricans</i>	Maril azul	VU	SÍ
95	Tiburón	N/A	Mercado	<i>Rhizoprionodon lalandii</i>	Cazón picudo	VU	SÍ
96	Manta blanca	N/A	Mercado				
97	Atún Aleta Amarilla	Pacífico	Mercado	<i>Thunnus albacares</i>	Atún de aleta amarilla	LC	SÍ
98	Tiburón	Pacífico	Mercado	<i>Makaira nigricans</i>	Marlin azul	VU	NO

**Cuadro 12.** Identificación genética de productos pesqueros provenientes del área de desembarque.

<b>ID</b>	<b>Etiqueta</b>	<b>Origen probable</b>	<b>Localidad</b>	<b>ID Genético</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Estado IUCN</b>	<b>Etiquetado</b>
29	Ronco	Pacífico	Desembarcadero	<i>Pomadasys panamensis</i>	Ronco blanco	LC	SÍ
30	Pargo	Pacífico	Desembarcadero	<i>Lutjanus guttatus</i>	Pargo lunarejo	LC	SÍ
31	Lenguado	Pacífico	Desembarcadero				
32	Curbina	Pacífico	Desembarcadero	<i>Cynoscion othonopterus</i>	Corvina	VU	SÍ
33	Caballito	Pacífico	Desembarcadero	<i>Selene vomer</i>	Jorobado de penacho	LC	N/A
34	Dorado	Pacífico	Desembarcadero	<i>Coryphaena hippurus</i>	Dorado	LC	SÍ
35	Mero	Pacífico	Desembarcadero	<i>Centropomus viridis</i>	Róbalo blanco	LC	NO
36	Sierra	Pacífico	Desembarcadero	<i>Centropomus viridis</i>	Róbalo blanco	LC	NO
37	Bagre	Pacífico	Desembarcadero	<i>Ariopsis assimilis</i>	Bagre Maya	LC	SÍ
38	Curvina	Pacífico	Desembarcadero	<i>Cynoscion leiarchus</i>	Corvina blanca	LC	SÍ

<b>ID</b>	<b>Etiqueta</b>	<b>Origen probable</b>	<b>Localidad</b>	<b>ID Genético</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Estado IUCN</b>	<b>Etiquetado correcto</b>
39	Tiburón	Pacífico	Desembarcadero	Rhizoprionodon terraenovae	Cazón picudo	LC	SÍ
40	Pargo	Pacífico	Desembarcadero	Lutjanus argentiventris	Pargo amarillo	LC	SÍ
41	Marlin blanco	Pacífico	Desembarcadero	Makaira nigricans	Marlin azul	VU	NO
42	Marlin rosado	Pacífico	Desembarcadero	Istiophorus platypterus	Pez Vela	LC	NO
43	Manta	Pacífico	Desembarcadero	Istiophorus platypterus	Pez Vela	LC	NO
45	Jurel	Pacífico	Desembarcadero	Caranx caninus	Jurel toro	LC	SÍ
46	Picuda	Pacífico	Desembarcadero	Sphyrna ensis	Barracuda mexicana	LC	NO
47	Espada	Pacífico	Desembarcadero	Tylosurus crocodilus	Agujón lisero/lechero	LC	NO
48	Dorado	Pacífico	Desembarcadero	Coryphaena hippurus	Dorado	LC	SÍ
49	Tiburón	Pacífico	Desembarcadero	Sphyrna lewini	Tiburón martillo	CR	SÍ
50	Marlin	Pacífico	Desembarcadero	Istiophorus platypterus	Dorado	LC	NO
51	Pargo	Pacífico	Desembarcadero	Lutjanus synagris	Pargo biajaiba	NT	SÍ
52	Dorado	Pacífico	Desembarcadero	Coryphaena hippurus	Dorado	LC	SÍ
53	Pez sapo	Pacífico	Desembarcadero	Sphoeroides annulatus	Tamboril anillado	LC	SÍ
54	Atún negro	Pacífico	Desembarcadero	Euthynnus affinis	Bacoreta oriental	LC	SÍ
55	Atún Aleta Amarilla	Pacífico	Desembarcadero	Thunnus albacares	Atún de aleta amarilla	LC	SÍ
56	Curbina	Pacífico	Desembarcadero	Cynoscion othonopterus	Corvina	VU	SÍ
57	Guavina		Desembarcadero	Nebris occidentalis	Corvina guavina	LC	SÍ
58	Sierra	Pacífico	Desembarcadero	Scomberomorus sierra	Sierra del Pacífico/ Macarela	LC	SÍ
59	Pargo	Pacífico	Desembarcadero	Lutjanus argentiventris	Pargo amarillo	LC	SÍ
60	Marlin rosado	Pacífico	Desembarcadero	Istiophorus platypterus	Pez Vela	LC	NO

**Cuadro 13.** Identificación genética de productos pesqueros provenientes de supermercados.

<i>ID</i>	<i>Etiqueta</i>	<i>Origen probable</i>	<i>Localidad</i>	<i>ID Genético</i>	<i>Nombre común</i>	<i>Estado IUCN</i>	<i>Etiquetado correcto</i>
61	Dorado (Mahi mahi)	N/A	Supermercado	Coryphaena hippurus	Dorado	LC	SÍ
62	Pargo	N/A	Supermercado	Lutjanus jocu	Pargo caballera	DD	SÍ
63	Curbina	N/A	Supermercado	Lutjanus analis	Pargo criollo/ Pargo cebal	NT	NO
64	Curbina	N/A	Supermercado	Oreochromis niloticus	Tilapia del Nilo	LC	NO
65	Troncho	N/A	Supermercado	Carcharhinus falciformis	Tiburón sedoso	VU	SÍ
66	Lenguado	Pacífico	Supermercado	Cyclopsetta querna	Lenguado dientón	LC	SÍ
67	Dorado	Pacífico	Supermercado	Coryphaena hippurus	Dorado	LC	SÍ
68	Curbina	Pacífico	Supermercado	Pangasius bocourti	Basa	LC	NO
69	Róbalo	Pacífico	Supermercado	Micropogonias megalops	Corvina ojogrande	LC	NO
70	Troncho	Pacífico	Supermercado	Carcharhinus falciformis	Tiburón sedoso	VU	SÍ
71	Pargo	Pacífico	Supermercado	Coryphaena hippurus	Dorado	LC	NO
72	Troncho	N/A	Supermercado	Carcharhinus falciformis	Tiburón sedoso	VU	NO
73	Curbina	N/A	Supermercado	Oreochromis niloticus	Tilapia del Nilo		NO
74	Troncho	N/A	Supermercado	Carcharhinus falciformis	Tiburón sedoso	VU	NO
75	Lenguado	Pacífico	Supermercado	Cyclopsetta querna	Lenguado dientón	LC	SÍ
76	Curbina	Pacífico	Supermercado	Centropomus robalito	LC	NO	
77	Robalo	Pacífico	Supermercado	Micropogonias megalops	Corvina ojogrande	LC	NO
79	Curbina	N/A	Supermercado	Cyclopsetta querna	Lenguado dientón	LC	NO

<i>ID</i>	<i>Etiqueta</i>	<i>Origen probable</i>	<i>Localidad</i>	<i>ID Genético</i>	<i>Nombre común</i>	<i>Estado IUCN</i>	<i>Etiquetado correcto</i>
80	Dorado	N/A	Supermercado	Coryphaena hippurus	Dorado	LC	SÍ
81	Pargo	N/A	Supermercado	Lutjanus jocu	Pargo caballera	DD	SÍ
82	Róbalo	N/A	Supermercado	Lutjanus jocu	Pargo caballera	DD	NO
83	Troncho	N/A	Supermercado	Prionace glauca	Tiburón azul	NT	NO
84	Dorado	Pacífico	Supermercado	Coryphaena hippurus	Dorado	LC	NO
86	Curbina	Pacífico	Supermercado	Cynoscion othonopterus	Corvina	LC	SÍ
88	Troncho	Pacífico	Supermercado	Carcharhinus falciformis	Tiburón sedoso	VU	NO
89	Curbina	N/A	Supermercado	Pangasius bocourti	Basa	LC	NO
90	Curbina	Pacífico	Supermercado	Pangasius bocourti	Basa	LC	NO
99	Róbalo	N/A	Supermercado	Makaira nigricans	Marlin azul	VU	NO
100	Pargo	N/A	Supermercado	Lutjanus jocu	Pargo caballera	DD	SÍ
101	Curbina	N/A	Supermercado	Cyclopsetta querna	Lenguado dientón	LC	NO
102	Dorado	N/A	Supermercado	Coryphaena hippurus	Dorado	LC	SÍ



## VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### A. Método de extracción NaCl

En la actualidad se suelen utilizar protocolos de extracción utilizando fenol-cloroformo para la extracción de ADN en aletas de pescados, obteniendo resultados satisfactorios (Lopera-Barrero et al., 2008). Sin embargo, se ha terminado que estos métodos son lentos y contaminantes (Yue & Orban, 2001). Por lo que en los últimos años se ha implementado el uso de protocolos de extracción utilizando sales, tales como el cloruro de sodio (NaCl). El cual es considerado como la alternativa para obtener un método de extracción simple, rápido y sobre todo no contaminante para obtener ADN de buena calidad en tejido animal (Miller *et al.*, 1988; Lopera-Barrero *et al.*, 2008).

Por otra parte, es posible establecer que el protocolo modificado de NaCl utilizado en el estudio es un protocolo eficiente para la extracción de ADN proveniente de tejido muscular de las muestras de peces óseos y cartilagosos. Esto se debe a que se obtuvieron concentraciones por arriba de los 400 ng/uL. A su vez, la absorbancia A260/A280 osciló entre 1.7 a 2.3, indicando una posible contaminación por ARN. Por lo cual se recomienda el uso de ARNasas, para completar la degradación del ARN y obtener un ADN más puro, ya que el ARN puede interferir con las lecturas (Lopera-Barrero *et al.*, 2008; Koetsier & Cantor, 2019). Por otra parte, la absorbancia A260/230 también es un indicador sensible a la contaminación que absorbe a 230nm, siendo estos más numerosos que los que absorben a 280nm, en donde se incluye a la guanidina tiocianato (GTC), clorhidrato de guanidina (GuHCl), EDTA, detergente no iónicos como Triton™, Tween © 20, proteínas y fenoles. Usualmente cuando los valores suelen estar entre 1.8 y 1.9, se considera una muestra limpia y puede ser utilizada para los siguientes pasos.

En cuanto a los valores obtenidos para A260/230 en la extracción, oscilan dentro de este rango y algunas veces están por debajo, lo cual puede atribuirse a contaminantes en el buffer de lisis. Esto debido a que el protocolo contiene EDTA, el cual afecta el espectro de absorbancia al igual que el etanol utilizado como buffer de lavada el cual tiene influencia sobre las lecturas de absorbancia en ambos radios.

### B. Purificación y amplificación de producto PCR con Citocromo Oxidasa I

A pesar de observar presencia de guanidina residual en la cuantificación respecto a la absorbancia A260/230, se puede afirmar que la pureza de este oscila alrededor del 1.8 estableciendo un ADN con buena calidad. La guanidina residual se puede atribuir a la presencia de esta en las columnas y filtros de kits comerciales al igual que el uso de soluciones con etanol y los buffers de enlace y lavado pueden tener un efecto sobre el

espectro de lecturas ya que se afecta la absorbancia de la muestra (Koetsier & Cantor, 2019).

En cuanto a la amplificación del gen citocromo oxidasa subunidad 1 (COI) con los cebadores Fish 1 y Fish 2 mediante PCR fue posible en todas las muestras. En las cuales se obtuvo un fragmento de aproximadamente 650 pb. De las cuales se obtuvo una purificación de 100 muestras.

Importante mencionar que el genoma mitocondrial posee muchas ventajas, entre las cuales está la ausencia de intrones, una baja exposición a procesos de recombinación, su alto número de copias en cada célula, que es de carácter haploide y que posee herencia por el cromosoma X (Loyola Llori, 2020).

En animales se ha determinado que la región *COI* es una región importante ya que carece de inserciones y deleciones en comparación a otros genes mitocondriales que codifican proteínas, lo cual permite evitar algún tipo de desajuste en la lectura de la cadena de nucleótidos, permitiendo un alineamiento y un análisis comparativo (Pires & Marinoni, 2010; Bucklin *et al.*, 2011).

Importante mencionar que esta región es más universal sobre otras regiones, lo cual permite que los cebadores permitan un amplio espectro taxonómico, ya que permiten una correcta amplificación del extremo 5' de dicha región (Barcaccia *et al.*, 2016). A su vez, esta región de *COI* muestra una tasa de sustitución de nucleótidos rápida, lo cual se puede traducir en un alto poder de resolución filogenética, permitiendo la diferenciación no solo de especies estrechamente relacionadas sino también definir la variación intraespecífica de poblaciones (Hebert *et al.*, 2003).

Por otra parte, sería de utilidad aumentar el uso de marcadores moleculares como el gen Citocromo B (*Cytb*), ya que al ser un gen mitocondrial permite la identificación de especies, estudios filogenéticos y el estudio de estructura y función de proteínas (Hsieh *et al.*, 2005). Asimismo, se ha logrado determinar que un fragmento del gen *CytB* ha sido caracterizado a lo largo de vertebrados, incluyendo peces, como un gen que permite una identificación de especies correcta (Hsieh *et al.*, 2010). Por otra parte, se han obtenido resultados exitosos utilizando un fragmento de aproximadamente 198pb del gen mitocondrial 16S, ya que este permite evitar tener referencias cruzadas con especies no objetivo (Hossain *et al.*, 2019).

### **C. Perfil genético de muestras**

Fue posible la secuenciación de 93 muestras, las cuales se obtuvieron a partir de un PCR exitosa y una alta calidad de secuencias consenso (96%). Esto permitió establecer una identidad de secuencia mayor al 99% y con un valor E cercano 0 en la base de datos NCBI. Fue posible la identificación de 39 especies con un fragmento de aproximadamente 584 pb del gen Citocromo oxidasa subunidad I (*COI*), de las cuales 31 son especies de peces óseos y 8 de peces cartilagosos. En varios estudios se ha reportado que este gen es una de las proteínas codificantes más conservada, importante para la producción de energía celular y

su importancia funcional en la evolución (Paine *et al.*, 2007; Ward *et al.*, 2009; Munguia-Vega *et al.*, 2021). Debido a que es un gen altamente conservado y se ha observado que demuestra una diferencia en la variación interespecies e intraespecies, permite una identificación precisa de las especies de peces y otros grupos como mamíferos, aves, artrópodos, entre otros (Cardeñosa *et al.*, 2017; Sultana *et al.*, 2018; Zeng *et al.*, 2018).

Bajo el etiquetado de tiburón se comercializan las especies de *Carcharhinus falciformis*, *Alopias pelagicus*, *Sphyrna lewini*, *S. zygaena*, *Prionace glauca*, *Rhizoprionodon lalandii*, y *R. terraenovae*.

*C. falciformis* suele habitar en aguas cálidas tropicales y subtropicales, distribuyéndose desde la península de Baja California hasta el Sur de Perú. Se caracteriza por ser placentario y tener un periodo de gestación de 12 meses. Dado a que suele ser un tiburón pelágico ha sido objeto de la pesca industrial, principalmente por el mercado de aleteo (Hoyos *et al.*, 2012) .

*A. pelagicus* cuenta con una distribución en todo el Pacífico Oriental y se caracteriza por ser una especie migratoria, un vivíparo aplacentario y con un ciclo reproductivo anual. Se ha determinado que es una especie de importancia para el consumo humano, debido a la extracción de carne y de aceite de hígado con altos porcentajes de vitamina A, la piel y para la práctica de aleteo (Lara *et al.*, 2020).

*S. lewini* es un tiburón circumtropical de aguas oceánicas y costeras del Pacífico oriental, distribuyéndose desde California hasta Chile. Para esta especie se han reportado altas tasas de capturas de juveniles en las zonas costeras por sus hábitos alimenticios y la forma de la cabeza, lo cual los hace altamente vulnerable al arte de pesca (Jiménez, 2015). Para Guatemala se ha determinado que esta especie es altamente capturada en estadios de neonato como pesca incidental (CONAP & MAGA, 2016).

*S. zygaena* es una especie pelágica con distribución global, encontrándose tanto en las orillas de la costa como en aguas abiertas y se caracteriza por ser vivíparo placentario. Se ha determinado que es una especie altamente capturado por la pesca indiscriminada para la obtención de aletas (Abercrombie *et al.*, 2005).

*P. glauca* es una especie pelágica con una distribución cosmopolita, migratoria y por ser vivíparo placentario. Esta especie es una de las más dominantes en los mercados de aletas, por lo que suele ser una de las más explotadas por la actividad pesquera (Aires-da-Silva *et al.*, 2007; Cardeñosa *et al.*, 2020).

*R. lalandii* es una especie que habita en aguas costeras someras, fondos arenosos o fangosos del Atlántico Occidental y se caracteriza por ser un vivíparo placentario (Motta *et al.*, 2005). Por otra parte, *R. terraenovae*, también es una especie vivípara placentaria con una distribución en el Atlántico Occidental, encontrándose en aguas costeras (Driggers *et al.*, 2020). Sin embargo, de todas las especies identificadas, estas son las únicas que presentan una distribución en el Océano Atlántico y no al Océano Pacífico. Asimismo, éstas no han sido documentadas en la obtención de datos de las especies provenientes de desembarques de rayas y tiburones en el Pacífico de Guatemala. Solo se tienen registradas

9 especies de tiburones; *C. falciformis*, *A. pelagicus*, *S. leweini*, *C. limbatus*, *N. velox*, *C. leucas*, *G. cuvier*, *P. glauca* y *C. longimanus* (CONAP & MAGA, 2016). Por lo cual la secuencia consenso obtenida del área de desembarque, identificada como *Rhizoprionodon terraenovae* podrían compartir una alta similitud con especies hermanas del mismo género, por lo que se sugiere que podría ser *R. longurio*, la cual fue reportada para el Pacífico de Guatemala (Polanco-Vásquez *et al.*, 2020; Castillo & Morales, 2021). Por otra parte, la muestra obtenida del mercado, identificada como *R. lalandii*, puede ser producto de la pesca del Océano Atlántico guatemalteco. Esto debido a que es una muestra proveniente del mercado La Terminal, el cual es el mercado más importante para los productos pesqueros y funciona como un punto de distribución para otros mercados minoristas de la capital (FAO, 2019).

Bajo el etiquetado de Manta se comercializa la especie de *Hypanus longus*, comúnmente conocida como raya látigo. Esta especie se distribuye en el Pacífico Centro-Oriental, desde Baja California hasta Ecuador, habitando en fondos rocosos y arrecifes de coral. Es una especie ovovivípara (Clarke *et al.*, 2018). Para Guatemala se ha reportado que es una especie altamente capturada en las redes de arrastre (Castillo & Morales, 2021)

En cuanto a las especies de peces óseos fue posible identificar que bajo el etiquetado de Jurel se comercializa *Caranx caninus*. Especie distribuida en el Pacífico Oriental, desde California hasta Perú, presente en agua abiertas poco profundas y costeras (Sánchez-García *et al.*, 2017).

Por otra parte, bajo el etiquetado de Róbalo se comercializan dos especies de la familia Centropomidae, *Centropomus robalito* y *C. undecimalis*, las cuales tienen una distribución en los océanos de la región tropical y subtropical del Pacífico Oriental. Especies que suelen encontrarse en aguas salobres como estuarios y zonas de vegetación densa de manglar (Flores-Ortega *et al.*, 2015). Asimismo, fue posible identificar que se comercializa *C. viridis* bajo el etiquetado de Sierra o Mero, a pesar de ser comúnmente conocido como Róbalo blanco/plateado. El cual tiene una distribución en el Océano Pacífico Oriental-Central. Para las tres especies, se ha reportado que son de suma importancia para la actividad pesquera (Perera-García *et al.*, 2011).

Bajo el etiquetado de Dorado, se comercializa *Coryphaena hippurus*, especie que se distribuye en los todos los océanos tropicales y subtropicales, principalmente en aguas oceánicas y costeras. Se ha reportado que es una especie migratoria y pelágica. Es una de las especies con mayor importancia comercial a nivel global, ya que es capturada durante todo el año (Moltó *et al.*, 2020).

Bajo el etiquetado de Lenguado se comercializa *Cyclopsetta querna*. Especie que se distribuye en todo el Pacífico Oriental, desde el Golfo de California hasta Perú. Esta suele habitar fondos arenosos, principalmente en estuarios con cobertura de mangle (Amezcuca *et al.*, 2011).

Bajo el etiquetado de Atún, se comercializan dos especies de la familia Scombridae, *Euthynnus affinis* y *Thunnus albacares*. En cuanto a *E. affinis* se conoce comúnmente como

Atún negro y se ha reportado que tiene una distribución en el Pacífico Indo-Occidental y algunas veces en el Pacífico Oriental central, encontrándose en aguas cálidas costeras (Santos *et al.*, 2010). Para *T. albacares*, se conoce comúnmente como Atún Aleta Amarilla, el cual tiene una distribución global en las regiones tropicales y subtropicales. Se ha reportado que es una especie altamente migratoria (Block *et al.*, 1997). Ambas especies son de importancia para la actividad pesquera, sin embargo, en los últimos años se han realizado investigaciones relacionadas con los riesgos del consumo de su tejido muscular debido a la biomagnificación de metales pesados como el plomo (Sadeghi *et al.*, 2020).

Para la familia Istiophoridae se comercializan dos especies. Bajo el etiquetado de Pez Vela, *Istiophorus platypterus*, especie con una distribución cirumglobal, teniendo hábitos pelágicos y caracterizada por ser altamente migratoria, observándose mayormente en aguas tropicales y subtropicales (Bubley *et al.*, 2020). Se ha determinado que es una especie con altas tasas de captura, sin embargo, se han establecido rangos de consumo debido a la acumulación de arsénico (Bergés-Tiznado *et al.*, 2021). Para Guatemala está prohibida la captura de la especie, especie reservada únicamente para la pesca deportiva. También, se comercializa bajo el etiquetado de Marlín dos especies, *Makaira nigricans*, de distribución global, y *Istiompax indica*, especie que se caracteriza por tener una distribución en el Pacífico Indico, principalmente en aguas tropicales y subtropicales. Ambas se encuentran registradas como especies objetivo de la actividad pesquera (Williams *et al.*, 2018).

En cuanto a la familia Lutjanidae, se comercializan diferentes especies bajo el etiquetado de Pargo en las tres localidades, la familia se caracteriza por tener una distribución en las regiones tropicales y subtropicales del Pacífico Oriental, En el mercado se comercializa *Lutjanus peru*, en el área de desembarque *L. guttatus*, *L. synagris*, *L. argentiventris*, y en el supermercado se comercializa *L. analis*, *L. jocu* y *L. argentiventri*. En la actualidad todas las especies de esta familia presentan signos de sobreexplotación Pesquera, ya que son de alto interés para la pesca artesanal e industrial (Guardia *et al.*, 2018)

También se comercializa bajo el etiquetado de pargo, *Micropogonias megalops*, sin embargo, comúnmente es conocida como corvina ojogrande. Especie caracterizada por tener una distribución en el Pacífico Oriental Central, encontrándose en aguas someras, costeras y estuarinas. Para Guatemala se ha reportado que presenta altas tasas de captura en el Pacífico, ya que es una especie de mayor valor económico en los mercados locales junto con *M. altipinnis* (Ortíz *et al.*, 2021).

Por otra parte, bajo el etiquetado de Curvina se comercializan 3 especies de la familia Sciaenidae, *Cynoscion othonopterus*, *C. leiarchus* y *Nebris occidentalis*, comúnmente conocida como Guabina. Para estas especies se ha reportado una distribución a lo largo del Océano Pacífico Oriental Central, habitando aguas costeras, desde México

hasta Perú. También se ha logrado determinar que son especies de suma importancia para la pesca artesanal e industrial (do Carmo Silva *et al.*, 2019).

Asimismo, bajo el etiquetado de Curvina se comercializan dos especies producto de la acuicultura, *Pangasius bocourti* y *Oreochromis niloticus*. Esto debido a que son especies conocidas por su alto contenido de nutrientes en el tejido muscular y presentan características agradables para la comercialización (Van Doan *et al.*, 2016). Ambas especies tienen una distribución fuera del Pacífico, *P. bocourti* teniendo una distribución en Asia y *O. niloticus* con una distribución en algunos ríos de África.

*Pomadasys panamensis* es comercializado bajo el etiquetado de Ronco, especie que se caracteriza por tener una distribución en el Pacífico Oriental tanto en aguas abiertas como en costeras. Es caracterizada por ser una especie abundante y por lo tanto de valor económico e importancia comercial (Amezcuca *et al.*, 2011).

Bajo el etiquetado de Sierra se comercializa *Scomberomorus sierra*, especie pelágica con distribución en aguas costeras del Pacífico, desde el Sur de California hasta Perú. También es importante mencionar que tiene una conducta migratoria debido a la alimentación y reproducción. Para el Golfo de México se ha reportado que es de suma importancia a nivel nacional y local (Lucano-Ramírez *et al.*, 2011). Para Guatemala también se ha reportado como una especie de importancia comercial en diferentes comunidades de pescadores del Pacífico (DIPESCA/MAGA & PNUD, 2018).

El pescado *Xiphias gladius* es comercializado bajo el etiquetado de Pez Espada. Es una especie con una distribución global, principalmente en aguas costeras del Pacífico y es caracterizado por eso altamente migratorio. Se ha reportado que es una especie de alto valor económica e importante para la actividad de la pesca, ya que presenta altas tasas de captura incidental en la pesca del atún (Su *et al.*, 2020). Por otra parte, se comercializa como Pez Espada a la especie comúnmente conocida como agujón liserero, *Tylosurus crocodilus*. La cual tiene una distribución en el Pacífico Indo-Occidental, es una especie pelágica y de comportamiento solitario (Kumar *et al.*, 2021).

En el área de desembarque fue posible identificar que bajo el etiquetado de Caballito se comercializa *Selene vomer*, especie con una distribución en el Atlántico, principalmente en aguas costeras y estuarinas. Especie reportada en Panamá bajo el nombre de Caballito (Garcés, 2021). Sin embargo, para el Pacífico guatemalteco se ha reportado la presencia de 3 diferentes especies, correspondiendo a *S. brevoortii*, *S. peruviana* y *S. oerstedii*. Por lo que es posible que la secuencia consenso este altamente relacionada a una de estas especies hermanas.

Bajo el etiquetado de Bagre se comercializa *Ariopsis assimilis*. Es una especie con una distribución limitada a América Central, principalmente en el Océano Atlántico (Schmitter-Soto *et al.*, 2018). Sin embargo, para Guatemala se han reportado dos especies de Bagre presentes en el Océano Pacífico, correspondiendo a *Bagre pinnimaculatus* y *B. panamensis*. Por lo que es posible que sea alguna de estas dos especies, ya que es una muestra proveniente del área de desembarque.

Por otra parte, de los peces que se observaron en menor disponibilidad, está el Pez sapo el cual es el etiquetado con el que se comercializa *Sphoeroides annulatus*. El cual tiene una distribución a lo largo del Pacífico Oriental, desde California hasta Perú, y se caracteriza por encontrarse en fondos blandos y estuarios. En los últimos años esta especie ha aumentado su abundancia, por lo que está tomando importancia dentro de la pesca artesanal (Ojeda-Ruiz *et al.*, 2016).

Y, por último, bajo el etiquetado de Picuda se comercializa *Sphyraena ensis*. Es una especie con distribución en el Pacífico Oriental, desde México hasta Ecuador, y se encuentra principalmente en las aguas costeras. En el Pacífico guatemalteco es comúnmente conocida como Barracuda y es una especie de importancia económica y comercial (Zavala-Leal *et al.*, 2018).

#### **D. Etiquetado incorrecto**

En diferentes países se han realizado investigaciones acerca de la sustitución de especies y el mal etiquetado. En Europa la Comisión Europea, se han registrado altas tasas de etiquetado incorrecto en productos pesqueros, principalmente en el Atún rojo (Pellón-Olmedo *et al.*, 2019). En Estados Unidos se llevó a cabo una investigación para evaluar el etiquetado de productos pesqueros en restaurantes de tres localidades del país, el cual reveló que existe un 16.3% de etiquetado incorrecto. Asimismo, establecen que existe un vacío en la transparencia del etiquetado, por parte de los proveedores, así como por los vendedores (Khaksar *et al.*, 2015). Por otra parte, en México se registró que existe 40% de mal etiquetado en productos pesqueros provenientes de la pesca artesanal, en dónde fue posible determinar que la sustitución de especies puede deberse a varios factores y no únicamente por las ganancias económicas, sino también por el nivel de oferta de una especie en particular que tiene mayor influencia en el mercado y la disponibilidad de especies, ya que el etiquetado incorrecto tiende a aumentar en especies de bajo suministro (Munguia-Vega *et al.*, 2021).

En este estudio fue posible determinar que existe 39.5% de etiquetado incorrecto, siendo un porcentaje alto en comparación con otros estudios. En Estados Unidos se ha reportado un valor de 16.3 a 19% de etiquetado incorrecto (Khaksar *et al.*, 2015), mientras que en México se tiene un rango de valores entre 26.5% a 34% de sustitución de especies (OCEANA, 2019; Munguia-Vega *et al.*, 2021); estimaciones globales reportan hasta un 30% de etiquetado incorrecto (Pardo *et al.*, 2016).

Lo cual concuerda que en la actualidad se ha determinado que el etiquetado incorrecto de los alimentos marinos es un problema mundial, ya que tiene como resultado una subestimación de las declaraciones de las especies explotadas y pueden llegar a tener efectos negativos en la conservación de especies amenazadas. La sustitución de especies abarca diferentes niveles de riesgo ecológico incluyendo la falta de trazabilidad de los productos pesqueros (Muñoz-Colmenero *et al.*, 2016).

A su vez, se ha reportado que el etiquetado incorrecto o la sustitución de especies es intencionado con el fin de conseguir beneficios económicos, sustituyendo especies de

mayor valor por otras especies de menor valor comercial (Hossain *et al.*, 2019; Pellón-Olmedo *et al.*, 2019). Sin embargo, el etiquetado incorrecto no está estrictamente limitado al beneficio económico (Khaksar *et al.*, 2015).

A lo largo de este estudio se determinó la sustitución de especies de mayor valor por otras especies de menor valor comercial. Algunos ejemplos de esto son: el Dorado (*Coryphaena hippurus*) es sustituido por especies como el Tiburón martillo (*Sphyrna zygaena*), Marlin negro (*Istiompax indica*), Pez Vela (*Istiophorus platypterus*) y Tiburón sedoso (*Carcharhinus falciformis*); Róbalo (*Centropomus undecimalis* y *C. robalito*) sustituido por Corvina ojogrande (*Micropogonias megalops*), Pargo caballera (*Lutjanus jocu*) y Marlin azul (*Makaira nigricans*); Pez Espada (*Xiphias gladius*) sustituido con Agujón lisero (*Tylosurus crocodilus*); Marlin blanco (*Kajikia albida*) sustituido por Marlin azul (*Makaira nigricans*); Pargo (*Lutjanus* spp.) sustituido por Dorado (*Coryphaena hippurus*); Mamón (*Mustelus* spp.) sustituido por Zorro pelágico (*Alopias pelagicus*); la Curvina (*Cynoscion* spp. y *Micropogonias* spp.) sustituida por Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), Basa (*Pangasius bocourti*) y Lenguado dientón (*Cyclopsetta querna*); Picuda sustituida por Barracuda mexicana (*Sphyrna ensis*); y por último el Pez Vela (*Istiophorus platypterus*) es vendido bajo el etiquetado de Marlin y Mantaraya.

Por otra parte, también es posible mencionar que se observó sustitución de especies de mayor valor por especies de menor valor como la Curvina sustituida por Pargo criollo (*Lutjanus analis*), y Róbalo (*Centropomus robalito*), Sierra (*Scomberomorus sierra*) por Róbalo blanco (*C. viridis*) y Mero por Róbalo blanco (*C. viridis*). Lo cual se contradice con la hipótesis de que la sustitución de especies surge para obtener mayores ganancias. En este caso se ha reportado que estas sustituciones de especies se pueden atribuir a la venta de especies que están temporalmente restringidas a la pesca, son especies que tienen una cantidad limitada y de captura incidental (Munguia-Vega *et al.*, 2021).

Asimismo, en esta investigación se observó que existe mayor porcentaje de mal etiquetado en los supermercados en comparación a los mercados y el área de desembarque. Esto se encuentra altamente relacionado con la falta de sistemas de controles apropiados en los diferentes niveles de la cadena procesamiento de alimentos (Filonzi *et al.*, 2021). Debido a esto, varias investigaciones acerca de fraude marino recomiendan que se debe utilizar una política de transparencia para poder tener una trazabilidad completa de las especies comercializadas, por lo que todos los productos deben contener un etiquetado completo, el cual incluye el nombre común y la especie (Di Pinto *et al.*, 2015; Mariani *et al.*, 2015).

La importancia de un etiquetado completo y correcto radica en que el consumidor tiene conocimiento completo acerca del producto y se previene la sustitución de especies e incluso la comercialización de especies amenazadas. Los resultados de este estudio reflejaron la comercialización de especies amenazadas bajo etiquetado ambiguo, tales como; Tiburón y Troncho, se comercializan especies en peligro crítico (CR) como el Tiburón martillo (*Sphyrna lewini*), en peligro (EN) como Zorro pelágico (*Alopias pelagicus*) y casi amenazado (NT) como el Tiburón azul (*Prionace glauca*).



## **E. Estado de conservación de especies**

El estado de conservación de las especies identificadas en el estudio permitió identificar que se comercializan especies en peligro crítico como *Sphyrna lewini*, en peligro como *Alopias pelagicus*, casi amenazado como *Lutjanus synagris*, *L. analis* y *Prionace glauca*, y vulnerables como *Sphyrna zygaena*, *Carcharhinus falciformis*, *Hypanus longus*, *Cynoscion othonopterus*, *Makaira nigricans* y *Rhizoprionodon lalandii*. De todas las especies de tiburones identificadas a lo largo de este estudio, cuatro de estas especies están incluidas en el Apéndice II de CITES (*Carcharhinus falciformis*, *Alopias pelagicus*, *Sphyrna lewini* y *S. zygaena*) (Polanco-Vásquez *et al.*, 2020; Dulvy *et al.*, 2021).

Por otra parte, fue posible observar que existe una alta tasa de comercialización de Pez Vela, *Istiophorus platypterus*, el cual está únicamente reservado para la pesca deportiva según el Artículo 28 de la Ley general de Pesca y Acuicultura (Decreto 80-2002) y su Reglamento (Acuerdo gubernativo 223-2005). Asimismo, este artículo hace énfasis en que queda prohibida la captura de esta especie para la actividad de pesca comercial. Por otra parte, el Artículo 80 apartado j), hace énfasis en la prohibición de pescar y comercializar tanto nacional como internacional el pez vela, a excepción de la pesca deportiva, en donde estos pueden ser capturados y deben ser devueltos vivos al mar.

Asimismo, algunas comunidades de pescadores artesanales en el Pacífico guatemalteco han solicitado que es necesario implementar veda formal con base en estudios científicos para los recursos pesqueros, como la sierra, *Scomberomorus sierra* (DIPESCA/MAGA & PNUD, 2018).

Por lo que el seguimiento continuo de la constante explotación de estas especies es importante para poder determinar la abundancia actual y la sostenibilidad de la población de la región en un futuro. Esto relacionado a que la mayoría de las especies encontradas en este estudio presenta un estado poblacional decreciente, a excepción del Tiburón cazón picudo (*Rhizoprionodon terraenovae*) quien tiene un estado poblacional creciente. Por otra parte, se identificó que la Sierra (*Scomberomorus sierra*), el Caballito (*Selene vomer*) y el Dorado (*Coryphaena hippurus*) tienen un estado poblacional estable. Sin embargo, la sobre explotación pesquera en plazos largos tiene efectos negativos en el ecosistema y en las poblaciones de adultos y juveniles, ya que muchas veces la pesca es multiespecífica (Escribano *et al.*, 2003; Sadovy de Mitcheson *et al.*, 2020).

## **F. Manejo de pesquerías y conservación de especies**

La información obtenida acerca de la sustitución de especies en los productos pesqueros comercializados es de suma importancia nacional como internacional, ya que se sabe que el consumo de productos marinos ha aumentado al igual que la pesca industrial (FAO, 2018). Los resultados obtenidos en esta investigación son de suma importancia, ya que esta es una de las primeras investigaciones relacionadas con la identificación genética de las especies comercializadas en Guatemala. La información generada puede ser utilizada por entidades reguladores de la pesca e instituciones relacionadas con la venta/comercialización de productos pesqueros en el país.

Asimismo, los resultados de este estudio permiten establecer una línea base para la gestión de procesos de conservación de las especies, en donde se pueden generar programas de monitoreo y regulación del recurso, los cuales puedan contribuir a disminuir la presión pesquera y el consumo de productos pesqueros en el país. Esto debido a que se ha comprobado que la regulación estricta de etiquetado combinada con la implementación de controles oficiales regulares puede jugar un papel importante en la transparencia de la industria de productos pesqueros (Minoudi *et al.*, 2020). También se ha identificado que un sistema de certificación de productos pesqueros y la trazabilidad pueden prevenir la sustitución de especies (Barendse *et al.*, 2019).

Por otro lado, se ha documentado que varias comunidades de pescadores reconocen que la diversidad de especies varía a lo largo de todo el año como parte de la estacionalidad de los recursos pesqueros. Por lo que es de alta necesidad realizar un ordenamiento de estos recursos con base científica para reducir las malas prácticas, la sobreexplotación y la degradación de los ecosistemas (DIPESCA/MAGA & PNUD, 2018).

En general el aumento del consumo de productos pesqueros por los humanos debido a los beneficios asociados ha ido paralelo a la sobreexplotación pesquera en todos los océanos (Durán *et al.*, 2017). Dado a que la pesca es una actividad multiespecífica, la cual permite que los productos de esta sean susceptibles a sustitución de especies para su comercialización es importante que se desarrollen diferentes sistemas de certificación de los productos pesqueros, los cuales aseguren que el pescado corresponde al etiquetado y que han sido capturados por medio de técnicas no invasivas. Por otra parte, es de suma importancia realizar programas de educación ambiental, con la finalidad de aumentar la concientización en las personas acerca de las prácticas pesqueras y sus impactos sobre el ecosistema y las poblaciones de peces. Asimismo, es de importancia, que dentro de estos programas de educación ambiental se incluyan las especies de importancia comercial y sus estados poblacionales, ya que se ha reportado que los consumidores que cuentan con mayor información acerca del producto pesquero buscan alternativas para no contribuir con la degradación de los ecosistemas y/o poblaciones (Durán *et al.*, 2017; Munguia-Vega *et al.*, 2021).

## IX. CONCLUSIONES

1. Se determinó que existe un 39.5% sustitución de especies en los productos pesqueros comercializados en Guatemala.
2. Para el área de desembarque se registró la comercialización de 22 especies con un porcentaje de sustitución de 28.1, para los mercados se registraron 16 especies con un porcentaje de sustitución de 29.2 y para los supermercados se registraron 12 especies con un porcentaje de sustitución de 60%.
3. Fue posible identificar que se comercializan especies en peligro crítico como *Sphyrna lewini*, en peligro como *Alopias pelagicus*, casi amenazado como *Lutjanus synagris*, *Lutjanus analis* y *Prionace glauca*, y vulnerables como *Sphyrna zygaena*, *Carcharhinus falciformis*, *Hypanus longus*, *Cynoscion othonopterus*, *Makaira nigricans* y *Rhizoprionodon lalandii*.
4. Es posible establecer que el método de extracción de cloruro de sodio (NaCl) es un método efectivo para la extracción de ADN puro y de calidad. Asimismo, los cebadores FISH del gen Citocromo oxidasa subunidad I permiten una identificación especie específica correcta.

## X. RECOMENDACIONES

1. Aumentar el esfuerzo de muestreo por especie y localidades en ambas costas para tener un mejor registro de las especies comercializadas y tener un control sobre el etiquetado de los productos pesqueros.
2. Realizar investigaciones de esta naturaleza a largo plazo, con la finalidad de establecer los períodos donde se ve la sustitución de especies con mayor frecuencia y que permita identificar posibles cambios en el etiquetado incorrecto de las mismas.
3. Aumentar el uso de marcadores mitocondriales como el *Cytb*, debido a que es una región altamente conservada, la cual tiene los codones de evolución lenta y rápida.
4. Generar información sobre la actividad pesquera para el Pacífico y Atlántico guatemalteco, desde la captura, el desembarque y el procesamiento de los productos pesqueros.
5. Realizar investigaciones que permitan conocer el estado poblacional de las especies de importancia comercial tanto para el Océano Pacífico, como para el Océano Atlántico.
6. Generar esfuerzos para aumentar capacidades técnicas de las entidades responsables de llevar el control de las especies y tasas de capturas para poder realizar trazabilidad completa de las especies, así como de los productos pesqueros.
7. Generar programas de educación ambiental para aumentar la concientización de las personas acerca de la actividad pesquera, con la finalidad de incentivar el consumo responsable.
8. Involucrar a los supermercados para generar propuestas biotecnológicas que contribuyan a mejorar la trazabilidad de los productos pesqueros comercializados y fomentar un consumo responsable.

## XI. BIBLIOGRAFÍA

- Abercrombie, D., Shelley, C., & Shivji, M. (2005). Global-scale genetic identification of hammerhead sharks: Application to assessment of the international fin trade and law enforcement. *Conservation Genetics*, 6, 775–788. <https://doi.org/10.1007/s10592-005-9036-2>
- Adel, M., Copat, C., Saeidi Asl, M. R., Conti, G. O., Babazadeh, M., & Ferrante, M. (2018). Bioaccumulation of trace metals in banded Persian bamboo shark (*Chiloscyllium arabicum*) from the Persian Gulf: A food safety issue. *Food and Chemical Toxicology*, 113, 198–203. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.01.027>
- Aires-da-Silva, A. M., Gallucci, V. F., Aires-da-Silva, A. M., & Gallucci, V. F. (2007). Demographic and risk analyses applied to management and conservation of the blue shark (*Prionace glauca*) in the North Atlantic Ocean. *Marine and Freshwater Research*, 58(6), 570–580. <https://doi.org/10.1071/MF06156>
- Akasaki, T., Yanagimoto, T., Yamakami, K., Tomonaga, H., & Sato, S. (2006). Species Identification and PCR-RFLP Analysis of Cytochrome b Gene in Cod Fish (Order Gadiformes) Products. *Journal of Food Science*, 71(3), C190–C195. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.tb15616.x>
- Albert, O., Araújo, G., Batsleer, J., Biais, G., Díez, G., Ellis, J., Figueiredo, I., Gadenne, H., B. Haugen, J., Huynh, Q., Jakobsdottir, K., Johnston, G., Jung, A., Knutsen, M., Lorance, P., Maia, C., Moura, T., Pinho, M., Poos, J.-J., & Walker, P. (2018). *WGEF-Report of the Working Group on Elasmobranch Fishes*.

- Álvarez-Vega, M. C. (2011). *Identificación molecular mediante secuenciación y PCR Multiplex del pez vela (Istiophorus platypterus: Istiophoridae) en Costa Rica*.  
<https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/2909>
- Amezcuca, F., Portillo, A., & Amezcuca-Linares, F. (2011). Feeding habits of the toothed flounder *Cyclopsetta querna* (Paralichthyidae) of the south-east Gulf of California. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 91(6), 1225–1230. <https://doi.org/10.1017/S0025315410000603>
- Aranis, A., Munoz, G., Quiroz, J. C., Wiff, R., Gomez, A., & Barrientos, M. A. (2014). Identificación de rasgos morfológicos para una rápida diferenciación de sardina austral (*Sprattus fuegensis*) y sardina común (*Strangomera bentincki*). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 42(5), 1063–1071. <https://doi.org/10.3856/vol42-issue5-fulltext-11>
- Aranis R, A., Meléndez C, R., Pequeño R, G., & Cerna T, F. (2007). SPRATTUS FUEGENSIS EN AGUAS INTERIORES DE CHILOE, CHILE (OSTEICHTHYES: CLUPEIFORMES: CLUPEIDAE). *Gayana (Concepción)*, 71(1), 102–113. <https://doi.org/10.4067/S0717-65382007000100011>
- Asahida, T., Kobayashi, T., Saitoh, K., & Nakayama, I. (1996). Tissue Preservation and Total DNA Extraction from Fish Stored at Ambient Temperature Using Buffers Containing High Concentration of Urea. *Fisheries science*, 62(5), 727–730. <https://doi.org/10.2331/fishsci.62.727>
- Babcock, E. A., Tewfik, A., & Burns-Perez, V. (2018). Fish community and single-species indicators provide evidence of unsustainable practices in a multi-gear reef fishery. *Fisheries Research*, 208, 70–85. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2018.07.003>

- Barcaccia, G., Lucchin, M., & Cassandro, M. (2016). DNA Barcoding as a Molecular Tool to Track Down Mislabeling and Food Piracy. *Diversity*, 8(1), 2. <https://doi.org/10.3390/d8010002>
- Barendse, J., Roel, A., Longo, C., Andriessen, L., Webster, L. M. I., Ogden, R., & Neat, F. (2019). DNA barcoding validates species labelling of certified seafood. *Current Biology*, 29(6), R198–R199. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.02.014>
- Benavides M, R., Brenes R, C. L., & Márquez A, A. (2014). Análisis de la población de condriactios (Vertebrata: Chondrichthyes) de aguas demersales y profundas del Caribe centroamericano, a partir de faenas de prospección pesquera con redes de arrastre. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, 6(0), 9–27. <https://doi.org/10.15359/revmar.6.1>
- Bergés-Tiznado, M. E., Márquez-Farías, J. F., Osuna-Martínez, C. C., & Páez-Osuna, F. (2021). Arsenic in the top predators sailfish (*Istiophorus platypterus*) and dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) off the southeastern Gulf of California. *Environmental Geochemistry and Health*, 43(9), 3441–3455. <https://doi.org/10.1007/s10653-021-00836-y>
- Bezerra, M. F., Lacerda, L. D., & Lai, C.-T. (2019). Trace metals and persistent organic pollutants contamination in batoids (Chondrichthyes: Batoidea): A systematic review. *Environmental Pollution*, 248, 684–695. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.02.070>
- Block, B. A., Keen, J. E., Castillo, B., Dewar, H., Freund, E. V., Marcinek, D. J., Brill, R. W., & Farwell, C. (1997). Environmental preferences of yellowfin tuna (*Thunnus*

- albacares) at the northern extent of its range. *Marine Biology*, 130(1), 119–132.  
<https://doi.org/10.1007/s002270050231>
- Boesenberg-Smith, K. A., Pessaraki, M. M., & Wolk, D. M. (2012). Assessment of DNA Yield and Purity: An Overlooked Detail of PCR Troubleshooting. *Clinical Microbiology Newsletter*, 34(1), 1–6.  
<https://doi.org/10.1016/j.clinmicnews.2011.12.002>
- Bubley, W. J., Galuardi, B., Dukes, A. W., & Jenkins, W. E. (2020). Incorporating depth into habitat use descriptions for sailfish *Istiophorus platypterus* and habitat overlap with other billfishes in the western North Atlantic. *Marine Ecology Progress Series*, 638, 137–148. <https://doi.org/10.3354/meps13239>
- Bucklin, A., Steinke, D., & Blanco-Bercial, L. (2011). DNA Barcoding of Marine Metazoa. *Annual Review of Marine Science*, 3(1), 471–508. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-120308-080950>
- Burgess, M. G., Polasky, S., & Tilman, D. (2013). Predicting overfishing and extinction threats in multispecies fisheries. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(40), 15943–15948. <https://doi.org/10.1073/pnas.1314472110>
- Caballero, S., Cardeñosa, D., Soler, G., & Hyde, J. (2012). Application of multiplex PCR approaches for shark molecular identification: Feasibility and applications for fisheries management and conservation in the Eastern Tropical Pacific. *Molecular Ecology Resources*, 12(2), 233–237. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2011.03089.x>
- Camarena, M. R. (2018). *MANUAL PARA IDENTIFICACIÓN DE TRONCOS DE TIBURONES DE IMPORTANCIA COMERCIAL EN EL PERÚ*. 16.



- Cano, N. G. J., & Sosa, T. N. S. (2018). Pesquerías en un asentamiento costero maya del período Clásico: Análisis ictioarqueológicos en Xcambó (Yucatán, México)\*. *Antipoda. Revista de Antropología y Arqueología*, 31, 25–44.
- Cardeñosa, D., Fields, A., Abercrombie, D., Feldheim, K., Shea, S. K. H., & Chapman, D. D. (2017). A multiplex PCR mini-barcode assay to identify processed shark products in the global trade. *PLOS ONE*, 12(10), e0185368. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185368>
- Cardeñosa, D., Fields, A. T., Babcock, E. A., Shea, S. K. H., Feldheim, K. A., & Chapman, D. D. (2020). Species composition of the largest shark fin retail-market in mainland China. *Scientific Reports*, 10(1), 12914. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69555-1>
- Carté, B. K. (1996). Biomedical Potential of Marine Natural Products: Marine organisms are yielding novel molecules for use in basic research and medical applications. *BioScience*, 46(4), 271–286. <https://doi.org/10.2307/1312834>
- Castillo, C. G. A., & Morales, O. S. (2021). Characterization of the artisanal elasmobranch fisheries off the Pacific coast of Guatemala. *Fishery Bulletin*, 119(1), 3–9. <https://doi.org/10.7755/FB.119.1.2>
- Castro, J. I. (2010). *The Sharks of North America*. Oxford University Press.
- Castro-González, M. I. (2002). Acidos grasos omega 3: Beneficios y fuentes. *Interciencia*, 27(3), 128–136.
- Chacón, E. E., Castro, A. M., Montiel, A. J., Tejeda, J. M., & Ogaldez, G. A. E. (2017). Mercurio en tiburón *Sphyrna lewini* y *Carcharhinus falciformis* del pacífico

guatemalteco. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 3(2), 109–114.  
<https://doi.org/10.36829/63CTS.v3i2.%>

Cisneros-Montemayor, A. M., Barnes-Mauthe, M., Al-Abdulrazzak, D., Navarro-Holm, E., & Sumaila, U. R. (2013). Global economic value of shark ecotourism: Implications for conservation. *Oryx*, 47(3), 381–388.  
<https://doi.org/10.1017/S0030605312001718>

CITES. (2004). *¿Qué es la CITES?* | CITES. <https://cites.org/esp/disc/what.php>

Clarke, T. M., Espinoza, M., Romero Chaves, R., & Wehrtmann, I. S. (2018). Assessing the vulnerability of demersal elasmobranchs to a data-poor shrimp trawl fishery in Costa Rica, Eastern Tropical Pacific. *Biological Conservation*, 217, 321–328.  
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.11.015>

CONAP, & MAGA. (2016). *Informe sobre recopilación de información biológica y de aprovechamiento de tiburón a pequeña escala para la subsistencia de las comunidades pesqueras y Aplicación de la Guía Práctica sobre la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) y los medios de subsistencia-*. Programa de asistencia Técnica internacional.

Cornish, A. S., Ng, W. C., Ho, V. C. M., Wong, H. L., Lam, J. C. W., Lam, P. K. S., & Leung, K. M. Y. (2007). Trace metals and organochlorines in the bamboo shark *Chiloscyllium plagiosum* from the southern waters of Hong Kong, China. *Science of The Total Environment*, 376(1), 335–345.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.01.070>

- Derrick, D. H., Cheok, J., & Dulvy, N. K. (2020). Spatially congruent sites of importance for global shark and ray biodiversity. *PLOS ONE*, *15*(7), e0235559. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235559>
- Di Pinto, A., Marchetti, P., Mottola, A., Bozzo, G., Bonerba, E., Ceci, E., Bottaro, M., & Tantillo, G. (2015). Species identification in fish fillet products using DNA barcoding. *Fisheries Research*, *170*, 9–13. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2015.05.006>
- DIPESCA/MAGA, & PNUD. (2018). *Caracterización de la Pesca Artesanal del Pacífico de Guatemala. Proyecto Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad en Áreas Protegidas Marino-Costeras (APM)*. Fundación Defensores de la Naturaleza.
- do Carmo Silva, J. P., da Costa, M. R., & Araújo, F. G. (2019). Energy acquisition and allocation to the gonadal development of *Cynoscion leiachus* (Perciformes, Sciaenidae) in a tropical Brazilian bay. *Marine Biology Research*, *15*(2), 170–180. <https://doi.org/10.1080/17451000.2019.1610777>
- Dulvy, N. K., Fowler, S. L., Musick, J. A., Cavanagh, R. D., Kyne, P. M., Harrison, L. R., Carlson, J. K., Davidson, L. N., Fordham, S. V., Francis, M. P., Pollock, C. M., Simpfendorfer, C. A., Burgess, G. H., Carpenter, K. E., Compagno, L. J., Ebert, D. A., Gibson, C., Heupel, M. R., Livingstone, S. R., ... White, W. T. (2014). Extinction risk and conservation of the world's sharks and rays. *eLife*, *3*. <https://doi.org/10.7554/eLife.00590>
- Dulvy, N. K., Pacoureau, N., Rigby, C. L., Pollom, R. A., Jabado, R. W., Ebert, D. A., Finucci, B., Pollock, C. M., Cheok, J., Derrick, D. H., Herman, K. B., Sherman, C.

- S., VanderWright, W. J., Lawson, J. M., Walls, R. H. L., Carlson, J. K., Charvet, P., Bineesh, K. K., Fernando, D., ... Simpfendorfer, C. A. (2021). Overfishing drives over one-third of all sharks and rays toward a global extinction crisis. *Current Biology*, *31*(21), 4773-4787.e8. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.08.062>
- Durán, E., Rosado, R. R., Ballesteros, O. D., & Lerma, D. E. (2017). *Comercialización de pescado en las principales plazas de mercado de Montería, Colombia*. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/367>
- Dwiyitno, D., Hoffman, S., Parmentier, K., & Keer, C. V. (2018). Method Comparison of DNA Isolation and Quantification for Fish and Seafood Authenticity Determination. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*, *13*(3), 115–124.
- Ebert, D. A., Dando, M., & Fowler, S. (2021). *A Pocket Guide to Sharks of the World: Second Edition*. Princeton University Press.
- Escribano, R., Fernández, M., & Aranís, A. (2003). Physical-Chemical processes and Patterns of Diversity of the Chilean eastern boundary pelagic and benthic marine ecosystems: An overview. *Gayana (Concepción)*, *67*(2), 190–205. <https://doi.org/10.4067/S0717-65382003000200008>
- ESLAMI, G., KHALATBARI-LIMAKI, S., EHRAMPOUSH, M. H., GHOLAMREZAEI, M., HAJIMOHAMMADI, B., & ORYAN, A. (2017). Comparison of Three Different DNA Extraction Methods for *Linguatula serrata* as a Food Born Pathogen. *Iranian Journal of Parasitology*, *12*(2), 236–242.

- Estrada, M. (2016). *Descripción de la oferta de tiburón y raya en los mercados de la Ciudad de Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro de Estudios del Mar y Acuicultura. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/24/24\\_0229.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/24/24_0229.pdf)
- FAO. (2000). *The state of world fisheries and aquaculture—2000 (SOFIA)*. FAO. <http://www.fao.org/documents/card/es/c/d7f3287e-b826-5876-9d59-0428c722f30f/>
- FAO. (2011). *The State of the World's Fisheries and Aquaculture*. <http://www.fao.org/3/i3507t/i3507t.pdf>
- FAO. (2019). *FAO Resumen informativo sobre la pesca por países—REPÚBLICA DE GUATEMALA*. <http://www.fao.org/fishery/facp/GTM/es>
- FAO. (2020). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020*. FAO. <https://doi.org/10.4060/ca9229es>
- FAO Fisheries & Aquaculture—Perfiles sobre la pesca y la acuicultura por países—La República de Guatemala*. (2019). <http://www.fao.org/fishery/facp/GTM/es#pageSection1>
- FAO, O. de las N. U. para la A. y la A. (2018). *Diagnóstico del sector de la pesca y la acuicultura en Guatemala*. <http://www.fao.org/3/ca2321es/CA2321ES.pdf>
- Ferretti, F., Jacoby, D. M. P., Pflieger, M. O., White, T. D., Dent, F., Micheli, F., Rosenberg, A. A., Crowder, L. B., & Block, B. A. (2020). Shark fin trade bans and sustainable shark fisheries. *Conservation Letters*, *13*(3), e12708. <https://doi.org/10.1111/conl.12708>

- Ferretti, F., Worm, B., Britten, G. L., Heithaus, M. R., & Lotze, H. K. (2010). Patterns and ecosystem consequences of shark declines in the ocean. *Ecology Letters*, *13*(8), 1055–1071. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01489.x>
- Filonzi, L., Chiesa, S., Vaghi, M., & Nonnis Marzano, F. (2010). Molecular barcoding reveals mislabeling of commercial fish products in Italy. *Food Research International*, *43*, 1383–1388. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.04.016>
- Filonzi, L., Vaghi, M., Ardenghi, A., Rontani, P. M., Voccia, A., & Nonnis Marzano, F. (2021). Efficiency of DNA Mini-Barcoding to Assess Mislabeling in Commercial Fish Products in Italy: An Overview of the Last Decade. *Foods*, *10*(7), 1449. <https://doi.org/10.3390/foods10071449>
- Finucci, B., Cheok, J., Ebert, D. A., Herman, K., Kyne, P. M., & Dulvy, N. K. (2021). Ghosts of the deep – Biodiversity, fisheries, and extinction risk of ghost sharks. *Fish and Fisheries*, *22*(2), 391–412. <https://doi.org/10.1111/faf.12526>
- Flores-Ortega, J. R., González-Sansón, G., Aguilar-Betancourt, C., Kosonoy-Aceves, D., Venegas-Muñoz, A., Lucano-Ramírez, G., & Ruiz-Ramírez, S. (2015). Hábitos alimentarios de los jóvenes de *Centropomus robalito* (Centropomidae: Actinopterygii) en la laguna de Barra de Navidad, Jalisco, México. *Rev. Biol. Trop.*, *63*, 12.
- Frid, A., Baker, G. G., & Dill, L. M. (2008). Do shark declines create fear-released systems? *Oikos*, *117*(2), 191–201. <https://doi.org/10.1111/j.2007.0030-1299.16134.x>
- Galván-Magaña, F., Polo-Silva, C., García, A., & Torres-Rojas, Y. (2014). *Los tiburones como bioindicadores de contaminantes y cambios tróficos en los ecosistemas*

*marinos/ Sharks as bioindicators of contaminants and trophic changes in marine ecosystems* (pp. 375–396).

Garcés, H. (2021). LISTA SISTEMÁTICA PRELIMINAR DE LOS PECES MARINOS COMERCIALES DEL PACÍFICO DE PANAMÁ. *Tecnociencia*, 23(1), 198–237. <https://doi.org/10.48204/j.tecno.v23n1a11>

Guardia, E. de la, Giménez-Hurtado, E., Defeo, O., Angulo-Valdes, J., Hernández-González, Z., Espinosa-Pantoja, L., Gracia-López, L., & Arias-González, J. E. (2018). Indicators of overfishing of snapper (Lutjanidae) populations on the southwest shelf of Cuba. *Ocean & Coastal Management*, 153, 116–123. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.12.006>

Haas, A. R., Fedler, T., & Brooks, E. J. (2017). The contemporary economic value of elasmobranchs in The Bahamas: Reaping the rewards of 25 years of stewardship and conservation. *Biological Conservation*, 207, 55–63. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.01.007>

Hacohen-Domené, A., Munguia-Vega, A., Polanco, F., & Avalos, C. (2018). *DNA testing to identify mislabeling of seafood in Guatemala*. Save our seas.

Hacohen-Domené, A., Polanco, F., López, T., Rosales, M., Munguia-Vega, A., & Hernández, S. (2018). *Identificación genética de productos de tiburón comercializados y exportados en Guatemala*. Fundación Mundo Azul.

Hacohen-Domené, A., Polanco-Vásquez, F., Estupiñan-Montaña, C., & Graham, R. T. (2020). Description and characterization of the artisanal elasmobranch fishery on Guatemala's Caribbean coast. *PLOS ONE*, 15(1), e0227797. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227797>

- Hebert, P. D. N., Cywinska, A., Ball, S. L., & deWaard, J. R. (2003). Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 270(1512), 313–321. <https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2218>
- Helyar, S. J., Lloyd, H. ap D., Bruyn, M. de, Leake, J., Bennett, N., & Carvalho, G. R. (2014). Fish Product Mislabelling: Failings of Traceability in the Production Chain and Implications for Illegal, Unreported and Unregulated (IUU) Fishing. *PLOS ONE*, 9(6), e98691. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098691>
- Hernández, S., Haye, P. A., & Acuña, E. (2009). IDENTIFICACION MORFOLOGICA DE LAS ALETAS DE LOS PRINCIPALES TIBURONES PELAGICOS COMERCIALIZADOS EN CHILE: AZULEJO (PRIONACE GLAUCA LINNAEUS), MARRAJO (ISURUS OXYRHINCHUS RAFINESQUE), Y TINTORERA (LAMNA NASUS BONNATERRE). *Gayana (Concepción)*, 73(1), 33–39. <https://doi.org/10.4067/S0717-65382009000100005>
- Hernández-Padilla, J. C., Capetillo-Piñar, N., Vélez, N., Aranceta-Garza, F., Ortíz-Aldana, J. R., Navas-Beteta, A., & Herrarte-Müller, I. C. (2020). *Variación espacial en la composición y abundancia de las especies capturadas por las pesquerías de pequeña escala en el. 25.*
- Holmlund, C. M., & Hammer, M. (1999). Ecosystem services generated by fish populations. *Ecological Economics*, 29(2), 253–268. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00015-4](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00015-4)
- Horreo, J. L., Fitze, P. S., Jiménez-Valverde, A., Noriega, J. A., & Pelaez, M. L. (2019). Amplification of 16S rDNA reveals important fish mislabeling in Madrid



restaurants. *Food Control*, 96, 146–150.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.09.020>

Hossain, M. A. M., Uddin, S. M. K., Chowdhury, Z. Z., Sultana, S., Johan, M. R., Rohman, A., Erwanto, Y., & Ali, Md. E. (2019). Universal mitochondrial 16s rRNA biomarker for mini-barcode to identify fish species in Malaysian fish products. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 36(4), 493–506.  
<https://doi.org/10.1080/19440049.2019.1580389>

Hoyos, E., P., C., & Galván-Magaña, F. (2012). Reproductive biology of silky shark *Carcharhinus falciformis* off the west coast of Baja California Sur. *Aqua, International Journal of Ichthyology*, 18, 15–24.

Hsieh, C.-H., Chang, W.-T., Chang, H. C., Hsieh, H.-S., Chung, Y.-L., & Hwang, D.-F. (2010). Puffer fish-based commercial fraud identification in a segment of cytochrome b region by PCR–RFLP analysis. *Food Chemistry*, 121(4), 1305–1311.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.02.004>

Hsieh, H.-S., Chai, T.-J., & Hwang, D.-F. (2005). Rapid PCR-RFLP Method for the Identification of 5 Billfish Species. *Journal of Food Science*, 70(4), C246–C249.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb07167.x>

Huxley-Jones, E., Shaw, J. L. A., Fletcher, C., Parnell, J., & Watts, P. C. (2012). Use of DNA barcoding to reveal species composition of convenience seafood. *Conservation Biology: The Journal of the Society for Conservation Biology*, 26(2), 367–371. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2011.01813.x>

Jaser, S. K. K., Domingues, R. R., & Hilsdorf, A. W. S. (2021). Assessing illegal fishing and trade of Atlantic billfish and swordfish by DNA-based identification.

*Conservation Genetics Resources*, 13(2), 183–190.  
<https://doi.org/10.1007/s12686-021-01190-y>

Jiguan, B. (2018). Metrópoli concentra el 45% de supermercados del país. *Diario de Centro América*. <https://dca.gob.gt/noticias-guatemala-diario-centro-america/metropoli-concentra-el-45-de-supermercados-del-pais/>

Jiménez, A. (2015). *Genética forense aplicada a la identificación de tiburones en productos marinos mal etiquetados en mercados locales de la península de Baja California*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10813.05602>

Khaksar, R., Carlson, T., Schaffner, D. W., Ghorashi, M., Best, D., Jandhyala, S., Traverso, J., & Amini, S. (2015). Unmasking seafood mislabeling in U.S. markets: DNA barcoding as a unique technology for food authentication and quality control. *Food Control*, 56, 71–76. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.03.007>

Kobelkowsky, A. (2007). Diversidad morfológica del sistema de conductos excretores de los peces teleósteos. *Revista mexicana de biodiversidad*, 78(1), 105–116.

Koetsier, G., & Cantor, E. (2019). *A Practical Guide to Analyzing Nucleic Acid Concentration and Purity with Microvolume Spectrophotometers*. 8.

Kumar, M. R., S., T., .R, V., & Jegan, S. (2021). *Conversion of mini trawls (Thallumadi) into light fishing craft targeting belonids and hemiramphids along palk bay, southeast coast of India*. <https://doi.org/10.22271/fish.2021.v9.i2c.2440>

Kyne, P. M., Davies, C.-L., Devloo-Delva, F., Johnson, G., Grant, M. I., Green, A., Gunasekara, R. M., Harry, A. V., Lemon, T., Lindsay, R., Maloney, T., Marthick, J., Pillans, R. D., Shields, A., Shields, M., & Feutry, P. (2021). *Molecular analysis*

*of newly-discovered geographic range of the threatened river shark Glyphis glyphis reveals distinct populations.* s. Report to the National.

- Lara, A., Galván-Magaña, F., Elorriaga-Verplancken, F., Marmolejo-Rodríguez, A. J., Gonzalez-Armas, R., Arreola-Mendoza, L., Sujitha, S. B., & Jonathan, M. P. (2020). Bioaccumulation and trophic transfer of potentially toxic elements in the pelagic thresher shark *Alopias pelagicus* in Baja California Sur, Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 156, 111192. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111192>
- Lopera-Barrero, N., Povh, J., Ribeiro, R., Gomes, P., Jacometo, C., & Lopes, T. (2008). Comparison of DNA extraction protocols of fish fin and larvae samples: Modified salt (NaCl) extraction. *Ciencia e Investigacion Agraria*, 35, 77–86.
- Lopez, J., Alvarez-Berastegui, D., Soto, M., & Murua, H. (2016). *Modelling the oceanic habitats of Silky shark (Carcharhinus falciformis), implications for conservation and management.*
- Loyola Llori, J. L. R. (2020). *Utilización del código de barras de ADN para la identificación de subproductos de pescado en la Amazonía peruana.* <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4383>
- Lucano-Ramírez, G., Ruiz-Ramírez, S., Palomera-Sánchez, F. I., & González-Sansón, G. (2011). Biología reproductiva de la sierra *Scomberomorus sierra* (Pisces, Scombridae) en el Pacífico central mexicano. *Ciencias marinas*, 37(3), 249–260.
- Lucifora, L. O., García, V. B., & Worm, B. (2011). Global Diversity Hotspots and Conservation Priorities for Sharks. *PLOS ONE*, 6(5), e19356. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0019356>

- Manosalvas, H., & Estefanía, C. (2013). *Protocolo de identificación molecular de especies de tiburón analizando muestras de Galápagos y Puerto López*. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/2228>
- Mariani, S., Griffiths, A. M., Velasco, A., Kappel, K., Jérôme, M., Perez-Martin, R. I., Schröder, U., Verrez-Bagnis, V., Silva, H., Vandamme, S. G., Boufana, B., Mendes, R., Shorten, M., Smith, C., Hankard, E., Hook, S. A., Weymer, A. S., Gunning, D., & Sotelo, C. G. (2015). Low mislabeling rates indicate marked improvements in European seafood market operations. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *13*(10), 536–540. <https://doi.org/10.1890/150119>
- Mariscal-Romero, J., & van der Heiden, A. (2006). *Peces de importancia ecológica y comercial asociados a fondos blandos en la Plataforma Continental de Jalisco y Colima, México* (pp. 180–195).
- McIntyre, P. B., Jones, L. E., Flecker, S. A., & Vanni, M. J. (2007). Fish extinction alter nutrient recycling in tropical freshwaters. *Proceedings of the National Academy of Science in the United States of America*, *104*(11), 4461–4466.
- Miller, S. A., Dykes, D. D., & Polesky, H. F. (1988). A simple salting out procedure for extracting DNA from human nucleated cells. *Nucleic Acids Research*, *16*(3), 1215.
- Minoudi, S., Karaiskou, N., Avgeris, M., Gkagkavouzis, K., Tarantili, P., Triantafyllidou, D., Palilis, L., Avramopoulou, V., Tsikliras, A., Barmperis, K., & Triantafyllidis, A. (2020). Seafood mislabeling in Greek market using DNA barcoding. *Food Control*, *113*, 107213. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107213>
- Moltó, V., Hernández, P., Sinopoli, M., Besbes-Benseddik, A., Besbes, R., Mariani, A., Gambin, M., Alemany, F., Morales-Nin, B., Grau, A. M., Camiñas, J. A., Báez, J.

- C., Vasconcellos, M., Ceriola, L., & Catalán, I. A. (2020). A Global Review on the Biology of the Dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) and Its Fishery in the Mediterranean Sea: Advances in the Last Two Decades. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 28(3), 376–420. <https://doi.org/10.1080/23308249.2020.1757618>
- Motta, F. S., Gadig, O. B. F., Namora, R. C., & Braga, F. M. S. (2005). Size and sex compositions, length–weight relationship, and occurrence of the Brazilian sharpnose shark, *Rhizoprionodon lalandii*, caught by artisanal fishery from southeastern Brazil. *Fisheries Research*, 74(1), 116–126. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2005.03.010>
- Munguia-Vega, A., Weaver, A., Domínguez-Contreras, J., & Peckham, S. H. (2021). Multiple drivers behind mislabeling of fish from artisanal fisheries in La Paz, Mexico. *PeerJ*, 9. <https://doi.org/10.7717/peerj.10750>
- Muñoz-Colmenero, M., Blanco, O., Arias, V., Martínez, J. L., & García-Vázquez, E. (2016). DNA Authentication of Fish Products Reveals Mislabeling Associated with Seafood Processing. *Fisheries*, 41(3), 128–138. <https://doi.org/10.1080/03632415.2015.1132706>
- Myers, R. A., Baum, J. K., Shepherd, T. D., Powers, S. P., & Peterson, C. H. (2007). Cascading effects of the loss of apex predatory sharks from a coastal ocean. *Science (New York, N.Y.)*, 315(5820), 1846–1850. <https://doi.org/10.1126/science.1138657>
- Navarro-Flores, J., Ibarra-Castro, L., Martínez-Brown, J. M., Zavala-Leal, O. I., Navarro-Flores, J., Ibarra-Castro, L., Martínez-Brown, J. M., & Zavala-Leal, O. I. (2019). Hermafroditismo en peces teleósteos y sus implicaciones en la acuicultura

- comercial. *Revista de biología marina y oceanografía*, 54(1), 1–10.  
<https://doi.org/10.22370/rbmo.2019.54.1.1427>
- O'Bryhim, J., Parsons, E. C. M., & Lance, S. (2017). Forensic species identification of elasmobranch products sold in Costa Rican markets. *Fisheries Research*, 186, 144–150. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.08.020>
- OCEANA. (2019). Sustitución de Especies. *Oceana México*.  
<https://mx.oceana.org/nuestras-campanas/sustitucion-de-especies/>
- Ojeda-Ruiz, M. Á., Cervantes-Díaz, J. L., Fiol-Ortíz, J., & Burnes-Romo, L. A. (2016). Emerging fisheries in subtropical coastal lagoons: *Sphoeroides annulatus* in Magdalena-Almejas Bay, BCS, Mexico (1998–2008). *Ocean & Coastal Management*, 125, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.02.009>
- Ortíz, J. R., Pacay Barahona, A., Polanco-Vásquez, F., & García Arroyave, L. P. (2021). *Aspectos reproductivos de *Cynoscion reticulatus* y *Micropogonias altipinnis* de los desembarques de la pesca artesanal en Sipacate, Pacífico de Guatemala*. Centro de Estudios del Mar y Acuicultura.  
<https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/prunian/INF-2020-23.pdf>
- Pacoureau, N., Rigby, C. L., Kyne, P. M., Sherley, R. B., Winker, H., Carlson, J. K., Fordham, S. V., Barreto, R., Fernando, D., Francis, M. P., Jabado, R. W., Herman, K. B., Liu, K.-M., Marshall, A. D., Pollom, R. A., Romanov, E. V., Simpfendorfer, C. A., Yin, J. S., Kindsvater, H. K., & Dulvy, N. K. (2021). Half a century of global decline in oceanic sharks and rays. *Nature*, 589(7843), 567–571.  
<https://doi.org/10.1038/s41586-020-03173-9>

- Paine, M. A., McDowell, J. R., & Graves, J. E. (2007). Specific identification of Western Atlantic Ocean scombrids using mitochondrial DNA cytochrome c oxidase subunit I (COI) gene region sequences. *Bulletin of Marine Science*, 80(2), 353–367.
- Pank, M., Stanhope, M., Natanson, L., Kohler, N., & Shivji, M. (2001). Rapid and simultaneous identification of body parts from the morphologically similar sharks *Carcharhinus obscurus* and *Carcharhinus plumbeus* (Carcharhinidae) using multiplex PCR. *Marine Biotechnology (New York, N.Y.)*, 3(3), 231–240. <https://doi.org/10.1007/s101260000071>
- Paramo, J., Pérez, D., & Acero, A. (2015). Estructura y distribución de los condriictios de aguas profundas en el Caribe colombiano. *Latin american journal of aquatic research*, 43(4), 61–699. <https://doi.org/10.3856/vol43-issue4-fulltext-8>
- Pardo, M. Á., Jiménez, E., & Pérez-Villarreal, B. (2016). Misdescription incidents in seafood sector. *Food Control*, 62, 277–283. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.10.048>
- Paz Velásquez, M. A. (2015). *Caracterización de la Pesca Artesanal en Aldea Buena Vista y en Puerto San José, Escuintla, Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro de Estudios del Mar y Acuicultura. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/24/24\\_0195.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/24/24_0195.pdf)
- (PDF) *Modelling the oceanic habitats of Silky shark (Carcharhinus falciformis), implications for conservation and management*. (s/f). Recuperado el 5 de septiembre de 2021, de [https://www.researchgate.net/publication/310142373\\_Modelling\\_the\\_oceanic\\_ha](https://www.researchgate.net/publication/310142373_Modelling_the_oceanic_ha)

bitats\_of\_Silky\_shark\_Carcharhinus\_falciformis\_implications\_for\_conservation\_and\_management

- Pellón-Olmedo, M., Sánchez-Martín, M. A., Hernández, Á. S. M., Rodríguez-Barbero, E., Pastor-Martín, M. R., & Pachón-Julián, J. (2019). El fraude del atún rojo. *Gaceta Médica de Bilbao*, *116*(1), 16–21.
- Perera-García, M. A., Mendoza-Carranza, M., Contreras-Sánchez, W. M., Huerta-Ortíz, M., & Pérez-Sánchez, E. (2011). Reproductive biology of common snook *Centropomus undecimalis* (Perciformes: Centropomidae) in two tropical habitats. *Revista de Biología Tropical*, *59*(2), 669–681.
- Pires, A. C., & Marinoni, L. (2010). DNA barcoding and traditional taxonomy unified through Integrative Taxonomy: A view that challenges the debate questioning both methodologies. *Biota Neotropica*, *10*, 339–346. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032010000200035>
- Polanco-Vásquez, F. E., Marroquín, J., & Moreira Ramírez, J. F. (2020). *Impulsando la conservación marina en Guatemala mediante la creación y expansión de ocho áreas protegidas marinas MPA*. Wildlife Conservation Society, Guatemala Program.
- Ramirez-Amaro, S. R., Cartamil, D., Galvan-Magaña, F., Gonzalez-Barba, G., Graham, J. B., Carrera-Fernandez, M., Escobar-Sanchez, O., Sosa-Nishizaki, O., & Rochin-Alamillo, A. (2013). The artisanal elasmobranch fishery of the Pacific coast of Baja California Sur, Mexico, management implications. *Scientia Marina*, *77*(3), 473–487. <https://doi.org/10.3989/scimar.03817.05A>



- Riemann, K., Adamzik, M., Frauenrath, S., Egensperger, R., Schmid, K. W., Brockmeyer, N. H., & Siffert, W. (2007). Comparison of manual and automated nucleic acid extraction from whole-blood samples. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, 21(4), 244–248. <https://doi.org/10.1002/jcla.20174>
- Rodriguez, A., & Antonio, H. (2003). *Age determination in the snapper Lutjanus guttatus (Pisces, Lutjanidae) and investigation of fishery management strategies in the Pacific Coast of Guatemala*. <https://munin.uit.no/handle/10037/299>
- Ruíz-Alvarado, C., Ixquiac-Cabrera, M., Baldetti-Herrera, M., & Martínez, J. (2000). *Evaluación del potencial de recurso tiburón en las costas del Pacífico de Guatemala, C. A. Guatemala*. Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología, Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, Unidad Especial de Pesca y Acuicultura. <http://glifos.senacyt.gob.gt/digital/fodecyt/fodecyt%201998.29.pdf>
- Saborido-Rey, F. (2008). *Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos*. <https://digital.csic.es/handle/10261/7260>
- Sadeghi, P., Loghmani, M., & Frokzad, S. (2020). Human health risk assessment of heavy metals via consumption of commercial marine fish (*Thunnus albacares*, *Euthynnus affinis*, and *Katsuwonus pelamis*) in Oman Sea. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(13), 14944–14952. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07907-0>
- Sadovy de Mitcheson, Y. J., Linardich, C., Barreiros, J. P., Ralph, G. M., Aguilar-Perera, A., Afonso, P., Erisman, B. E., Pollard, D. A., Fennessy, S. T., Bertoncini, A. A., Nair, R. J., Rhodes, K. L., Francour, P., Brulé, T., Samoily, M. A., Ferreira, B. P., & Craig, M. T. (2020). Valuable but vulnerable: Over-fishing and under-

- management continue to threaten groupers so what now? *Marine Policy*, 116, 103909. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.103909>
- Salomón-Aguilar, C. A., Villavicencio-Garayzar, C. J., & Reyes-Bonilla, H. (2009). Zonas y temporadas de reproducción y crianza de tiburones en el Golfo de California: Estrategia para su conservación y manejo pesquero. *Ciencias marinas*, 35(4), 369–388.
- Sánchez-García, C., Escobar-Sánchez, O., Valdez-Pineda, M. C., Ramírez-Pérez, J. S., Morán-Angulo, R. E., & Moreno-Sánchez, X. G. (2017). Selective predation by crevalle jack *Caranx caninus* on engraulid fishes in the SE Gulf of California, Mexico. *Environmental Biology of Fishes*, 100(8), 899–912. <https://doi.org/10.1007/s10641-017-0615-0>
- Santos, M. D., Lopez, G. V., & Barut, N. C. (2010). *A Pilot Study on the Genetic Variation of Eastern Little Tuna (Euthynnus affinis) in Southeast Asia*. 139(1), 8.
- Schmitter-Soto, J., Mercado-Silva, N., González-Solís, D., Herrera, R., Valdez-Moreno, M., Torres-Chávez, P., Juárez, L., & Perez, A. (2018). *Conectividad mediada por migración de peces entre el mar Caribe y la bahía de Chetumal, con énfasis en el macabí (Albula spp.)*.
- SEGEPLAN/DOT. (2011). *Plan de Desarrollo Integral del Litoral del Pacífico*. <https://www.segeplan.gob.gt/nportal/index.php/planes-2018-2019-departamento-de-guatemala/file/577-plp?tmpl=component>
- Seidel, R., Lyons, K., Blumer, M., Zaslansky, P., Fratzl, P., Weaver, J. C., & Dean, M. N. (2016). Ultrastructural and developmental features of the tessellated endoskeleton

- of elasmobranchs (sharks and rays). *Journal of Anatomy*, 229(5), 681–702.  
<https://doi.org/10.1111/joa.12508>
- Shivji, M., Shelley, C., Pank, M., Natanson, L., Kohler, N., & Stanhope, M. (2002). Genetic Identification of Pelagic Shark Body Parts for Conservation and Trade Monitoring. *Conservation Biology*, 16, 1036–1047. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2002.01188.x>
- Siqueira, A. C., Oliveira-Santos, L. G. R., Cowman, P. F., & Floeter, S. R. (2016). Evolutionary processes underlying latitudinal differences in reef fish biodiversity. *Global Ecology and Biogeography*, 25(12), 1466–1476.  
<https://doi.org/10.1111/geb.12506>
- Su, N.-J., Chang, C.-H., Hu, Y.-T., Chiang, W.-C., & Tseng, C.-T. (2020). Modeling the Spatial Distribution of Swordfish (*Xiphias gladius*) Using Fishery and Remote Sensing Data: Approach and Resolution. *Remote Sensing*, 12(6), 947.  
<https://doi.org/10.3390/rs12060947>
- Sultana, S., Ali, Md. E., Hossain, M. A. M., Asing, Naquiah, N., & Zaidul, I. S. M. (2018). Universal mini COI barcode for the identification of fish species in processed products. *Food Research International*, 105, 19–28.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.10.065>
- Tewfik, A., Moreira Ramírez, J. F., Polanco, F., Marroquín, J., Castillo, M., Duchez, K., & McNab, R. (2020). *Structure of Pacific coastal community catch in support of expansion and strengthening of marine protected areas in Guatemala*. Wildlife Conservation Society, Guatemala Program.

- Tidwell, J. H., & Allan, G. L. (2001). Fish as food: Aquaculture's contribution. *EMBO Reports*, 2(11), 958–963. <https://doi.org/10.1093/embo-reports/kve236>
- UNDP. (2018). *Programa de Gestión Integrada Marino-Costera para el Pacífico de Guatemala -PGIMC- | El PNUD en Guatemala*. UNDP. <https://www.gt.undp.org/content/guatemala/es/home/library/poverty/programa-de-gestion-integrada-marino-costera-para-el-Pacífico-de.html>
- Van Doan, H., Hoseinifar, S. H., Tapingkae, W., Tongsiri, S., & Khamtavee, P. (2016). Combined administration of low molecular weight sodium alginate boosted immunomodulatory, disease resistance and growth enhancing effects of *Lactobacillus plantarum* in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish & Shellfish Immunology*, 58, 678–685. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.10.013>
- Vélez Alvarez, M. (2015). *Evaluación de los indicadores de estrés oxidativo asociados a las características de nado en elasmobranquios y teleósteos*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. [https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/100/1/velez\\_m.pdf](https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/100/1/velez_m.pdf)
- Vianna, G., Meekan, M., Pannell, D., Marsh, S., & Meeuwig, J. (2012). Socio-economic value and community benefits from shark-diving tourism in Palau: A sustainable use of reef shark populations. *Biological Conservation*, 145, 267–277. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.11.022>
- Ward, R. D., Hanner, R., & Hebert, P. D. N. (2009). The campaign to DNA barcode all fishes, FISH-BOL. *Journal of Fish Biology*, 74(2), 329–356. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2008.02080.x>


- Ward, R. D., Zemplak, T. S., Innes, B. H., Last, P. R., & Hebert, P. D. N. (2005). DNA barcoding Australia's fish species. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 360(1462), 1847–1857. <https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1716>
- Wasko, A. P., Martins, C., Oliveira, C., & Foresti, F. (2003). Non-destructive genetic sampling in fish. An improved method for DNA extraction from fish fins and scales. *Hereditas*, 138(3), 161–165. <https://doi.org/10.1034/j.1601-5223.2003.01503.x>
- Wheeler, C. C. (2014). The Ecosystem Role of Fishes in Lotic Environments. *All Graduate Theses and Dissertations*, 3694, 170.
- William B. Driggers, I. I. I., Hoffmayer, E. R., Campbell, M. D., Jones, C. M., Hannan, K. M., & Sulikowski, J. A. (2020). Spatial variability in the fecundity of Atlantic sharpnose sharks (*Rhizoprionodon terraenovae*) in the northern Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin*, 118(1), 51–63.
- Williams, S. M., Pepperell, J. G., Bennett, M., & Ovenden, J. R. (2018). Misidentification of istiophorid billfishes by fisheries observers raises uncertainty over stock status. *Journal of Fish Biology*, 93(2), 415–419. <https://doi.org/10.1111/jfb.13738>
- Yan, H. F., Kyne, P. M., Jabado, R. W., Leeney, R. H., Davidson, L. N. K., Derrick, D. H., Finucci, B., Freckleton, R. P., Fordham, S. V., & Dulvy, N. K. (2021). Overfishing and habitat loss drive range contraction of iconic marine fishes to near extinction. *Science Advances*. <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/sciadv.abb6026>

- Yue, G. H., & Orban, L. (2001). Rapid isolation of DNA from fresh and preserved fish scales for polymerase chain reaction. *Marine Biotechnology (New York, N.Y.)*, 3(3), 199–204. <https://doi.org/10.1007/s10126-001-0010-9>
- Zavala-Leal, I., Palacios-Salgado, D., Ruiz-Velazco, J., Valdez González, F., Pacheco-Vega, J., & Juan Ramón, F.-O. (2018). Reproductive aspects of *Sphyraena ensis* (Perciformes: Sphyraenidae) inhabiting the coast of San Blas Nayarit, southeast Gulf of California. *California Fish and Game*, 104.
- Zeng, L., Wen, J., Fan, S., Chen, Z., Xu, Y., Sun, Y., Chen, D., & Zhao, J. (2018). Species identification of fish maw (Porcupinefish) products sold on the market using DNA sequencing of 16S rRNA and COI genes. *Food Control*, 86, 159–162. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.11.031>



**Anexo 3.** Licencia de Investigación emitida por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), Guatemala

Forma LI

  
**CONSEJO NACIONAL DE AREAS PROTEGIDAS**  
**CONAP**  
PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA  
GUATEMALA, C. A.

**Nº 00726 -B**

**LICENCIA DE INVESTIGACION**

No. DVCB 07-2021

Nombre: María Isabel Corón Krumme No. Reg. LDRP 007-2021  
Nacionalidad: guatemalteca Identificación: CUI 3047 23533 0116  
Institución: Universidad del Valle de Guatemala  
Si existe contrato administrativo que ampara esta Licencia, especificar referencia: No aplica

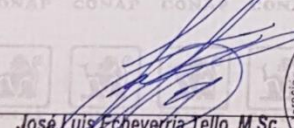
Título de la Investigación: Identificación de los productos pesqueros comercializados en Guatemala por medio de análisis genético


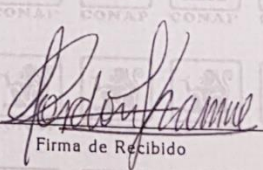
Institución nacional que avala la investigación: Universidad del Valle de Guatemala

Nombre e identificación de otros investigadores participantes:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_

Fecha de Emisión: Guatemala, 07 de junio de 2021  
Fecha de Vencimiento: 31 de diciembre de 2021

  
**José Luis Echeverría Jello, M.Sc.**  
Firma Secretario Ejecutivo o Delegado de CONAP  
Dirección de Valoración y Conservación de la Diversidad Biológica

  
  
Firma de Recibido





## Anexo 5. Exención de aprobación por parte del Comité de Ética, Uso y Cuidado animal de la Universidad del Valle de Guatemala.



**Comité de Ética, Uso y Cuidado animal de la  
Universidad del Valle de Guatemala**

**CEUCA - UVG**

Investigadora principal: Alejandra Zamora Jerez  
Tesisista UVG: Ma. Isabel Cordón Krumme  
Edificio y oficina: Universidad del Valle de Guatemala, C-212  
E-Mails: [ozamora@uvg.edu.gt](mailto:ozamora@uvg.edu.gt) [cor17813@uvg.edu.gt](mailto:cor17813@uvg.edu.gt)  
Teléfono: (502) 5000-1815

Guatemala, 2 de jul. de 2021.

Estimadas investigadoras,

Por este medio se hace constar que la propuesta titulada: *Identificación de los productos pesqueros comercializados en Guatemala por medio de análisis genéticos*, ha sido revisada por el CICUAL: Comité de Ética, para el Uso y Cuidado Animal de la Universidad Del Valle de Guatemala (CEUCA – UVG).

Se ha realizado la revisión de la propuesta con el fin de asegurar que se cumple con lo estipulado en la ley de bienestar animal de Guatemala y se asegure el trato ético a los animales que serán utilizados. Se ha determinado que el proyecto de taller queda exento de aprobación por parte del CEUCA – UVG debido a que el uso de animales muertos o partes de animales no es considerado como investigación / docencia con el uso de animales, a menos que la actividad implique (1) la eutanasia de animales con el fin de obtener o usar sus tejidos u otros materiales, o (2) manipulación o uso de animales vivos previa al proyecto para realizar eutanasia y/o obtener tejidos o muestras.

Para llevar a cabo el estudio se determinó que no se realizarán nuevas capturas ni nueva toma de muestras de animales vivos. Se recomienda que se tomen todas las medidas de bioseguridad ya que, aunque se ha descrito que las muestras se obtendrán de Supermercados y Mercados de mayor importancia para la ciudad de Guatemala y el Desembarcadero de Iztapa, Escuintla, se desconoce su estado microbiológico.

Se solicita que, si hubiese necesidad de hacer modificaciones en el protocolo que involucren el manejo, sujeción, transporte, manipulación, muestreo y/o enjaulamiento de animales vivos, se comunique de nuevo con el comité para que dichas enmiendas sean evaluadas de manera que se pueda garantizar que se cumple a cabalidad con los lineamientos del CEUCA-UVG y de la ley de Bienestar Animal del país.

Sin otro particular quedo a sus órdenes,



MV Vanessa Granados B  
Médico Veterinario  
Colegiado 997  
CEUCA – UVG (Comité de Ética, Uso y Cuidado Animal, Universidad del Valle de Guatemala).

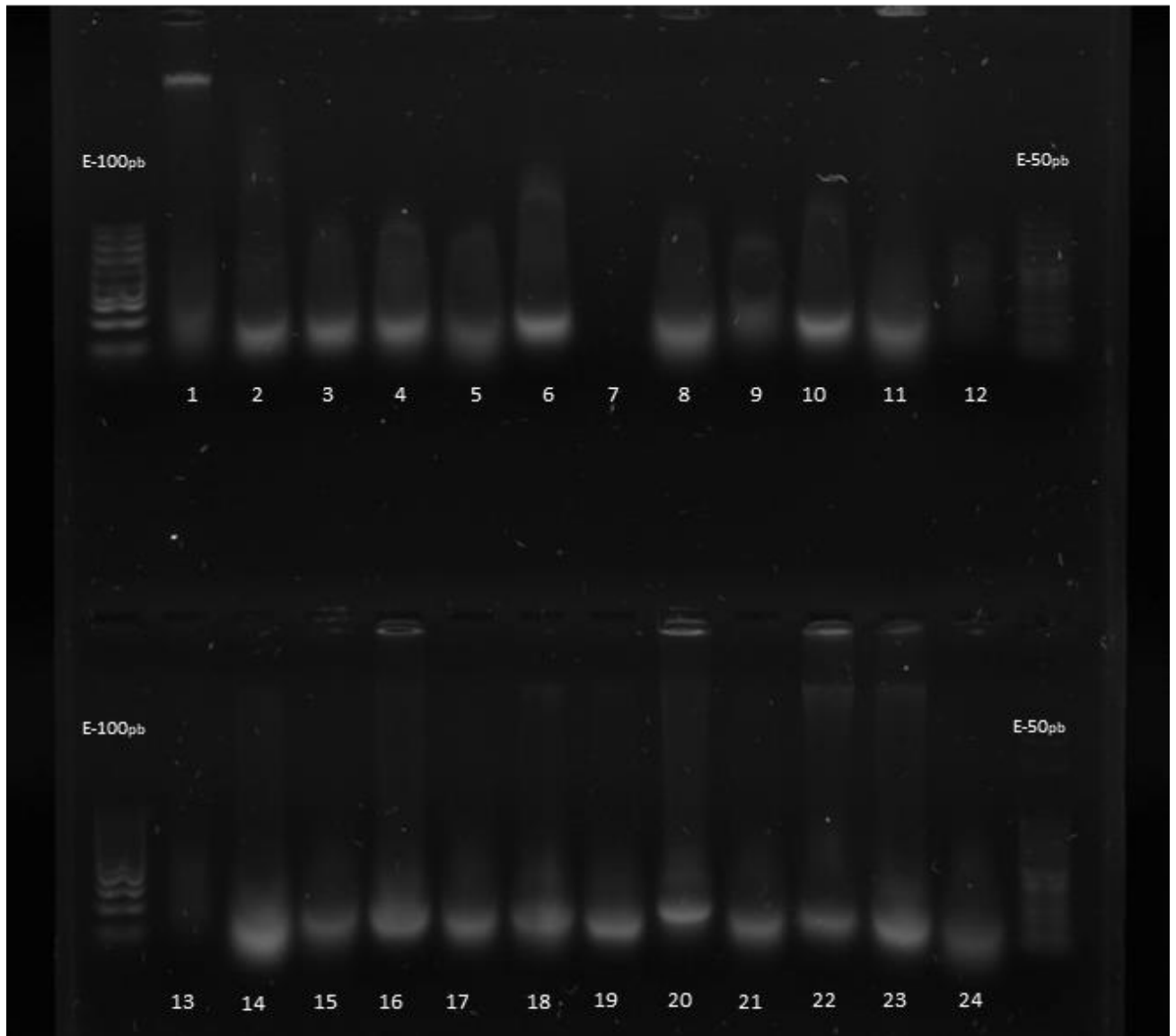
**Anexo 6.** Total de muestras recolectadas según lugar de compra, precio y presentación.

<b>No. Muestra</b>	<b>ID</b>	<b>Etiqueta</b>	<b>Origen probable</b>	<b>Lugar de compra</b>	<b>Precio (lb)</b>	<b>Presentación</b>
1	Des_IZ_0 1	Ronco	Iztapa, Pacífico	Rancho El Calamar	15	Filete fresco
2	Des_IZ_0 2	Pargo	Iztapa, Pacífico	Rancho El Calamar	25	Filete fresco
3	Des_IZ_0 3	Lenguado	Iztapa, Pacífico	Rancho El Calamar	10	Filete fresco
4	Des_IZ_0 4	Curbina	Iztapa, Pacífico	Rancho El Calamar	13	Filete fresco
5	Des_IZ_0 5	Caballito	Iztapa, Pacífico	Rancho El Calamar	10	Filete fresco
6	Des_IZ_0 6	Dorado	Iztapa, Pacífico	Rancho El Calamar	30	Filete fresco
7	Des_IZ_0 7	Mero	Iztapa, Pacífico	Rancho El Calamar	45	Filete fresco
8	Des_IZ_0 8	Sierra	Iztapa, Pacífico	Rancho El Calamar	12	Filete fresco
9	Des_IZ_0 9	Bagre	Iztapa, Pacífico	Rancho El Calamar	15	Filete fresco
10	Des_IZ_1 0	Curvina	Iztapa, Pacífico	Rancho El Calamar	12	Filete fresco
11	Des_IZ_1 1	Tiburón	Iztapa, Pacífico	Rancho El Calamar	10	Filete fresco
12	Des_IZ_1 2	Pargo	Iztapa, Pacífico	Rancho El Calamar	23	Filete fresco
13	Des_IZ_1 3	Marin blanco	Iztapa, Pacífico	Rancho El Calamar	20	Filete fresco
14	Des_IZ_1 4	Marlin rosado	Iztapa, Pacífico	Rancho El Calamar	15	Filete fresco
15	Des_IZ_1 5	Manta	Iztapa, Pacífico	Rancho El Calamar	10	Filete fresco
16	Des_IZ_1 6	Lenguado	Iztapa, Pacífico	Rancho El Calamar	7	Filete fresco
17	Des_IZ_1 7	Jurel	Iztapa, Pacífico	Rancho El Calamar	5	Filete fresco
18	Des_IZ_1 8	Picuda	Iztapa, Pacífico	Rancho El Calamar	7	Filete fresco
19	Des_IZ_1 9	Espada	Iztapa, Pacífico	Rancho El Calamar	18	Filete fresco
20	Des_IZ_2 0	Dorado	Iztapa, Pacífico	Rancho El Calamar	40	Filete fresco
21	Des_IZ_2 1	Tiburón	Iztapa, Pacífico	Rancho El Calamar	12	Filete fresco
22	Des_IZ_2 2	Marlin	Iztapa, Pacífico	Rancho El Calamar	20	Filete fresco
23	Des_IZ_2 3	Pargo	Iztapa, Pacífico	Rancho El Calamar	25	Filete fresco
24	Des_IZ_2 4	Dorado	Iztapa, Pacífico	Rancho El Calamar	30	Filete fresco
25	Des_IZ_2 5	Pez sapo	Iztapa, Pacífico	Rancho El Calamar	10	Filete fresco

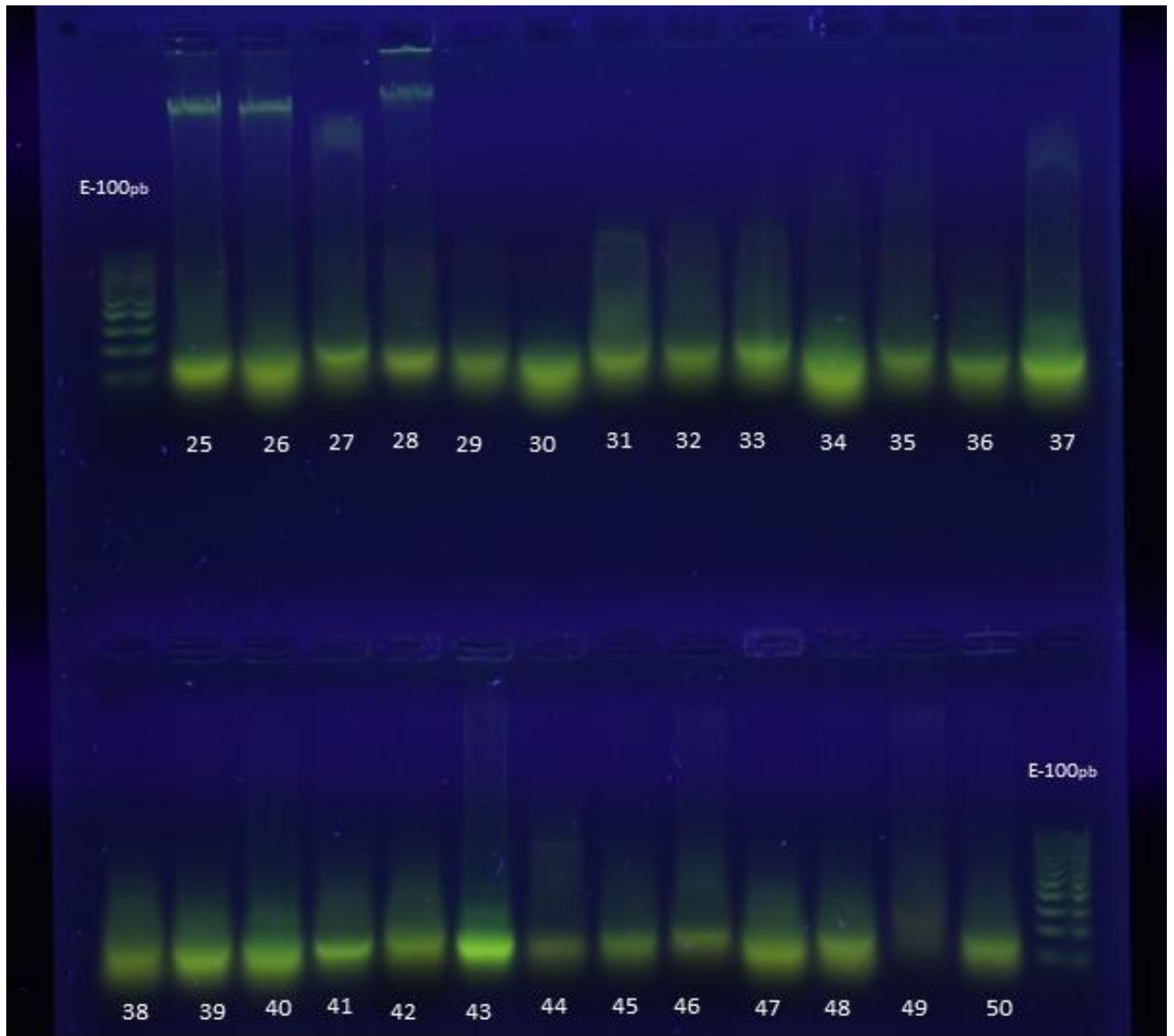
<b>No. Muestra</b>	<b>ID</b>	<b>Etiqueta</b>	<b>Origen probable</b>	<b>Lugar de compra</b>	<b>Precio (lb)</b>	<b>Presentación</b>
26	Des_IZ_2 6	Atún negro	Iztapa, Pacífico	Rancho El Calamar	15	Filete fresco
27	Des_IZ_2 7	Atún Aleta Amarilla	Iztapa, Pacífico	Rancho El Calamar	30	Filete fresco
28	Des_IZ_2 8	Curubina	Iztapa, Pacífico	Rancho El Calamar	10	Filete fresco
29	Des_IZ_2 9	Guavina	Iztapa, Pacífico	Rancho El Calamar	10	Filete fresco
30	Des_IZ_3 0	Sierra	Iztapa, Pacífico	Rancho El Calamar	12	Filete fresco
31	Des_IZ_3 1	Pargo	Iztapa, Pacífico	Rancho El Calamar	25	Filete fresco
32	Des_IZ_3 2	Marlin rosado	Iztapa, Pacífico	Rancho El Calamar	15	Filete fresco
33	Mer_VN_ 01	Dorado	Pacífico	Mercado Villa Nueva	30	Filete fresco
34	Mer_VN_ 02	Mamón	Pacífico- Iztapa	Mercado Villa Nueva	30	Filete fresco
35	Mer_VN_ 03	Tiburón blanco	Pacífico	Mercado Villa Nueva	30	Filete fresco
36	Mer_VN_ 04	Vela	Pacífico	Mercado Villa Nueva	35	Filete fresco
37	Mer_VN_ 05	Dorado	Pacífico	Mercado Villa Nueva	35	Filete fresco
38	Mer_VN_ 06	Tiburón	N/A	Mercado Villa Nueva	40	Filete fresco
39	Mer_VN_ 07	Manta	Pacífico	Mercado Villa Nueva	40	Filete congelado
40	Mer_VN_ 08	Sierra	Pacífico	Mercado Villa Nueva	30	Filete fresco
41	Mer_VN_ 09	Robalo	Pacífico	Mercado Villa Nueva	50	Filete fresco
42	Mer_VN_ 10	Pez espada	Pacífico	Mercado Villa Nueva	35	Filete fresco
43	Mer_VN_ 11	Pez vela	Pacífico	Mercado Villa Nueva	35	Filete fresco
44	Mer_LT_1 2	Marlin	Pacífico	La Terminal	25	Filete fresco
45	Mer_LT_1 3	Tiburón	Pacífico	La Terminal	35	Filete fresco
46	Mer_LT_1 4	Dorado	Pacífico	La Terminal	30	Filete fresco
47	Mer_LT_1 5	Robalo	Pacífico	La Terminal	50	Filete fresco
48	Mer_LT_1 6	Tiburón	N/A	La Terminal	40	Filete fresco
49	Mer_LT_1 7	Pez vela	Pacífico	La Terminal	25	Filete fresco
50	Mer_LT_1 8	Pargo	N/A	La Terminal	25	Filete fresco
51	Mer_LT_1 9	Manta	N/A	La Terminal	22	Filete fresco
52	Mer_LT_2 0	Manta	Pacífico	La Terminal	25	Filete fresco

<b>No. Muestra</b>	<b>ID</b>	<b>Etiqueta</b>	<b>Origen probable</b>	<b>Lugar de compra</b>	<b>Precio (lb)</b>	<b>Presentación</b>
53	Mer_LT_2 1	Pez Vela	Pacífico	La Terminal	20	Filete fresco
54	Mer_LT_2 2	Tiburón	Pacífico	La Terminal	25	Filete fresco
55	Mer_LT_2 3	Tiburón	N/A	La Terminal	10	Filete fresco
56	Mer_LT_2 4	Dorado	Pacífico	La Terminal	40	Filete fresco
57	Mer_VN_ 25	Tiburón	Pacífico	Mercado Villa Nueva	30	Filete fresco
58	Mer_VN_ 26	Dorado	Pacífico	Mercado Villa Nueva	30	Filete fresco
59	Mer_VN_ 27	Robalo	Pacífico	Mercado Villa Nueva	75	Filete congelado
60	Mer_VN_ 28	Tiburón	Pacífico	Mercado Villa Nueva	35	Filete fresco
61	Mer_LT_2 9	Manta	Pacífico	La Terminal	20	Filete fresco
62	Mer_LT_3 0	Vela	Pacífico	La Terminal	20	Filete fresco
63	Mer_LT_3 1	Dorado	Pacífico	La Terminal	25	Filete fresco
64	Mer_LT_3 2	Marlin	Pacífico	La Terminal	22	Filete fresco
65	Mer_LT_3 3	Tiburón	N/A	La Terminal	25	Filete fresco
66	Mer_LT_3 4	Manta blanca	N/A	La Terminal	15	Filete fresco
67	Mer_LT_3 5	Atún Aleta Amarilla	Pacífico	La Terminal	20	Filete fresco
68	Mer_LT_3 6	Tiburón	Pacífico	La Terminal	15	Filete fresco
69	Sup_LT_0 1	Dorado (Mahi mahi)	N/A	La Torre Madero	31.8	Filete congelado
70	Sup_LT_0 2	Pargo	N/A	La Torre Madero	84.35	Filete congelado
71	Sup_LT_0 3	Curbina	N/A	La Torre Madero	66.75	Filete congelado
72	Sup_PZ_0 4	Curbina	N/A	Paiz Fraijanes	37	Filete congelado
73	Sup_PZ_0 5	Troncho	N/A	Paiz Fraijanes	38.9	Filete congelado
74	Sup_WM_ 06	Lenguado	Pacífico	Walmart	31.5	Filete congelado
75	Sup_WM_ 07	Dorado	Pacífico	Walmart	39	Filete congelado
76	Sup_WM_ 08	Curbina	Pacífico	Walmart	38	Filete congelado
77	Sup_WM_ 09	Róbalo	Pacífico	Walmart	65	Filete congelado
78	Sup_WM_ 10	Troncho	Pacífico	Walmart	38.5	Filete congelado
79	Sup_WM_ 11	Pargo	Pacífico	Walmart	86.4	Filete congelado

<b>No. Muestra</b>	<b>ID</b>	<b>Etiqueta</b>	<b>Origen probable</b>	<b>Lugar de compra</b>	<b>Precio (lb)</b>	<b>Presentación</b>
80	Sup_PZ_1 2	Troncho	N/A	Paiz Fraijanes	39.68	Filete congelado
81	Sup_PZ_1 3	Curbina	N/A	Paiz Fraijanes	37	Filete congelado
82	Sup_WM_ 14	Troncho	N/A	Walmart	38.5	Filete congelado
83	Sup_WM_ 15	Lenguado	Pacífico	Walmart	36.4	Filete congelado
84	Sup_WM_ 16	Curbina	Pacífico	Walmart	47.25	Filete congelado
85	Sup_WM_ 17	Robalo	Pacífico	Walmart	71	Filete congelado
86	Sup_WM_ 18	Lenguado	Pacífico	Walmart	36.35	Filete congelado
87	Sup_LT_1 9	Curbina	N/A	La Torre Madero	66.75	Filete congelado
88	Sup_LT_2 0	Dorado	N/A	La Torre Madero	75.85	Filete congelado
89	Sup_LT_2 1	Pargo	N/A	La Torre Madero	84.35	Filete congelado
90	Sup_LT_2 2	Róbalo	N/A	La Torre Madero	84.35	Filete congelado
91	Sup_WM_ 23	Troncho	N/A	Walmart	39.27	filete congelado
92	Sup_WM_ 24	Doradp	Pacífico	Walmart	52.43	filete congelado
93	Sup_WM_ 25	Lenguado	Pacífico	Walmart	39.55	filete congelado
94	Sup_WM_ 26	Curbina	Pacífico	Walmart	47.25	filete congelado
95	Sup_WM_ 27	Róbalo	Pacífico	Walmart	79.1	filete congelado
96	Sup_PZ_2 8	Troncho	Pacífico	Paiz Fraijanes	41.95	filete congelado
97	Sup_PZ_2 9	Curbina	N/A	Paiz Fraijanes		filete congelado
98	Sup_PZ_3 0	Curbina	Pacífico	Paiz Fraijanes	48.23	filete congelado
99	Sup_LT_3 1	Róbalo	N/A	La Torre Madero	84.35	filete congelado
100	Sup_LT_3 2	Pargo	N/A	La Torre Madero	8435	filete congelado
101	Sup_LT_3 3	Curbina	N/A	La Torre Madero	66.75	filete congelado
102	Sup_LT_3 4	Dorado	N/A	La Torre Madero	75.85	filete congelado

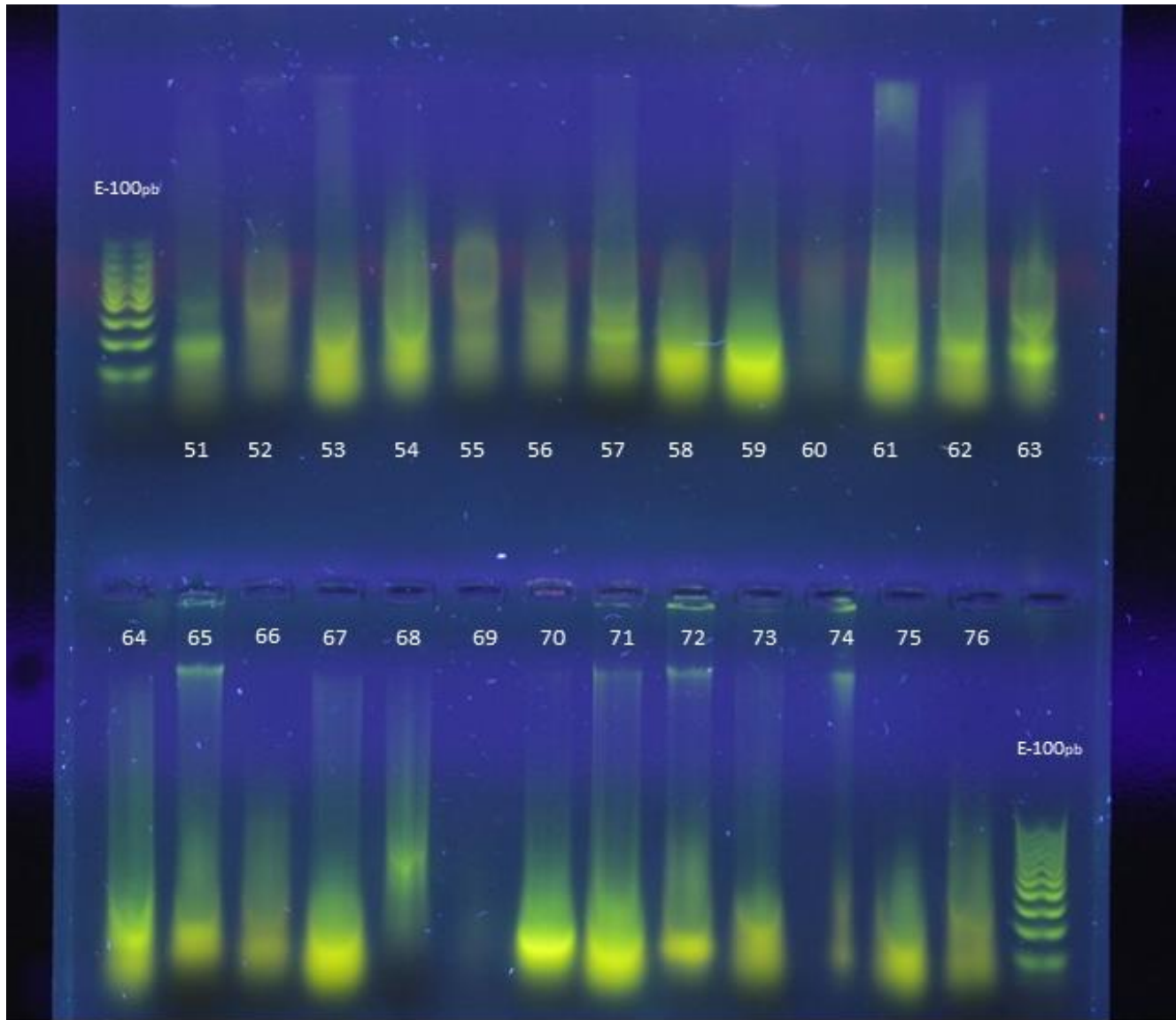


**Anexo 7.** Gel de agarosa al 1% para verificar integridad de ADN extraído. Teñido con GelRed™, (E) Marcador de peso molecular de 100 pb DNA Ladder. En la parte de arriba primer pozo con Escalera y muestras de 1-12 y en la parte de abajo una escalera (50pb) y muestras de la 13-24.

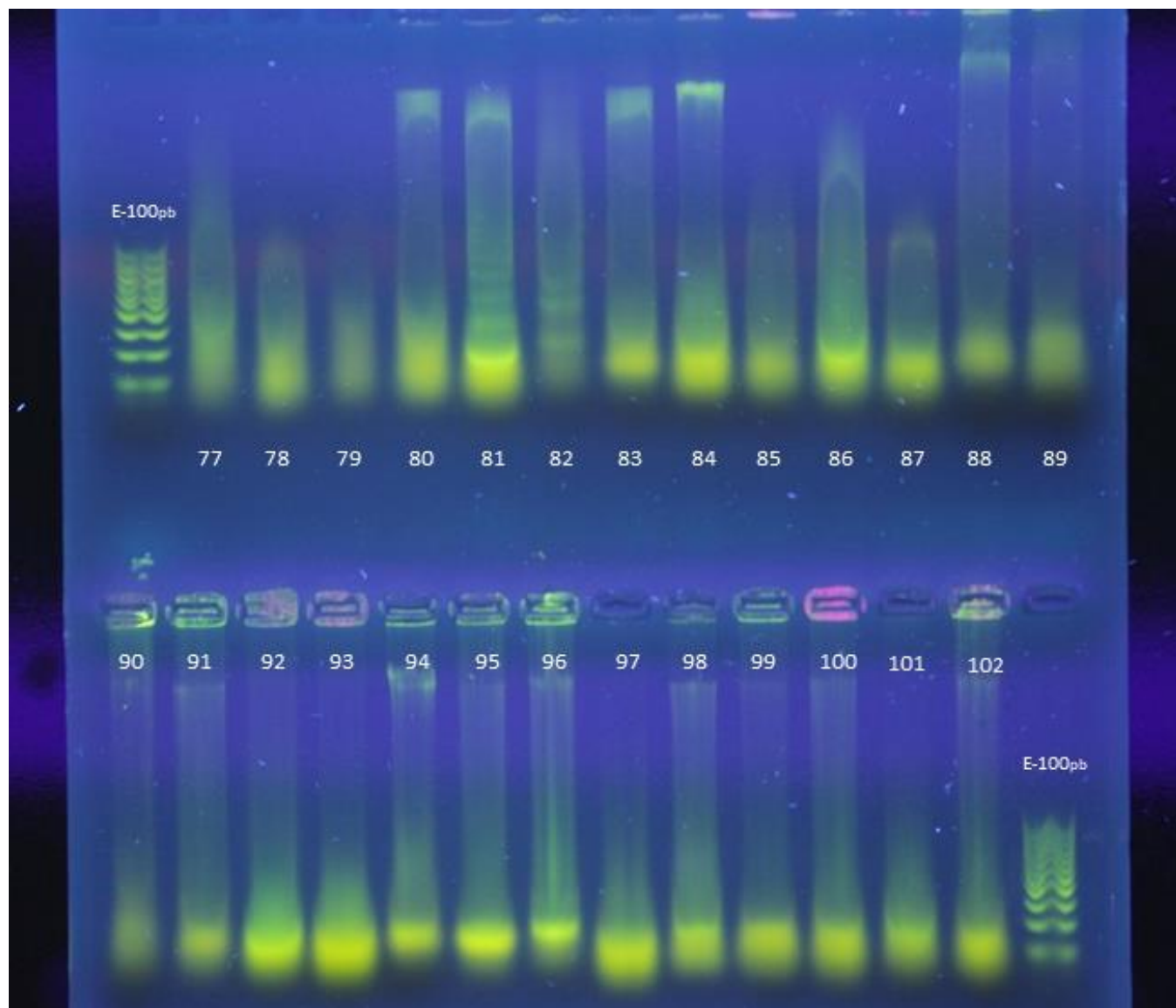


**Anexo 8.** Gel de agarosa al 1% para verificación de integridad de ADN extraído. Teñido con GelRed™ (E) Marcador de peso molecular de 100 pb DNA Ladder. En la parte de arriba primer pozo con Escalera (E) y muestras de 25-37 y en la parte de abajo una escalera y muestras de la 38-50.

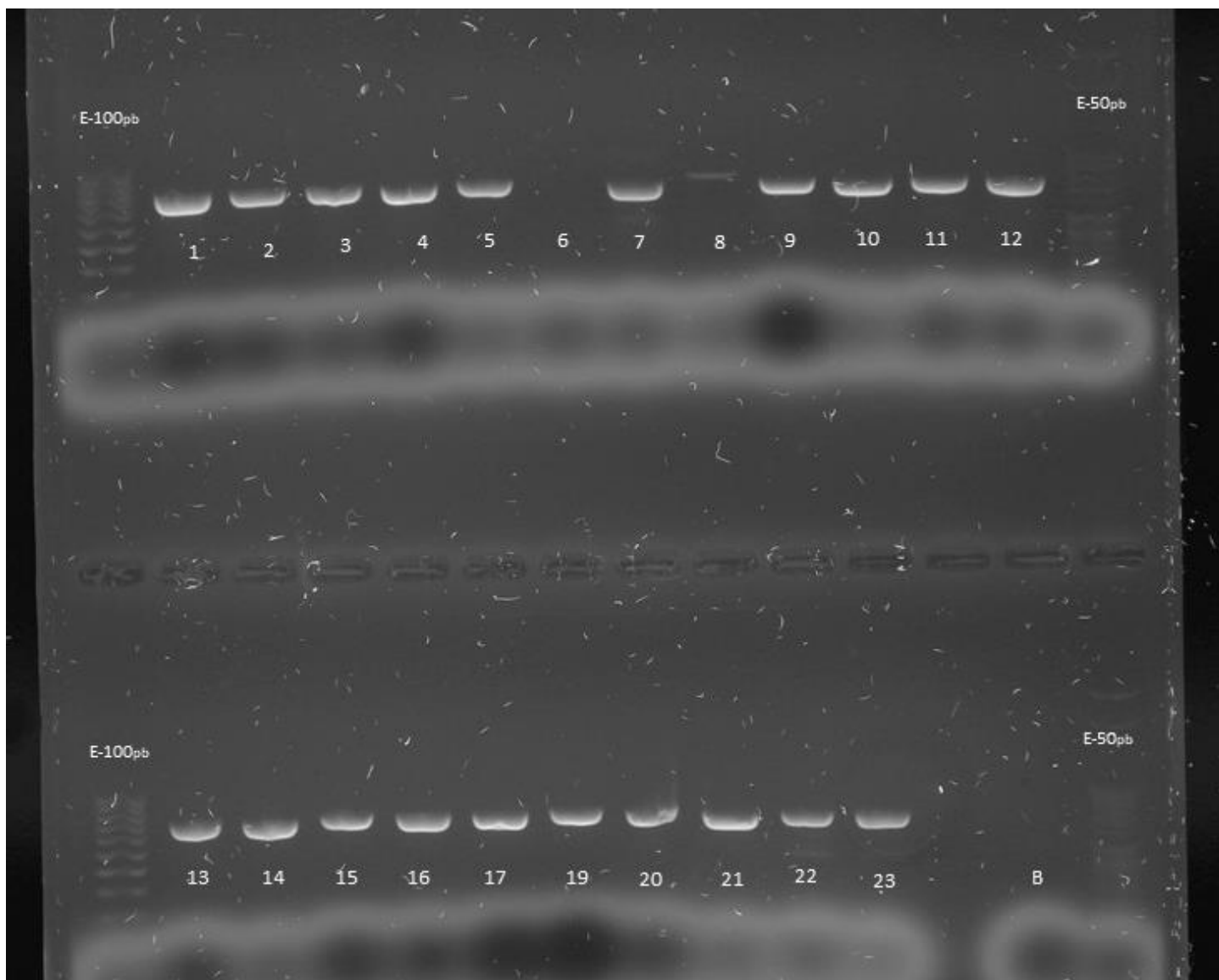




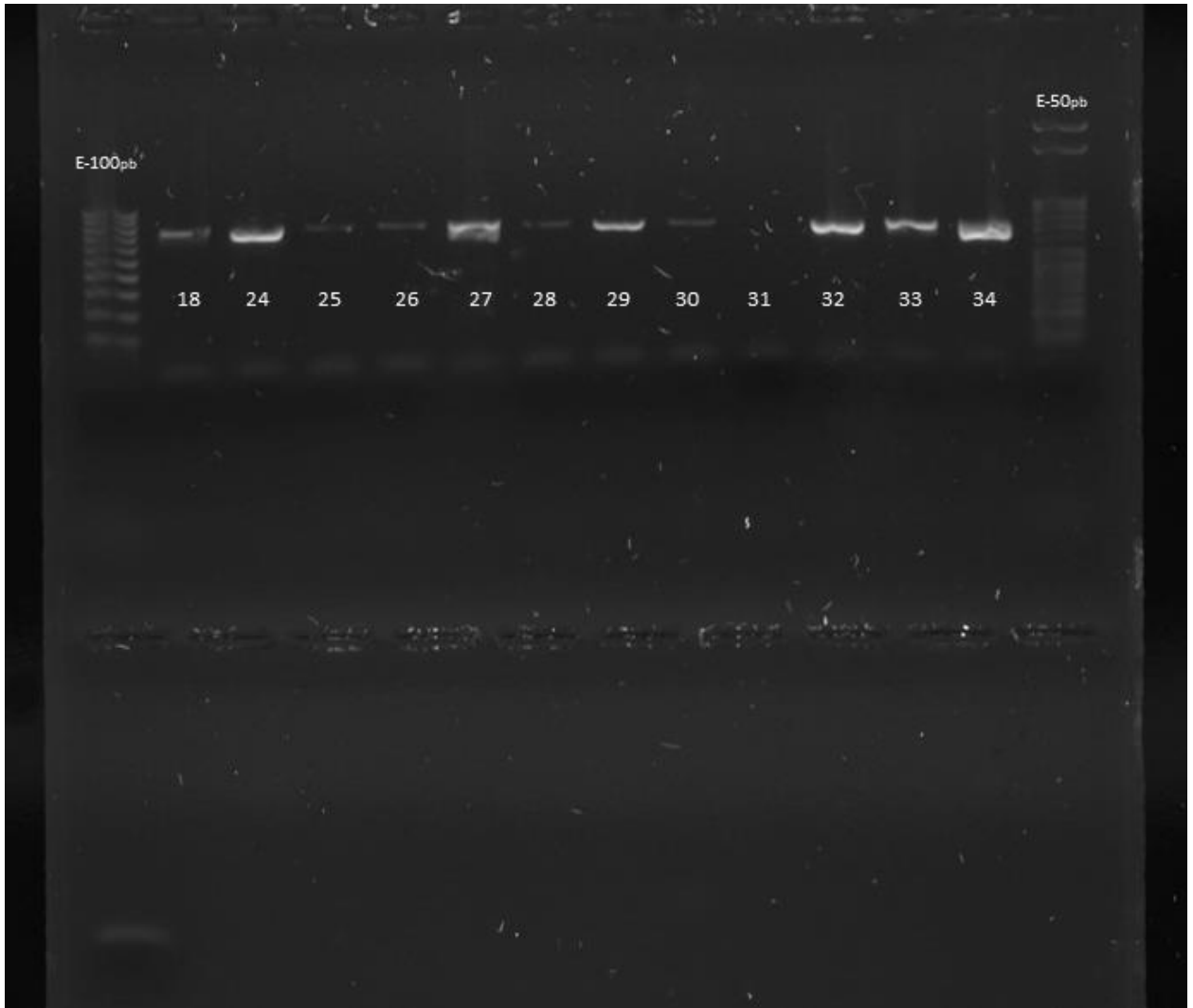
**Anexo 9.** Gel de agarosa al 1% para verificar integridad de ADN extraído. Teñido con GelRed™, (E) Marcador de peso molecular de 100 pb DNA Ladder. En la parte de arriba primer pozo con Escalera € y muestras de 51-63 y en la parte de abajo una escalera y muestras de la 64-76.



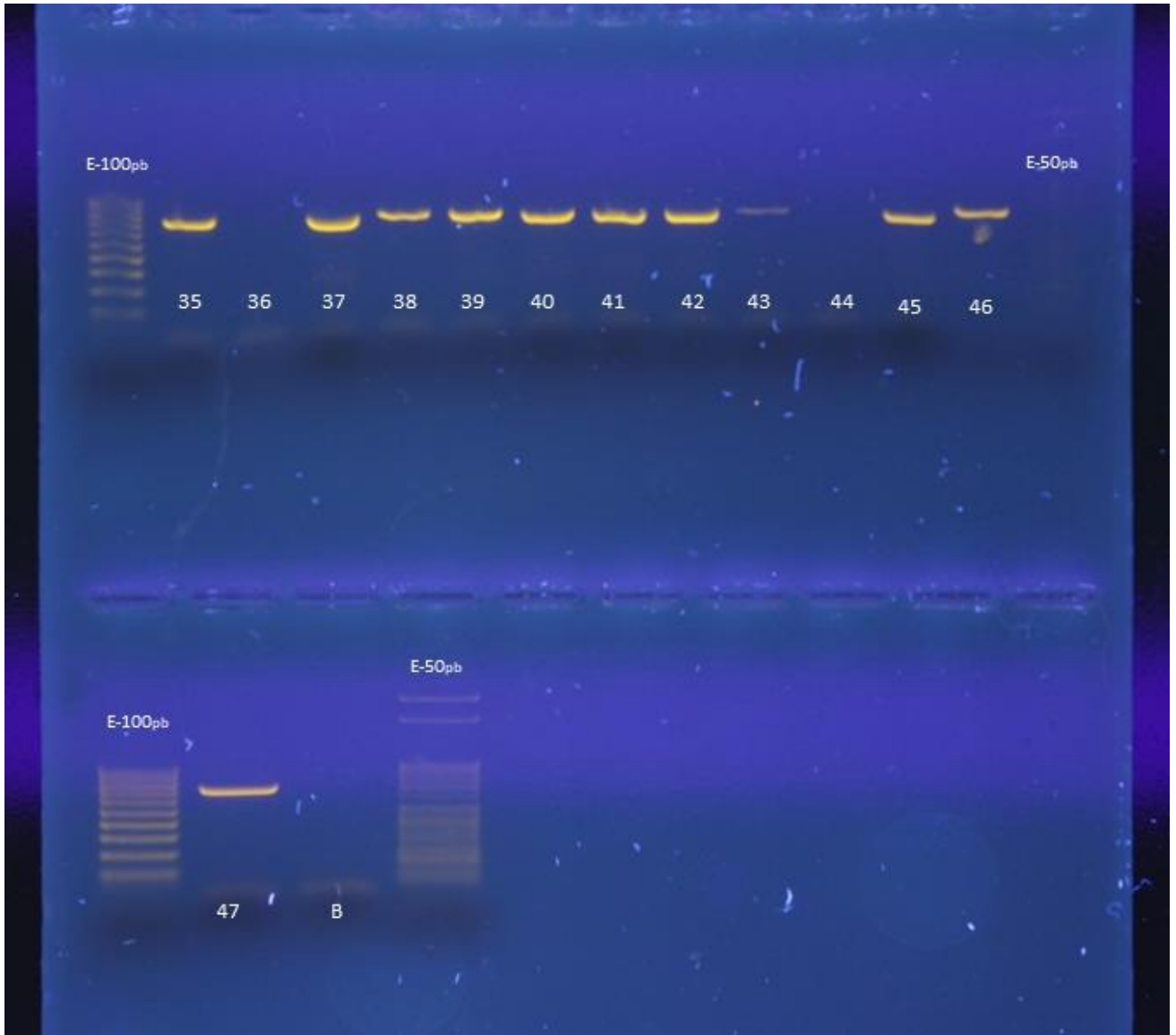
**Anexo 10.** Gel de agarosa al 1% para verificación de integridad de ADN extraído. Teñido con GelRed™, (E) Marcador de peso molecular de 100 pb DNA Ladder. En la parte de arriba primer pozo con Escalera (E) y muestras de 77-89 y en la parte de abajo una escalera y muestras de la 90-102.



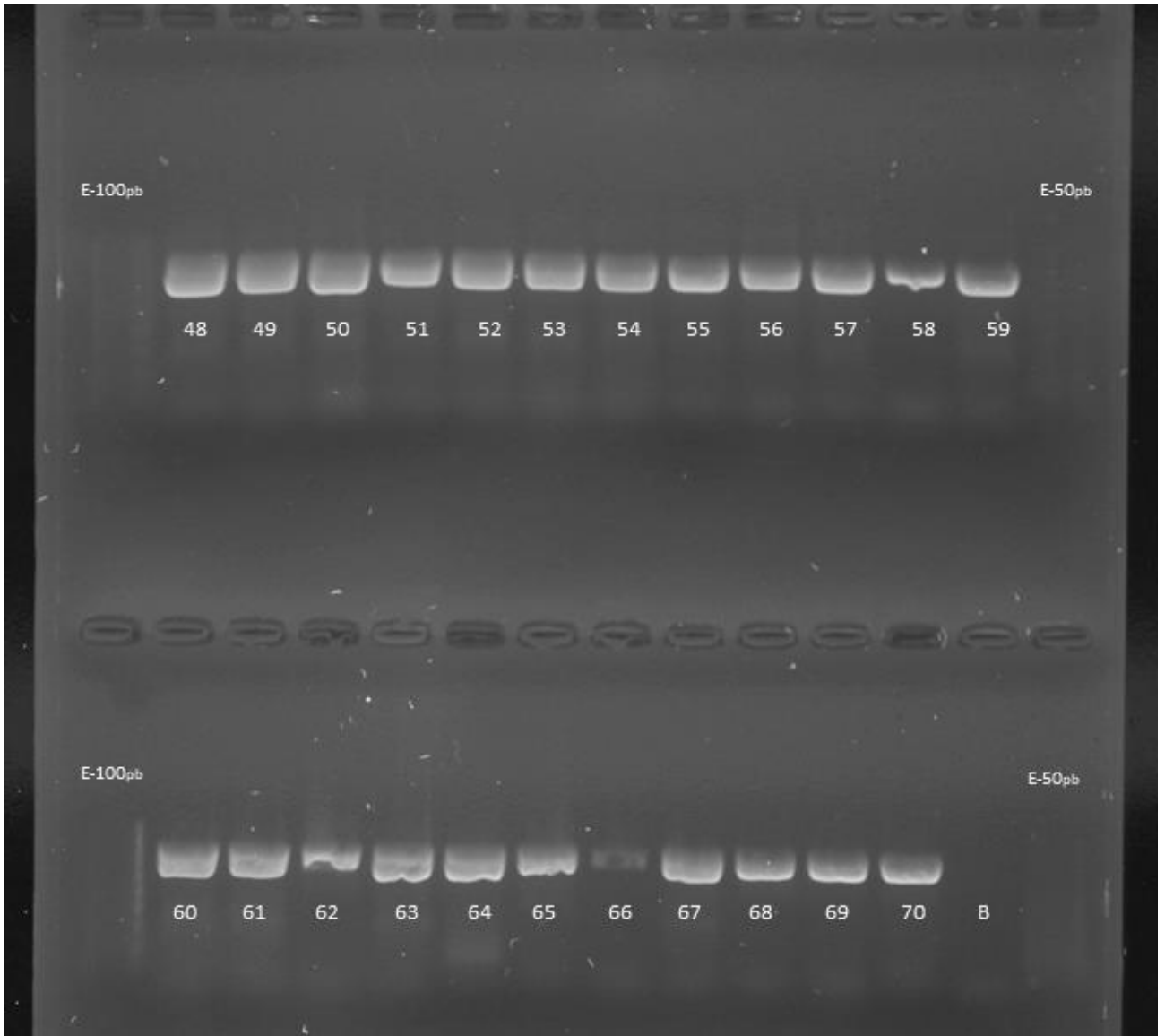
**Anexo 11.** Gel de agarosa al 1% teñidos con GelRed™ de producto PCR de amplificación de ADN con Fish1 de muestras 1-23.



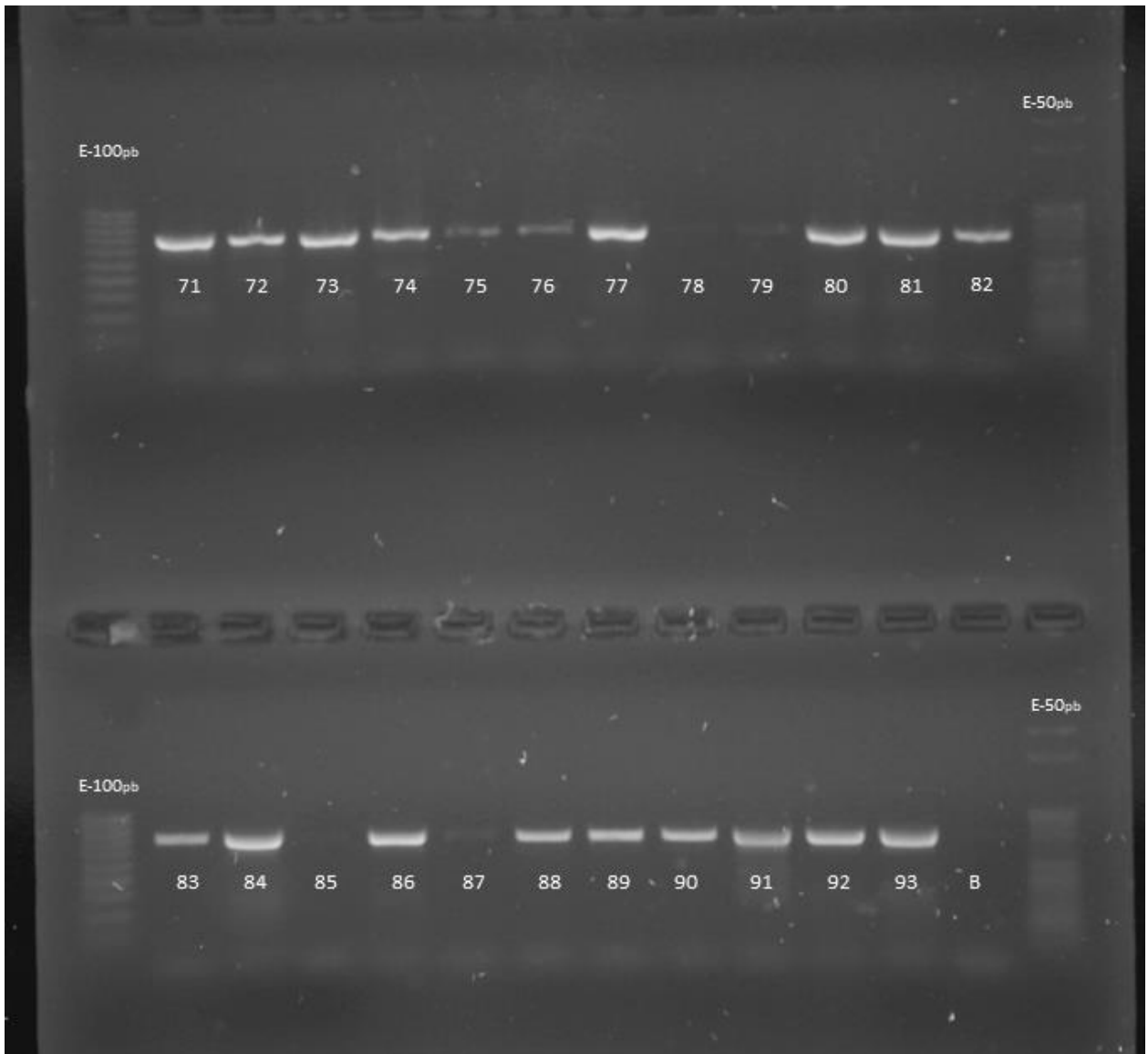
**Anexo 12.** Gel de agarosa al 1% teñidos con GelRed™ de producto PCR de amplificación de ADN con Fish1 de muestras 24-34.



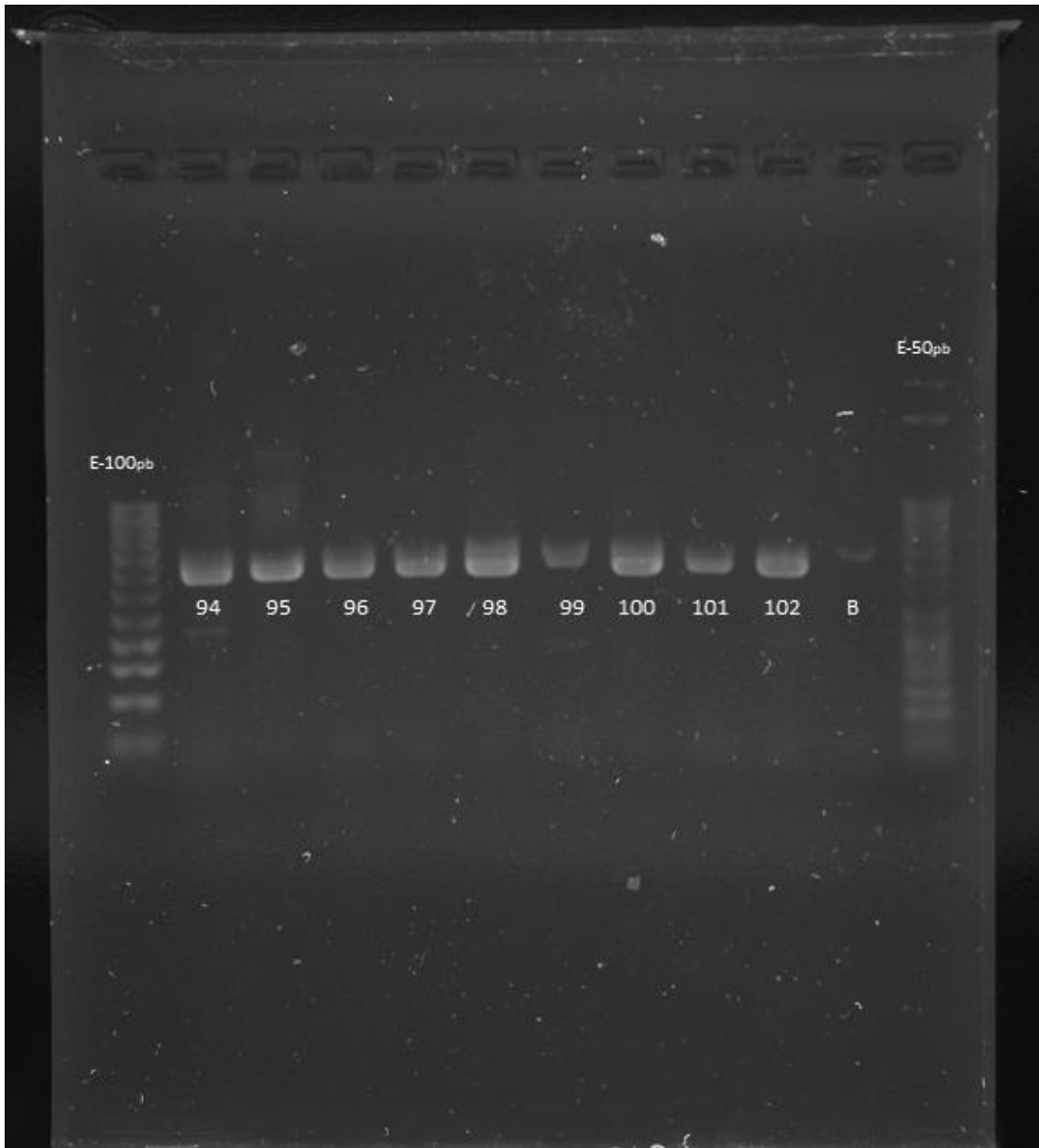
**Anexo 13.** Gel de agarosa al 1% teñidos con GelRed™ de producto PCR de amplificación de ADN con Fish1 de muestras 35-47.



**Anexo 14.** Gel de agarosa al 1% teñidos con GelRed™ de producto PCR de amplificación de ADN con Fish1 de muestras 48-70.

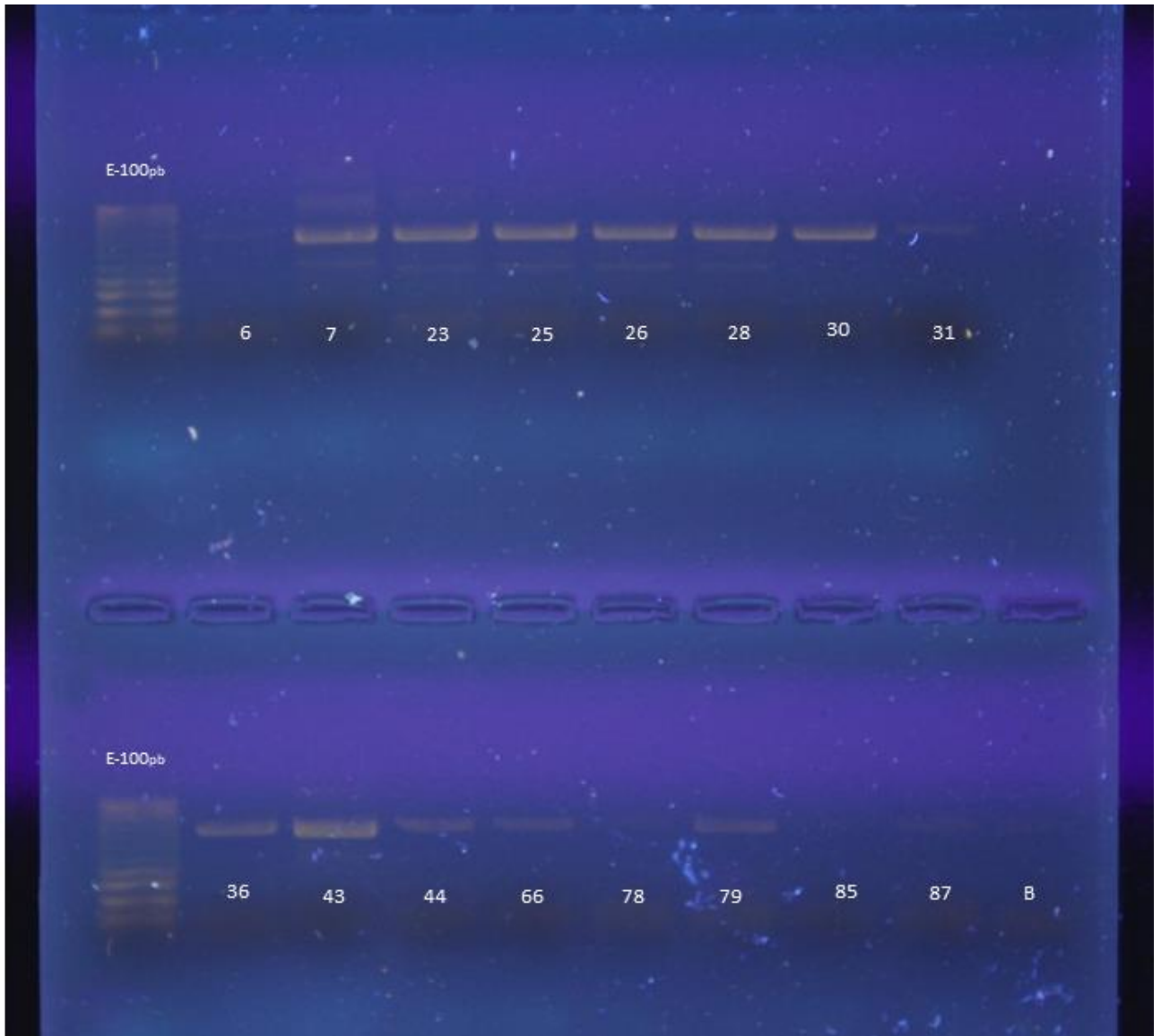


**Anexo 15.** Gel de agarosa al 1% teñidos con GelRed™ de producto PCR de amplificación de ADN con Fish1 de muestras 71-93.

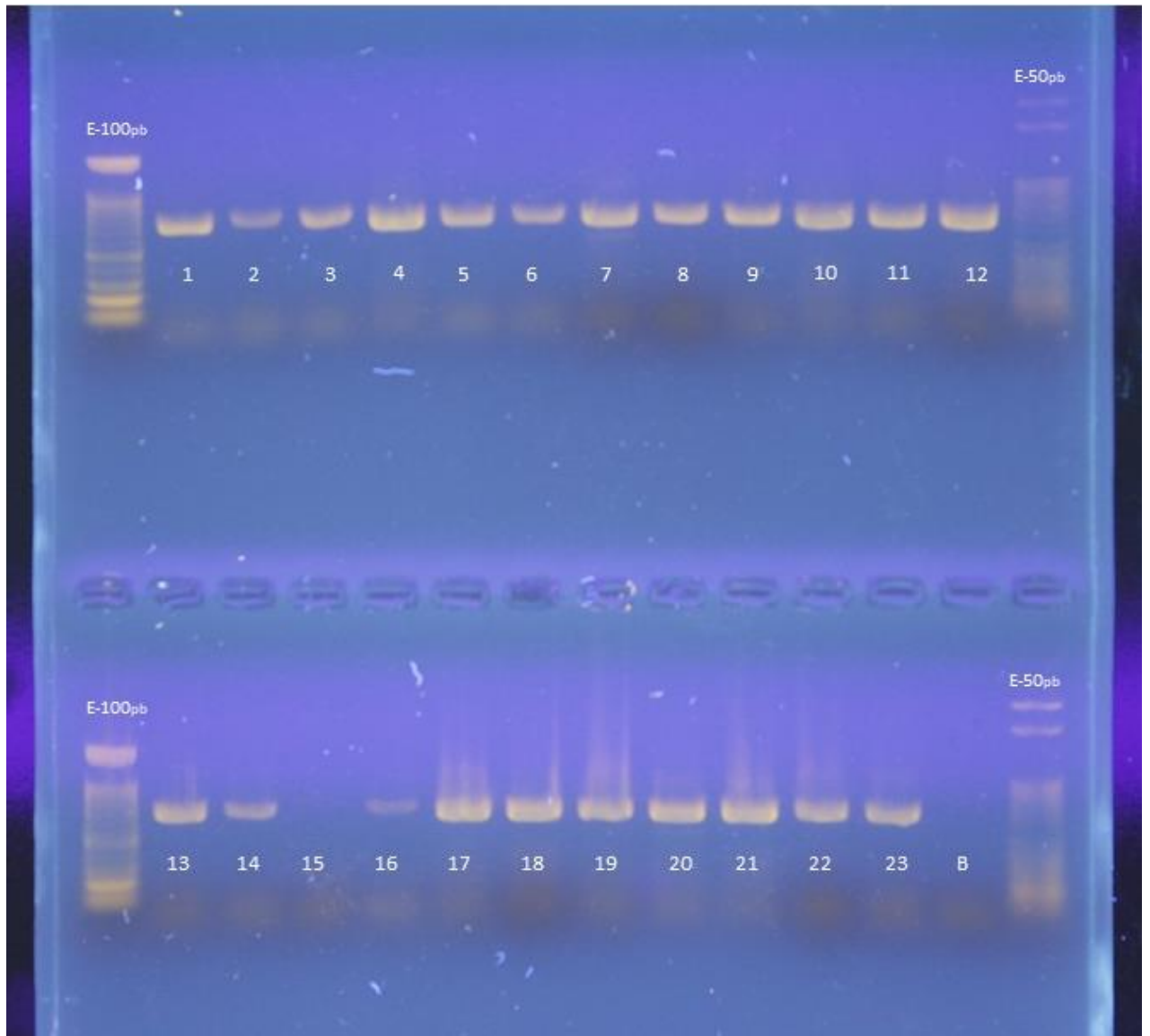


**Anexo 16.** Gel de agarosa al 1% teñidos con GelRed™ de producto PCR de amplificación de ADN con Fish1 de muestras 94-102.

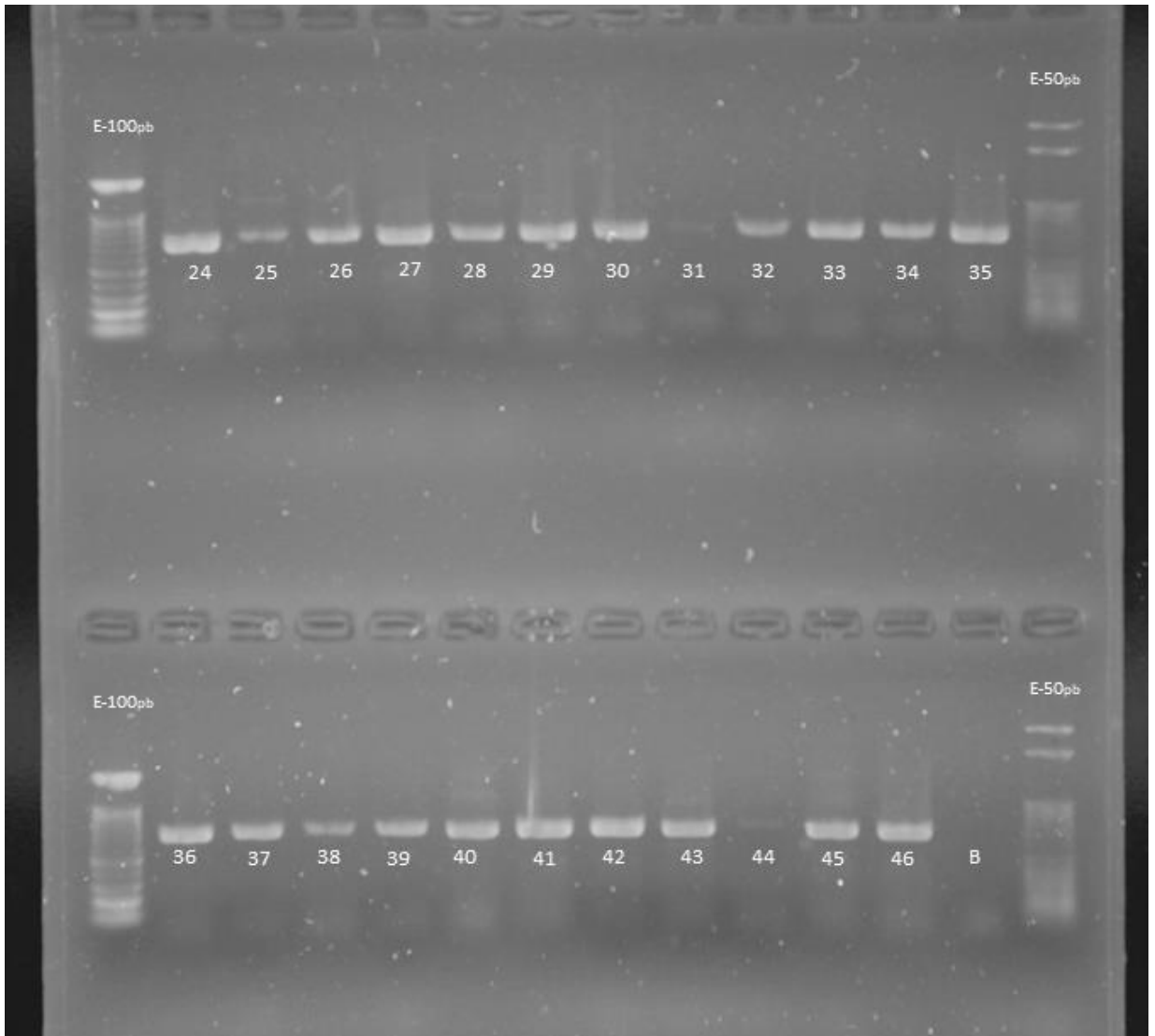




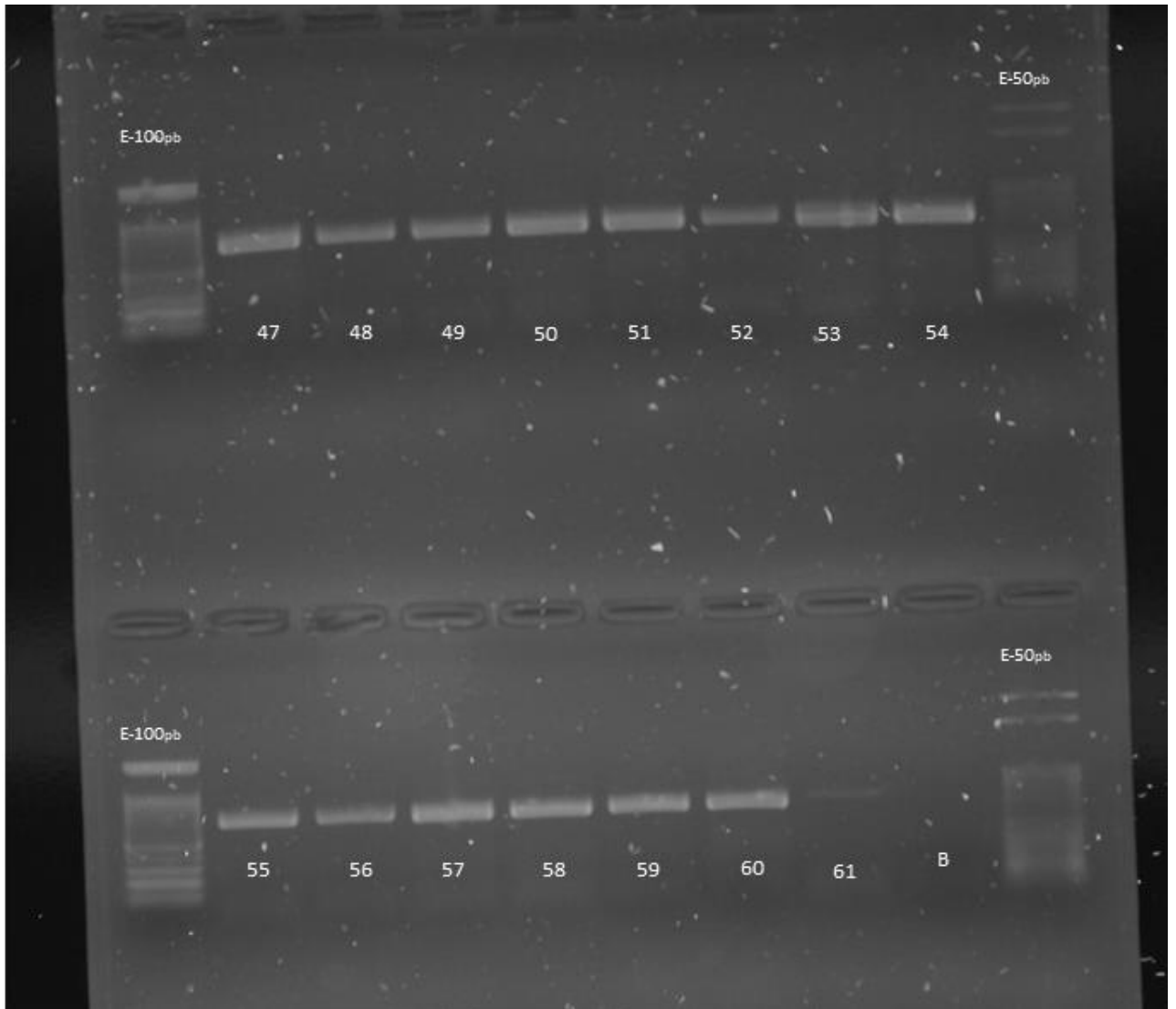
**Anexo 17.** Gel de agarosa al 1% teñidos con GelRed™ de producto PCR de amplificación de ADN con Fish1 de muestras repetidas



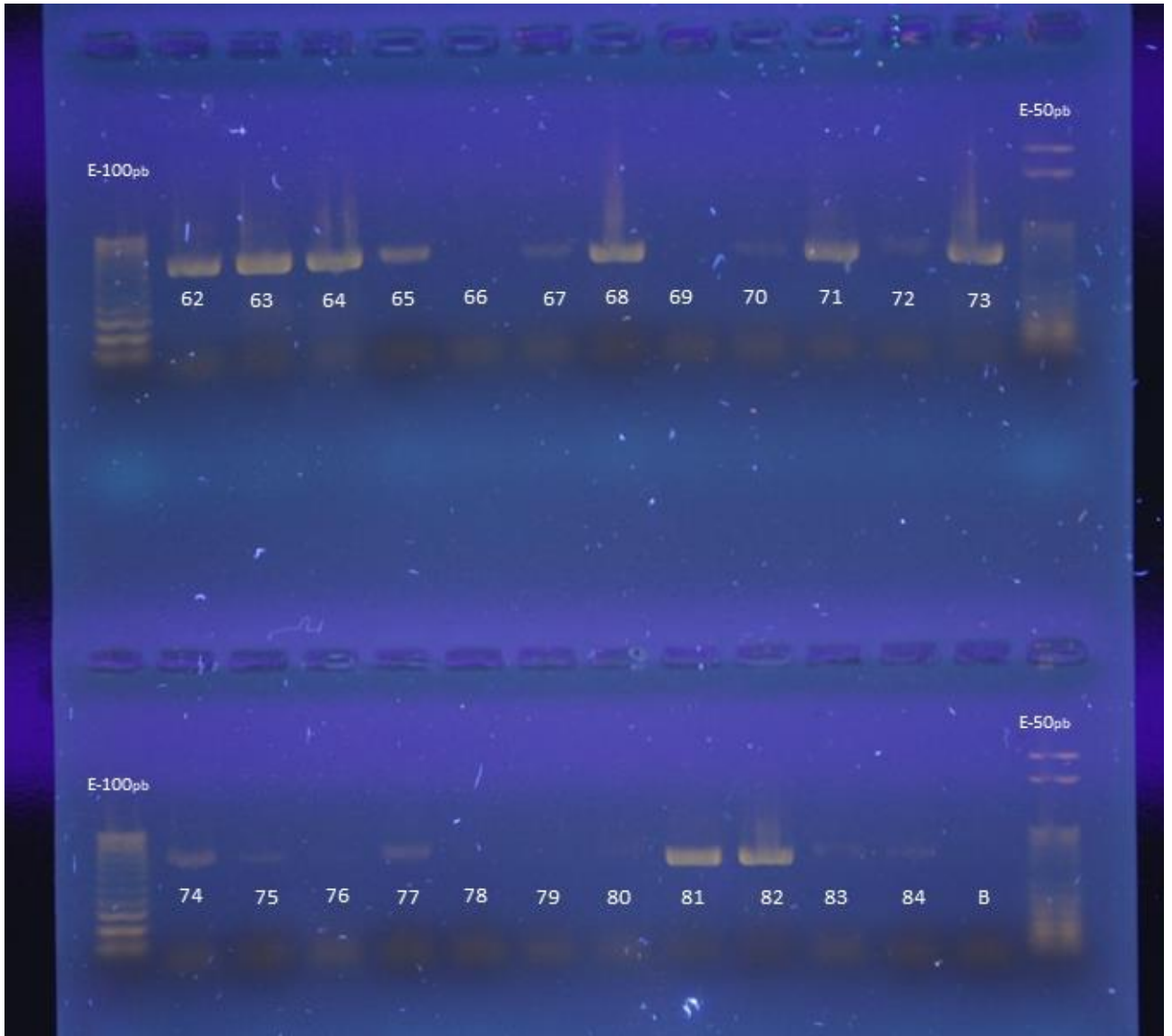
**Anexo 18.** Gel de agarosa al 1% teñidos con GelRed™ de producto PCR de amplificación de ADN con Fish2 de muestras 1-23.



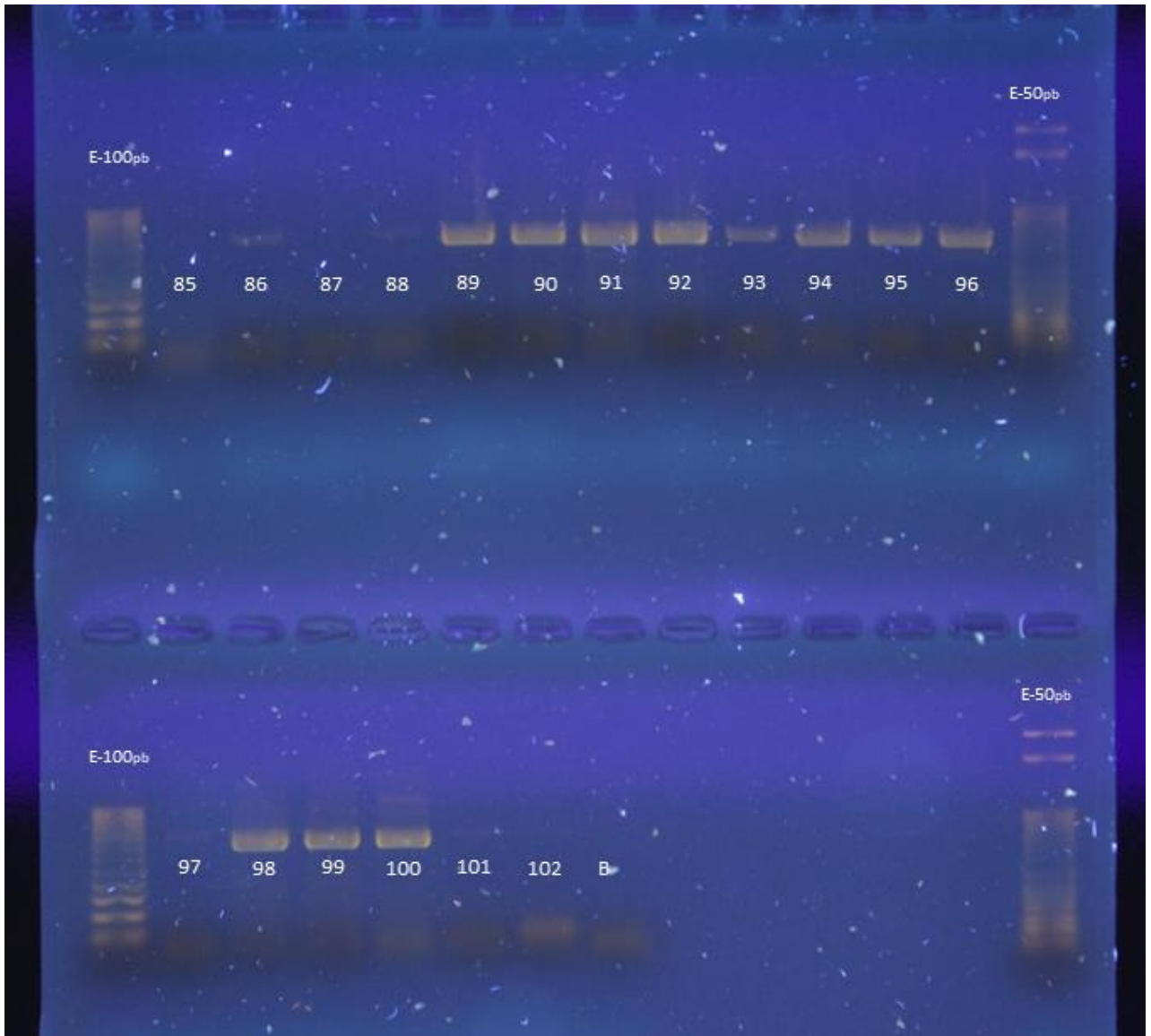
**Anexo 19.** Gel de agarosa al 1% teñidos con GelRed™ de producto PCR de amplificación de ADN con Fish2 de muestras 24-46.



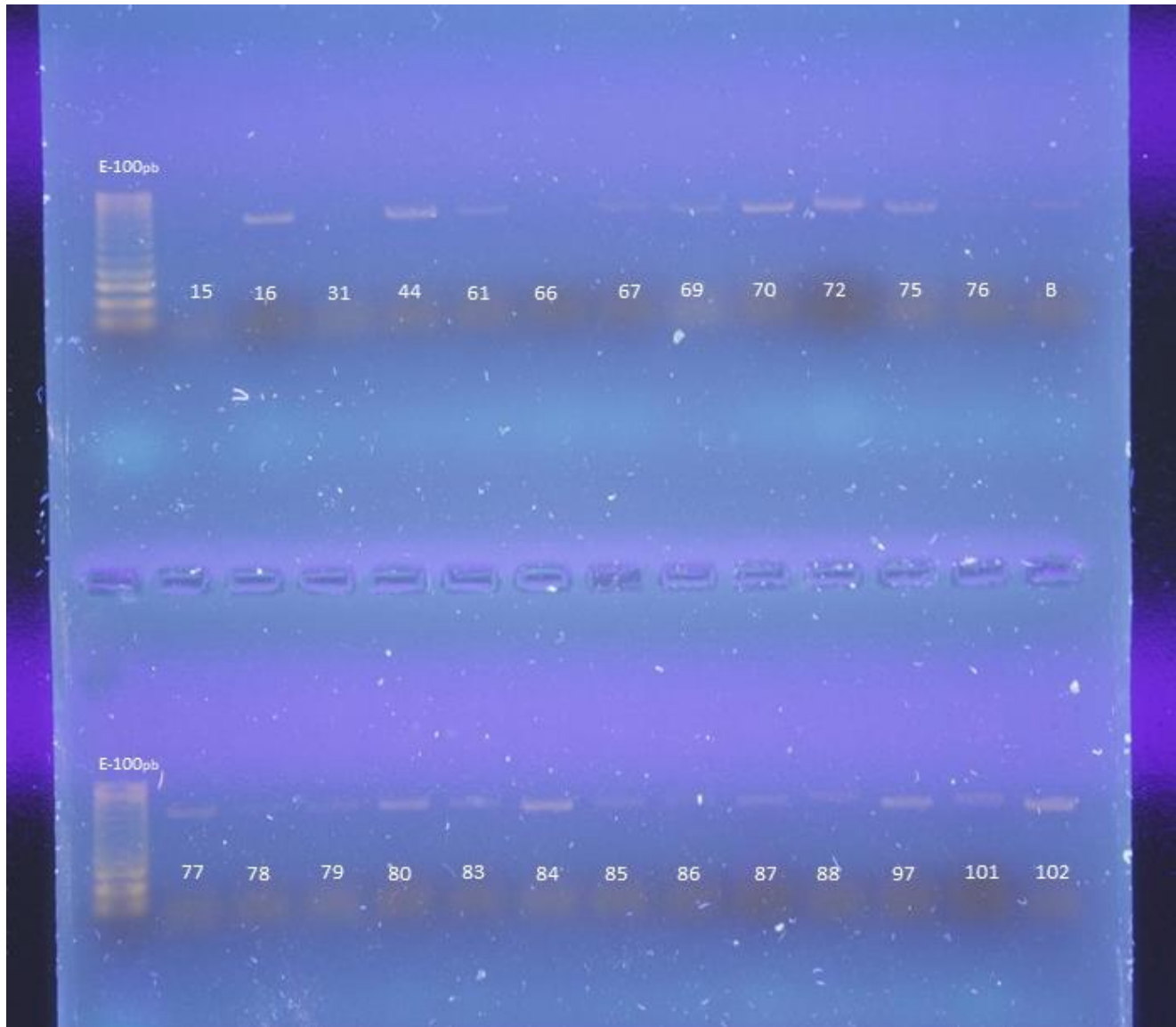
**Anexo 20.** Gel de agarosa al 1% teñidos con GelRed™ de producto PCR de amplificación de ADN con Fish2 de muestras 47-61.



**Anexo 21.** Gel de agarosa al 1% teñidos con GelRed™ de producto PCR de amplificación de ADN con Fish2 de muestras 62-84.



**Anexo 22.** Gel de agarosa al 1% teñidos con GelRed™ de producto PCR de amplificación de ADN con Fish2 de muestras 85-102.



**Anexo 23.** Gel de agarosa al 1% teñidos con GelRed™ de producto PCR de amplificación de ADN con FisH2 de muestras repetidas.