



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**“Identificación de soya (*Glycine max*) como  
adulterante en atún enlatado (*Thunnus albacares*)  
mediante la reacción en cadena de la polimerasa  
(PCR)”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO EN ALIMENTOS

PRESENTA:  
UZIEL VIVAS PELÁEZ

ASESORES: Dra. Ana Elvia Sánchez Mendoza  
Dr. José Francisco Montiel Sosa

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO 2024.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## ÍNDICE

INDICE DE FIGURAS.....	III
ÍNDICE DE CUADROS.....	IV
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. Generalidades del Atún (Thunnus).....	2
1.1 ¿Qué es el atún? .....	2
1.2 Antecedentes .....	4
1.3 Inicio de la pesca de atún en México.....	4
1.4 Tipos de atún .....	5
1.5 Partes del atún.....	6
1.6 Características del atún aleta amarilla.....	10
1.7 Contexto económico.....	11
1.7.1 Producción Nacional .....	11
1.7.2 Exportaciones .....	12
1.7.3 Consumo per cápita.....	12
1.8 Aporte nutricional .....	13
1.9 Atún enlatado .....	14
1.9.1 Ingredientes que forman parte del atún enlatado .....	14
1.9.2 Medios de cobertura para el atún enlatado según la NOM-235-SE-2020.....	14
1.9.3 Formas de presentación del atún enlatado .....	15
1.10 Adulteración de atún enlatado con soya.....	17
1.10.1 ¿Qué es una adulteración? .....	17
1.10.2 Adulteración alimentaria y su clasificación .....	17
1.10.3 Soya texturizada, el adulterante perfecto .....	18
1.10.3.3 ¿Qué es la soya texturizada?.....	20
1.11 Importancia de determinar la presencia o ausencia de soya en el atún enlatado ..	25
1.11.1 Efectos adversos en la salud de los consumidores alérgicos a la soya.....	25
1.11.2 Evitar el fraude alimentario .....	27
1.12 Marco jurídico del atún en México .....	29
1.12.1 Límites máximos permisibles de Soya en Atún .....	29
CAPÍTULO 2. Técnicas moleculares para la identificación de especies.....	30
2.1 ADN mitocondrial y sus características .....	30

2.2	Importancia del ADN mitocondrial desde el punto de vista molecular .....	30
2.3	Técnicas de autenticación de especies .....	30
2.4	Reacción en cadena de la Polimerasa (PCR).....	31
2.4.1	Fundamento.....	32
2.4.2	Etapas de reacción de la PCR .....	32
2.4.3	Componentes de la reacción.....	35
2.4.4	Aplicación de la PCR en otras áreas.....	36
2.5	Ventajas y desventajas .....	36
2.6	Electroforesis .....	36
CAPÍTULO 3. Metodología experimental .....		37
3.1	Justificación.....	37
3.2	Cuadro metodológico .....	39
3.3	Descripción del cuadro metodológico .....	40
3.3.1	Objetivo general.....	40
3.3.2	Objetivo particular 1 .....	40
3.3.3	Objetivo particular 2 .....	40
3.3.4	Objetivo particular 3 .....	40
3.4	Materiales y métodos .....	41
3.4.1	Material biológico .....	41
3.4.2	Extracción de ADN.....	42
3.4.3	Cuantificación de ADN.....	44
3.4.4	Metodología de la PCR punto final .....	46
3.4.5	Electroforesis en gel de agarosa y visualización del ADN .....	49
CAPÍTULO 4. Resultados y discusión.....		50
4.1	Objetivo particular 1: Diseño de primers y establecimiento de las condiciones de la PCR .....	50
4.2	Objetivo particular 2: Determinación de la especificidad de los primers.....	53
4.3	Objetivo particular 3: Determinación de la presencia o ausencia de la especie de interés .....	56
4.4	Objetivo general: Identificación de atún adulterado con soya .....	63
CONCLUSIONES .....		64
REFERENCIAS .....		66
ANEXOS.....		74

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Imagen del atún (SAGARPA, 2015) .....	3
<b>Figura 2.</b> Zonas del océano según su profundidad (Biodiversidad mexicana, 2022) .....	3
<b>Figura 3.</b> Tipos de atunes: Thunnus thynnus y Thunnus alalunga (Jimenez, 2023) .....	5
<b>Figura 4.</b> Tipos de atunes: Thunnus obesus y Thunnus albacares (Jimenez, 2023) .....	6
<b>Figura 5.</b> Tipos de atunes: Katsuwonus pelamis y Thunnus atlanticus (Jimenez, 2023) ...	6
<b>Figura 6.</b> Elementos que forman parte de la cabeza del atún (BALFEGO, 2012) .....	7
<b>Figura 7.</b> Elementos constitutivos que forman parte integral del atún (BALFEGO, 2012) ..	9
<b>Figura 8.</b> Vísceras del atún (BALFEGO, 2012).....	10
<b>Figura 9.</b> Atún aleta amarilla (Planet tuna, 2020).....	11
<b>Figura 10.</b> Producción de atún aleta amarilla, elaboración propia con datos obtenidos de (CONAPESCA, 2023).....	11
<b>Figura 11.</b> Mapa de la república mexicana con los principales estados productores de atún Aleta amarilla (CULTURA MEXICANA, 2023).....	12
<b>Figura 12.</b> Atún compacto (Revista del consumidor , 2019).....	15
<b>Figura 13.</b> Atún en trozos (Revista del consumidor , 2019).....	16
<b>Figura 14.</b> Atún en hojuelas (Revista del consumidor , 2019).....	16
<b>Figura 15.</b> Atún triturado o desmenuzado (Revista del consumidor , 2019).....	17
<b>Figura 16.</b> Tipos de adulteraciones: Accidental e Intencionada (Rojas, 2019).....	18
<b>Figura 17.</b> Vaina de soya (SIAP, 2017) .....	19
<b>Figura 18.</b> Soya texturizada deshidratada (izquierda) y soya texturizada hidratada (derecha) (Mayoreo online, 2023).....	21
<b>Figura 19.</b> Diagrama de proceso de elaboración de atún enlatado (Carbajal, 2023).....	22
<b>Figura 20.</b> Proceso de elaboración de atún enlatado (DSpace , 2023).....	23
<b>Figura 21.</b> Costo del atún fresco por kilogramo (Chedraui, 2023).....	24
<b>Figura 22.</b> Costo del kilogramo de soya por mayoreo (Mayoreo online, 2023).....	25
<b>Figura 23.</b> Alérgenos alimentarios (r-biopharm, 2023) .....	26
<b>Figura 24.</b> Signos y síntomas de anafilaxia (ABC, 2023).....	26
<b>Figura 25.</b> Tipos de fraude alimentario (Escobar, 2023).....	28
<b>Figura 26.</b> Desnaturalización del ADN (Poza, 2023) .....	33
<b>Figura 27.</b> Hibridación del ADN (Poza, 2023) .....	33
<b>Figura 28.</b> Elongación de la cadena de ADN (Poza, 2023).....	34
<b>Figura 29.</b> Cuadro metodológico .....	39
<b>Figura 30.</b> Tubos de reacción para PCR .....	48
<b>Figura 31.</b> Gel de agarosa al 1.5 % para el establecimiento de la temperatura de hibridación de los primers de atún. MP, Blanco, Carril 1: C+ (58°C), Carril 2: C+ (60°C), Carril 3: C+ (62°C), Carril 4: C+ (64°C), Carril 5: C+ (66°C).....	52
<b>Figura 32.</b> Programa de PCR para Thunnus Albacares.....	53
<b>Figura 33.</b> Programa de PCR para Glycine max .....	53
<b>Figura 34.</b> Gel de agarosa al 1.5 % para determinar la especificidad de primers de atún vs otras especies. MP, Blanco, C+, Carril 1: Delfín, Carril 2: Pollo, Carril 3: Bos Taurus, Carril 4: Soya, Carril 5: Trigo, Carril 6: Papaya .....	55
<b>Figura 35.</b> Gel de agarosa al 1.5 % para determinar la especificidad de primers de soya vs otras especies. MP, Blanco, C+ Carril 1: Delfín, Carril 2: Pollo, Carril 3: Atún, Carril 4: Bos Taurus, Carril 5: Trigo, Carril 6: Papaya .....	56

<b>Figura 36.</b> Gel de agarosa al 1.5 % para identificar presencia de atún en diferentes muestras comerciales de estudio. MP, Blanco, C+, Carril 1: Dla, Carril 2: Dld, Carril 3: Gva, Carril 4: Gvd, Carril 5: Atún J.....	57
<b>Figura 37.</b> Gel de agarosa al 1.5% para identificar presencia de atún en diferentes muestras comerciales de estudio. MP, Blanco, C+, Carril 1: Typr, Carril 2: Typa, Carril 3: Typv, Carril 4: Tycv, Carril 5: Tyca, Carril 6: Tycn.....	58
<b>Figura 38.</b> Gel de agarosa al 1.5% para identificar presencia de atún en diferentes muestras comerciales de estudio. MP, Blanco, C+, Carril 1: Maa, Carril 2: Mad, Carril 3: Nra, Carril 4: Typa, Carril 5: Tycn.....	59
<b>Figura 39.</b> Gel de agarosa al 1.5% para identificar presencia de atún en diferentes muestras comerciales de estudio MP, Blanco, C+, Carril 1: Typa, Carril 2: Tycn.¡Error! Marcador no definido.	
<b>Figura 40.</b> Gel de agarosa al 1.5% para identificar presencia de atún en diferentes muestras comerciales de estudio. MP, Blanco, C+, Carril 1: Typa, Carril 2: Tycn.....	60
<b>Figura 41.</b> Gel de agarosa al 1.5 % para identificar presencia de soya en diferentes muestras comerciales de estudio. MP, Blanco, C+, Carril 1: Dla, Carril 2: Dld, Carril 3: Gva, Carril 4: Gvd, Carril 5: Atún J.....	61
<b>Figura 42.</b> Gel de agarosa al 1.5 % para identificar presencia de soya en diferentes muestras comerciales de estudio. MP, Blanco, C+, Carril 1: Typr, Carril 2: Typa, Carril 3: Typv, Carril 4: Tycv, Carril 5: Tyca, Carril 6: Tycn. ....	62
<b>Figura 43.</b> Gel de agarosa al 1.5 % para identificar presencia de soya en diferentes muestras comerciales de estudio. MP, Blanco, C+, Carril 1: Maa, Carril 2: Mad, Carril 3: Nra. ....	63

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Principales especies de atún (Esencia del Mar, 2023).....	6
<b>Cuadro 2.</b> Elementos que forman parte de la cabeza del atún (BALFEGO, 2012) .....	7
<b>Cuadro 3.</b> Elementos que forman parte del lomo superior del atún (BALFEGO, 2012) .....	8
<b>Cuadro 4.</b> Elementos que forman parte del lomo inferior del atún (BALFEGO, 2012) .....	8
<b>Cuadro 5.</b> Elementos que forman parte de las vísceras del atún (BALFEGO, 2012) .....	10
<b>Cuadro 6.</b> Composición nutrimental atún aleta amarilla (USDA, 2019).....	13
<b>Cuadro 7.</b> Composición nutrimental de la soya (USDA, 2019) .....	20
<b>Cuadro 8.</b> Muestras de atún enlatado que fueron evaluadas.....	41
<b>Cuadro 9.</b> Componentes de la reacción de PCR .....	47
<b>Cuadro 10.</b> Primers diseñados para el Thunnus albacares y Glycine max.....	51

## RESUMEN

El atún en la actualidad es un alimento que está presente en la dieta de la gran mayoría de la población mexicana, es una fuente importante de proteína de origen animal y además de fácil acceso a la población por su bajo costo, todo esto ha propiciado que, sin importar la marca o la presentación del atún, tenga una gran demanda dentro del mercado alimenticio.

El atún enlatado, sin embargo, como todo producto alimenticio procesado, es susceptible sufrir adulteraciones con la finalidad de generar mayores ganancias para los industriales; en este caso en la adulteración del atún tiene lugar cuando se sustituye parte de su masa drenada con soya. El problema de esto radica en que puede afectarse la salud de las personas que resulten alérgicas a dicha oleaginosa y que además se incurre en un fraude alimentario.

En este trabajo de investigación se analizaron 14 muestras comerciales de atún enlatado. Primeramente, se realizó la identificación presencia de atún por medio de PCR dentro de su contenido y posteriormente se realizó la identificación de la presencia o ausencia del adulterante (soya) también por medio de PCR.

Como resultado de esta investigación, de todas las muestras analizadas, tres muestras comerciales resultaron estar adulteradas con soya.

## INTRODUCCIÓN

El inicio de la pesca de atún dentro del territorio mexicano se remonta a principios del siglo XX, comenzó en un principio con embarcaciones extranjeras que venían al litoral mexicano a pescar para poder suplir la demanda de sus industrias, y no fue hasta que en 1925 oficialmente se inició la industrialización del atún por parte de flotas mexicanas (SAGARPA, 2015).

El desarrollo de la industria atunera en México ha representado el incremento del abasto de un alimento de alto valor proteico, de precio accesible y de fácil distribución incluso en zonas rurales debido a su práctico empaque y a la larga vida de anaquel que posee, esto ha permitido que el atún enlatado sea una proteína de origen animal de fácil acceso y de alto consumo (Autrey, 2015).

Existen también proteínas de origen vegetal de alto valor biológico como el caso de la soya, una oleaginosa rica en proteínas que cuenta con un perfil completo de aminoácidos esenciales (Revista del consumidor, 2023). La soya a pesar de ser un alimento con un importante valor biológico debe de consumirse de manera informada dado que, al ser un alérgeno alimentario, si no se tiene conocimiento de que se está ingiriendo podría tener como consecuencia una respuesta no favorable del sistema inmune en las personas alérgicas (Centro Médico ABC, 2024).

Por otra parte, la Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010 de especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-Información comercial y sanitaria, nos dice que todos los

ingredientes que forman parte integral de un alimento deben de estar declarados en su etiqueta, de no ser así se estaría incurriendo en adulteración y por lo tanto en un fraude alimentario (Secretaría de Economía , 2010).

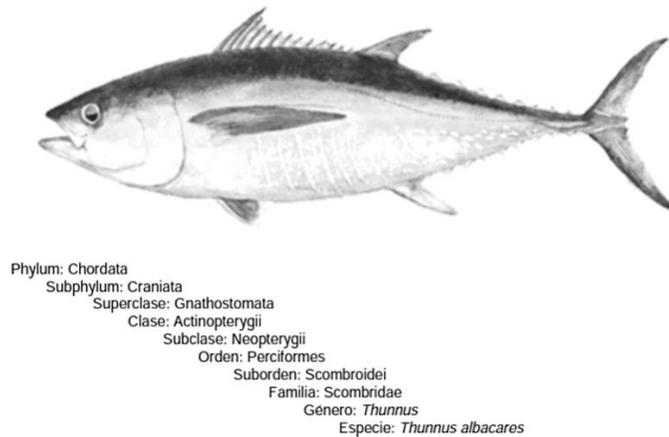
La adulteración de alimentos procesados ha impactado a diversas industrias alimentarias, no siendo la excepción la industria atunera. En la actualidad existen empresas que adulteran el atún con materias primas más baratas, tal es el caso de la adulteración con soya. La soya por ser un análogo de la carne puede pasar desapercibida a simple vista, sin embargo, existen diferentes técnicas de análisis para la autenticación de especies que sirven para identificar qué o cuáles especies se encuentran presentes en un producto determinado, dichas técnicas se basan principalmente en el estudio de componentes específicos como pueden ser las proteínas o el ADN (Mackie, 2024). En el estudio de proteínas el análisis puede llevarse a cabo mediante electroforesis de proteínas solubles, por separación mediante HPLC, o por métodos inmunoenzimáticos (Mayolo-Deloisa, 2012). Sin embargo, en la industria alimentaria la preparación de los alimentos complica dichos análisis dado que como es en el caso del atún enlatado, el producto es sometido a procesos de alta temperatura, provocando que las proteínas se desnaturalicen, algo que no ocurre con la molécula de ADN, pues es una molécula mucho más termoestable a dichos tratamientos, por lo tanto no es degradada tan fácilmente, de ahí que la PCR tenga un papel crucial, pues permite amplificar regiones específicas del ADN partiendo de una pequeña fracción de muestra obteniendo así resultados altamente confiables y específicos sobre la especie de interés (Aranguren-Méndez, 2009).

Por lo mencionado anteriormente, este trabajo tiene la finalidad de estudiar distintos productos de atún enlatado que se comercializan en México e identificar mediante pruebas de autenticación por medio de PCR que productos de atún están adulterados con soya.

## **CAPÍTULO 1. Generalidades del Atún (Thunnus)**

### **1.1 ¿Qué es el atún?**

El atún (Figura 1), es un pez óseo del orden de los Perciformes, de la familia de los Scombridae, del género Thunnus. Tiene un cuerpo robusto y fusiforme, con aleta caudal falciforme y de gran tamaño y de 8 a 10 pequeñas aletas bajo la segunda dorsal y detrás de la anal. La región pectoral es de color blanca azulada, el dorso es negro azulado y los flancos grisáceos con manchas blancas (DSpace , 2023).

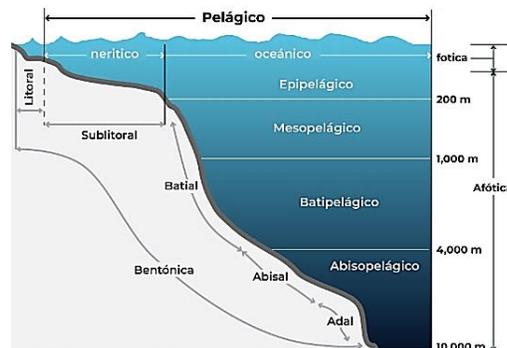


**Figura 1.** Imagen del atún (*Diario Oficial de la Federación, 2015*)

Se encuentra en el espacio epipelágico del océano (Figura 2), se distribuye en los océanos: Atlántico, Pacífico e Índico (Ruiz, 2023).

Es un pez de gran envergadura que llega a pesar en promedio de 100 a 150 kilos, convirtiéndolo así en un gran depredador de crustáceos, cefalópodos y algunas especies de peces pertenecientes a las familias *Coryphaenidae*, *Scombridae*, *Carangidae*, *Exocoetidae* y *Phosichthyidae* (Ramírez, 2007).

Puede vivir entre 15 y 30 años, realiza grandes migraciones ayudándose de sus sensibles sentidos como la vista y el oído. Además, es un pez sumamente aerodinámico, por lo que tiene gran agilidad para moverse en el agua. Algunas especies pueden encontrarse en profundidades de hasta 380 metros (Ruiz, 2023).



**Figura 2.** Zonas del océano según su profundidad (*Biodiversidad mexicana, 2022*)

Los atunes poseen un metabolismo muy acelerado, se comportan como animales de sangre caliente y poseen un sistema muy eficiente para la extracción de oxígeno disuelto en el mar. Razón por la cual, a diferencia de otras especies, los atunes no están confinados a zonas restringidas del mar, ni se encuentran ligadas a características fijas del océano (Jimenez, 2023).

Otra característica importante de los atunes es su tendencia a formar cardúmenes asociándose con otras especies de atún e incluso con otras especies de mamíferos marinos como el delfín. De no presentarse esta asociación, la densidad del atún en áreas de distribución tan grandes sería solo de unos cuantos peces por metro cuadrado de agua (Jimenez, 2023).

## **1.2 Antecedentes**

La pesca y consumo de atún se encuentra documentada en el Mar Mediterráneo desde los tiempos de los griegos, los fenicios y los romanos.

Los fenicios (700 a.C.), como pueblo colonizador, tuvieron una gran importancia en el comercio del atún, sobre todo debido a las necesidades de sus flotas y tripulaciones, abrieron rutas comerciales por el litoral mediterráneo y fundaron diferentes colonias, muchas de ellas muy próximas a zonas de abundante sal para la conservación del pescado (Martínez, 2023).

La producción de salazones de pescado creció hasta lograr un alto nivel de industrialización, el máximo prestigio histórico del atún llegó en época del Imperio romano en el año 27 a.C. Como ejemplo de su popularidad, dio como resultado la acuñación de su imagen en el dorso de las monedas (BALFEGO, 2012). Los romanos tenían una gran admiración hacia el atún, lo consumían ya que decían que tenía propiedades que estimulaban el apetito y que tenía características curativas y alimentarias importantes (Martínez, 2023).

Los árabes (712 d.C.) siguieron con la pesca del atún, con el sistema de la jábega, tirando de una red desde la costa, sin embargo, cuando fueron expulsados de las tierras y zonas de pesca, la explotación del atún paso a manos de la nobleza cristiana, siendo estos los responsables de su control y defensa ante los ataques y saqueos de los piratas. En esta época el atún era cargado en galeones haciendo cuatro o cinco viajes al año, un galeón solía llevar unos treinta barriles grandes de atún blanco, unos sesenta barriles grandes de badán o tronco de atún y unos cuatrocientos quintaleños, por lo que podrían llevar cien mil kilos, equivalente a quinientos atunes de unos doscientos kilos cada uno (Martínez, 2023).

En la actualidad la pesca de los túnidos se realiza a mar abierto y con una tecnología impresionante, ya que son barcos especializados, de mucho mayor capacidad, donde se congela el atún hasta su desembarque para mantenerlo fresco, evitando así que este se descomponga.

## **1.3 Inicio de la pesca de atún en México**

En México, la actividad atunera comenzó a principios del siglo XX con pescadores portugueses los cuales operaban cerca de las costas de California, en Estados Unidos y en Baja California, México. A pesar de que parte del atún era pescado en territorio mexicano, todo era manufacturado en San Pedro, California y no fue hasta que, en 1925, en Ensenada comenzó oficialmente el enlatado de atún en las empacadoras Planta Nacional de Productos Marinos y Compañía de Productos Marinos S.A., de Cabo San Lucas.

Dicha flota productora de atún establecida en el puerto de Ensenada comenzó a crecer en tamaño, capacidad y en tecnología, gracias a la demanda que comenzó a tener, dando como resultado el desplazamiento hacia otras zonas del país como la zona sur y la zona oeste. Finalmente, y como resultado de la expansión de la pesca, se empezó a capturar una gran variedad de túnidos dentro de la zona como el atún aleta amarilla y el barrilete mediante la utilización de la red de cerco, siendo estas dos especies las más utilizadas para la producción de atún enlatado (Simanek, 2008).

#### 1.4 Tipos de atún

La familia de los escómbridos está dividida en 15 géneros y 49 especies de peces oceánicos epipelágicos, entre los cuales se encuentran los Atunes, Bonitos y Macarelas, que se distribuyen en prácticamente todos los mares del mundo.

Las principales especies explotadas son el atún aleta azul: *Thunnus thynnus*, la albacora: *Thunnus alalunga*, el patudo: *Thunnus obesus*, atún aleta amarilla: *Thunnus albacares* y el barrilete: *Katsuwonus pelamis*. Estas especies (figura 3, 4 y 5), son las más importantes desde el punto de vista comercial, ya que representan cerca del 80 por ciento de las capturas mundiales de túnidos, además de ellas también existen pesquerías bien desarrolladas de atún aleta azul del sur (*Thunnus macoyil*), especie exclusiva del hemisferio sur y atún aleta negra (*Thunnus atlanticus*) especie exclusiva del Océano Atlántico (Jimenez, 2023).

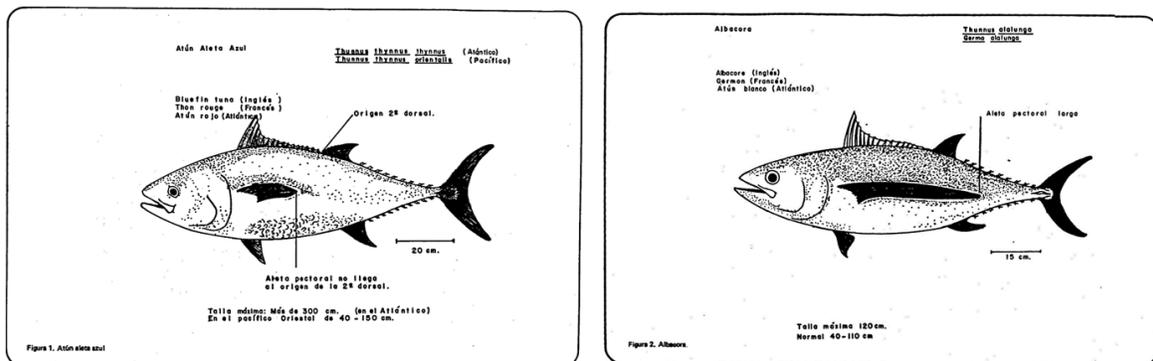


Figura 3. Tipos de atunes: *Thunnus thynnus* y *Thunnus alalunga* (Jimenez, 2023)

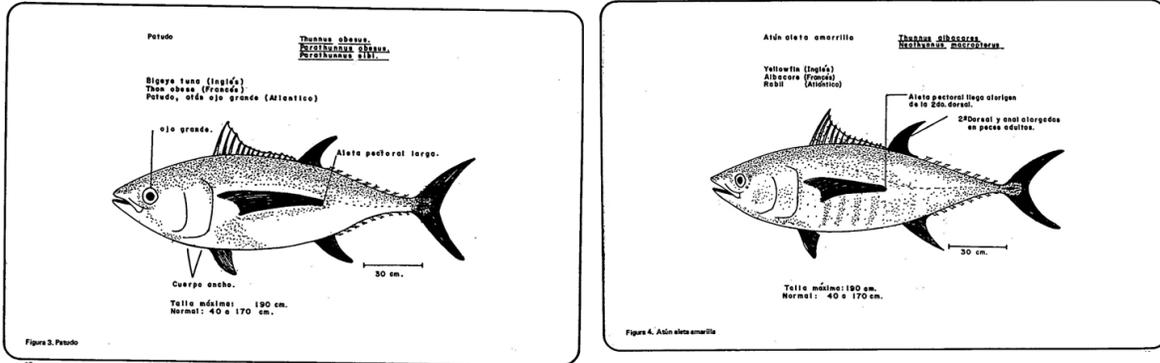


Figura 4. Tipos de atunes: *Thunnus obesus* y *Thunnus albacares* (Jimenez, 2023).

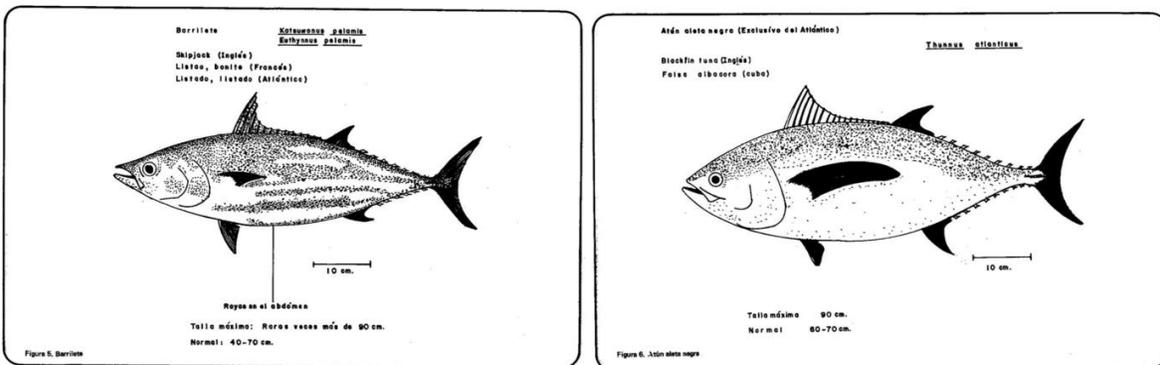


Figura 5. Tipos de atunes: *Katsuwonus pelamis* y *Thunnus atlanticus* (Jimenez, 2023).

A continuación, se muestra el cuadro 1 de las especies ya mencionadas, que describe las principales características de cada uno de ellos:

Cuadro 1. Principales especies de atún (Esencia del mar, 2023)

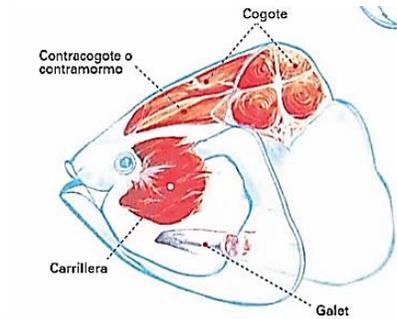
Especie	Aspecto	Tamaño y Peso	Área Geográfica
<i>Thunnus albacares</i> (Atún aleta amarilla)	Cuerpo robusto y aerodinámico	Hasta 2.5 metros, más de 180 kg	Océanos Atlántico, Índico, Pacífico
<i>Thunnus alalunga</i> (Atún blanco o Bonito del Norte)	Forma esbelta y alargada	Hasta 1.4 metros, alrededor de 45 kg	Océanos Atlántico, Pacífico
<i>Thunnus thynnus</i> (Atún rojo)	Grande y musculoso	Hasta 3 metros, más de 600 kg	Atlántico, Mediterráneo
<i>Thunnus orientalis</i> (Atún patudo)	Similar al aleta amarilla	Hasta 2 metros, más de 200 kg	Océanos Atlántico, Índico, Pacífico
<i>Thunnus maccoyii</i> (Atún de aleta azul)	Cuerpo robusto y musculoso	Hasta 2.5 metros, más de 200 kg	Océanos Atlántico, Índico, Pacífico
<i>Thunnus tonggol</i> (Atún de aleta negra)	Estilizado	Hasta 1.2 metros, alrededor de 20 kg	Océano Índico, Pacífico
<i>Thunnus atlanticus</i> (Bonito del sur)	Cuerpo compacto y alargado	Hasta 1 metro, alrededor de 10 kg	Océanos Atlántico, Pacífico
<i>Thunnus obesus</i> (Atún aleta negra)	Aleta dorsal más larga	-	Atlántico, Índico, Pacífico

### 1.5 Partes del atún

El atún comparte características morfológicas en común con algunas especies de peces vertebrados marinos como lo son las aletas, las branquias y la cola, no

obstante, la familia *Scombridae*, específicamente el género *Thunnus* tiene partes específicas que se describen a continuación:

➤ La cabeza



➤ **Figura 6.** Elementos que forman parte de la cabeza del atún (BALFEGO, 2012)

**Cuadro 2.** Elementos que forman parte de la cabeza del atún (BALFEGO, 2012)

Partes de la cabeza	Descripción
Morrillo	Consiste en dos piezas simétricas situadas en la parte superior de la cabeza del atún que nacen en la parte de atrás y se van estrechando hacia la frente hasta casi llegar a las fosas nasales. De carne muy grasa y bastante fibrosa.
Cogote o mormo	Consiste en dos piezas simétricas y situadas justo debajo del morrillo por la parte de atrás de la cabeza.
Contracogote o contramormo	Consiste en dos piezas simétricas a continuación del mormo y que también están debajo del morrillo. Casi llegan hasta las fosas nasales.
Carrillera	Es la parte interna de la cara del atún situada alrededor de la zona auditiva del atún.
Galet	Membrana gelatinosa que está junto y los ojos.
Parpatana	Pieza de espina y cartílago con carne interior, situada entre la cabeza y el cuerpo.
Oreja	Pieza de músculo situada en la zona lateral, por debajo de la mejilla. Es una prolongación de los músculos que unen la cabeza con el vientre del atún.

➤ Lomo superior

**Cuadro 3.** Elementos que forman parte del lomo superior del atún (BALFEGO, 2012)

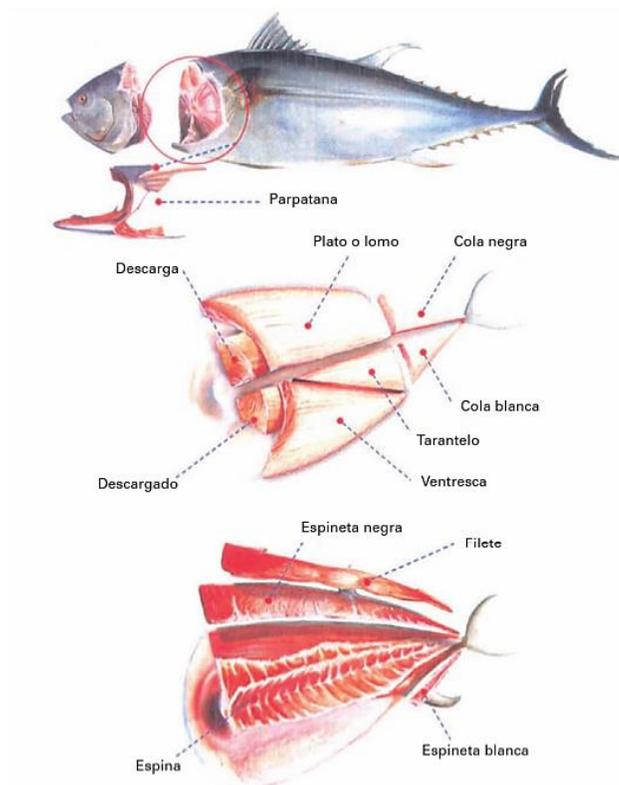
Lomo superior	Descripción
Plato o lomo	Pieza de carne que forma todo el lomo de atún de la aleta dorsal hasta la espina, recorriendo el exterior.
Descarga	Parte interior del plato o lomo, nace de la espina central o espineta y no llega hasta la aleta dorsal. Se encuentra pegada al lomo.
Filete	Es una tira muscular muy fina que se encuentra pegada al plato por la parte superior y por debajo de la espineta negra, muchas veces no se separa y por lo tanto queda incorporada en el plato.
Espineta negra	Dos filetes muy finos pegados sobre el lomo que recorren el pescado longitudinalmente de la cabeza hasta la cola.
Cola negra	Es la parte final del lomo del atún. En este caso no se distinguen dos zonas como en el plato y la descarga, sino que va de la espina a la piel.
Sangre negra	Parte oscura que crece a ambos lados de la columna vertebral y va de la cabeza hasta que empieza la espineta negra.

➤ Lomo inferior

**Cuadro 4.** Elementos que forman parte del lomo inferior del atún (BALFEGO, 2012)

Partes del lomo inferior	Descripción
Ventresca	Parte del vientre que recorre todo el exterior y se caracteriza porque la grasa se encuentra en forma de vetas entre la carne.

Tarantelo	Es una pieza triangular situada entre la espina y la ventresca y que está por fuera del descargado. Es el equivalente al plato superior pero sólo por la parte donde no hay la ventresca.
Descargado	Es el equivalente a la descarga, pero de la parte blanca. las dos partes están separadas por la espina y la sangre negra. Está situada entre la espina dorsal y recubierta por la ventresca y el tarantelo.
Espineta blanca	El equivalente a la espineta negra.
Cola blanca	Es la continuación del lomo blanco, o sea después del tarantelo y hasta la aleta caudal.

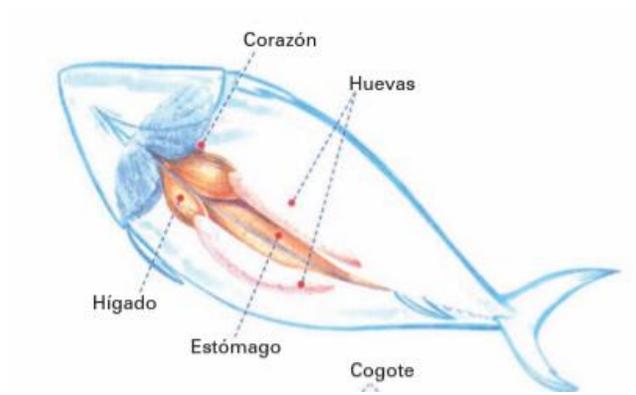


**Figura 7.** Elementos constitutivos que forman parte integral del atún (BALFEGO, 2012)

➤ Visceras

**Cuadro 5.** Elementos que forman parte de las vísceras del atún (BALFEGO, 2012)

Visceras	Descripción
Visceras	Las integran las huevas del atún en grano (saco ovárico) o las huevas del atún de leche (bolsa espermática), según sea el caso, el estómago o tripas (buche), el corazón y el hígado.



**Figura 8.** Visceras del atún (BALFEGO, 2012)

### 1.6 Características del atún aleta amarilla

El atún aleta amarilla, también conocido como “yellowfin” en inglés, es uno de los atunes más populares en la industria pesquera, en México la mayoría de las industrias atuneras comercializadoras de atún enlatado y sus derivados, utilizan esta especie como materia prima.

Se caracteriza por su cuerpo robusto y aerodinámico, de color azul oscuro en la parte superior y plateado en los costados y el vientre. Los ejemplares adultos pueden alcanzar una longitud de hasta 2.5 metros y pesar más de 180 kilogramos. Su área geográfica abarca los océanos Atlántico, Índico y Pacífico (Esencia del mar, 2023).



**Figura 9.** Atún aleta amarilla (Planet tuna, 2020)

## 1.7 Contexto económico

### 1.7.1 Producción Nacional

Según datos de la (CONAPESCA, 2023), la producción de atún aleta amarilla en México ha ido en aumento durante los últimos 5 años. Siendo que en el año 2017 la producción de éste túnido fue de 84, 941 toneladas de atún en peso vivo y que ahora se tiene registro que en el año 2022 la producción total fue de 120, 227 toneladas dando como resultado un aumento del 41.5 % en la producción nacional.

A continuación, en la figura 10 se muestra el gráfico de la producción de atún aleta amarilla, construido con los datos obtenidos de CONAPESCA (2023).



**Figura 10.** Producción de atún aleta amarilla, elaboración propia con datos obtenidos de (CONAPESCA, 2023)

Se sabe que 8 de cada 10 atunes capturados sean Aleta Amarilla y que los estados de la república mexicana que lideran producción de este pez son: Sinaloa, Colima y Chiapas (SAGARPA, 2015), con una producción promedio durante los últimos 5

años de 72, 343 toneladas; 15, 164 toneladas y 13, 530 toneladas respectivamente; siendo el estado de Sinaloa quien lidera (CONAPESCA, 2023).



*Figura 11. Mapa de la república mexicana con los principales estados productores de atún Aleta amarilla (CULTURA MEXICANA, 2023)*

### 1.7.2 Exportaciones

En los últimos 10 años, México ha generado una producción promedio de 138 mil 363 toneladas de atún por año, lo que lo ubica como el décimo tercer mayor productor mundial de atún, con una exportación de casi 40 mil toneladas de atún anuales. El valor de estas exportaciones ha logrado alcanzar 100 millones de dólares. México exporta atún a Estados Unidos, Corea del Sur y España, este último es el mayor consumidor del atún mexicano. Mientras, Costa Rica y Belice se están convirtiendo en potenciales destinos para la venta del atún mexicano (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2016).

### 1.7.3 Consumo per cápita

A nivel mundial, el pescado proporcionó el 6.7 por ciento de todas las proteínas consumidas por los seres humanos. La producción mundial total de la pesca de captura en 2014 ascendió a 93,4 millones de toneladas, incluyendo las capturas en aguas continentales, un volumen ligeramente superior al de los dos años anteriores. El consumo mundial de pescado *per cápita* superó los 20 kilogramos anuales, gracias a los mayores suministros procedentes de la acuicultura, a la fortaleza de la demanda y las capturas récord de algunas especies clave como el atún (FAO, 2016).

## 1.8 Aporte nutricional

Además de la importancia que tiene el atún hablando en términos económicos, también destaca por sus propiedades nutrimentales para el ser humano, ya que es una fuente de proteínas con alto valor biológico contiene grasas saludables como el omega 3, vitaminas como la B1, B2 y B3 y minerales como potasio, fósforo, magnesio, calcio, hierro y sodio. Además, cabe mencionar que este tipo de pescado, conocido como azul, es de fácil digestión; mucho más que el resto de las carnes (Revista del consumidor, 2012).

El cuadro 6 muestra una tabla nutricional completa del atún por cada 100 g, con el aporte nutricional que incluye a las vitaminas y minerales esenciales.

**Cuadro 6.** Composición nutrimental atún aleta amarilla (USDA, 2019)

Nombre	Cantidad	Unidad			
Agua	74	gramo	zinc, zinc	0,37	mg
Energía	109	calorías	Cobre	0.036	mg
Energía	454	kJ	Manganeso	0.011	mg
Proteína	24.4	gramo	Selenio, Se	90,6	µg
Lípidos totales (grasas)	0,49	gramo	Vitamina C, ácido ascórbico total.	0	mg
Ceniza	1,64	gramo	tiamina	0.118	mg
Carbohidratos, por diferencia.	0	gramo	Riboflavina	0,115	mg
Fibra dietética total	0	gramo	niacina	18.5	mg
Azúcares totales	0	gramo	Ácido pantoténico	0,28	mg
Calcio	4	mg	Vitamina B-6	0.933	mg
Hierro, Fe	0,77	mg	Folato, total	2	µg
Magnesio, Mg	35	mg	Ácido fólico	0	µg
Fósforo, P	278	mg	folato, comida	2	µg
Potasio, K	441	mg	Folato, DFE	2	µg
Sodio Na	45	mg	colina, total	sesenta y cinco	mg
			Vitamina B12	2.08	µg

## 1.9 Atún enlatado

### 1.9.1 Ingredientes que forman parte del atún enlatado

Existen múltiples presentaciones dentro del atún procesado, que puede ser únicamente atún ya sea compacto, en trozos, en hojuelas, desmenuzado o con ingredientes adicionales como lo son verduras o soya.

En México, la Secretaría de Economía marca los estándares que los industriales deben de cumplir para la producción de este alimento. A continuación, se describen los ingredientes del atún enlatado según la Norma Oficial Mexicana: NOM-235-SE-2020, Atún y bonita preenvasados-Denominación-Especificaciones-Información comercial y métodos de prueba.

- Masa drenada:

Cantidad de atún o bonita e ingredientes opcionales que representa el contenido de un envase después de que el líquido ha sido removido por un método prescrito dentro de esta norma.

- Ingredientes opcionales:

El atún o bonita preenvasados pueden contener hasta 50% m/m de la masa drenada de los siguientes ingredientes opcionales: Soya, verdura, leguminosas, chile, mayonesa o aderezos, ensalada o mezcla de verduras, otros ingredientes.

- Medio de cobertura:

Es aquel líquido que ha sido adicionado al atún o bonita preenvasados en recipientes de cierre hermético y sometidos a tratamiento térmico dentro de su envase.

- Caldo vegetal:

Aquel caldo que se prepara a partir de extractos de uno o más de los siguientes vegetales o leguminosas: ajo, apio, cebolla, chícharo, col, espinaca, soya, lenteja, papa, perejil, pimiento, tomate, zanahoria, entre otros.

### 1.9.2 Medios de cobertura para el atún enlatado según la NOM-235-SE-2020

Los medios de cobertura prescritos dentro de esta norma son:

- I. Aceite de oliva:

Se debe declarar este medio de cobertura cuando exclusivamente los productos sean acompañados de aceite de oliva y puede ser mezclado con sazónadores o esencias de hierbas, mezcla vitamínica o algún otro similar, sin mezclar con otros aceites vegetales, considerando el agua que desprende el pescado naturalmente en el proceso térmico.

- II. Aceite:

Se debe declarar este medio de cobertura cuando exclusivamente los productos sean acompañados de aceite vegetal y puede ser mezclado con sazónadores o esencias de hierbas, mezcla vitamínica o algún otro similar, considerando el agua que desprende el pescado naturalmente en el proceso térmico.

III. Aceite con agua:

Se debe declarar este medio de cobertura cuando exista una mezcla o combinación entre aceite vegetal y agua, y pueden ser mezclados con sazónadores o esencias de hierbas, mezcla vitamínica o algún otro similar, siendo el contenido de aceite vegetal mayor al 51% del medio de cobertura en el envase.

IV. Agua con aceite:

Se debe declarar este medio de cobertura cuando exista una mezcla o combinación entre agua y aceite vegetal, y pueden ser mezclados con sazónadores o esencias de hierbas, mezcla vitamínica o algún otro similar, siendo el contenido de agua mayor al 51% del medio de cobertura en el envase.

V. Agua:

Se debe declarar este medio de cobertura cuando exclusivamente los productos vayan acompañados de agua y pueden ser mezclados con sazónadores o esencias de hierbas, mezcla vitamínica o algún otro similar.

### 1.9.3 Formas de presentación del atún enlatado

A continuación, se describen las formas de presentación del atún enlatado según la Norma Oficial Mexicana: NOM-235-SE-2020, Atún y bonita preenvasados-Denominación-Especificaciones-Información comercial y métodos de prueba.

➤ Compacto o sólido: Figura 12

El pescado debe estar cortado en segmentos transversales (con o sin piel). La proporción de hojuelas o trozos sueltos no se permite rebasar el 18% de la masa drenada del envase.



*Figura 12. Atún compacto (Revista del consumidor , 2019)*

- En trozos o tronchos: Figura 13

Pedazos con una longitud mínima de 1,2 cm en cada lado, que mantienen la estructura original del músculo. La proporción de hojuelas o trozos inferiores a 1,2 cm no se permite rebasar el 30% de la masa drenada.



**Figura 13.** Atún en trozos (Revista del consumidor , 2019)

- En hojuelas: Figura 14

Mezclas de partículas y pedazos, en donde la mayor parte de éstos tienen como máximo 1,2 cm de longitud. La proporción de trozos de pescado de dimensiones inferiores a 1,2 cm rebasa el 30% de la masa drenada.



**Figura 14.** Atún en hojuelas (Revista del consumidor , 2019)

- Triturado o desmenuzado: Figura 15

Una mezcla de partículas de pescado reducidas a dimensiones uniformes, en la cual las partículas están separadas y no forman una pasta.



**Figura 15.** Atún triturado o desmenuzado (*Revista del consumidor* , 2019)

➤ Otras presentaciones

Se permite cualquier otra presentación, como el ahumado, siempre y cuando sea suficientemente distinta de las presentaciones estipuladas en la presente Norma Oficial Mexicana, satisfaga todos los requisitos y describa la información comercial, de tal manera que no induzca al consumidor a errores ni engaños.

## **1.10 Adulteración de atún enlatado con soya**

### **1.10.1 ¿Qué es una adulteración?**

Es la alteración o eliminación de la calidad y pureza de un producto por agregación de algo que le es ajeno o impropio (Oxford Languages , 2023).

Según la Ley General de Salud (LGS) artículo 206, se considera un producto adulterado cuando:

- I. Su naturaleza y composición no correspondan a aquéllas con que se etiquete, anuncie, expendo, suministre o cuando no corresponda a las especificaciones de su autorización.
- II. Haya sufrido tratamiento que disimule su alteración, se encubran defectos en su proceso o en la calidad sanitaria de las materias primas utilizadas (Ley General de Salud, 2023).

### **1.10.2 Adulteración alimentaria y su clasificación**

Implica la alteración de un alimento y, en consecuencia, afecta la calidad alimentaria, aunque la inocuidad del alimento puede no verse afectada; la adulteración puede ser intencional o no intencional, e incluso, desconocida por quienes producen el alimento (Escobar, 2023).

➤ Adulteración intencional:

Inclusión de sustancias de calidad inferior, generalmente por motivos económicos, con propiedades similares a los alimentos a los cuales se les está adicionando. Son difíciles de detectar. El adulterante puede ser de naturaleza física, química o biológica. Es considerado un fraude (Escobar, 2023).

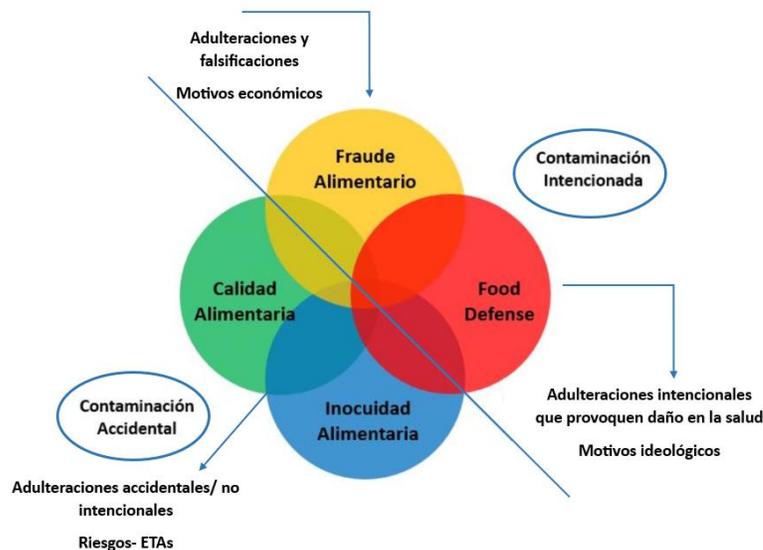
➤ Adulteración no intencional:

Inclusión de sustancias no deseadas debido a desconocimiento, negligencia o falta de capacidades higiénicas durante el procesamiento, como por ejemplo bacterias, hongos, polvo, entre otras (Escobar, 2023).

➤ Adulteración motivada económicamente (AME):

Es considerado un subconjunto del fraude alimentario. Es la sustitución o adición intencional de una sustancia en un producto con el propósito de aumentar el valor aparente del producto o reducir el costo de su producción para obtener ganancias económicas (Escobar, 2023).

La figura 16 muestra en conjunto el tipo de adulteraciones que existen y el daño en el que incurren cuando se llevan a cabo:



*Figura 16. Tipos de adulteraciones: Accidental e Intencionada (Rojas, 2019)*

### 1.10.3 Soya texturizada, el adulterante perfecto

#### 1.10.3.1 ¿Qué es la soya?

La soya (*Glycine max*) es una oleaginosa de la familia de las papilionáceas que procede de la especie *Glycine ussuriensis*. Algunas investigaciones registran su existencia en China hace ya más de 5000 años y su uso como alimento en esa nación se documenta en 2800 a. C. (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2017).

Es una fuente rica en grasas saludables y es la fuente más abundante y valiosa de proteínas vegetales, ya que cuenta con un alto contenido de aminoácidos esenciales que representan beneficios importantes para la salud (Jiménez, 2016).



*Figura 17. Vaina de soja (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera , 2017)*

### **1.10.3.2 Aporte nutricional**

La soya es un alimento rico en proteínas, carbohidratos y lípidos, siendo el contenido proteico el de mayor relevancia en este caso. El valor nutritivo de las proteínas se basa en tres factores principales:

- La cantidad de proteína que el alimento aporta
- Perfil de aminoácidos esenciales que contiene
- Digestibilidad y requerimiento de aminoácidos esenciales para el organismo. (La digestibilidad de una proteína se define como el porcentaje que es absorbido por el organismo después de la ingestión) (Jiménez, 2016).

En este caso, la soya cuenta con el perfil completo de aminoácidos esenciales requeridos en la nutrición humana: isoleucina, leucina, lisina, metionina y cisteína, fenilalanina, tirosina, treonina, triptófano, valina e histidina. (Jiménez, 2016).

El cuadro 7 muestra el aporte nutricional de la soya texturizada por cada 100 gramos de producto.

**Cuadro 7. Composición nutrimental de la soya (USDA, 2019)**

Nombre	Cantidad	Unidad			
Agua	8.54	gramo	zinc, zinc	4,89	mg
Energía	446	calorías	Cobre	1,66	mg
Energía	1870	kJ	Manganeso	2.52	mg
Proteína	36,5	gramo	Selenio, Se	17.8	µg
Lípidos totales (grasas)	19.9	gramo	Vitamina C, ácido ascórbico total.	6	mg
Ceniza	4.87	gramo	tiamina	0,874	mg
Carbohidratos, por diferencia.	30.2	gramo	Riboflavina	0,87	mg
Fibra dietética total	9.3	gramo	niacina	1,62	mg
Azúcares totales	7.33	gramo	Ácido pantoténico	0,793	mg
Calcio	277	mg	Vitamina B-6	0,377	mg
Hierro, Fe	15.7	mg	Folato, total	375	µg
Magnesio, Mg	280	mg	Ácido fólico	0	µg
Fósforo, P	704	mg	folato, comida	375	µg
Potasio, K	1800	mg	Folato, DFE	375	µg
Sodio Na	2	mg	colina, total	116	mg
zinc, zinc	4,89	mg	Betaína	2.1	mg
			Vitamina B12	0	µg

### 1.10.3.3 ¿Qué es la soya texturizada?

La soya texturizada (Figura 22), es un producto que se obtiene a partir de la extrusión de granos de soya previamente desgrasados y sin piel, por la aplicación de calor, humedad y presión en una máquina extrusora. Se trata de un procesado libre de aditivos químicos y colorantes. En este proceso se modifica la estructura de la proteína de soya para obtener un producto compacto que cuando se hidrata, se puede emplear en diversos usos en la industria alimenticia, por ejemplo, en los productos cárnicos (Secretaría de Economía, 2018). Esto debido a su semejanza con la consistencia de la carne: Producto de la separación de las moléculas de proteínas ante el tratamiento recibido y posterior unión (The Food Tech, 2020).



*Figura 18. Soya texturizada deshidratada (izquierda) y soya texturizada hidratada (derecha) (Mayoreo online, 2023)*

#### **1.10.3.4 Propiedades funcionales de la soya texturizada**

La soya texturizada tiene varios beneficios, como el control de los sabores amargos, una adecuada homogeneización con otros ingredientes, incluidos colorantes, productos químicos u otros aditivos (Zepeda, 2023).

El papel de la proteína de soya en diferentes sistemas alimentarios y su uso como un ingrediente funcional, depende, principalmente, de sus propiedades fisicoquímicas, que están gobernadas por sus atributos estructurales y de conformación (Jiménez, 2016).

Diferentes sistemas de alimentos requieren de proteínas de soya con diferentes propiedades funcionales, por ejemplo:

La solubilidad de la proteína de soya que es muy importante en la producción de leche y tofu. La capacidad para ayudar en la formación y estabilización de emulsiones que es indispensable en diversas aplicaciones en alimentos, incluyendo la elaboración de mayonesas, aderezos para ensaladas y carne molida. La gelación que es la base para el empleo de la proteína de soya en embutidos y en la elaboración de productos tradicionales como el tofu y la nata de soya (Jiménez, 2016).

El uso de los texturizados es muy variado en los alimentos debido a las características funcionales que poseen: capacidad de retención de agua y retención de grasa. Se utilizan en la elaboración de embutidos, pescados enlatados y una gama de guisados tan amplia como la de las carnes de cualquier tipo debido a que una vez que se hidrata y prepara, resulta de semejante textura a la de la carne (Secretaría de Economía, 2018).

La capacidad de retención de agua tiene que ver con la cantidad de agua que las moléculas de la proteína de soya pueden retener y es muy importante en la

producción de análogos de carne, debido a que afecta la textura, la jugosidad y el sabor (Jiménez, 2016).

Se sabe que la soya texturizada una vez hidratada y cocida, es capaz de absorber hasta tres veces su propio y que, además, se puede incorporar a un producto cárnico desde un 1.5% hasta un 100% para obtener un análogo a la carne (Zepeda, 2023).

### 1.10.3.5 ¿En qué parte del proceso de elaboración de atún enlatado se lleva a cabo la adulteración?

A continuación, se muestra el diagrama de flujo de la producción de atún enlatado que esquematiza el proceso de elaboración:

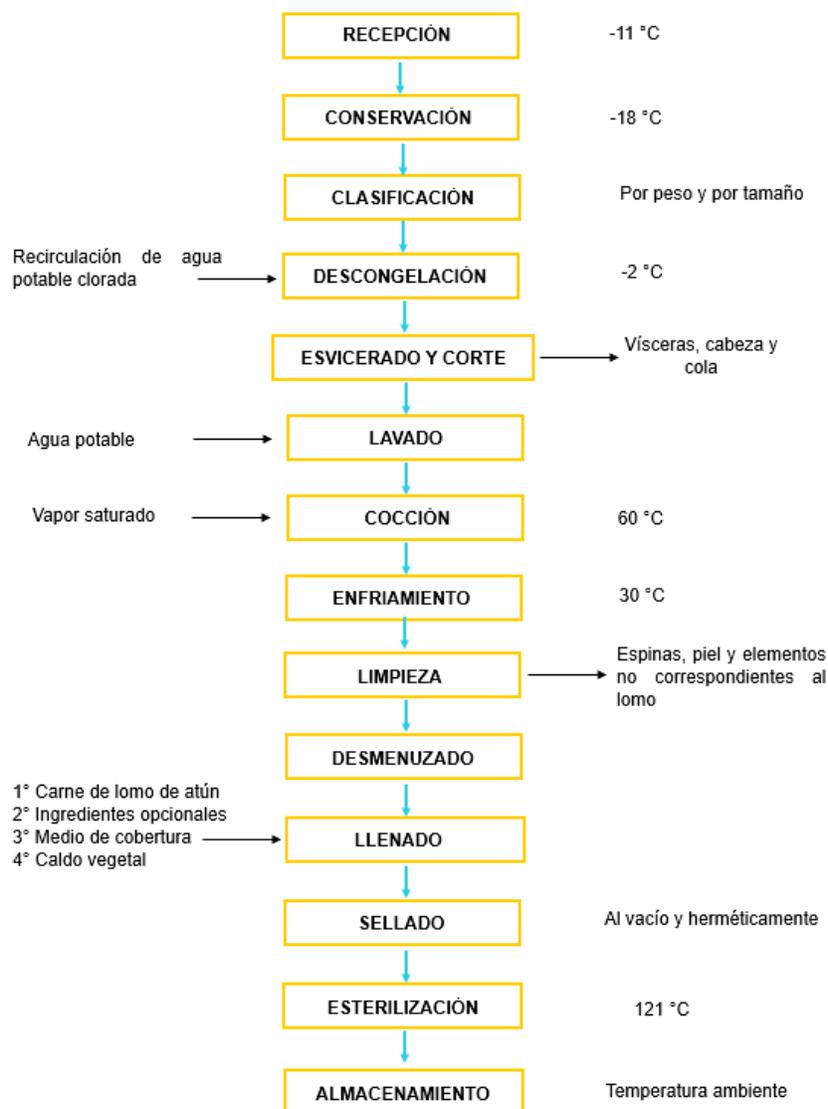
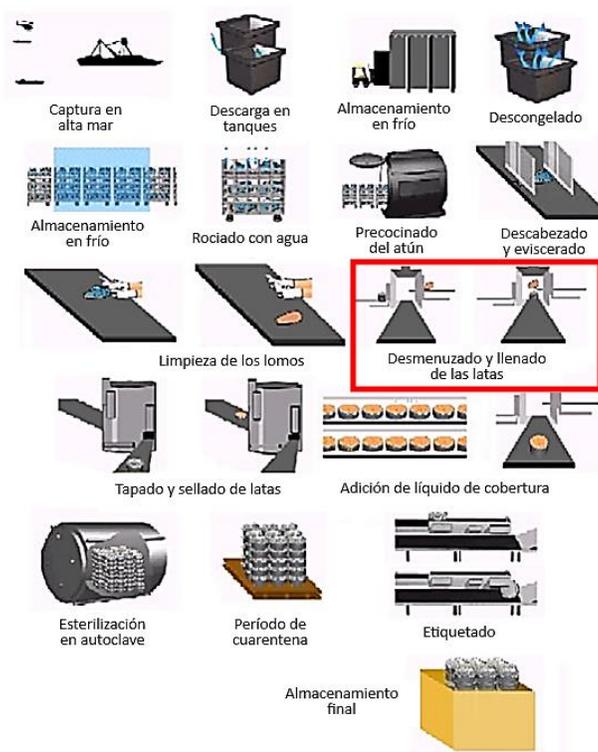


Figura 19. Diagrama de proceso de elaboración de atún enlatado (Carbajal, 2023)

En el diagrama de la figura 19 se pueden observar las distintas operaciones unitarias que se llevan a cabo para la elaboración del atún enlatado, que van desde la recepción del pez y almacenamiento inicial, el eviscerado, la cocción y el desmenuzado, hasta el llenado, el sellado y el esterilizado de las latas. Dichas operaciones son críticas e imprescindibles dentro del proceso de elaboración ya que permiten que se realice de forma exitosa esta conserva y así pueda llegar al consumidor en buen estado, en las mejores condiciones para su consumo, siendo un alimento inocuo y con un importante aporte nutricional.

No obstante, existen industrias atuneras que de forma intencionada y sin declararlo en la etiqueta, sustituyen una fracción de atún por soya, adulterando así el producto. Esta adulteración se lleva a cabo después de que el atún es desmenuzado y antes de ser vaciado en las latas, ya que, para poder disimular la soya dentro del atún, se mezcla y se homogeniza perfectamente, siendo imposible detectar dicha sustitución a simple vista, de ahí la importancia de hacer un análisis especializado para detectar posibles alteraciones al producto.

A continuación, en la figura 20 se muestra de manera ilustrativa el proceso de elaboración de atún enlatado y encerrado en un cuadro rojo la etapa crítica en donde tiene cabida la adulteración.



*Figura 20. Proceso de elaboración de atún enlatado (DSpace , 2023)*

### 1.10.3.6 Impacto de la presencia de soya en la características organolépticas del atún

En el caso del atún con soya, la soya texturizada primero es hidratada y posteriormente es mezclada con la carne generar una distribución homogénea. Si todo el proceso se realiza adecuadamente y si no se usa exceso de proteína de soya, la mezcla resulta en un producto casi idéntico al original, por lo que depende de la cantidad de soya que se le agregue, si las propiedades originales del atún se ven modificadas o no (The Food Tech, 2020).

Cuando existe un exceso de soya puede haber disminución del sabor original, cambios de color e incluso cambios en la textura del producto (Zepeda, 2023).

### 1.10.3.7 Impacto económico de la adulteración de atún enlatado con soya

En este caso la adulteración se da por motivos económicos. La soya al ser una materia prima de menor costo que el atún, permite generar una mayor ganancia e inclusive también permite generar estrategia de ventas, logrando proporcionar mejores precios sin perder ganancias, creando así ventaja sobre la competencia (Sandoval, 2023).

En este caso, se consultó el precio del atún fresco en Chedraui en línea y de la soya texturizada en mayoreo online, para octubre de 2023, con el objetivo de conocer el costo de ambas materias primas.

Como se muestra a continuación en las figuras 26 y 27, el precio por kilo del atún es 3.2 veces mayor comparado con el de la soya, comprobando que la soya texturizada es una materia prima mucho más barata y por lo tanto, mucho más accesible para comprar.

The image is a screenshot of the Chedraui website's product page for fresh tuna. The page features the Chedraui logo at the top left, a search bar with the placeholder text "¿Qué estás buscando?", and a navigation menu. Below the search bar, there is a breadcrumb trail: "Inicio / Carnes, Pescados Y Mariscos / Pescados / Atún Fresco por Kg". The main product image shows a whole fresh tuna fish. To the right of the image, the product name "Atún Fresco por Kg" is displayed with a reference number "Referencia: 3010275". Below the name, there is an "Información" section stating "Especie fresca, ideal para una alimentación sana y nutritiva". A "Características Importantes" section lists several attributes: "Alto grado de frescura", "Rico en ácidos grasos insaturados", "Alimento rico en proteínas de alto valor biológico", "Alto en complejo B", and "Contiene vitaminas y minerales esenciales". At the top right of the product page, a callout box indicates the price: "Vendido y entregado por: Chedraui" followed by "\$79.00" and an orange "Agregar" button with a shopping cart icon.

Figura 21. Costo del atún fresco por kilogramo (Chedraui, 2023)



**Soya texturizada  
(bulto 15 kg)**

DISPONIBILIDAD: IN STOCK  
 VENDEDOR: RUISEÑOR  
 TAX INCLUDED. SHIPPING CALCULATED AT CHECKOUT.

**Precio Mayoreo**

Importe del bulto con 15 kg \$320.00 el kilo le sale a \$21.33

**PRESENTACIÓN:**

Importe de 5 kg \$120.00 el kilo le sale a \$24.00

\$27.00 1 kg

**CANTIDAD:** - 1 +

**Importe: \$ 320.00**

AGREGAR AL CARRO

*Figura 22. Costo del kilogramo de soya por mayoreo (Mayoreo online, 2023)*

## 1.11 Importancia de determinar la presencia o ausencia de soya en el atún enlatado

### 1.11.1 Efectos adversos en la salud de los consumidores alérgicos a la soya

Para la mayoría del público general, el consumo de alimentos es inofensivo. Sin embargo, existen personas que son alérgicas a algunos alimentos como: El pescado, la mostaza, la nuez, el gluten, los mariscos, la soya, el cacahuate, el huevo, etc. por lo que deben de evitar consumirlos en su dieta. La soya es uno de los llamados “ocho grandes alérgenos” cuyo uso está regulado en la Unión Europea (UE). Por este motivo debe especificarse como ingrediente en la etiqueta de los alimentos en casi todos los países del mundo (r-biopharm, 2023).

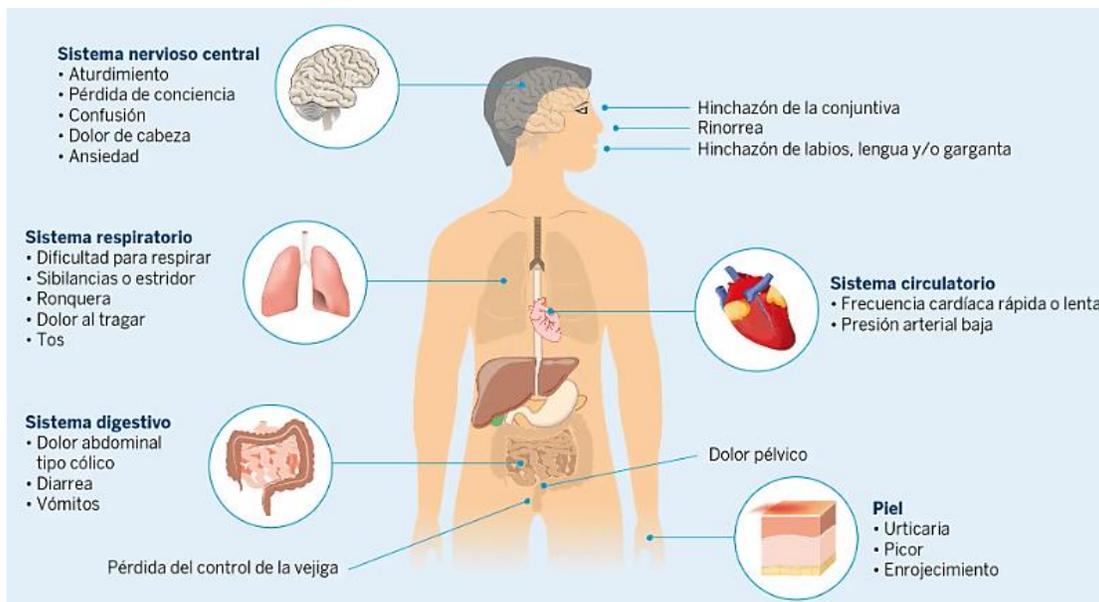


**Figura 23.** Alérgenos alimentarios (r-biopharm, 2023)

Como en cualquier reacción alérgica alimentaria, en la alergia a la soya el sistema inmunológico desata un proceso anómalo en donde las proteínas que contiene la soya se perciben como agentes peligrosos que deben ser atacados, por lo que se libera en la sangre un caudal de sustancias químicas que provocan una sintomatología diversa, que puede ir desde la leve, moderada o de gravedad extrema, que si llega a acontecer un choque anafiláctico, se puede poner en peligro la vida (Centro Médico ABC, 2024) .

Los síntomas que puede desarrollar la persona alérgica son los siguientes:

Inflamación de diversas áreas corporales como: cara, labios, lengua, garganta, sensación de hormigueo en los labios, comezón, sarpullido, enrojecimiento cutáneo, ruidos y sibilancias al respirar, conjuntivitis, mucosidad nasal, nariz congestionada, problemas para respirar, cólicos abdominales, episodios diarreicos, náusea, vómito (Centro Médico ABC, 2024).



**Figura 24.** Signos y síntomas de anafilaxia (Centro Médico ABC, 2024)

Por lo que es importante que el consumidor conozca y sepa que está ingiriendo en su dieta para que, si se tratara de una persona alérgica a esta oleaginosa, el usuario pueda evitar en este caso, el consumo del atún enlatado, si hubiese presencia de soya en él, y de esta manera no exponga su salud y bienestar. El objetivo es llegar a un consumo de alimentos responsable e informado.

### **1.11.2 Evitar el fraude alimentario**

En la actualidad en el ámbito alimentario existen distintas organizaciones y dependencias gubernamentales alrededor del mundo, encaminadas a sumar esfuerzos por la regulación y control de los alimentos con el objetivo de proporcionar alimentos inocuos y de calidad a los consumidores.

En Estados Unidos de Norte América se encuentra la FDA como organismo regulador por excelencia, en Europa, se encuentra la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) y en México la Secretaría de Salud (SSA), la Secretaría de Economía (SE), la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGARPA), entre otras. Todas las antes mencionadas encargadas de velar por la inocuidad alimentaria.

Sin embargo, a pesar de los esfuerzos globales por lograr que se consuman alimentos que sean garantía y que, cumplan su función en el individuo de nutrirlo y generarle bienestar, existen industrias caen en el error muchas veces intencionado de cometer fraude alimentario.

Pero ¿Qué es el fraude alimentario?

Según (Escobar, 2023), el fraude alimentario se define como la adulteración de alimentos o bebidas destinados al consumo humano que afecta la calidad de un alimento. No siempre conlleva intencionalidad, sin embargo, puede llegar a ser un peligro para la salud de las personas.

➤ ¿Qué acciones se consideran cómo fraude?

- I. Etiquetado incorrecto: Incluye declaraciones falsas que no se ajustan al contenido del producto.
- II. Dilución: Tiene que ver con la mezcla de ingredientes líquidos reemplazando uno de alto valor por otro de menor valor.
- III. Ocultación: Con el objetivo de ocultar la baja calidad de producto.
- IV. Falsificación: Copia de marca, embalaje, etc.
- V. Sustitución: Reemplazo de un ingrediente o parte del producto de mayor valor económico por otro de valor menor.
- VI. Mejora no aprobada: agregar materiales desconocidos y no declarados para mejorar atributos de calidad.
- VII. Mercado gris/robo/desvío: venta de exceso de producto no declarado.



*Figura 25. Tipos de fraude alimentario (Escobar, 2023)*

Los productos alimentarios con mayor riesgo de sufrir fraude son: el aceite de oliva, miel de abejas, vinos, leche, quesos de alto valor económico, especias, ciertos jugos de fruta, café, té, moluscos y por supuesto pescados y carnes (Escobar, 2023).

Dentro de los tipos de fraudes alimentarios que pueden sufrir estos productos están la adición y sustitución de elementos, la dilución y un etiquetado incorrecto.

➤ ¿Qué riesgos implica el fraude alimentario?

a) Riesgos directos para la inocuidad alimentaria: Que el consumidor corra un riesgo inmediato, por ejemplo: El ocultamiento de sustancias que generan alérgenos no declarados.

b) Riesgos indirectos para la inocuidad alimentaria: El consumidor corre un riesgo debido a una exposición a largo plazo, por ejemplo: Niveles elevados de metales pesados en suplementos alimenticios que causan daño si la exposición se da durante un período de tiempo prolongado.

c) Riesgo técnico de fraude alimentario: No existe un riesgo directo ni indirecto para la inocuidad alimentaria. Sin embargo, esto indica que la trazabilidad de los materiales puede haberse visto comprometida y que la empresa ya no puede garantizar la inocuidad de sus productos alimenticios (FSSC 22000, 2019).

Por lo que es importante en todos los niveles, evitar el fraude alimentario.

## **1.12 Marco jurídico del atún en México**

La riqueza biológica de los mares mexicanos puede traducirse en riqueza pesquera y generadora de empleos, siendo oportuno que su potencial sea explotado atendiendo los principios de sustentabilidad y respeto al medio ambiente.

La Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentables (LGPAS), reconoce a la pesca y la acuacultura como actividades que fortalecen la soberanía alimenticia y territorial de México, considerándolas de importancia para la seguridad nacional y prioritaria para el desarrollo del país. Estableciendo los principios de ordenamiento, fomento y regulación del manejo integral y el aprovechamiento sustentable de la pesca y la acuacultura, considerando los aspectos sociales, tecnológicos, productivos, biológicos y ambientales (Diario Oficial de la Federación, 2015).

Adicionalmente a la Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentables, otras leyes concurrentes son: a) Ley Federal sobre Metrología y Normalización, concerniente a la emisión de Normas reglamentarias de las pesquerías; b) Ley General de Sociedades Cooperativas que rige la organización y funcionamiento de las sociedades de producción pesquera, y c) Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), relativa a la preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente y acervo biológico del País (Diario Oficial de la Federación, 2015).

Para la administración de la pesquería del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) se contemplan instrumentos de manejo en dos contextos: Nacional e Internacional, en el primer caso, aplica la NOM-023SAG/PESC-2014 que regula el aprovechamiento de las especies de túnidos con embarcaciones palangreras en aguas de jurisdicción federal del Golfo de México y Mar Caribe, asimismo tiene aplicación el Acuerdo por el que se establece la cuota de captura para el aprovechamiento del marlín azul y el marlín blanco, en aguas de jurisdicción federal del Golfo de México y Mar Caribe para los años 2013, 2014 y 2015. A escala internacional, en materia de ordenación se realiza a través de la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (ICCAT por sus siglas en inglés), organización pesquera intergubernamental responsable de la conservación de los túnidos y especies afines en el océano Atlántico y mares adyacentes, la cual desarrolla asesoramiento basado en la ciencia (Diario Oficial de la Federación, 2015).

### **1.12.1 Límites máximos permisibles de Soya en Atún**

La Norma Oficial Mexicana NOM-235-2020, Atún y bonita preenvasados-Denominación-Especificaciones-Información comercial y métodos de prueba, nos dice que la soya es uno de los ingredientes opcionales que puede contener del atún enlatado siempre y cuando se esté declarado en la etiqueta y que cumpla con el correcto etiquetado que no incite a la confusión en el consumidor. Dicha norma también nos dice que el porcentaje máximo permitido de soya en atún debe ser menor o igual al 50% de la masa drenada del producto original.

## **CAPÍTULO 2. Técnicas moleculares para la identificación de especies**

### **2.1 ADN mitocondrial y sus características**

Como su nombre lo dice, el ADN mitocondrial proviene de las mitocondrias, que no son más que orgánulos subcelulares encargados de la producción de energía en forma de ATP, además contienen su propio sistema genético con ADN mitocondrial que codifica un número pequeño de polipéptidos, que forman parte de la cadena respiratoria junto con proteínas mitocondriales codificadas en el núcleo (Pérez, 2012).

La mitocondria posee asimismo su propia maquinaria para la síntesis de las proteínas codificadas en su genoma. Los genes están dispuestos en el ADN mitocondrial de manera muy compacta con los ARNs de transferencia intercalados entre los genes de los ARNs ribosómicos y los codificantes de proteínas (Pérez, 2012).

El ADN mitocondrial difiere del nuclear en una serie de caracteres particulares como son la utilización de un código genético propio con algunas variaciones respecto al universal, la existencia de una alta velocidad de mutación, su transmisión por herencia materna exclusivamente, no-mendeliana, así como la organización y expresión de sus genes (Pérez, 2012).

### **2.2 Importancia del ADN mitocondrial desde el punto de vista molecular**

Las particularidades que presenta la estructura genética y organización del ADN mitocondrial se ven reflejadas en su modo de expresión. Las dos cadenas del ADN se transcriben completa y simétricamente.

Este tipo de ADN tiene tendencia a mutar, siendo la tasa de sustitución de nucleótidos 10 veces superior en comparación con el ADN nuclear; además estas mutaciones son fijadas en variantes genéticas poblacionales por lo que se utiliza para estudiar la filogenia y estructura de poblaciones, ya que dichas mutaciones lo hacen ser mucho más específico para la identificación de especies (Pérez, 2012).

### **2.3 Técnicas de autenticación de especies**

La forma de proceder en la determinación de la identidad de las especies está determinada por las propiedades y características de estudio de las muestras.

La identificación de la especies animales, puede resultar incierta cuando las características morfológicas de la especie, como la forma, el tamaño y la apariencia, son eliminadas durante el procesamiento y sólo queda disponible una fracción de tejido. En este caso para un correcto estudio, es necesario utilizar métodos de identificación que dependan del análisis de componentes específicos de la carne, como las proteínas o el propio ADN (Mackie, 2024).

- En función al contenido proteico

En lo que respecta a las proteínas, las diferencias fisicoquímicas de tamaño o carga se revelan como diferencias en la movilidad electroforética, en los puntos isoeléctricos o en los tiempos de elución cromatográfica. Así, cuando las proteínas solubles en agua de tejido, como el músculo, se separan mediante electroforesis, enfoque isoeléctrico o cromatografía líquida, se obtienen perfiles de separación únicos para cada especie por lo que, comparando un perfil con el de las especies auténticas se puede establecer la identidad de la especie (Mackie, 2024).

#### ➤ En Función al ADN

En principio, es el método más efectivo para la identificación de especies dado que el ADN, es más termoestable incluso que las proteínas.

Para desarrollar un análisis a partir de ADN, es importante que el fragmento de estudio muestre la mayor diferencia en la secuencia de nucleótidos entre especies estrechamente relacionadas y la menor diferencia entre individuos y poblaciones de una especie. Una vez determinada la secuencia completa de nucleótidos del fragmento seleccionado, se puede utilizar para identificar la especie de interés directamente e incluso idear métodos secundarios de análisis de ADN más rápidos y sencillos para su uso en el laboratorio (Mackie, 2024).

### **2.4 Reacción en cadena de la Polimerasa (PCR)**

Cuando la carne está cruda o cocida en condiciones normales, la especie se establece fácilmente mediante electroforesis de las proteínas musculares. En el caso del atún enlatado, a pesar de que es un tejido con alto contenido proteico, el análisis e identificación no puede llevarse a cabo por dicho método por tratarse de un producto el cual es sometido a un proceso térmico de esterilización, en donde las proteínas son gravemente desnaturalizadas por efecto de la temperatura.

Si bien la electroforesis en SDS o disolventes de urea es adecuada para la identificación de especies que han sido cocinadas en condiciones normales, no tiene ningún valor para productos esterilizados térmicamente debido a la severa desnaturalización que sufren las proteínas. Las zonas de proteínas en los electroforogramas se vuelven confusas y se desarrolla una fuerte tinción de fondo dependiendo del grado de desnaturalización, lo que hace imposible una identificación confiable de las especies (Mackie, 2024).

Por otra parte, cuando se trabaja con el ADN, es posible obtener resultados más confiables ya que, este es menos susceptible a la degradación, lo que permite aplicar las técnicas moleculares existentes de alta especificidad y fiabilidad como lo es la PCR, la cual localiza y amplifica fragmentos específicos de ADN únicamente de una especie de interés permitiendo así una correcta identificación, evitando falsos positivos (Mackie, 2024). Motivo por el cual se decidió hacer esta investigación por medio de PCR

### 2.4.1 Fundamento

Por sus siglas en inglés PCR (Polimerase Chain Reaction), es una técnica para la síntesis "in vitro" de secuencias específicas de ADN. Se basa en la replicación del ADN. Es una forma simple y muy rápida de multiplicar el ADN presente a partir de una muestra biológica, obteniéndose millones de copias de una determinada secuencia de ADN (Poza, 2023).

La PCR se basa en la replicación celular en la que actúan varias proteínas para sintetizar nuevas hebras de ADN a partir de otra que funciona como molde.

En procariontes se han encontrado al menos 12 proteínas involucradas en la replicación (Díaz A. S., 2023). Estas proteínas actúan en diferentes actividades como:

La identificación del sitio de origen de la replicación, el desenrollamiento de la doble hélice, la estabilización de la estructura desenrollada, la generación de cadenas iniciadoras complementarias con un extremo 3' libre que sirve de iniciador para que la ADN polimerasa comience su actividad catalizadora, el avance de la bifurcación replicadora por desenrollamiento, los pasos finales del ensamblaje de dos cadenas complementarias, la identificación de los sitios de terminación y el superenrollamiento de las dos nuevas moléculas de ADN (Díaz A. S., 2023).

Sin embargo, la enzima más importante en la replicación es la polimerasa del ADN dependiente de ADN, comúnmente conocida como ADN polimerasa, porque es la encargada de incorporar nucleótidos durante la síntesis de las nuevas cadenas de ADN (Díaz A. S., 2023).

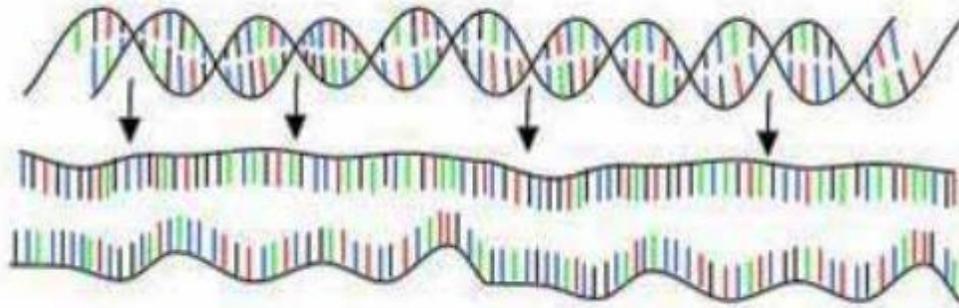
### 2.4.2 Etapas de reacción de la PCR

#### ❖ DESNATURALIZACIÓN DEL ADN

La desnaturalización del ADN es la primer etapa que comprende la PCR. En esta etapa se separa la estructura de doble hélice con la que cuenta la molécula con la finalidad de tener disponibles las dos hebras que servirán como molde para el segundo paso que es la hibridación en donde se formarán las cadenas complementarias (HERBERT, 2018).

Para poder llevar a cabo dicha separación, es necesario que exista un aumento de temperatura o un aumento de pH (pH alcalino). Cuando hay un aumento de temperatura (94°C en promedio), se rompen los puentes de hidrógeno que unen a las pares de bases de la molécula de ADN provocando la apertura de la cadena original, dando, así como resultado la formación de dos cadenas sencillas (Amado, 2024).

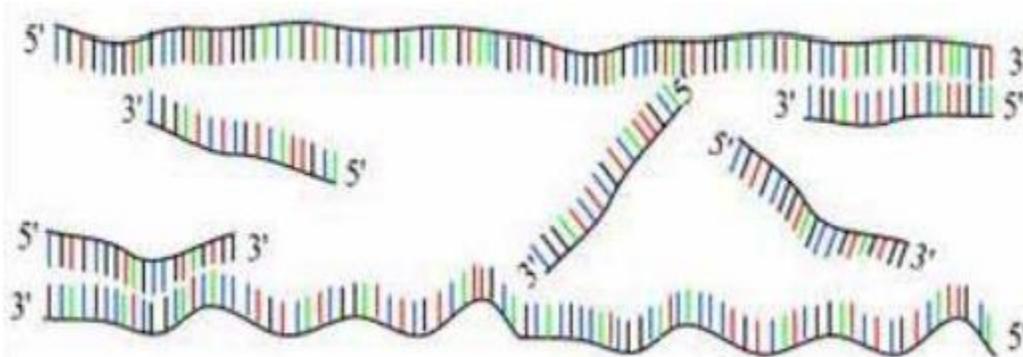
Cabe destacar que en este paso no se altera la estructura primaria del ADN debido a que no hay ruptura de enlaces covalentes (HERBERT, 2018).



*Figura 26. Desnaturalización del ADN (Poza, 2023)*

#### ❖ HIBRIDACIÓN

La hibridación corresponde a la segunda etapa de la PCR. En esta etapa los primers (frontal y reverso) también conocidos como cebadores, específicos de la región de interés que se desea amplificar, se unen a cada una de las dos cadenas sencillas de ADN previamente desnaturalizadas con el objetivo de marcar un comienzo y un final e indicarle así a la Taq polimerasa, en donde realizar la adición de los oligonucleótidos sintéticos (dNTP's), los cuales complementaran a su cadena molde. La temperatura y tiempo de hibridación están en función de la composición, el tamaño y la concentración de los primers. Generalmente las temperaturas de alineamiento rondan en el rango de 55 a 65°C (HERBERT, 2018).

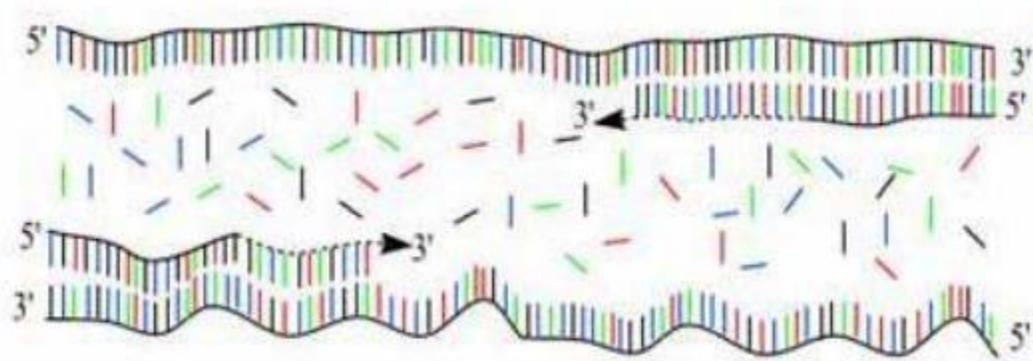


*Figura 27. Hibridación del ADN (Poza, 2023)*

### ❖ ENLONGACIÓN (EXTENSIÓN, REPLICACIÓN O POLIMERIZACIÓN)

La extensión es la tercera y última etapa que se lleva a cabo en la reacción de PCR para completar un ciclo de copiado. En esta etapa la enzima ADN polimerasa (con ayuda del ion  $Mg^{+}$ ), se encarga de construir la cadena molde o complementaria de ADN, llevando a cabo la síntesis en dirección  $5' \rightarrow 3'$  a partir de los primers, tomando como sustrato a los dNTP's (desoxinucleótidos trifosfatos) (COLOMBIA, 2024).

En esta síntesis de la cadena complementaria la Taq polimerasa une al grupo 5'-fosfato de los dNTP's con el grupo 3'-hidroxilo de los primers, hasta terminar la lectura. (HERBERT, 2018).



*Figura 28. Elongación de la cadena de ADN (Poza, 2023)*

Cabe mencionar que el número de ciclos para llevar a cabo una PCR exitosa con un número adecuado de copias del fragmento de ADN de interés está en función de que tan grande sea la secuencia que se desea amplificar.

Por otra parte, el tiempo de polimerización depende directamente del tamaño y concentración de la secuencia blanco y la temperatura con la cual se trabaje, que por lo general es de  $72^{\circ}C$ . Se calcula que la velocidad de anclaje varía de treinta y cinco a cien nucleótidos por segundo, esto se encuentra directamente afectado por la solución tampón, el pH, la concentración de sales y la naturaleza de la hibridación (HERBERT, 2018).

### ❖ EXTENSIÓN FINAL

Se lleva a cabo a  $72^{\circ}C$  durante un tiempo que va de 5 a 15 minutos tras el último ciclo de PCR. Con esto se asegura que cualquier ADN de cadena simple restante sea totalmente ampliado (COLOMBIA, 2024).

### ❖ CONSERVACIÓN

Con la finalidad de evitar la degradación de las secuencias de ADN amplificadas, se enfría la reacción a  $4^{\circ}C$  para poder almacenarla y conservarla por un periodo de tiempo determinado (COLOMBIA, 2024).

### 2.4.3 Componentes de la reacción

En función a las etapas antes mencionadas de la reacción de la cadena de polimerasa (PCR), es indispensable conocer los componentes que requiere la reacción para poder llevarla a cabo, los cuales se muestran a continuación:

- ADN molde

Obtenido a partir de la extracción de ADN celular, proveniente de un tejido animal o vegetal. Es necesario tener una concentración adecuada para lograr una amplificación adecuada. Si la concentración de ADN es menor, es probable que no se visualice una banda clara en un gel de agarosa, por otro lado, si la concentración es muy alta, la ADN polimerasa probablemente no podrá actuar sobre las cadenas desnaturalizadas de ADN (HERBERT, 2018).

- Oligonucleótidos o primers específicos para cada especie

Estos son moléculas sintéticas de cadena sencilla y de secuencia corta (18 a 30 nucleótidos) cuyas secuencias deben ser complementarias al extremo 3' de cada una de las hebras sencillas del fragmento diana. De este modo, los oligonucleótidos funcionan como cebadores para la replicación del fragmento diana.

El éxito de la reacción, como se expone anteriormente, recae principalmente en un buen diseño de primers, pues la carencia de unión perfecta entre el ADN diana y el extremo 3' del primer puede conducir a un fallo en la PCR (HERBERT, 2018).

- dNTP'S

Son nucleótidos sintéticos que no forman ninguna secuencia al inicio de la reacción, es decir, son el sustrato de la enzima ADN polimerasa y serán los componentes de miles de copias del fragmento diana al final de la reacción. Pueden denominarse como dATP's, dTTP's, dGTP's y dCTP's (HERBERT, 2018).

- La enzima ADN Polimerasa (Taq Polimerasa)

La ADN polimerasa es la responsable de unir a los nucleótidos sintéticos a la cadena molde, tomando como punto de partida a los primers frontal y reverso según sea el caso. De esta manera se forma una nueva cadena doble de ADN.

La Taq polimerasa aislada de Bacteria *Thermus aquaticus*, es una enzima termorresistente capaz de resistir temperaturas que pueden llegar casi hasta los 100°C, confiriéndole así, la capacidad de mantenerse estable y no desnaturalizarse ante los cambios de temperatura durante la reacción de PCR, motivo por el cual es ampliamente utilizada (HERBERT, 2018).

#### **2.4.4 Aplicación de la PCR en otras áreas**

La PCR tiene una amplia gama de aplicaciones en la investigación científica que involucra a ciertas áreas como la evolución clínica, la genética, la biología molecular y la biotecnología. Existe gran número de aplicaciones que han tomado a la PCR como fundamental de estudio. A continuación, se enlistan algunas aplicaciones (Sánchez, 2004):

- Utilizada en la detección de enfermedades genéticas como la fibrosis quística, la hemofilia clásica y las distrofias muscular.
- En investigación criminal aplicada como tecnología de análisis en huellas digitales de ADN utilizando muestras muy pequeñas de material biológico encontrado en la escena del crimen.
- En microbiología, para poder identificar agentes infecciosos, o para casos de identificación de anticuerpos.
- Para el diagnóstico de enfermedades virales neonatales
- Para estudiar a organismos vivos, restos fósiles, congelados o momificados.
- Para medir la expresión de un determinado gen
- Para detección de enfermedades hereditarias, oncológicas e infecciosas
- Mutagénesis in vitro.
- Construcción de genes sintéticos o fragmentos in vitro.

#### **2.5 Ventajas y desventajas**

A cuatro décadas ya de su invención, la PCR se ha convertido en una herramienta imprescindible para el estudio del ADN. La ventaja principal de utilizar esta técnica es que permite realizar millones de copias de ADN de una región de interés partiendo de una pequeña cantidad de material genético; además, es una técnica de muy alta especificidad que permite discriminar a una región específica de una especie en cuestión, esto en gran medida por el diseño de cebadores sintéticos que se unen exclusivamente a regiones muy conservadas de dicha especie, lo cual genera resultados altamente confiables en periodos de tiempo cortos. La principal desventaja es la necesidad de estandarizar la técnica según sea el caso de estudio, lo cual puede resultar tardado y costoso (Tamay, 2013).

#### **2.6 Electroforesis**

Para el caso del análisis del ADN, se utiliza la electroforesis en gel de agarosa, la cual permite separar fragmentos que no es posible separarlos correctamente por otros métodos. La utilización de agarosa para la separación de moléculas de ADN del tamaño es fundamental para este proyecto, ya que si se usa un gel de poliacrilamida (el cual no es capaz de soportar moléculas mayores a 500pb), no se podría llevar a cabo la separación de los fragmentos de ADN de este proyecto. En cambio, la agarosa tiene un mayor rango de separación que va desde 50 a 20,000 pb (HERBERT, 2018).

## **CAPÍTULO 3. Metodología experimental**

### **3.1 Justificación**

La pesquería de túnidos es una de las actividades económicas pesqueras más importantes a nivel mundial y es importante por la generación de empleos, tanto directos como indirectos, además contribuye a la generación de divisas extranjeras, ingreso gubernamental, así como a la seguridad alimentaria del país, por lo que, la pesquería del atún contribuye de manera sustancial al desarrollo regional y nacional (SADER, 2016).

Dentro del atún se incluyen aproximadamente 40 especies que se encuentran en los océanos Atlántico, Índico, Pacífico y en el Mar Mediterráneo. Su producción mundial anual ha aumentado continuamente, de menos de 0.6 millones de toneladas en 1950 hasta más de 7 millones de toneladas en 2023 (FAO, 2023), aunque es importante señalar, que a causa de la Covid-19, la producción descendió de 8.2 millones de toneladas en 2019 a 7.8 millones de toneladas en 2020 (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera , 2023).

Para el año 2016 México el atún ocupó el segundo lugar de la producción pesquera nacional con poco más de 129 mil toneladas capturadas anualmente. Las principales variedades capturadas son: atún aleta amarilla, atún aleta azul y patudo; se sabe que en la actualidad el consumo per cápita de atún en México es de 1.4 kilogramos y que el principal productor de este valioso pez es Sinaloa (SADER, 2016).

A la par del desarrollo de la industria atunera, también ha crecido la adulteración en sus productos, específicamente la adulteración de atún enlatado con soya, con el fin de abaratar los costos de producción al utilizar una menor cantidad de atún sustituyéndola con una materia prima más barata. La soya pertenece a la familia de las fabáceas las cuales derivan de las plantas leguminosas, con alto contenido proteico, de ahí que sea un alérgeno alimentario primario (González, 2022).

Cuando el sistema inmunológico detecta a las proteínas de la soya como agentes desconocidos y potencialmente peligrosos, desata un proceso anómalo en donde se libera en la sangre un caudal de sustancias químicas que provocan una sintomatología diversa, que puede ir desde la leve, moderada o de gravedad extrema si llega a acontecer un choque anafiláctico, el cual puede poner en peligro la vida (Centro Médico ABC, 2024). Por lo que es importante que las personas que son alérgicas a la soja conozcan qué marcas de atún pueden consumir sin correr un riesgo para su salud.

En el análisis alimentario, los ensayos de PCR se utilizan en muchas aplicaciones, como la detección de microorganismos patogénicos, la identificación de alérgenos, la detección de organismos genéticamente modificados (OMG) o la identificación de especies animales. Los ensayos de PCR ofrecen numerosas ventajas como son su

alta especificidad, sensibilidad, rapidez y fiabilidad. Además de que se pueden automatizar (SCANCO, 2023).

### 3.2 Cuadro metodológico

## IDENTIFICACIÓN DE SOYA (*GLYCINE MAX*) COMO ADULTERANTE EN ATÚN ENLATADO (*THUNNUS ALBACARES*) MEDIANTE LA REACCIÓN EN CADENA DE LA POLIMERASA (PCR)

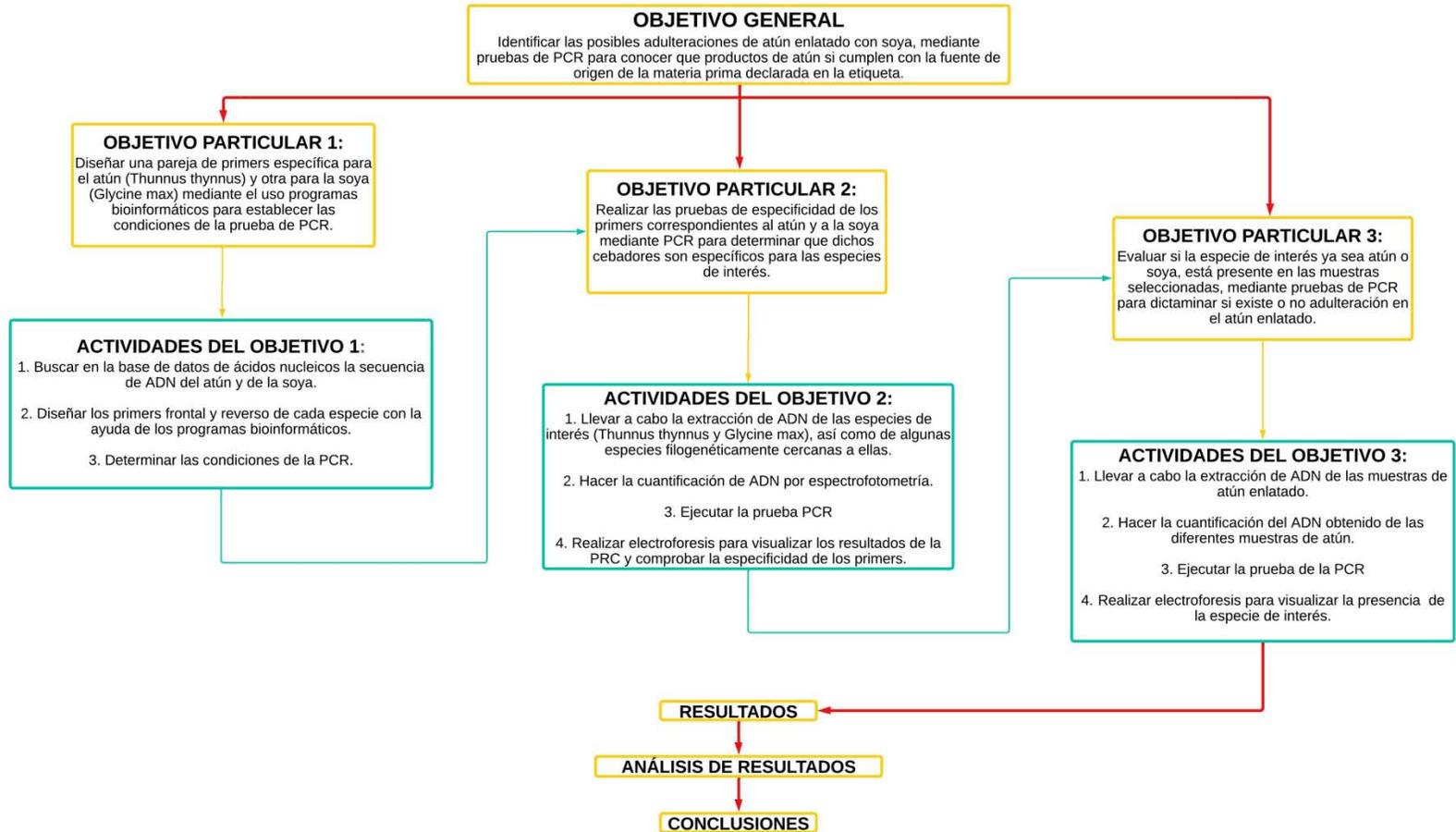


Figura 29. Cuadro metodológico

### 3.3 Descripción del cuadro metodológico

#### 3.3.1 Objetivo general

Identificar las posibles adulteraciones de atún enlatado con soya, mediante pruebas de PCR para conocer que productos de atún si cumplen con la fuente de origen de la materia prima declarada en la etiqueta.

#### 3.3.2 Objetivo particular 1

Diseñar una pareja de primers específica para el atún (*Thunnus albacares*) y otra para la soya (*Glycine max*) mediante el uso programas bioinformáticos para establecer las condiciones de la prueba de PCR.

➤ **Actividades del objetivo 1:**

1. Buscar en la base de datos de ácidos nucleicos la secuencia de ADN del atún y de la soya.
2. Diseñar los primers frontal y reverso de cada especie con la ayuda de los programas bioinformáticos.
3. Determinar las condiciones de la PCR.

#### 3.3.3 Objetivo particular 2

Realizar las pruebas de especificidad de los primers correspondientes al atún y a la soya mediante PCR para determinar que dichos cebadores son específicos para las especies de interés.

➤ **Actividades del objetivo 2:**

1. Llevar a cabo la extracción de ADN de las especies de interés (*Thunnus albacares* y *Glycine max*), así como de algunas especies filogenéticamente cercanas a ellas.
2. Hacer la cuantificación de ADN por espectrofotometría.
3. Ejecutar la prueba PCR
4. Realizar electroforesis para visualizar los resultados de la PCR y comprobar la especificidad de los primers.

#### 3.3.4 Objetivo particular 3

Evaluar si la especie de interés ya sea atún o soya, está presente en las muestras seleccionadas, mediante pruebas de PCR para dictaminar si existe o no adulteración en el atún enlatado.

➤ **Actividades del objetivo 3:**

1. Llevar a cabo la extracción de ADN de las muestras de atún enlatado.
2. Hacer la cuantificación del ADN obtenido de las diferentes muestras de atún.
3. Ejecutar la prueba de la PCR con los primers específicos diseñados en el objetivo 1.

4. Realizar electroforesis de para visualizar la presencia de la especie de interés.

### 3.4 Materiales y métodos

#### 3.4.1 Material biológico

El material biológico que se utilizó durante la experimentación fue:

→ Carne fresca de *Thunnus albacares* como control positivo.

El control positivo de la especie de interés se consiguió en el mercado de la Viga ubicado en la Ciudad de México, el cual se congeló para facilitar su transporte al laboratorio y evitar que se degradará el ADN, dejándolo listo para la extracción.

→ Atún enlatado (*Thunnus albacares*) como especie de interés

Se trabajó con 15 marcas diferentes de atún que se encuentran en el mercado. Dichas marcas se obtuvieron de distintas tiendas comerciales como Bodega Aurrera, Wal-Mart y Soriana.

A continuación, se muestra el cuadro 2, que explica a detalle dicha información:

**Cuadro 8.** Muestras de atún enlatado que fueron evaluadas

No. MUESTRA	PRODUCTO	CLAVE	LOTE	CADUCIDAD	PRECIO
1	Atún enlatado	Dla	L-ER523723	08/2027	\$22.50
2	Atún enlatado	Dld	L-ER925823	09/2027	\$22.50
3	Atún enlatado	Gva	L-34382GW	10/2026	\$19.00
4	Atún enlatado	Gvd	L-342A1GO	10/2026	\$19.00
5	Atún enlatado	Atún J	L-18055RS	11/22025	\$35.00
6	Atún	Typr	L-M3135S73	09/2028	\$27.00

	enlatado				
7	Atún enlatado	Typa	L-M3131L59	07/2028	\$27.00
8	Atún enlatado	Typv	L-M3225L58	06/2028	\$27.00
9	Atún enlatado	Tycv	L-M3235S19	09/2028	\$21.00
10	Atún enlatado	Tyca	L-M3136J21	09/2028	\$21.00
11	Atún enlatado	Tycn	L-M3616X72	04/2028	\$20.50
12	Atún enlatado	Maa	L-334C1MW	08/2027	\$23.50
13	Atún enlatado	Mad	L-323A1MAO	06/2027	\$24.50
14	Atún enlatado	Nra	L-SA3146AW	06/2027	\$16.00

### 3.4.2 Extracción de ADN

El método descrito por Sambrook, 2001; es un método que tiene como objetivo aislar el ADN celular.

El primer paso de este método consiste en adicionar una solución de lisis, que no es más que detergentes que desestabilizan la membrana y liberan el contenido celular, para poder aislar las histonas, proteínas en donde se encuentra super enrollado el ADN. Además de la solución de lisis, se agrega la proteinasa K con el objetivo de cortar dichas proteínas y así poder liberar al medio el todo el material genético.

Una vez llevada a cabo la liberación del ADN celular (nuclear y mitocondrial), y con el objetivo de separarlo de cualquier proteína y/o polisacárido con el que pudiera estar en contacto, se utiliza la mezcla Fenol-cloroformo-alcohol isoamílico, el cual disocia y desnaturaliza dichos compuestos.

Finalmente, por la acción de la adición de etanol, se precipita el ADN extraído para posteriormente ser utilizado en la PCR.

- ❖ **Reactivos**
  - Solución de Lisis [Tris base 0.05M pH=8, EDTA 0.1M y SDS 0.5%]
  - Enzima Proteinasa k [20mg/mL]
  - Mezcla fenol-cloroformo-alcohol isoamílico
  - Etanol frío [70 %]
  - Agua desionizada
  
- ❖ **Equipos:**
  - Agitador Vortex
  - Microcentrífuga
  - Termoblock
  - Balanza analítica
  - Micropipetas
  
- ❖ **Materiales:**
  - Tubos de Eppendorf
  - Puntas estériles para micropipetas

Para la extracción de ADN se utilizó el Protocolo clásico de Sambrook. Dicho método involucra múltiples reacciones que tienen como objetivo garantizar la extracción de ADN. A continuación, se muestra la metodología utilizada la cual se divide en tres etapas principales: La degradación del tejido (etapa 1), la extracción de proteínas y polisacáridos del ADN (etapa 2) y finalmente la precipitación del ADN (etapa 3).

#### ❖ ETAPA 1: DEGRADACIÓN DE TEJIDO

Para poder llevar a cabo esta primer etapa, en este caso la degradación de tejido de atún fue indispensable contar con área de trabajo perfectamente limpia por lo que, se desinfectó con alcohol la mesa de trabajo con el objetivo de mitigar el riesgo de contaminación durante la experimentación.

Una vez limpia el área, se acomodó el termoblock y el vórtex en la mesa de trabajo para su posterior uso, en seguida se encendió la balanza de peso constante y se procedió a pesar 0.125 g de muestra en un tubo de eppendorf como lo indica el protocolo, posteriormente con la ayuda de una micropipeta se adicionaron 1250 uL de solución de lisis y 7 uL de la enzima Proteinasa k al tubo con muestra para luego colocarlo en el termoblock por un periodo de tiempo de dos horas a una temperatura de 50°C a 350 rpm. Una vez terminado dicho periodo, se procedió a elevar la temperatura a 60°C durante una hora más con el objetivo de inactivar la proteinasa k.

#### ❖ ETAPA 2: EXTRACCIÓN DE PROTEÍNAS Y POLISACÁRIDOS DE ADN

En esta segunda etapa se adicionaron 250  $\mu\text{L}$  de la mezcla fenol-cloroformo-alcohol isoamílico al tubo resultante de la primer etapa, posteriormente se colocó en la microcentrífuga refrigerada a durante 10 minutos a 10 000 rpm a una temperatura de 4°C con el objetivo de separar toda la materia ajena que no fuese ADN (sedimento o precipitado con proteínas y polisacáridos), finalmente se recuperó el sobrenadante en el cual estaba inmerso el ADN (fase acuosa superior) y se colocó en un nuevo tubo de eppendorf previamente esterilizado.

#### ❖ ETAPA 3: PRECIPITACIÓN DE ADN

En esta tercer y ultima etapa de la extracción del ADN se adicionaron 1 000  $\mu\text{L}$  de etanol frío al tubo resultante de la etapa dos con el objetivo de favorecer la precipitación del ADN. Dicho tubo se colocó en la microcentrífuga refrigerada durante 10 minutos a 10 000 rpm a una temperatura de 4°C. Una vez transcurridos los 10 minutos, se sacó el tubo de la microcentrífuga con el objetivo de verificar la precipitación del ADN y una vez lista la muestra, se decantó el etanol con el objetivo de dejar únicamente en el seno del tubo el ADN precipitado. Con la finalidad retirar todo el etanol posible del tubo y asegurar una muestra propia de ADN, se colocó la muestra en el incubador (termoblock) durante una hora a 37°C. Finalmente se agregaron 50  $\mu\text{L}$  de agua desionizada con el objetivo de suspender el ADN para su posterior cuantificación.

Nota: Este procedimiento (etapa 1, etapa 2 y etapa 3), se realizó para poder extraer el ADN de los controles positivos (*thunnus albacares* y *glycine max*), así como de todas las muestras comerciales de atún enlatado.

### 3.4.3 Cuantificación de ADN

La espectrofotometría UV-visible es una técnica analítica que permite determinar la concentración de un compuesto en solución, se basa en medir la absorbancia que tiene una solución cuando es sometida a una fuente de luz (radiación electromagnética), siendo así que la cantidad de luz absorbida depende de forma lineal de la concentración. Para hacer este tipo de medidas se emplea un espectrofotómetro, en el que se puede seleccionar la longitud de onda de la luz que pasa por una solución y medir la cantidad de luz absorbida por la misma (Díaz N. A., 2023).

El espectrofotómetro es capaz de determinar las concentraciones promedio de los ácidos nucleicos de ADN o ARN presentes en una mezcla, así como su pureza. Cada molécula absorbe la energía radiante a una longitud de onda específica, a partir de la cual es posible extrapolar la concentración de un soluto en una solución (Mancera, 2020).

En el proceso de extracción, es bastante común que las muestras de ADN se contaminen con otras moléculas como proteínas y compuestos orgánicos. Una de

las ventajas de usar el análisis espectrofotométrico es la capacidad de determinar la pureza de una muestra, usando en este caso la relación de absorbancia de 260nm y 280nm, siendo el valor de 1.8 de la relación ADN puro. Esta relación se utiliza para evaluar la presencia de contaminantes después del proceso de aislamiento del ácido nucleico en cuestión, ya que las proteínas y fenol absorben la radiación electromagnética a 280 nm, por lo que una absorbancia  $< 1.6$  indica que el ADN está contaminado, mientras que un valor de la relación  $260/280 > 2.0$ , indica contaminación del ADN con ARN (Mancera, 2020).

- ❖ **Reactivos**
  - Muestra de ADN extraída
  - Agua libre de nucleasas
  
- ❖ **Equipos:**
  - Nano espectrofotómetro (Nanodrop)
  - Computadora
  - Micropipeta
  
- ❖ **Materiales:**
  - Tubos de Eppendorf
  - Puntas estériles para micropipeta

Para poder llevar a cabo la cuantificación de ADN previamente obtenido en la extracción, lo primero que se hizo fue encender la computadora y conectar el espectrofotómetro a la corriente eléctrica, luego se abrió el programa "Nanodrop" en la computadora, se dio clic en la opción de ácidos nucleicos para proceder a la calibración del equipo. Para llevar a cabo la calibración se pusieron 2 uL de H<sub>2</sub>O libre de nucleasas sobre el sensor, se bajó la sonda del nanodrop y luego en el programa de la computadora se seleccionó la opción "ok" una vez que el equipo realizó la primera lectura, se procedió a limpiar el sensor y se colocó una segunda gota de H<sub>2</sub>O libre de nucleasas, se bajó la sonda y se dio clic en la opción "blank". Una vez terminada la segunda lectura, el equipo estaba listo para utilizarse y cuantificar las muestras por lo que únicamente se limpió nuevamente el sensor y se colocaron 2 uL de la primera muestra, se bajó la sonda y se seleccionó la opción "measure", se esperó que el nanodrop realizara la lectura (5 segundos aproximadamente) y finalmente obtuvieron los valores de la relación 260/280 para saber la pureza de la muestra y los valores de la concentración (en unidades de ng/uL), para saber si era necesario llevar a cabo una dilución con el objetivo de ajustar la muestra a la concentración ideal equivalente a 60 ng/uL, se registraron los resultados y se procedió a la misma forma con todas las muestras restantes.

Cuando las muestras de ADN resultaron tener una concentración arriba de la ideal fue necesario diluirlas con H<sub>2</sub>O libre de nucleasas. A continuación, se explica la forma en que se procedió para ajustar dichas muestras:

- I. Para llegar a una concentración de ADN equivalente a 60 ng/uL partiendo de una concentración mayor, fue necesario realizar una regla de 3 para así conocer la cantidad de agua y la cantidad de muestra de ADN que se debían de agregar.

$$50\text{uL} = \text{Concentración inicial}$$

$$x = 60\text{ng/uL}$$

- II. Siendo “x” cantidad en microlitros de muestra de ADN de concentración inicial que se debía de agregar.
- III. Por lo tanto, la diferencia de restar (50 uL – x) correspondía a la cantidad de agua libre de nucleasas que se debía de adicionar para finalmente obtener una muestra con la concentración ideal.

#### 3.4.4 Metodología de la PCR punto final

❖ Reactivos

Kit Master mix

Primer Frontal

Primer Reverso

Agua libre de Nucleasas

Material biológico (atún o soya)

❖ Equipos:

Termociclador ATC 40 11, Apolo instrumentation.

Micropipetas

❖ Materiales:

Puntas estériles para micropipetas

Gradillas

Tubos de eppendorf

## ❖ ETAPA 1: PREPARACIÓN DE LAS REACCIONES

A continuación, se describe la metodología que se siguió para llevar a cabo las PCR para la identificación de Atún y Soya en las muestras comerciales de “atún enlatado”.

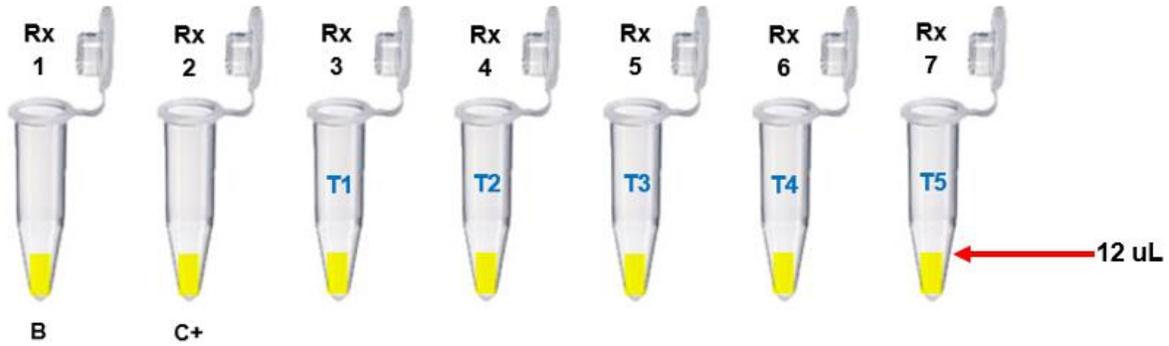
En esta primer etapa que refiere a la preparación de las muestras y con el objetivo de agilizar la distribución de los reactivos en los tubos para PCR, se agregó a un primer tubo etiquetado como “Blanco”, las cantidades necesarias de Kit Master mix, Primer Frontal, Primer reverso y H<sub>2</sub>O libre de nucleasas para siete reacciones. La siguiente tabla muestra los cálculos realizados:

*Cuadro 9. Componentes de la reacción de PCR*

Componente	1 Rx	Operación	7 Rx
Kit Master mix	6.25 uL	$6.25 \times 7 =$	43.75 uL
Primer Frontal	0.25 uL	$0.25 \times 7 =$	1.75 uL
Primer reverso	0.25 uL	$0.25 \times 7 =$	1.75 uL
H <sub>2</sub> O LN	5.25 uL	$5.25 \times 7 =$	36.75 uL
TOTAL			84.00 uL

Para este caso que se corrieron siete reacciones para PCR, se realizó una multiplicación de la cantidad de reactivo necesaria por una reacción por siete con el objetivo de conocer la cantidad que se necesitaba tener de cada reactivo en total. Una vez hecho esto, se tomaron los reactivos del congelador (REVCO) y con la ayuda de una micropipeta se tomaron las cantidades necesarias previamente calculadas de cada reactivo, mismas que se fueron vaciando en el tubo etiquetado como “blanco” ya antes mencionado. Esto dio como resultado un tubo con 84 uL en total el cual contenía ya todos los reactivos para PCR.

Posteriormente los 84 uL se dividieron en siete partes iguales dando como resultado 12 uL para cada tubo de reacción. Dichos 12 uL contenían ya el Kit Master mix, los primers y el H<sub>2</sub>O LN. A continuación, se ilustra como se hizo dicha distribución:



*Figura 30. Tubos de reacción para PCR*

Una vez que se distribuyeron los 12 uL para cada tubo de PCR, el blanco (B) se llevó al termociclador con el objetivo de no contaminarlo. Posteriormente se procedió a poner en los tubos restantes el ADN de interés, es este caso: ADN de Atún aleta amarilla para el control positivo (Rx 1), ADN de la muestra D1a para el tubo uno (Rx 3), ADN de la muestra D1d para el tubo dos (Rx 4), ADN de la muestra Gva para el tubo tres (Rx 5), ADN de la muestra Gvd para el tubo cuatro (Rx 6), ADN de la muestra Atún J para el tubo cinco (Rx 7).

#### ❖ ETAPA 2: CORRIDA DEL PROGRAMA DE PCR

Una vez que los tubos se terminaron de llenar con el ADN de interés, finalmente se llevaron al termociclador #1 del laboratorio de biotecnología de la UIM para correr la PCR y una vez que la corrida experimental terminó se procedió a la visualización e interpretación de los resultados mediante electroforesis.

Nota: Primeramente, se realizó una PCR para verificar la especificidad de las parejas de primers diseñados para *Thunnus albacares* y asegurar que se tuviera un amplificado correcto, una vez hecho esto se procedió a identificar presencia de atún en el producto “atún enlatado” y una vez que se logró identificar que muestras contenían realmente atún lo siguiente que se hizo fue nuevamente analizar las muestras, pero ahora para identificar presencia de soya en ellas. Así como en los primers de *Thunnus albacares*, se comprobó que los primers de soya fueran específicos para *Glycine max*, una vez que se comprobó que los primers únicamente amplificaban dicha especie, se procedió a identificar qué muestras tenían el adulterante.

### 3.4.5 Electroforesis en gel de agarosa y visualización del ADN

- ❖ **Reactivos**
  - Muestra de ADN resultante de la PCR
  - Agarosa
  - Solución Buffer TAE-1X
  - Blue Orange
  - Bromuro de Etidio (BRET)
  - Marcador de peso molecular (MP)
  
- ❖ **Equipos:**
  - Horno de microondas
  - Cámara de electroforesis
  - Micropipeta
  - Transiluminador
  
- ❖ **Materiales:**
  - Peines para pocillos
  - Matraz Erlenmeyer
  - Probeta 50 mL
  - Parafilm
  - Puntas estériles para micropipeta

#### ❖ ETAPA 1: PREPARACIÓN DEL GEL DE AGAROSA [ 1.5 %]

La preparación del gel es el primer paso para realizar la electroforesis ya que en el se forman los pocitos dentro de los cuales se cargarán las muestras. En este caso se preparó un gel de agarosa al 1.5 % de concentración para una cámara de electroforesis de capacidad de 30ml.

Lo primero que se hizo para la preparación del gel fue pesar 0.45 g de agarosa en polvo dentro de un matraz Erlenmeyer, posteriormente se agregaron 30 ml de TAE-1X y en seguida se procedió a calentar la disolución en el horno de microondas aproximadamente 1 minuto en intervalos de tiempo de 20 segundos hasta que la agarosa se solubilizó perfectamente en con la solución buffer. Una vez solubilizada la agarosa, se esperó a que el gel disminuyera su temperatura con el objetivo de poder agregar el Bromuro de etidio y evitar que este se evaporara, por lo que cuando el gel (todavía fluido) enfrió lo suficiente, se agregó una gota de BRET y se mezcló perfectamente hasta tener nuevamente una mezcla homogénea. Una vez agregado el BRET, se vació cuidadosamente el contenido del matraz en el soporte de la cámara de electroforesis, se colocó el peine para hacer los pocitos y finalmente se espero un tiempo aproximado de 15 minutos a que el gel de agarosa gelificara. Una vez gelificado el gel, se retiró el peine y se procedió a inundar la cámara de electroforesis con TAE-1X.

## ❖ ETAPA 2: CARGA Y CORRIDA DEL GEL

Esta segunda etapa de la electroforesis prácticamente consistió en cargar las muestras de ADN resultantes de la PCR en el gel de agarosa. Para esto, se tomó un trozo de Parafilm en donde se pusieron 3 uL de BRET, 3 uL de colorante Blue Orange y finalmente 5 uL de muestra resultante de la PCR. Con la ayuda de una micropipeta se mezcló el bromuro de etidio, el colorante y la muestra en cuestión, posteriormente se cargó dicha mezcla en el segundo pocillo del gel y se procedió de la misma manera con las muestras restantes resultantes de la PCR.

Una vez cargadas las muestras en los pocillos se cerró la cámara de electroforesis con su tapa, se conectaron los electrodos en la fuente de poder y finalmente esta se conectó a la corriente eléctrica para poder encenderla. Una vez encendida se configuró y activo el campo eléctrico a 60V dejando avanzar la corrida del gel dentro de la cámara un tiempo aproximado de 1 hora 30 minutos. La corrida se detuvo cuando el Blue Orange se lograba visualizar al otro de la cámara, finalmente se apagaba la fuente de poder y se llevaba el gel al transiluminador para poder visualizar los resultados de la PCR.

Nota: En el primer pocillo se cargó el marcador de peso molecular, en el segundo pocillo se cargó el blanco y del tercer pocillo en adelante se cargaron las muestras comerciales de estudio en todas las corridas experimentales.

## ❖ ETAPA 3: VISUALIZACIÓN DE LOS FRAGMENTOS DE ADN

Una vez introducido el gel de electroforesis dentro del transiluminador, se encendió el equipo y lo primero que se hizo fue encender la cámara para poder visualizar la posición del gel y en caso de ser necesario ajustarla de tal forma que el gel quedara centrado. Una vez centrado el gel se cerró la escotilla del transiluminador se apagó la luz blanca y procedió a encender la luz ultravioleta del equipo para sí poder visualizar los resultados del gel (las bandas de ADN amplificadas resultado de la PCR), finalmente se fotografió el gel para tener evidencia de los resultados y se procedió a analizarlos e interpretarlos.

Nota: La electroforesis también sirve para visualizar la integridad del ADN, únicamente cambia la concentración del gel y el voltaje con el que se corre, en el caso agarosa al 1% a 90V.

## **CAPÍTULO 4. Resultados y discusión**

### **4.1 Objetivo particular 1: Diseño de primers y establecimiento de las condiciones de la PCR**

- DISEÑO DE PRIMERS

La realización del diseño de primers fue la columna vertebral de este proyecto ya que, para que se pudiera llevar a cabo la PCR con éxito y así lograr la correcta identificación de especies para comprobar la autenticidad del producto; fue necesario contar con una pareja de primers específica para cada especie de interés: *Thunnus albacares* y *Glycine max*.

En este sentido, se llevó a cabo el diseño de primers utilizando los programas bioinformáticos NCBI y Primerquest tool. En el Anexo 2 y 3, se explica la metodología utilizada para el diseño.

A continuación, en el cuadro 4, se muestran las características de los primers que se diseñaron para la detección de atún y soya en el atún enlatado. Se desglosan primeramente las secuencias frontal y reversa de los primers en la dirección 3' – 5', en seguida la temperatura de hibridación ( $T_m$ ), se muestra también la región dentro del genoma mitocondrial que se utilizó, finalmente viene el número de identificación (GenBank) y el tamaño de amplificado de los primers.

**Cuadro 10.** Primers diseñados para el *Thunnus albacares* y *Glycine max*

Especie	Secuencia de los primers	$T_m$ (°C)	Región	GenBank	Amplificado (pb)
<i>Thunnus albacares</i>	F: 5'-3' GTGTTACCAAGTCATGGCCC R: 5'-3' AGCGCAGTAAGAGCCTACCA	60	Región de control CD-zj-hq secuencia; parcial; mitocondrial	KM055387.1	140
<i>Glycine max</i>	F: 5'-3' TTGGTCTTCAGTGTGGGCAG R: 5'-3' GCTGACTACGGCCTCAGATG	64	Gen ATP6, genoma mitocondrial	AJ000643.1	160

- DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES DE LA PCR

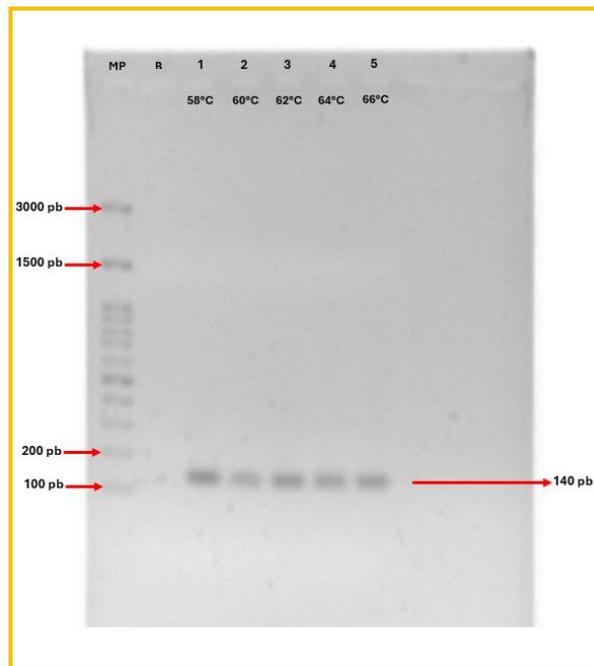
Una vez diseñados los primers y obtenida la temperatura de hibridación teórica, con la finalidad de dar cumplimiento al objetivo 1 fue necesario, establecer el protocolo de PCR que se seguiría durante la experimentación.

Se establecieron las condiciones estándar (número de ciclos y tiempos) para ambos casos de PCR: Atún y soya, finalmente para determinar la temperatura de hibridación de cada uno de los programas de PCR, se consideró la temperatura de hibridación de diseño, así como la temperatura de hibridación sugerida por el fabricante de los primers.

En el caso de la pareja de primers de atún aleta amarilla la  $T_m$  resultante del diseño fue de 60°C mientras que la  $T_m$  recomendada por el fabricante fue de 64°C por lo

que, para establecer una temperatura de hibridación adecuada, se realizó un ranqueo de temperaturas en una PCR de gradiente para de visualizar a qué Tm el control positivo de la especie *Thunnus albacares* amplificaba de mejor manera. Las temperaturas que se consideraron para el ranqueo fueron: 58°C, 60°C, 62°C, 64°C y 66°C, dando así oportunidad de conocer el amplificado al centro y a los extremos de 60°C y 64°C.

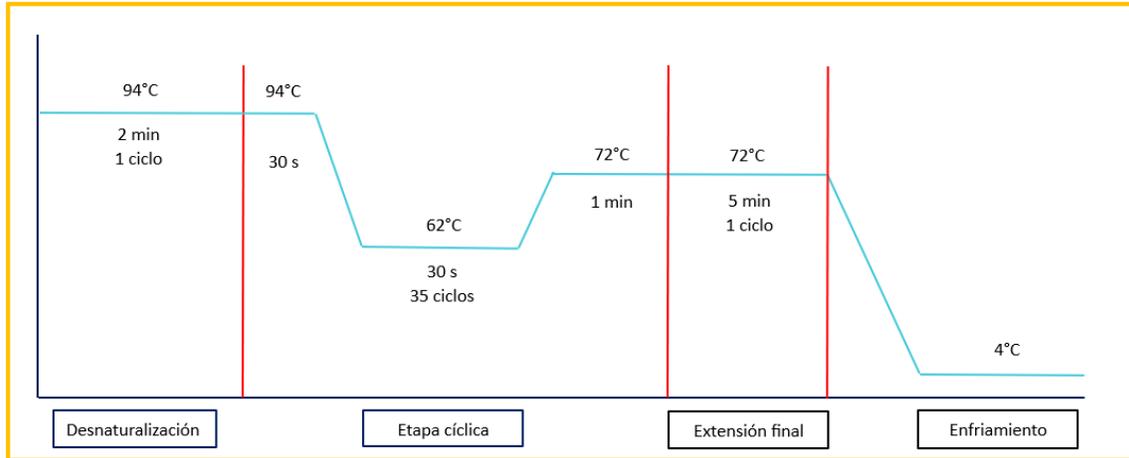
A continuación, en la figura 31 se muestran los resultados de la PCR de gradiente en un gel de electroforesis.



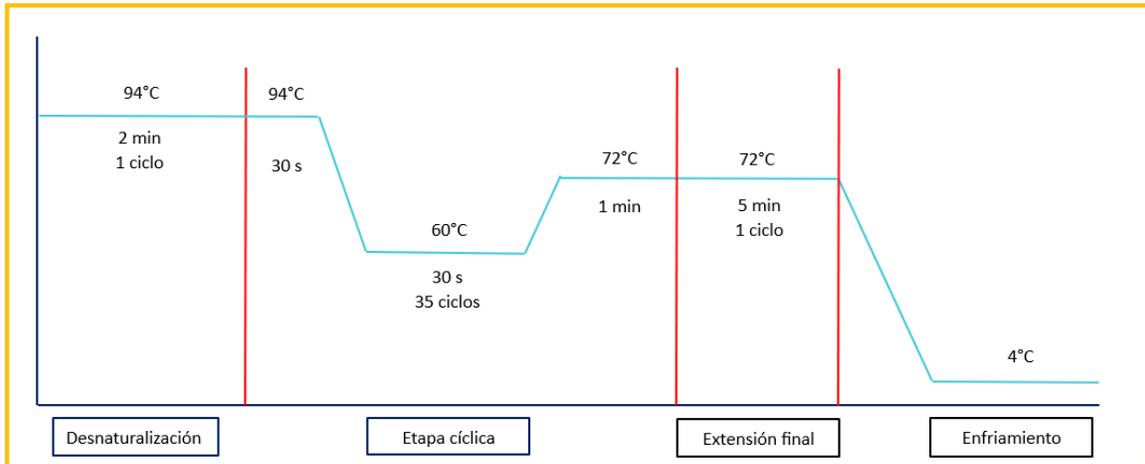
**Figura 31.** Gel de agarosa al 1.5 % para el establecimiento de la temperatura de hibridación de los primers de atún. MP, Blanco, Carril 1: C+ (58°C), Carril 2: C+ (60°C), Carril 3: C+ (62°C), Carril 4: C+ (64°C), Carril 5: C+ (66°C).

Lo que se pudo observar en el gel de electroforesis, fue que los primers amplificaron correctamente en todos los casos, amplificaron a 58°C, a 62 °C, a 66°C y por supuesto a 60 y 64°C, por lo que se consideró la temperatura de 62°C como la temperatura de hibridación definitiva para correr las pruebas de PCR por ser la temperatura promedio de la temperatura recomendada y de diseño.

Finalmente, en las figuras 32 y 33 se desglosan las condiciones de la PCR tales como la Tm, número de ciclos y tiempos, así como las etapas que la conforman: Desnaturalización inicial, etapa cíclica, extensión final y período de enfriamiento.



**Figura 32.** Programa de PCR para *Thunnus Albacares*

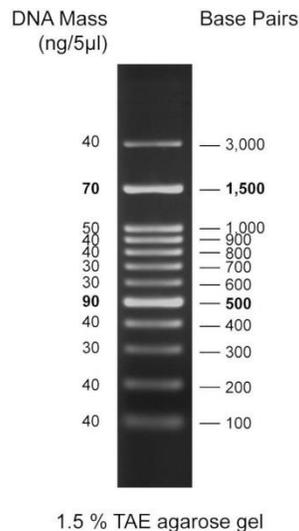


**Figura 33.** Programa de PCR para *Glycine max*

#### 4.2 Objetivo particular 2: Determinación de la especificidad de los primers

Para llevar a cabo la determinación de la especificidad de los primers se corrieron reacciones de PCR con la especie de interés de la cual se basó el diseño de primers, así como con especies cercanas y lejanas filogenéticamente.

Posteriormente se corrieron las muestras en geles de electroforesis y con la finalidad de conocer el tamaño de amplificado de las bandas, se utilizó una escala molecular de ADN mejor conocida como marcador de peso molecular, la cual nos ayudó a conocer el tamaño de amplificado de las bandas resultantes en los geles de electroforesis. A continuación, en la figura 34 se muestra la escala utilizada para este proyecto, la cual tiene una precisión de 100 pares de bases.



**Figura 34.** Escala de ADN (Cleaver SCIENTIFIC, 2024)

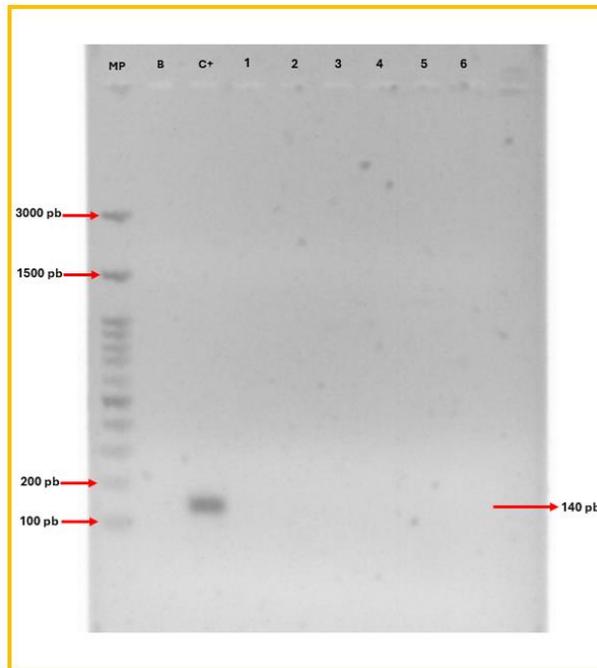
Finalmente, se determinó la especificidad de los primers considerando tres parámetros fundamentales:

1. Que los primers diseñados para soya no amplificaran para atún y que los primers diseñados para atún no amplificaran para soya.
2. Que en general los primers no amplificaran para otra especie diferente a la de diseño, es decir que únicamente amplificaran para la especie de interés.
3. Que el tamaño de amplificado de las bandas en caso de amplificar para las especies de interés coincidiera con el tamaño de amplificado de diseño.

- Especificidad de los primers diseñados para atún (*Thunnus albacares*)

La evaluación de la especificidad de los primers diseñados para *Thunnus albacares* se realizó por medio de PCR como se mencionó previamente. En la reacción se incluyó la especie de interés (atún) identificada como C+, tres especies de origen animal similares genéticamente: Delfín, pollo y res, así como tres especies más filogenéticamente lejanas de origen vegetal tales como soya, trigo y papaya.

A continuación, en la figura 35 se muestran los resultados obtenidos de la reacción de PCR visualizados en un gel de electroforesis.



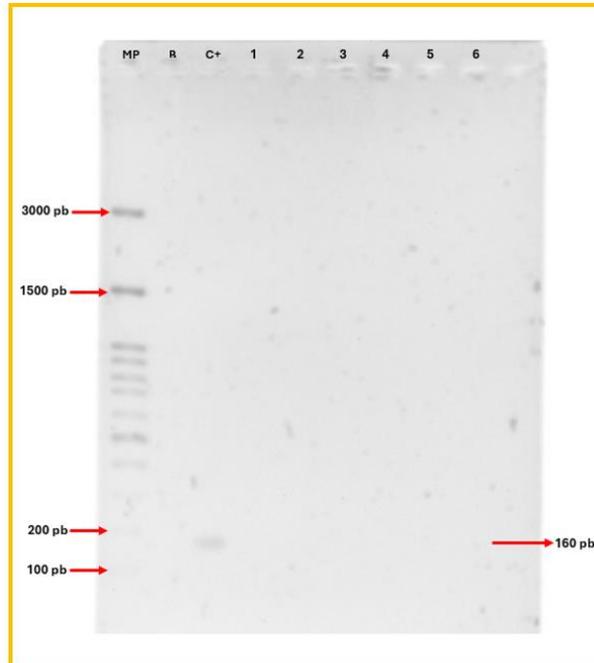
**Figura 35.** Gel de agarosa al 1.5 % para determinar la especificidad de primers de atún vs otras especies. MP, Blanco, C+, Carril 1: Delfín, Carril 2: Pollo, Carril 3: Bos Taurus, Carril 4: Soya, Carril 5: Trigo, Carril 6: Papaya.

Al observar esta figura se puede apreciar en el gel de agarosa una banda amplificada ubicada en el carril del control positivo correspondiente a la especie de interés *Thunnus albacares*, también se puede observar que en los carriles posteriores al control positivo no se encuentra ningún tipo amplificación, por lo que entonces se puede decir que el diseño de primers se realizó de forma correcta ya que estos no amplificaron para ninguna de las demás especies posteriores incluidas en la reacción dando así como resultado una pareja de primers específica para atún. Finalmente, en este caso los primers diseñados (figura 35) para atún tuvieron un tamaño de amplificado que se encontraba entre 100 pb y 200 pb, muy cercanamente a 150 pb, lo cual coincide con el tamaño de amplificado de diseño el cual es de 140 pb.

- Especificidad de los primers diseñados para soya (*Glycine max*)

En este caso la evaluación de la especificidad de los primers diseñados para *Glycine max* también se realizó por medio de PCR. En la reacción se incluyó la especie de interés (soya) identificada como C+, dos especies más de origen vegetal similares genéticamente: Trigo y papaya, así como cuatro especies más filogenéticamente lejanas de origen animal tales como Delfín, pollo, atún y Res.

A continuación, en la figura 36 se muestran los resultados obtenidos de la reacción de PCR visualizados en un gel de electroforesis.



**Figura 36.** Gel de agarosa al 1.5 % para determinar la especificidad de primers de soya vs otras especies. MP, Blanco, C+ Carril 1: Delfín, Carril 2: Pollo, Carril 3: Atún, Carril 4: Bos Taurus, Carril 5: Trigo, Carril 6: Papaya.

Al observar esta figura se puede apreciar en el gel de agarosa una banda amplificada ubicada en el carril del control positivo correspondiente a la especie de interés *Glycine max*, también se puede observar que en los carriles posteriores al control positivo no se encuentra ningún tipo de banda amplificada, por lo que se puede decir que el diseño de primers se realizó de forma correcta ya que estos no amplificaron para ninguna de las demás especies posteriores incluidas en la reacción dando así como resultado una pareja de primers específica para soya. Finalmente, en este caso los primers diseñados para soya tuvieron un tamaño de amplificado que se encontraba entre 100 pb y 200 pb, más cercanamente a las 200 pb, lo cual coincide con el tamaño de amplificado de diseño el cual es de 160 pb.

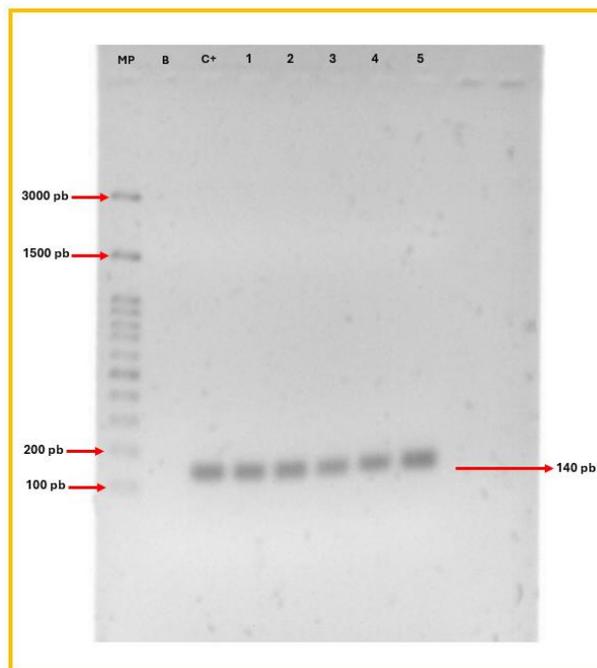
#### **4.3 Objetivo particular 3: Determinación de la presencia o ausencia de la especies de interés**

Una vez establecidas las condiciones de la PCR y comprobada la especificidad de los primers diseñados fue posible llevar a cabo la determinación de la presencia o ausencia de las especies de interés en las muestras comerciales de atún enlatado.

Primeramente, se realizó la identificación de la presencia de atún en todas las muestras comerciales con el objetivo de comprobar que efectivamente contuvieran atún y una vez que se realizó esto, entonces sí proceder a la identificación del adulterante (soya).

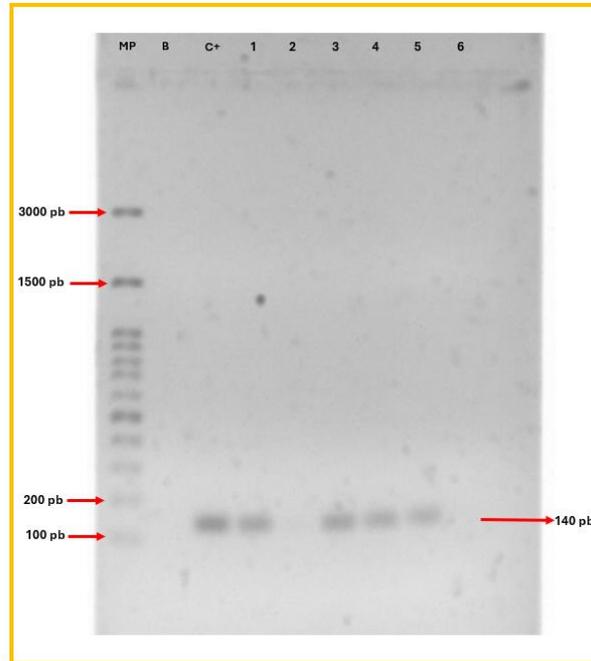
A continuación, se muestran por separado los resultados obtenidos primeramente para la identificación de *Thunnus albacares* (figuras 37, 38, 39, 40 y 41) y posteriormente los resultados obtenidos para la *Glycine max* (figuras 42, 43 y 44).

- IDENTIFICACIÓN DE LA PRESENCIA DE ATÚN



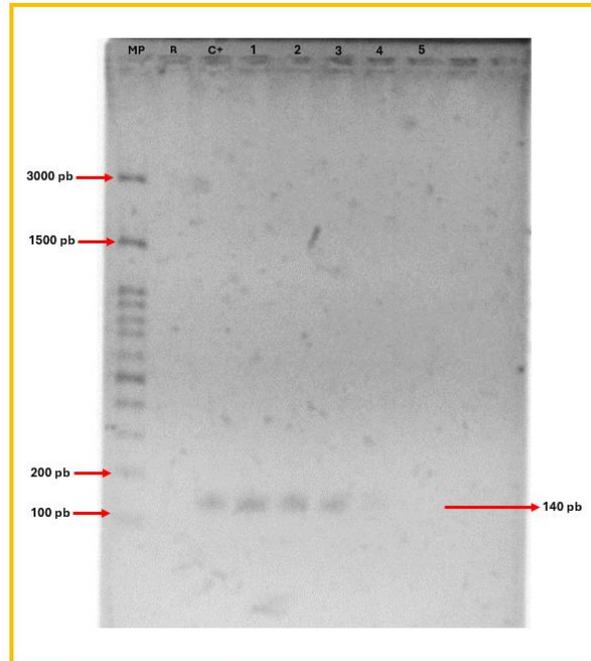
**Figura 37.** Gel de agarosa al 1.5 % para identificar presencia de atún en diferentes muestras comerciales de estudio. MP, Blanco, C+, Carril 1: D1a, Carril 2: D1d, Carril 3: Gva, Carril 4: Gvd, Carril 5: Atún J.

En la figura 37, se muestra un gel de electroforesis al 1.5 % de agarosa con las primeras cinco muestras comerciales de atún enlatado que fueron sometidas a PCR para la identificación de la presencia de atún (*Thunnus albacares*). En el carril 1 se encuentra la muestra D1a, en el carril 2 la muestra D1d, en el carril 3 la muestra Gva, en el carril 4 la muestra Gvd y en el carril 5 se encuentra la muestra Atún J. En este caso se puede observar que todas las muestras que se corrieron en los carriles 1-5 tienen un amplificado de 140 pares de bases correspondiente al tamaño de amplificado de la especie de interés (C+), esto indica que en efecto en su contenido dichas muestras tienen atún por lo que hasta este momento estarían cumpliendo con lo declarado en la etiqueta. Finalmente se observa que el blanco no está contaminado, lo cual indica que se llevó a cabo con éxito la reacción ya que la PCR no se contaminó.



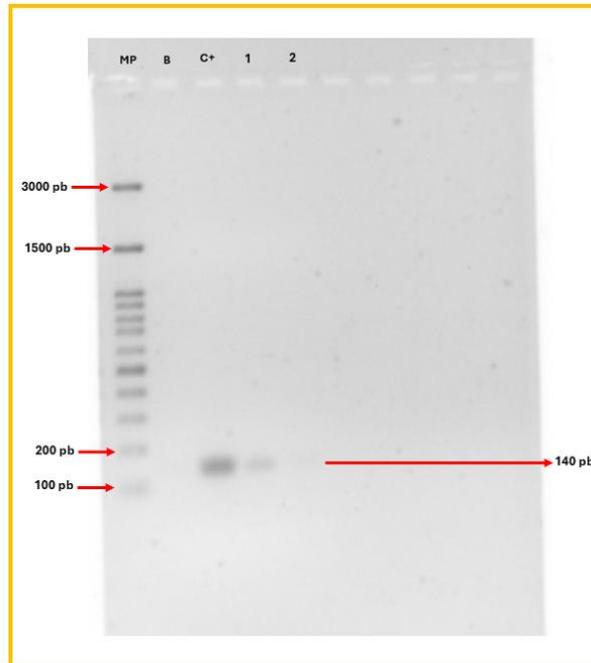
**Figura 38.** Gel de agarosa al 1.5% para identificar presencia de atún en diferentes muestras comerciales de estudio. MP, Blanco, C+, Carril 1: Typr, Carril 2: Typa, Carril 3: Typv, Carril 4: Tycv, Carril 5: Tyca, Carril 6: Tycn.

En la figura 38, se muestra un gel de electroforesis al 1.5 % de agarosa con las siguientes seis muestras comerciales de atún enlatado que fueron sometidas a PCR para la identificación de la presencia de atún (*Thunnus albacares*). En el carril 1 se encuentra la muestra Typr, en el carril 2 la muestra Typa, en el carril 3 la muestra Typv, en el carril 4 la muestra Tycv, en el carril 5 la muestra Tyca y en el carril 6 se encuentra la muestra Tycn. En este caso se puede observar que solo las muestras que se corrieron en los carriles 1, 3, 4 y 5 lograron amplificar, teniendo un amplificado de 140 pares de bases correspondiente al tamaño de amplificado de la especie de interés (C+), esto indica que en efecto en su contenido dichas muestras tienen atún, por lo que hasta en este momento solo esas muestras estarían cumpliendo con lo declarado en la etiqueta. En el caso de las muestras ubicadas en el carril 1 y en el carril 6 se observa que no hubo ningún tipo de amplificado por lo que se propuso repetir dichas muestras en una nueva reacción de PCR con el objetivo de comprobar el resultado obtenido. Finalmente se observa que el blanco no está contaminado, lo cual indica que se llevó a cabo con éxito la reacción ya que la PCR no se contaminó.



**Figura 39.** Gel de agarosa al 1.5% para identificar presencia de atún en diferentes muestras comerciales de estudio. MP, Blanco, C+, Carril 1: Maa, Carril 2: Mad, Carril 3: Nra, Carril 4: Typa, Carril 5: Tycn.

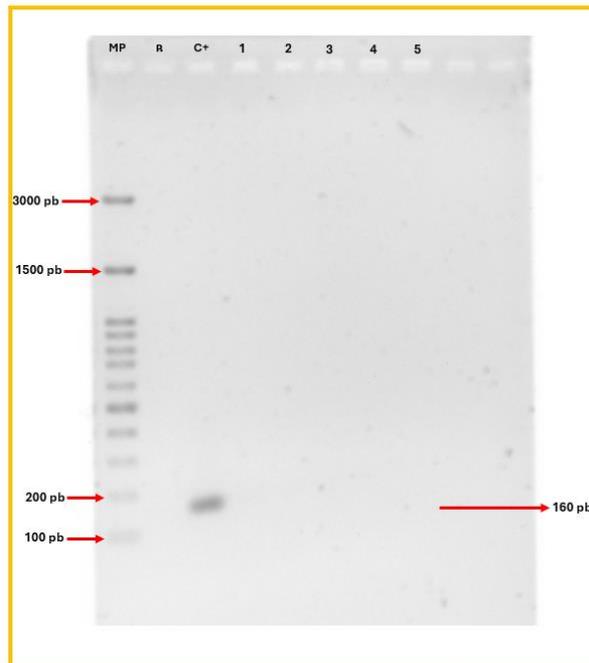
En la figura 39, se muestra un gel de electroforesis al 1.5 % de agarosa con las últimas tres muestras comerciales de atún enlatado que fueron sometidas a PCR para la identificación de la presencia de atún (*Thunnus albacares*) y además las dos muestras comerciales adicionales resultantes de la PCR anterior. En el carril 1 se encuentra la muestra Maa, en el carril 2 la muestra Mad, en el carril 3 la muestra Nra, en el carril 4 la muestra Typa y en el carril 5 se encuentra la muestra Tycn. En este caso se puede observar que solo las muestras que se corrieron en los carriles 1, 2 y 3 lograron amplificar, teniendo un amplificado de 140 pares de bases correspondiente al tamaño de amplificado de la especie de interés (C+), esto indica que en efecto en su contenido dichas muestras tienen atún, por lo que hasta en este momento solo esas muestras estarían cumpliendo con lo declarado en la etiqueta. En el caso de las muestras ubicadas en el carril 4 y en el carril 5 se observa que no hubo ningún tipo de amplificado por lo que se propuso repetir dichas muestras en una nueva reacción de PCR, pero con ADN recién extraído con el objetivo de garantizar un resultado confiable. Finalmente se observa que el blanco no está contaminado, lo cual indica que se llevó a cabo con éxito la reacción ya que la PCR no se contaminó.



**Figura 40.** Gel de agarosa al 1.5% para identificar presencia de atún en diferentes muestras comerciales de estudio. MP, Blanco, C+, Carril 1: *Tupa*, Carril 2: *Tycn*.

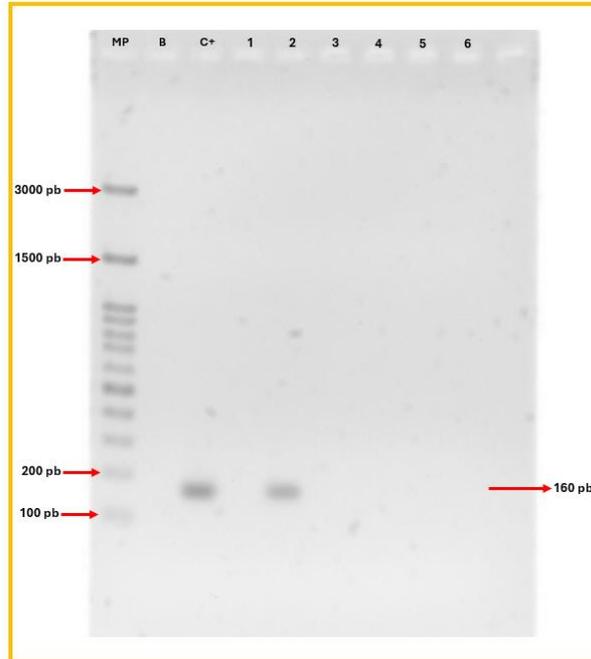
En la figura 40, se muestra un gel de electroforesis al 1.5 % de agarosa con las muestras comerciales *Tupa* (Carril 1) y *Tycn* (Carril 2), las cuales fueron sometidas nuevamente a PCR para la identificación de la presencia de atún (*Thunnus albacares*). En este caso y con la finalidad de descartar la degradación del ADN por tiempo de almacenaje, la identificación de la presencia de atún se realizó en un proceso continuo el implicó que se realizara nuevamente la extracción de ADN de dichas muestras, posteriormente que se corrieran en un gel de electroforesis y finalmente que se llevaran a PCR. Como resultado final de la prueba se puede observar que; solo la muestra que se corrió en el carril 1 logró amplificar, teniendo un amplificado de 140 pares de bases correspondiente al tamaño de amplificado de la especie de interés (C+), esto significa que dicha muestra sí tiene en su contenido atún, por consiguiente, estaría cumpliendo con lo declarado en la etiqueta. En el caso de la muestra ubicada en el carril 2 (muestra *Tycn*) no se observa ningún tipo de amplificado por lo que se concluye que no existe la presencia de *Thunnus albacares*. Finalmente se observa que el blanco no está contaminado, lo cual indica que se llevó a cabo con éxito la reacción ya que la PCR no se contaminó.

- IDENTIFICACIÓN DE LA PRESENCIA DE SOYA



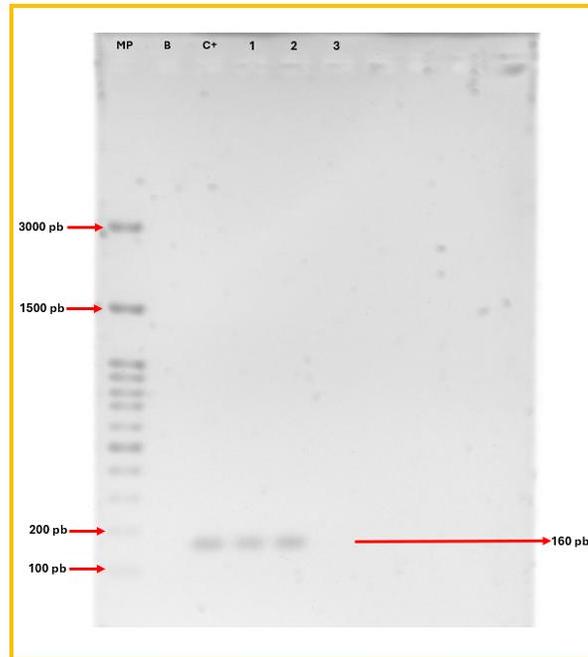
**Figura 41.** Gel de agarosa al 1.5 % para identificar presencia de soya en diferentes muestras comerciales de estudio. MP, Blanco, C+, Carril 1: D1a, Carril 2: D1d, Carril 3: Gva, Carril 4: Gvd, Carril 5: Atún J.

En la figura 41, se muestra un gel de electroforesis al 1.5 % de agarosa con las primeras cinco muestras comerciales de atún enlatado que fueron sometidas a PCR para la identificación de la presencia de soya (*Glycine max*). En el carril 1 se encuentra la muestra D1a, en el carril 2 la muestra D1d, en el carril 3 la muestra Gva, en el carril 4 la muestra Gvd y en el carril 5 se encuentra la muestra Atún J. En este caso se observa que ninguna de las muestras que se corrieron en el gel amplificó para el control positivo (C+) de soya el cual tiene un amplificado de 160 pares de bases, esto indica que en su contenido dichas muestras no tienen presencia de soya, por lo que cumplen con lo declarado en la etiqueta la cual dice que contienen única y exclusivamente carne de atún aleta amarilla y que, además, se encuentran libres de soya. Finalmente se observa que el blanco no está contaminado, lo cual indica que se llevó a cabo con éxito la reacción y que la PCR no se contaminó.



**Figura 42.** Gel de agarosa al 1.5 % para identificar presencia de soja en diferentes muestras comerciales de estudio. MP, Blanco, C+, Carril 1: Typr, Carril 2: Typa, Carril 3: Typv, Carril 4: Tycv, Carril 5: Tyca, Carril 6: Tycn.

En la figura 42, se muestra un gel de electroforesis al 1.5 % de agarosa con las siguientes seis muestras comerciales de atún enlatado que fueron sometidas a PCR para la identificación de la presencia de soja (*Glycine max*). En el carril 1 se encuentra la muestra Typr, en el carril 2 la muestra Typa, en el carril 3 la muestra Typv, en el carril 4 la muestra Tycv, en el carril 5 la muestra Tyca y en el carril 6 se encuentra la muestra Tycn. En este caso se puede observar que las muestras que se corrieron en los carriles 1, 3, 4, 5 y 6 no presentan ningún tipo de amplificado, lo cual se traduce en la ausencia de soja, razón por la cual cumplen con lo declarado en la etiqueta, a excepción de la muestra Tycn que no contiene el adulterante pero tampoco tiene atún. Por otra parte, también se observa que en el caso del carril 2 (muestra Typa) si existe un amplificado el cual se encuentra a la misma altura que el C+ de soja (160 pares de bases), esto indica que en su contenido dicha muestra tienen presente el adulterante, por consiguiente, esta muestra incumple con lo declarado en la etiqueta. Finalmente se observa que el blanco no está contaminado, lo cual indica que se llevó a cabo con éxito la reacción ya que la PCR no se contaminó.



**Figura 43.** Gel de agarosa al 1.5 % para identificar presencia de soya en diferentes muestras comerciales de estudio. MP, Blanco, C+, Carril 1: Maa, Carril 2: Mad, Carril 3: Nra.

En la figura 43, se muestra un gel de electroforesis al 1.5 % de agarosa con las últimas tres muestras comerciales de atún enlatado que fueron sometidas a PCR para la identificación de la presencia de soya (*Glycine max*). En el carril 1 se encuentra la muestra Maa, en el carril 2 la muestra Mad y en el carril 3 la muestra Nra. En este caso se puede observar que las muestras que se corrieron en los carriles 1 y 2 amplificaron para la especie de interés, teniendo un amplificado de 160 pares de bases correspondiente al tamaño de amplificado del control positivo (C+), esto indica que en su contenido dichas muestras tienen presente el adulterante, por consiguiente, incumplen con lo declarado en la etiqueta. Por otra parte, la muestra ubicada en el carril 3 no presenta ningún tipo de amplificado, lo cual se traduce en la ausencia de soya, razón por la cual cumple con la información declarada en la etiqueta: “Contiene atún aleta amarilla” y “Libre de soya”. Finalmente se observa que el blanco no está contaminado, lo cual indica que se llevó a cabo con éxito la reacción ya que la PCR no se contaminó.

#### 4.4 Objetivo general: Identificación de atún adulterado con soya

De las pruebas de PCR realizadas para la identificación de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) como ingrediente constitutivo del atún enlatado y de las pruebas de PCR realizadas para la identificación de soya (*Glycine max*) como adulterante, se concluye que:

Sólo once de las catorce muestras evaluadas se encuentran libres de soya, por consiguiente, libres de adulteración. A continuación, se desglosan las muestras comerciales que cumplieron con lo dicho:

- *Dla, Dld, Gva, Gvd, Atún J, Typr, Typv, Tycv, Tyca, Tycn y Nra.*

Las tres muestras restantes y que resultaron estar adulteradas con soya fueron:

- *Typa, Maa, Mad.*

En suma, se puede decir que a pesar de que todas las muestras comerciales de estudio declaraban estar libres de soya, no todas lo estaban, incumpliendo así con la Norma Oficial Mexicana: NOM-235-SE-2020, Atún y bonita preenvasados-Denominación-Especificaciones-Información comercial y métodos de prueba; la cual dice que todos los ingredientes que formen parte del atún enlatado estrictamente deben de estar declarados.

## CONCLUSIONES

El diseño de las parejas de primers para *Thunnus albacares* y *Glycine max*, se realizó de manera exitosa, se lograron amplificar experimentalmente las regiones de interés de ambas especies, para el caso del atún se obtuvieron amplificadores de 140 pares de bases, mientras que para el caso de la soya se obtuvieron amplificadores de 160 pares de bases; cumpliéndose así con el tamaño de amplificado del diseño. Además, ambas parejas de cebadores resultaron ser específicos para las especies de estudio.

De las catorce muestras comerciales sometidas a PCR para la identificación de la presencia de la especie *Thunnus albacares*, se detectó que en una muestra no hubo ningún tipo de amplificado correspondiente a atún, por lo que podría tratarse de la presencia de alguna otra especie diferente. Además de que tampoco se identificó presencia de soya en su contenido. De las trece muestras comerciales restantes, todas amplificaron para atún aleta amarilla.

La detección de la presencia de la soya se llevo de manera adecuada y exitosa, como resultado de ello se logró identificar un amplificado de 160 pb correspondiente a *Glycine Max* en tres de las catorce muestras, indicando así una adulteración intencional en tres variedades de atún enlatado.

En suma, es importante que el gobierno de México con la ayuda de entidades relacionadas al tema como lo es la Secretaría de economía (SE), la secretaría de Salud (SSA), la Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO) y la Comisión Federal para la protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), revisen que las empresas productoras de alimentos procesados, específicamente las que manufacturan atún enlatado, cumplan con la regulación vigente, pues a pesar de existir normas como la Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010 la cual

nos habla sobre especificaciones generales de etiquetado para alimentos su información comercial y sanitaria; se incumple con ella, negándoles a los consumidores el derecho en primer instancia a la información por no declarar en su contenido todos los ingredientes y en segundo término a consumir alimentos seguros para su organismo.

## REFERENCIAS

1. Amado, A. P. (23 de 08 de 2024). *Reacción en cadena de la polimerasa*. Obtenido de Reacción en cadena de la polimerasa: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1025-02551999000200011](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02551999000200011)
2. Aranguren-Méndez, J. (Marzo de 2009). *IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES EN PRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL MEDIANTE PCR*. Obtenido de IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES EN PRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL MEDIANTE PCR.: [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-22592009000200009](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592009000200009)
3. Autrey, A. G. (2015). *LA INDUSTRIA ATUNERA EN MEXICO*. Obtenido de LA INDUSTRIA ATUNERA EN MEXICO: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/[https://foroeconomico.conapesca.gob.mx/history/historial/2015/assets/img/ponentes/Logistica\\_distribucion\\_de\\_la\\_produccion\\_y\\_riesgo\\_empresarial\\_en\\_la\\_comercializacion\\_en\\_Mexico.pdf](https://foroeconomico.conapesca.gob.mx/history/historial/2015/assets/img/ponentes/Logistica_distribucion_de_la_produccion_y_riesgo_empresarial_en_la_comercializacion_en_Mexico.pdf)
4. BALFEGO. (04 de 2012). *El atún rojo del mediterráneo: Historia, conservación y preparación*. Obtenido de El atún rojo del mediterráneo: Historia, conservación y preparación: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/[https://grupbalfego.com/app/uploads/2016/07/LlibreAlicia\\_CAST.pdf](https://grupbalfego.com/app/uploads/2016/07/LlibreAlicia_CAST.pdf)
5. Biodiversidad mexicana. (21 de 10 de 2022). *Ambiente pelágico*. Obtenido de Ambiente pelágico: <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/ecosismex/ambiente-pelagico>
6. Carbajal, R. (13 de 10 de 2023). *¿Cómo se hace el atún en lata?* Obtenido de ¿Cómo se hace el atún en lata?: <https://www.youtube.com/watch?v=C0waMZoruel>
7. Centro Médico ABC. (26 de 08 de 2024). *Alergia a la soya*. Obtenido de Alergia a la soya: <https://centromedicoabc.com/padecimientos/alergia-a-la-soya/>
8. Chedraui. (14 de 10 de 2023). *Atún Fresco por Kg*. Obtenido de Atún Fresco por Kg: <https://www.chedraui.com.mx/atun-fresco-por-kg-3010275/p>
9. Cleaver SCIENTIFIC. (11 de 05 de 2024). *Escaleras de ADN*. Obtenido de Escaleras de ADN: <https://www.cleaverscientific.com/electrophoresis-products/100bp-dna-ladder/>

10. COLOMBIA. (25 de 08 de 2024). *Reacción en cadena de la Polimerasa*. Obtenido de Reacción en cadena de la Polimerasa: <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/etapas-de-un-proceso-pcr#:~:text=%2D%20EXTENSI%C3%93N%20O%20ELONGACI%C3%93N%20DE%20LA,la%20s%C3%ADntesis%20de%20nuevo%20ADN>.
11. CONAPESCA. (24 de 09 de 2023). *Producción pesquera*. Obtenido de Producción pesquera: <https://datos.gob.mx/busca/dataset/produccion-pesquera>
12. CULTURA MEXICANA. (14 de 10 de 2023). *Mapa de la República Mexicana | Historia completa*. Obtenido de Mapa de la República Mexicana | Historia completa: <https://culturamexicana.info/mapa-de-la-republica/>
13. Diario Oficial de la Federación. (11 de 05 de 2015). *Acuerdo por el que se da a conocer el plan de manejo pesquero de atún aleta amarilla (Thunnus albacares) en el Golfo de México*. Obtenido de Acuerdo por el que se da a conocer el plan de manejo pesquero de atún aleta amarilla (Thunnus albacares) en el Golfo de México.: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/Planes-de-Manejo-Pesquero/Golfo/PLAN-DE-MANEJO-PESQUERO-ATUN-ALETA-AMARILLA.pdf>
14. Díaz, A. S. (17 de 11 de 2023). *PCR: Reacción en cadena de la Polimerasa*. Obtenido de PCR: Reacción en cadena de la Polimerasa: <http://www.iztacalco.df.gob.mx/inicio/images/pdf/PCR.pdf>
15. Díaz, N. A. (30 de 08 de 2023). *Espectrofotetría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas*. Obtenido de Espectrofotetría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas.: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.uco.es/dptos/bioquimica-biol-mol/pdfs/08\\_ESPECTROFOTOMETRIA.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.uco.es/dptos/bioquimica-biol-mol/pdfs/08_ESPECTROFOTOMETRIA.pdf)
16. DSpace . (14 de 10 de 2023). *Antecedentes de la industria atunera*. Obtenido de Antecedentes de la industria atunera: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/14620/6/06%20CAP%C3%8DTULO%201a.pdf>
17. Escobar, N. (2023). *Fraude alimentario: Pasado, presente y futuro*. Obtenido de Fraude alimentario: Pasado, presente y futuro: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.scielo.cl/pdf/rchnut/v50n1/0717-7518-rchnut-50-01-0106.pdf>

18. Esencia del mar. (20 de 09 de 2023). *Los 8 tipos de atunes que deberías conocer*. Obtenido de Los 8 tipos de atunes que deberías conocer: <https://esenciadelmar.es/tipos-de-atunes/>
19. FAO. (07 de 07 de 2016). *El consumo mundial de pescado per cápita supera por primera vez los 20 kilogramos anuales*. Obtenido de El consumo mundial de pescado per cápita supera por primera vez los 20 kilogramos anuales: <https://www.fao.org/news/story/es/item/423048/icode/>
20. FAO. (12 de 09 de 2023). *TUNA A global perspective*. Obtenido de TUNA A global perspective: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://www.fao.org/3/ap939e/ap939e.pdf](https://www.fao.org/3/ap939e/ap939e.pdf)
21. FSSC 22000. (05 de 2019). *CERTIFICACIÓN 22000 DE SISTEMA DE LA INOCUIDAD DE LOS ALIMENTOS, MITIGACIÓN DEL FRAUDE ALIMENTARIO*. Obtenido de CERTIFICACIÓN 22000 DE SISTEMA DE LA INOCUIDAD DE LOS ALIMENTOS, MITIGACIÓN DEL FRAUDE ALIMENTARIO : [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://www.fssc.com/wp-content/uploads/19.1217-Guidance\\_Food-Fraud-Mitigation\\_Version-5\\_ES.pdf](https://www.fssc.com/wp-content/uploads/19.1217-Guidance_Food-Fraud-Mitigation_Version-5_ES.pdf)
22. González, M. (31 de 12 de 2022). *Alergia, Asma e Inmunología Pediátricas, Capítulo 4: Alergia alimentaria*. Obtenido de Alergia, Asma e Inmunología Pediátricas, Capítulo 4: Alergia alimentaria: <https://www.medigraphic.com/pdfs/alerxia/al-2022/als221j.pdf>
23. HERBERT, K. V. (11 de 04 de 2018). *Detección de carne de Delfín (Delphinus delphis) en Atún (Thunnus thynnus) Enlatado, por Medio de PCR*. Obtenido de Detección de carne de Delfín (Delphinus delphis) en Atún (Thunnus thynnus) Enlatado, por Medio de PCR.: <http://132.248.9.195/ptd2018/junio/0775270/Index.html>
24. Jiménez, A. (01 de 12 de 2016). *Valor nutritivo de la proteína de soya*. Obtenido de Valor nutritivo de la proteína de soya: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/674/67403606.pdf](https://www.redalyc.org/pdf/674/67403606.pdf)
25. Jimenez, G. C. (14 de 10 de 2023). *Atlas Pesquero del Atún*. Obtenido de Atlas Pesquero del Atún: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://inapesca.gob.mx/porta/Publicaciones/Libros/1985-Compean-Atlas-pesquero-de-atun.pdf](https://inapesca.gob.mx/porta/Publicaciones/Libros/1985-Compean-Atlas-pesquero-de-atun.pdf)
26. Ley General de Salud. (20 de 09 de 2023). *TITULO DECIMOSEGUNDO: Control Sanitario de Productos y Servicios y de su Importación y Exportación, CAPITULO I: Disposiciones Comunes*. Obtenido de TITULO

DECIMOSEGUNDO: Control Sanitario de Productos y Servicios y de su Importación y Exportación, CAPITULO I: Disposiciones Comunes: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGS.pdf

27. Mackie, I. (02 de 11 de 2024). *Challenges in the identification of species of canned fish*. Obtenido de Challenges in the identification of species of canned fish: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224499000138>
28. Mancera, P. (01 de 04 de 2020). *CUANTIFICACIÓN DE ÁCIDOS NUCLEICOS MEDIANTE DIFERENTES TÉCNICAS*. Obtenido de CUANTIFICACIÓN DE ÁCIDOS NUCLEICOS MEDIANTE DIFERENTES TÉCNICAS : chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://vhir.vallhebron.com/sites/default/files/2022-06/UAT-quantificacio-fluorometrica-acids-nucleics.pdf
29. Martínez, J. G. (27 de 09 de 2023). *Historia del atún*. Obtenido de Historia del atún: <https://www.zaharadirect.com/interior/historia-del-atun-zahara-de-los-atunes#:~:text=El%20At%C3%BAn%20tiene%20un%20origen,y%20en%20general%20pez%20cet%C3%A1ceo.>
30. Mayolo-Deloisa, K. (2012). Chromatographic techniques and their application to studies of conformational changes, stability and refolding of proteins. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 415-429.
31. Mayoreo online. (14 de 10 de 2023). *Soya texturizada*. Obtenido de Soya texturizada: <https://mayoreo.online/products/soya-texturizada-c15-kilos>
32. Oxford Languages . (12 de 10 de 2023). *¿Qué es una adulteración?* Obtenido de ¿Qué es una adulteración?: [https://www.google.com/search?q=que+es+una+adulteracion&sca\\_esv=573033479&rlz=1C1ASVC\\_esMX929MX929&sxsrf=AM9HkKIX3O03ozN5RZtMQYD0gLCAsFz-hQ%3A1697154328122&ei=GIUoZbWBB5uwqtsPrrOSmAU&oq=que+es+una+adul&gs\\_lp=Egxnd3Mtd2l6LXNlcniD3F1ZSBlcYB1bmEgYWR1bCoCCAE](https://www.google.com/search?q=que+es+una+adulteracion&sca_esv=573033479&rlz=1C1ASVC_esMX929MX929&sxsrf=AM9HkKIX3O03ozN5RZtMQYD0gLCAsFz-hQ%3A1697154328122&ei=GIUoZbWBB5uwqtsPrrOSmAU&oq=que+es+una+adul&gs_lp=Egxnd3Mtd2l6LXNlcniD3F1ZSBlcYB1bmEgYWR1bCoCCAE)
33. Pérez, M. J. (2012). *Sistema génico mitocondrial humano*. Obtenido de Sistema génico mitocondrial humano: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://core.ac.uk/download/pdf/230317335.pdf
34. Planet tuna. (20 de 05 de 2020). *¿Cuál es el ciclo de vida del atún de aleta amarilla y cuáles son sus rutas de migración?* Obtenido de ¿Cuál es el ciclo de vida del atún de aleta amarilla y cuáles son sus rutas de migración?: <https://planetatuna.com/cual-es-el-ciclo-de-vida-del-atun-de-aleta-amarilla-y-cuales-son-sus-rutas-de-migracion/>

35. Poza, J. (17 de 11 de 2023). *Fundamento de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR)*. Obtenido de Fundamento de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR): <http://www.revistaaquatic.com/ojs/index.php/aquatic/article/view/139/128>
36. Ramírez, V. G. (05 de 12 de 2007). *"Hábitos alimenticios del atún aleta amarilla Thunnus albacares y barrilete Katsuwonus pelamis en cardúmenes mixtos del Océano Pacífico Oriental Tropical"*. Obtenido de "Hábitos alimenticios del atún aleta amarilla Thunnus albacares y barrilete Katsuwonus pelamis en cardúmenes mixtos del Océano Pacífico Oriental Tropical": [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/4118/alatorre\\_ramirez\\_vanesagudalupe.pdf?sequence=1](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/4118/alatorre_ramirez_vanesagudalupe.pdf?sequence=1)
37. r-biopharm. (14 de 10 de 2023). *Ensayos de alta fiabilidad para la detección de soya en los alimentos*. Obtenido de Ensayos de alta fiabilidad para la detección de soya en los alimentos : <https://food.r-biopharm.com/es/analitos/alergenos-alimentarios/soja/>
38. Revista del consumidor . (01 de 03 de 2019). *EN MÉXICO YA NO ES GATO POR LIEBRE, SINO ¡SOYA POR ATÚN!* Obtenido de EN MÉXICO YA NO ES GATO POR LIEBRE, SINO ¡SOYA POR ATÚN!: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/443232/ESTUDIO\\_DE\\_CALIDAD\\_ATUN\\_ENVASADO.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/443232/ESTUDIO_DE_CALIDAD_ATUN_ENVASADO.pdf)
39. Revista del consumidor. (03 de 2012). *Atún: Todo cabe en una latita, estudio de calidad*. Obtenido de Atún: Todo cabe en una latita, estudio de calidad: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/100477/RC421\\_Estudio\\_Atun.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/100477/RC421_Estudio_Atun.pdf)
40. Revista del consumidor. (09 de 2023). *El reino de las proteínas vegetales*. Obtenido de El reino de las proteínas vegetales: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/114133/estudio\\_de\\_calidad\\_bebidas\\_de\\_soya.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/114133/estudio_de_calidad_bebidas_de_soya.pdf)
41. Rojas, D. (16 de 11 de 2019). *Fraude Alimentario*. Obtenido de Fraude Alimentario: <https://es.scribd.com/document/435305628/Plan-de-Fraude-Alimentario-Dr-Presentacion>
42. Ruiz, A. (07 de 03 de 2023). *Atún, el pescado más consumido*. Obtenido de Atún, el pescado más consumido: <https://www.webconsultas.com/dieta-y-nutricion/dieta-equilibrada/atun-13984>

43. SADER. (20 de 01 de 2016). *Pesca de atún, actividad generadora de alimentos y recursos*. Obtenido de Pesca de atún, actividad generadora de alimentos y recursos.: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/pesca-de-atun-actividad-generadora-de-alimentos-y-recursos>
44. SAGARPA. (2015). *Análisis de las cadenas productivas del sistema producto atún en el litoral del pacífico mexicano* . Obtenido de Análisis de las cadenas productivas del sistema producto atún en el litoral del pacífico mexicano: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/347528/Atun\\_Reporte\\_Ejecutivo.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/347528/Atun_Reporte_Ejecutivo.pdf)
45. SAGARPA. (01 de 09 de 2015). *Análisis de las cadenas productivas del sistema producto atún en el litoral del pacífico mexicano* . Obtenido de Análisis de las cadenas productivas del sistema producto atún en el litoral del pacífico mexicano : [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.gob.mx/uploads/attachment/file/347527/Atun\\_Reporte\\_Detallado-.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.gob.mx/uploads/attachment/file/347527/Atun_Reporte_Detallado-.pdf)
46. Sánchez, I. P. (09 de 2004). *LA REACCIÓN EN CADENA DE LA POLIMERASA A DOS DÉCADAS DE SU INVENCIÓN*. Obtenido de LA REACCIÓN EN CADENA DE LA POLIMERASA A DOS DÉCADAS DE SU INVENCIÓN: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://eprints.uanl.mx/1584/1/art\\_cadena.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://eprints.uanl.mx/1584/1/art_cadena.pdf)
47. Sandoval, M. (06 de 03 de 2023). *El atún y el fraude alimentario en distintos países*. Obtenido de El atún y el fraude alimentario en distintos países: <https://tecnosolucionescr.net/blog/735-el-atun-y-el-fraude-alimentario-en-distintos-paises>
48. SCANCO. (20 de 08 de 2023). *PCR EN TIEMPO REAL*. Obtenido de PCR EN TIEMPO REAL: <https://scancotec.com/productos/pcr-en-tiempo-real/>
49. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (22 de 01 de 2016). *Mercado internacional del atún*. Obtenido de Mercado internacional del atún: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/mercado-internacional-del-atun>
50. Secretaría de Economía . (2010). *NORMA Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados- Información comercial y sanitaria*. Obtenido de NORMA Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados- Información comercial y sanitaria.: [https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4010/seeco11\\_C/seeco11\\_C.htm](https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4010/seeco11_C/seeco11_C.htm)
51. Secretaría de Economía. (26 de 01 de 2018). *NMX-800-SCFI-2017. ALIMENTOS - PROTEÍNA TEXTURIZADA DE SOYA -*

*ESPECIFICACIONES, INFORMACIÓN COMERCIAL Y MÉTODOS DE PRUEBA.* Obtenido de NMX-800-SCFI-2017. ALIMENTOS - PROTEÍNA TEXTURIZADA DE SOYA - ESPECIFICACIONES, INFORMACIÓN COMERCIAL Y MÉTODOS DE PRUEBA: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://sitios1.dif.gob.mx/alimentacion/docs/NMX-F-800-SCFI-2017\_SOYA.pdf

52. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera . (28 de 06 de 2017). *Soya: 5 beneficios de su consumo e impulso a la producción mexicana.* Obtenido de Soya: 5 beneficios de su consumo e impulso a la producción mexicana: <https://www.gob.mx/siap/articulos/soya-5-beneficios-de-su-consumo-e-impulso-a-la-produccion-mexicana>
53. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera . (02 de 05 de 2023). *El atún, el pez que no muere por su boca, sino por su éxito comercial.* Obtenido de El atún, el pez que no muere por su boca, sino por su éxito comercial: <https://www.gob.mx/siap/articulos/el-atun-el-pez-que-no-muere-por-su-boca-sino-por-su-exito-comercial?idiom=es#:~:text=Aunque%20es%20importante%20se%20C3%B1alar%2C%20que,ligadas%20a%20la%20COVID%2D19.>
54. Simanek, R. J. (06 de 2008). *Captura de atún aleta azul en Baja California, México: ¿pesquería regional o maquiladora marina?* Obtenido de Captura de atún aleta azul en Baja California, México: ¿pesquería regional o maquiladora marina?: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-39252009000300007](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252009000300007)
55. Tamay. (08 de 2013). *Fundamentos de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y de la PCR en tiempo real.* Obtenido de Fundamentos de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y de la PCR en tiempo real: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.medigraphic.com/pdfs/invd/ir-2013/ir132d.pdf
56. The Food Tech. (25 de 08 de 2020). *La proteína de soya texturizada en productos cárnicos.* Obtenido de La proteína de soya texturizada en productos cárnicos: <https://thefoodtech.com/ingredientes-y-aditivos-alimentarios/la-proteina-de-soya-texturizada-en-productos-carnicos/>
57. USDA. (04 de 01 de 2019). *Pescado, atún, fresco, aleta amarilla, crudo.* Obtenido de Pescado, atún, fresco, aleta amarilla, crudo: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/175159/nutrients>

58. USDA. (04 de 01 de 2019). *Soja, semillas maduras, crudas*. Obtenido de Soja, semillas maduras, crudas: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/174270/nutrients>
59. Zepeda, A. (14 de 10 de 2023). *Sensory analysis and texture profile of chorizo using blends of rabbit meat and textured soybean protein* . Obtenido de Sensory analysis and texture profile of chorizo using blends of rabbit meat and textured soybean protein : chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://www.scielo.org.mx/pdf/ns/v10n21/2007-0705-ns-10-21-391.pdf>

## ANEXOS

### ➤ Anexo 1: Condiciones a considerar para el diseño de primers

#### Consideraciones para el diseño de primers

- Deben ser específicos para la región de estudio.
- Longitud del primer entre 18 y 25 pb.
- Ambos primers deberán ser de la misma longitud o no rebasar una diferencia de 3 nucleótidos.
- Tm entre 55°C y 62°C.
- La Tm entre la pareja de primers no debe diferir en más de 2°C.
- Composición entre 40% y 60% de G/C (Ideal 50%).
- Evitar regiones CCCC o GGGG.
- Preferentemente deben tener un residuo terminal G o C en el extremo 3´.

### ➤ Anexo 2: Diseño de primers de *Thunnus albacares*

A continuación, se muestra la serie de pasos que se ejecutaron en el diseño de la pareja de primers para el atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*).

1. Ingresar a la página del Centro Nacional para la información Biotecnológica (NCBI). Una vez dentro, seleccionar la opción “nucleótido” y en la barra de búsqueda colocar el nombre científico del del atún (*Thunnus albacares*), finalmente seleccionar la opción de buscar.

Un sitio web oficial del gobierno de los Estados Unidos. [Así es como lo sabes](#)

**NIH** National Library of Medicine  
National Center for Biotechnology Information

Acceso

Todas las bases de datos: **nucleótido**

Inicio NCBI  
Lista de recursos (AZ)  
Todos los recursos  
Productos químicos y bioinformática  
Datos y software  
ADN y ARN  
Dominios y estructuras  
Genes y expresión  
Genética y Medicina  
Genomas y mapas  
Homología  
Literatura  
Proteínas  
Análisis de secuencia  
Taxonomía  
Capacitación y tutoriales  
Variación

Información Biocientífica promueve la ciencia y la salud al brindar acceso a información

Organización | Noticias y blog del NCBI

**Descargar**  
Transfiera datos NCBI a su computadora

**Aprender**  
Encuentre documentos de ayuda, asista a una clase o vea un tutorial

**Recursos populares**  
PubMed  
Estante para libros  
PubMed Central  
EXPLOSIÓN  
nucleótido  
genoma  
SNP  
Gene  
Proteína  
PubChem

**Noticias y blog del NCBI**  
Presentamos Peblescout: índice y busque recursos de secuencias a escala de petabytes más rápido que nunca  
14 de septiembre de 2023  
El NCBI se celebra en presentar  
¡Próximamente en ClinVar! Variantes

**Desarrollar**  
Utilice las API y bibliotecas de códigos de NCBI para crear aplicaciones

**Analizar**  
Identifique una herramienta NCBI para su tarea de análisis de datos

**Investigación**  
Explore la investigación y los proyectos colaborativos del NCBI

2. Se desglosará una lista de opciones, se deberá seleccionar alguna en la que se trate de ADN mitocondrial considerando que no sea una secuencia tan pequeña, ni tan grande que dificulte encontrar los primers específicos en la base de datos (no más de 10, 000 pb recomendadamente).

Un sitio web oficial del gobierno de los Estados Unidos. [Así es como lo sabes](#)

**NIH** National Library of Medicine  
National Center for Biotechnology Information

Acceso

nucleótido: **nucleótido** | **DNA MITOCHONDRIAL TUNNUS ALBACARES** | Buscar

Crear alerta Avanzado Ayuda

Especies: Animales (902) Personalizar...

tipos de moléculas: ADN/ARN genómico (847) ARNm (5) Personalizar...

Bases de datos fuente: INSDC (GenBank) (873) SecRef (29) Personalizar...

Tipo de secuencia: Nucleótido (902)

Compartimentos genéticos: Mitochondria (868)

Longitud de la secuencia: Rango personalizado...

Fecha de lanzamiento: Rango personalizado...

Resumen: 20 por página | Ordenar por orden predeterminado | Enviar a: **Filtros: Administrar filtros**

Ver información genética para el **ADN mitocondrial**.  
**ADN en *Zea mays***. 1 Registro genético  
**mitocondrial en *Arabidopsis thaliana***. 1 Registro genético

Artículos: 1 a 20 de 902

El siguiente término no se encontró en Nucleótido: TUNNUS.

**PREDICTO: Polimerasa (ARN) mitocondrial (dirigida por ADN) de *Thunnus albacares* (polrmt)**,  
1. **ARNm**  
ARNm lineal de 4.622 pb  
Adhesión: XM\_044361768.1 SOLDADO AMERICANO:2116808167  
[Taxonomía](#) de proteínas de BioProject  
[Gráficos](#) [FASTA](#) de GenBank

**PREDICTO: ADN topoisomerasa I de *Thunnus albacares*, mitocondrial (zgc:173742), variante de transcripción X2, ARNm**  
2. **transcripción X2, ARNm**  
ARNm lineal de 3204 pb  
Adhesión: XM\_044357355.1 SOLDADO AMERICANO:2116799374  
[Taxonomía](#) de proteínas de BioProject  
[Gráficos](#) [FASTA](#) de GenBank

Resultados por taxón: Organismos principales [Árbol]  
*Thunnus albacares* (787)  
*Thunnus orientalis* (71)  
*Thunnus obesus* (16)  
*Katsuwonus pelamis* (11)  
*Thunnus cf. albacares* CBF-2022 (2)  
Todos los demás taxones (15)  
Más...

Buscar datos relacionados: Base de datos: Seleccionar | encontrar artículos

Detalles de búsqueda: DNA[All Fields] AND MITOCHONDRIAL[All Fields] AND ALBACARES[All Fields]

3. A continuación se mostrará una página como la siguiente en donde se podrá obtener el GenBank de la secuencia, que se utilizará posteriormente.

Un sitio web oficial del gobierno de los Estados Unidos. Así es como lo sabes.

**NIH** National Library of Medicine  
National Center for Biotechnology Information

Acceso

nucleótido   Avanzado Ayuda

GenBank  Cambiar región mostrada

**Thunnus albacares aísla la región de control CD-zj-hq, secuencia parcial; mitocondrial**

GenBank: KM055387.1

[Ir a](#)

LOCUS KM055387 VRT lineal de ADN de 579 pb 22-NOV-2014  
DEFINICIÓN Thunnus albacares aísla la región de control CD-zj-hq, parcial secuencia; mitocondrial.  
ADHESIÓN KM055387  
VERSIÓN KM055387.1  
PALABRAS CLAVE .  
FUENTE mitocondria Thunnus albacares (atún aleta amarilla)  
ORGANISMO Thunnus albacares  
eucariota; Metazoos; cordados; Craniata; Vertebrados; Euteleostomia; actinoptergios; Neopterygii; teleosteos; Neoteleosteos; acantomorfa; Pelagiaria; escombriformes; escómbridos; Thunnus.  
REFERENCIA 1 (bases 1 a 579)  
AUTORES Xu, K., Liu, S., Feng, J. y Dai, Z.  
TÍTULO Estudio sobre la identificación de especies de túnidos  
DIARIO Inédito  
REFERENCIA 2 (bases 1 a 579)  
AUTORES Xu, K., Liu, S., Feng, J. y Dai, Z.  
TÍTULO Envío directo

Personalizar vista

Analiza esta secuencia

Ejecutar explosión

Elija imprimaciones

Resaltar características de secuencia

Encuentra en esta secuencia

Información relacionada

Taxonomía

Actividad reciente

[Anagar](#) [Claro](#)

Thunnus albacares aísla la región de control CD-zj-hq, secuencia parcial, mitocon nucleótido

ADN TUNUS ALBACARES MITOCONDRIAL (902) nucleótido

En la misma página también se podrá comprobar si efectivamente se trata de ADN mitocondrial, además también de que también aparece la secuenciación de ADN de la región de interés. A continuación, se muestra como deberá aparecer en la NCBI:

```

FUENTE mitocondria Thunnus albacares (atún aleta amarilla)
ORGANISMO Thunnus albacares
eucariota; Metazoos; cordados; Craniata; Vertebrados; Euteleostomia;
actinoptergios; Neopterygii; teleosteos; Neoteleosteos;
acantomorfa; Pelagiaria; escombriformes; escómbridos; Thunnus.
REFERENCIA 1 (bases 1 a 579)
AUTORES Xu, K., Liu, S., Feng, J. y Dai, Z.
TÍTULO Estudio sobre la identificación de especies de túnidos
DIARIO Inédito
REFERENCIA 2 (bases 1 a 579)
AUTORES Xu, K., Liu, S., Feng, J. y Dai, Z.
TÍTULO Envío directo
REVISTA enviada (17 de junio de 2014) Universidad de Zhejiang Gongshang, Instituto de
Procesamiento de productos acuáticos, No. 149 Jiaogong Road, Hangzhou,
Zhejiang 310035, China
CARACTERÍSTICAS Ubicación/Calificadores
fuente 1..579
/organismo="Thunnus albacares"
/organelle="mitocondria"
/mol_type="ADN genómico"
/isolate="CD-zj-hq"
/db_xref="taxón: 8236 "
/país="China: Zhejiang"
característica_misc <1..>579
/nota="región de control"
ORIGEN
1 tcgtgtgcac tgtgagatgt caaatgaaag gaaggagaga aaaaaataac ctgaccacct
61 agagagaacg ctggcatgt ggcttaatga atcttatgta ctcaccaac aacttatgca
121 agcgtcgatg aaagaatggg gagtgttacc aagtcatggc cctgaagtag gaaccaga tg
181 ccaggaataa ttactaagt gcgaccccca caattatgt ccctcacctt caataaccgt
241 atgcattaag atatggactg gatggtaggc tcttactcgc cttaaattha cttatttcag
301 ggatgtgggg acttggtatg gcttagacga tttagtgttt gttgtaggtc ttaaatctcg
361 ttaataact tgacttaact tgaatgttgg aatatacttg tatgtttat gtaaatcttc
421 attgtttgtt gacatatgaa tggtttaata ctagtaatgg ttttaataca tatatgctct
481 agaaccattt tgtatatggt ccatatataa atatggtgta attacatata tgtactgtcg
541 cagacattt gaaatatgtg cgcacgtggg agcaaagaa
//

```

4. Posteriormente, en la misma página de la NCBI se podrá realizar el diseño de los primers. Se da clic en elegir imprimaciones como a continuación se muestra:

Cambiar región mostrada

Personalizar vista

**Analiza esta secuencia**

Ejecutar explosión

**Elija imprimaciones**

Resaltar características de secuencia

Encuentra en esta secuencia

**Información relacionada**

Taxonomía

**Actividad reciente**

5. En seguida se ponen las condiciones de diseño y finalmente se da enter para que el programa nos arroje todas las opciones de primers disponibles para el diseño. A continuación, se muestran el gráfico con las condiciones de diseño.

NIH National Library of Medicine  
National Center for Biotechnology Information

Log in

Primer-BLAST » JOB ID:mpBE775ys9qU4CPILoUH11SeFuV5jQ34eA

Primer-BLAST Results

Input PCR template: KM055387.1 Thunnus albacares isolate CD-zj-hq control region, partial sequence; mitochondrial

Range: 10 - 500

Specificity of primers: Primer pairs are specific to input template as no other targets were found in selected database: Refseq mRNA (Organism limited to Thunnus albacares)

Other reports: Search Summary

**Graphical view of primer pairs**

Detailed primer reports

6. Finalmente para esta parte el programa nos arroja las posibles opciones de parejas de primers. Se deberá de elegir la pareja de primers en función a su especificidad, considerando además los criterios de selección recomendados (Anexo1).

A continuación, se muestran las opciones de diseño que se obtuvieron (En total 10 parejas de primers):

Primer pair 1									
	Sequence (5'→3')	Template strand	Length	Start	Stop	Tm	GC%	Self complementarity	Self 3' complementarity
Forward primer	GCTCCGCATGTGGCTTAATG	Plus	20	70	89	59.97	55.00	4.00	2.00
Reverse primer	ATTGTGGGGTGGCACTTAG	Minus	20	214	195	60.04	55.00	3.00	3.00
Product length	145								
Primer pair 2									
	Sequence (5'→3')	Template strand	Length	Start	Stop	Tm	GC%	Self complementarity	Self 3' complementarity
Forward primer	GGCCCTGAAGTAGGAACCAAG	Plus	20	158	177	59.75	60.00	4.00	1.00
Reverse primer	GGCAGTAAGAGCCACCAT	Minus	20	281	262	59.89	55.00	4.00	2.00
Product length	124								
Primer pair 3									
	Sequence (5'→3')	Template strand	Length	Start	Stop	Tm	GC%	Self complementarity	Self 3' complementarity
Forward primer	GACCCCTAGAGAGAACGCT	Plus	20	53	72	60.40	60.00	4.00	2.00
Reverse primer	CTTCAGGGCCATGACTTGGT	Minus	20	167	148	59.96	55.00	8.00	3.00
Product length	115								
Primer pair 4									
	Sequence (5'→3')	Template strand	Length	Start	Stop	Tm	GC%	Self complementarity	Self 3' complementarity
Forward primer	CTAGAGAAACCTCGGCAT	Plus	20	59	78	59.33	55.00	4.00	2.00
Reverse primer	GGGGTCCCACTTAGTGAAT	Minus	20	209	190	59.75	55.00	7.00	2.00
Product length	151								
Primer pair 5									
	Sequence (5'→3')	Template strand	Length	Start	Stop	Tm	GC%	Self complementarity	Self 3' complementarity
Forward primer	GCCTCCATGAAAGAAATGGGG	Plus	20	122	141	59.34	55.00	4.00	0.00
Reverse primer	AGAGCCATCCATCCAGTCCA	Minus	20	273	254	59.66	55.00	3.00	0.00
Product length	152								
Primer pair 6									
	Sequence (5'→3')	Template strand	Length	Start	Stop	Tm	GC%	Self complementarity	Self 3' complementarity
Forward primer	TGACCCCTAGAGAGAAACGC	Plus	20	52	71	60.68	60.00	4.00	2.00
Reverse primer	AATTGTGGGGTCCGACTTA	Minus	20	215	196	59.60	50.00	4.00	2.00
Product length	164								
Primer pair 7									
	Sequence (5'→3')	Template strand	Length	Start	Stop	Tm	GC%	Self complementarity	Self 3' complementarity
Forward primer	ACCTGACCCCTAGAGAGAAAC	Plus	21	49	69	59.99	57.14	4.00	0.00
Reverse primer	TAATTGTGGGGTCCGACTT	Minus	20	216	197	59.60	50.00	4.00	1.00
Product length	168								
Primer pair 8									
	Sequence (5'→3')	Template strand	Length	Start	Stop	Tm	GC%	Self complementarity	Self 3' complementarity
Forward primer	ATGGCCCTGAAGTAGGAACC	Plus	20	156	175	59.08	55.00	4.00	2.00
Reverse primer	CAAGTCCCCACATCCCTGAA	Minus	20	315	296	59.30	55.00	2.00	0.00
Product length	160								
Primer pair 9									
	Sequence (5'→3')	Template strand	Length	Start	Stop	Tm	GC%	Self complementarity	Self 3' complementarity
Forward primer	CCTAGAGAGAACCTCGGC	Plus	19	58	76	59.64	63.16	4.00	2.00
Reverse primer	ATAATTGTGGGGTCCGACT	Minus	20	217	198	59.38	50.00	4.00	1.00
Product length	160								
Primer pair 10									
	Sequence (5'→3')	Template strand	Length	Start	Stop	Tm	GC%	Self complementarity	Self 3' complementarity
Forward primer	GTGTTACCAAGCATGGCCC	Plus	20	143	162	58.83	55.00	5.00	3.00
Reverse primer	AGCCAGTAAGAGCCATCCA	Minus	20	282	263	60.97	55.00	4.00	0.00
Product length	140								

7. Para verificar la especificidad de cada una de las parejas, se ingresa nuevamente a la NCBI se selecciona la opción BLAST / Explosión.

Cambiar región mostrada

Personalizar vista

Analiza esta secuencia

Ejecutar explosión

Elija imprimaciones

Resaltar características de secuencia

Encuentra en esta secuencia

Información relacionada

Taxonomía

Actividad reciente

Se da clic en la opción Nucleotide BLAST

**EXPLOSIÓN WEB**

**Nucleotide BLAST**  
nucleotide ▶ nucleotide

**blastx**  
translated nucleotide ▶ protein

**tblastn**  
protein ▶ translated nucleotide

**Protein BLAST**  
protein ▶ protein

**Genomas BLAST**

Enter organism common name, scientific name, or tax id

Humano Ratón Rata

microbios

Buscar

Finalmente se ingresan los primers por separado, primeramente, la secuencia del primer frontal (PF) y posteriormente, la secuencia del primer reverso (PR) y se comprueba la especificidad de la pareja en cuestión con el porcentaje de cobertura y el porcentaje de Identidad, los cuales deben ser equivalentes al 100%.

En este caso la pareja que mejor cumplió las condiciones de diseño fue la pareja de primers número 10. A continuación se muestran los resultados obtenidos.

- Comprobación de la especificidad del Primer frontal (PF):

NIH National Library of Medicine  
National Center for Biotechnology Information

EXPLOSIÓN® - »suite explosiva

Hogar Resultados recientes Estrategias guardadas Ayuda

BLAST de nucleótido estándar

Los programas BLASTN buscan bases de datos de nucleótidos mediante una consulta de nucleótidos. más...

Restablecer página Marcador

Ingresar secuencia de consulta

Ingrese el(los) número(s) de acceso, id(s) o secuencia(s) FASTA <sup>?</sup> claro Subrango de consulta <sup>?</sup>

GTGTTACCAAGTCATGGCCC

De

A

O subir el archivo  Seleccionar archivo Sin archivos seleccionados <sup>?</sup>

Título profesional

Ingrese un título descriptivo para su búsqueda BLAST <sup>?</sup>

Alinear dos o más secuencias <sup>?</sup>

Elija conjunto de búsqueda

Base de datos  Bases de datos estándar (nt, etc.);  Bases de datos de ARN/rITS  Bases de datos genómicas + de transcripción  Betacoronavirus

**Nuevo**  Bases de datos experimentales

**Pruebe bases de datos taxonómicas experimentales**  
Para obtener más información, consulte ¿Qué son las bases de datos taxonómicas de nt?

Descripciones Resumen gráfico Alineaciones Taxonomía

Seuencias que producen alineamientos significativos. Descargar Selecionar columnas Espectáculo 100

seleccionar todo 100 secuencias seleccionadas

GenBank Gráficos Árbol de distancia de resultados Visor MSA

Descripción	Nombre científico	Maximo puntaje	Puntaje total	Cubierta de consulta	valor E	Por. identidad	Acc. len	Adhesión
<input checked="" type="checkbox"/> Thunnus obesus J1280 ADN mitocondrial_Cytb_IRNA-Thr_IRNA-Pro_D-Loop_IRNA-Phe_12S rRNA_sec...	Thunnus obesus	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	1739	LC498055.1
<input checked="" type="checkbox"/> Thunnus obesus J1276 ADN mitocondrial_Cytb_IRNA-Thr_IRNA-Pro_D-Loop_IRNA-Phe_12S rRNA_sec...	Thunnus obesus	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	1739	LC498054.1
<input checked="" type="checkbox"/> Thunnus obesus J1179 ADN mitocondrial_Cytb_IRNA-Thr_IRNA-Pro_D-Loop_IRNA-Phe_12S rRNA_sec...	Thunnus obesus	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	1739	LC498042.1
<input checked="" type="checkbox"/> Thunnus obesus C1136 ADN mitocondrial_Cytb_IRNA-Thr_IRNA-Pro_D-Loop_IRNA-Phe_12S rRNA_se...	Thunnus obesus	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	1740	LC498029.1
<input checked="" type="checkbox"/> Thunnus obesus C1020 ADN mitocondrial_Cytb_IRNA-Thr_IRNA-Pro_D-Loop_IRNA-Phe_12S rRNA_se...	Thunnus obesus	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	1740	LC498009.1
<input checked="" type="checkbox"/> Thunnus obesus C970 ADN mitocondrial_Cytb_IRNA-Thr_IRNA-Pro_D-Loop_IRNA-Phe_12S rRNA_sec...	Thunnus obesus	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	1739	LC498004.1
<input checked="" type="checkbox"/> Thunnus obesus C934 ADN mitocondrial_Cytb_IRNA-Thr_IRNA-Pro_D-Loop_IRNA-Phe_12S rRNA_sec...	Thunnus obesus	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	1739	LC497999.1
<input checked="" type="checkbox"/> Thunnus obesus E62 ADN mitocondrial_Cytb_IRNA-Thr_IRNA-Pro_D-Loop_IRNA-Phe_12S rRNA_secu...	Thunnus obesus	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	1740	LC497982.1
<input checked="" type="checkbox"/> Thunnus obesus E520 ADN mitocondrial_Cytb_IRNA-Thr_IRNA-Pro_D-Loop_IRNA-Phe_12S rRNA_sec...	Thunnus obesus	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	1739	LC497951.1
<input checked="" type="checkbox"/> Mitochondria de Thunnus obesus_genoma completo	Thunnus obesus	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	16524	KY400011.1
<input checked="" type="checkbox"/> Mitochondria de Thunnus atlanticus_genoma completo	Thunnus atlanti...	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	16528	KU955343.1
<input checked="" type="checkbox"/> Thunnus alalunga aisla la región de control PS001_secuencia parcial_mitocondrial	Thunnus alalunga	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	441	KR023843.1
<input checked="" type="checkbox"/> Thunnus alalunga aisla la región de control IN009_secuencia parcial_mitocondrial	Thunnus alalunga	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	441	KP412760.1
<input checked="" type="checkbox"/> Thunnus albacares aisla la región de control CD-z-hq_secuencia parcial_mitocondrial	Thunnus albaca...	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	579	KM055387.1
<input checked="" type="checkbox"/> Vale Thunnus atlanticus Tait-UNAL-001_mitocondria_genoma completo	Thunnus atlanti...	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	16528	NC_025519.1

- Comprobación de la especificidad del Primer reverso (PR):

NIH National Library of Medicine  
National Center for Biotechnology Information

EXPLOSIÓN® - suite explosiva

Hogar Resultados recientes Estrategias guardadas Ayuda

BLAST de nucleótido estándar

Los programas BLASTN buscan bases de datos de nucleótidos mediante una consulta de nucleótidos. más...

Restablecer página Marcador

Ingresar secuencia de consulta

Ingrese el (los) número(s) de acceso, el (los) o secuencia(s) FASTA o otro

AGCGCAGTAAGAGCTACCA

Subrango de consulta

De:

A:

O subir el archivo  Seleccionar archivo Sin archivos seleccionados

Título profesional

Ingrese un título descriptivo para su búsqueda BLAST

Alinear dos o más secuencias

Elija conjunto de búsqueda

Base de datos  Bases de datos estándar (nr, etc.):  Bases de datos de ARN/rITS  Bases de datos genómicas + de transcripción  Betacoronavirus

Bases de datos experimentales

Pruebe bases de datos taxonómicas experimentales

Para obtener más información, consulte ¿Qué son las bases de datos taxonómicas de nr?

Descargar

Descripciones Resumen gráfico Alineaciones Taxonomía

Secuencias que producen alineamientos significativos. Descargar Seleccionar columnas Espectáculo 100

seleccionar todo 100 secuencias seleccionadas

GenBank Gráficos Árbol de distancia de resultados Visor MSA

Descripción	Nombre científico	Máximo puntaje	Puntaje total	Cubierta de consulta	valor E	Por. identidad	Acc. Len	Adhesión
<input checked="" type="checkbox"/> Vale de <i>Ruvettus prociosa</i> ST0:dc3153b0_3cc0_4df6_a4c1_23203/f55fab mitocondria, genoma completo	<i>Ruvettus prociosa</i>	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	16518	OP057360.2
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Thunnus tonggol</i> haplotipo 425 D-loop, secuencia parcial, mitocondrial	<i>Thunnus tonggol</i>	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	657	MW839449.1
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Thunnus tonggol</i> haplotipo 424 D-loop, secuencia parcial, mitocondrial	<i>Thunnus tonggol</i>	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	657	MW839448.1
<input checked="" type="checkbox"/> Haplotipo 423 D-loop de <i>Thunnus tonggol</i> , secuencia parcial, mitocondrial	<i>Thunnus tonggol</i>	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	657	MW839447.1
<input checked="" type="checkbox"/> Haplotipo 422 D-loop de <i>Thunnus tonggol</i> , secuencia parcial, mitocondrial	<i>Thunnus tonggol</i>	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	657	MW839446.1
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Thunnus tonggol</i> haplotipo 421 D-loop, secuencia parcial, mitocondrial	<i>Thunnus tonggol</i>	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	657	MW839445.1
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Thunnus tonggol</i> haplotipo 420 D-loop, secuencia parcial, mitocondrial	<i>Thunnus tonggol</i>	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	657	MW839444.1
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Thunnus tonggol</i> haplotipo 419 D-loop, secuencia parcial, mitocondrial	<i>Thunnus tonggol</i>	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	657	MW839443.1
<input checked="" type="checkbox"/> <i>Thunnus tonggol</i> haplotipo 418 D-loop, secuencia parcial, mitocondrial	<i>Thunnus tonggol</i>	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	657	MW839442.1
<input checked="" type="checkbox"/> Haplotipo 324 D-loop de <i>Thunnus tonggol</i> , secuencia parcial, mitocondrial	<i>Thunnus tonggol</i>	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	657	MW839348.1
<input checked="" type="checkbox"/> Haplotipo 323 D-loop de <i>Thunnus tonggol</i> , secuencia parcial, mitocondrial	<i>Thunnus tonggol</i>	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	657	MW839347.1
<input checked="" type="checkbox"/> Vale de <i>Thunnus albacares</i> BIC00506001 gen tRNA-Thr, secuencia parcial, gen tRNA-Pro, secuencia completa	<i>Thunnus albacares</i>	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	523	OL993544.1
<input checked="" type="checkbox"/> Vale de <i>Thunnus albacares</i> BIC00505001 gen tRNA-Thr, secuencia parcial, gen tRNA-Pro, secuencia completa	<i>Thunnus albacares</i>	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	523	OL993543.1

➤ Anexo 3: Diseño de primers para *Glycine max*

A continuación, se muestra la serie de pasos que se ejecutaron en el diseño de la pareja de primers para la soya (*Glycine max*).

1. Ingresar a la página del Centro Nacional para la información Biotecnológica (NCBI). Una vez dentro, seleccionar la opción “nucleótido” y en la barra de búsqueda colocar el nombre científico, en este caso de la soya (*Glycine max*), finalmente seleccionar la opción de buscar.

The screenshot shows the NCBI website interface. At the top, there is a navigation bar with the NIH logo and the text 'National Library of Medicine National Center for Biotechnology Information'. Below this, there is a search bar with a dropdown menu open, showing various search options. The 'nucleótido' option is highlighted in blue. To the right of the search bar, there is a 'Buscar' button. Below the search bar, there is a main content area with several sections: 'Descargar', 'Aprender', 'Desarrollar', 'Analizar', and 'Investigación'. On the right side, there is a 'Recursos populares' section with links to PubMed, Estante para libros, PubMed Central, EXPLOSIÓN, nucleótido, genoma, SNP, Gene, Proteína, and PubChem. At the bottom right, there is a 'Noticias y blog del NCBI' section with a link to 'Presentamos Pebblescout: índice y busque recursos de secuencias a escala de petabytes más rápido que nunca' dated 14 de septiembre de 2023.

2. Se desglosará una lista de opciones, se deberá seleccionar alguna en la que se trate de ADN mitocondrial considerando que no sea una secuencia tan pequeña, ni tan grande que dificulte encontrar los primers específicos en la base de datos (no más de 10, 000 pb recomendable).

NIH National Library of Medicine National Center for Biotechnology Information

nucleótido nucleótido mitochondrial genome glycine max Buscar Ayuda

Especies: Animales (623), Plantas (4 051), Hongos (865), Protistas (24), Bacterias (14), Virus (26), Personalizar...

tipos de moléculas: ADN/ARN genómico (1.643), ARNm (3.761), Personalizar...

Bases de datos fuente: INSDC (GenBank) (2.657), SecRef (2.940), Personalizar...

Tipo de secuencia: Nucleótido (4.441), EST (1.162)

Compartimentos genéticos: Mitocondria (81)

Longitud de la secuencia

Resumen 20 por página Ordenar por orden predeterminado Enviar a: Filtros: Administrar filtros

ORGANELO ¿Fue esto útil?

**Genoma de referencia mitocondrial de la soja**

[Glycine max \(soja\)](#)

Incluido en el conjunto de referencia de soja ( [Glycine\\_max\\_v4.0](#) )

SecRef: NC\_020455.1 Longitud: 402.558 pb circular

[gen](#) (110) [Proteína RefSeq](#) (88) [Conjunto Pop](#) (3) [PubMed](#) (1)

Visor de datos del genoma Imprimación-BLAST Descargar

[Ver todos los archivos de genomas mitocondriales completos de Glycine\\_max](#) (2)

Resultados por taxón

Organismos principales [ Árbol ]

Glicina máx . (3343)

Leguminivora glicinivorella (567)

Colletotrichum truncatum (302)

Cannabis sativa (194)

Púnica granatum (149)

Todos los demás taxones (1048)

Más...

Buscar datos relacionados

Base de datos: Seleccionar

encontrar artículos

Detalles de búsqueda

mitochondrial[All Fields] AND genome[All Fields] AND ("glycine max" [Organism] OR glycine max[All Fields])

Artículos: 1 a 20 de 5603

<< Primero < Anterior Página 1 de 281 Siguiente > Último >>

3. A continuación se mostrará una página como la siguiente en donde se podrá obtener el GenBank de la secuencia, que se utilizará posteriormente.

Un sitio web oficial del gobierno de los Estados Unidos. Así es como lo sabes

NIH National Library of Medicine National Center for Biotechnology Information

nucleótido nucleótido Avanzado Buscar Ayuda

GenBank Enviar a: Cambiar región mostrada

**ADN mitocondrial de glicina soja para la región 5' del gen atp6**

GenBank: AJ000643.1

Gráficos FASTA

Ir a

LOCUS AJ000643 ADN lineal de 1421 pb PLN 24-JUL-2016

DEFINICIÓN ADN mitocondrial de glicina soja para la región 5' del gen atp6.

ADHESIÓN AJ000643

VERSIÓN AJ000643.1

PALABRAS CLAVE gen atp6; gen nad3.

FUENTE mitocondria Glicina soja

ORGANISMO [Glicina soja](#)

eucariota; Viridiplantae; estreptofita; embriofitas; traqueofita; Espermatofitos; Magnoliopsida; eudicotiledóneos; Gunneridae; Pentapétalas; rosidas; fabids; fábales; Fabáceas; Papilionoideae; 50 clado de inversión kb; clado NPAAA; clado indigoferoide/millettioidae; Faseoleas; glicina; Subgen de glicina. Soja.

REFERENCIA 1 (bases 1 a 1421)

AUTORES Kanazawa, A., Tozuka, A., Kato, S., Mikami, T., Abe, J. y Shimamoto, Y.

TÍTULO Pequeñas secuencias intercaladas que sirven como sitios de recombinación en Los loci cox2 y atp6 en el genoma mitocondrial de la soja son ampliamente distribuido en plantas superiores

DIARIO Curr. Ginet. 33 (3), 188-198 (1998)

PUBLICADO 9588793

Analiza esta secuencia

Ejecutar explosión

Elija imprimaciones

Resaltar características de secuencia

Encuentra en esta secuencia

Información relacionada

Proteína

PubMed

Taxonomía

Actividad reciente

Apagar Claro

ADN mitocondrial de glicina soja para la

En la misma página también se podrá comprobar si efectivamente se trata de ADN mitocondrial, además también se muestra la secuenciación de ADN de la región de interés. A continuación, se muestra como deberá aparecer en la NCBI:

REFERENCIA 2 (bases 1 a 1421)  
 AUTORES Kanazawa, A.  
 TÍTULO Envío directo  
 DIARIO Enviado (06-AGO-1997) Kanazawa A., Facultad de Agricultura,  
 Universidad de Hokkaido, Kita 9, Nishi 9, Sapporo, 060, JAPÓN  
 CARACTERÍSTICAS Ubicación/Calificadores  
 fuente 1..1421

```
/organismo="Glicina soja"  

/organelle="mitocondria"  

/mol_type="ADN genómico"  

/strain="Adhesión B09002"  

/db_xref="taxon:3848"
```

```
región_repetición 295..1322  

  /note="repetición de 328 pb"  

repetir_región 295..593  

  /note="repetición de 299 pb"  

característica_misc 302..375  

  /nota="trnFM"  

gen 619..703  

  /gene="nad3"  

  /seudo  

CDS 619..703  

  /gene="nad3"  

  /seudo  

  /codón_inicio=1  

  /db_xref="PSEUDO:CAA04197.1"  

repetir_región 1300..1322  

  /note="repetición de 23 pb"  

gen 1414..>1421  

  /gene="atp6"  

CDS 1414..>1421  

  /gene="atp6"  

  /codón_inicio=1  

  /protein_id="CAA04198.1" _  

  /traducción="MLL"
```

```
ORIGEN  

1 cagctgtaag gatgaagatt gtttcagcc aagagaatt aattgacttc gggctgcac  

61 cctatgtgct cgatcgatc aacgaaata aatcctgaa taacataat aacaatagaa  

121 atcgttaagt aagtcgca atcttgacag ttttggaga aagcctctgt tcactgccc  

1 81 ttgaaatga atctggagat gtagttgct gtagttcact ttttcttcg agattgccc  

241 ggtcttcagt gtaggcagtc tcaattgcta atctatagt ttcagtttc aagagggaag  

301 aagcgggta gtagtaattg tcaactcacc aggcctatga cctgaagatt gcaggtcga  

361 en cctgtccc cgctaatac tctgagccc tagtcagcct ccatcttca gattcgtga  

421 taactcagtg agtctttcc ttttccatg tcttcttga ttgtaaac caaccagca  

481 ttacaacaa acaagtctt cctcaccct tggtcgagat actgtaacc tcttgtggg  

541 ggaagcagtt aaaaaatga caaagcaaa tgaattcga atggctattc ctccttttc  

601 aatcaatcat gctcaactg gtaattcag aatttgacc tattgtctc tcaatctga  

661 tcagttcgt agttctttg atctctcgc gttctcttt tgttaatca tcacaacta  

721 caagaaagt gccctctat tttctcttg ttttcttat ggtctcgcg tgaagca gta  

781 gattccgat tgccttttg tccgggccc acgacggtg cgtacctcc catcaaaata  

841 atgaatgaa agagttagc cgtgtcttc tagtgatca cccaatcat ttaacatca  

901 ttatttctc ttttttatg ctctatttc tggcataat caaaagccac aaagactact  

961 ttcaagagt aacgagttc aataggatc cgaaccttt tataagttaag tataagcta  

1021 cctattctgg aatt ctatt gaatatgag aaaaaagaga gaagaaa aaggatgacg  

1081 atggggggg aggggtat ggggttggg aaaaagaaa ggtgacgt gggggggg  

1141 gaggtaataa tacagatca aagcgtcga aagccagca aagggccgac accctgacc  

1201 cgcacagag gca aaaaatc ggaatctgat tcccagaag caaccggag ccccgacta  

1261 caaacagct gggagctca ctcttatta agaagtacc ctcttctgc ggcgacacc  

1321 attaacatc cctgagatc atttagata atccattga ttgatgaa gatagtgac  

1381 ttgtatttc cattcaaaa tcctctttg tttatgctg t  

//
```

SIGA NCBI

4. Posteriormente con ayuda del programa Primer Quest Tool podremos hacer el diseño de los primers. Se ingresa a la página y se selecciona la opción: Descargar secuencia usando GenBack.

**MENÚ DE PEDIDOS** estás utilizando el portal IDT de Uniparts-México.

## Herramienta PrimerQuest

DISEÑO DE ENSAYO RESULTADOS

AYUDA ACERCA DE

### Entrada de secuencia

- Ingrese secuencia(s) manualmente
- **Descargar secuencia(s) usando Genbank o Accession ID**
- Subir secuencias en un archivo Excel

5. Se Obtiene la secuencia (la cual deberá coincidir con la del NCBI) y se procede a elegir el diseño de los primers en este caso: 2 cebadores PCR.

### Entrada de secuencia

▾ Ingrese secuencia(s) manualmente

```

CAGCTGTAAGGATGAAGATTGCTTTCAGCCAAAGAGAATTAATTGACTTCGGGCTCGCACCCCTATGTGCTCGATCCGATCAACGAAAAATAA
TCCTGAAATAACATAAATAACAATAGAAATCGTTAAGTAAAGTACGCGAATCTTGACAGTTTTGGAGAAAGCGTCTGTTCACTGGCCCTTGA
ATGGAATCTGGAGATGTAGTTGCGTGTAGTTCACTTTTTCTCGAGATTGGCTTGGTCTCAGTGTGGCCAGTCTCATTGCTAATCTATAT
GTTTTAGTTTTCAAGAGGGAAGAAAGCGGGGTAGAGTAATTGGTCAACTCATCAGGCTCATGACCTGAAGATTGCAGGTTGGAATCCTGTCC
CCGCCAATCATCTGAGGCCGTAGTCAGCCTCCATCTTCAGATTCTGTAAGTAACTCAGTGAAGTCTTCCCTTTCCATGTCTTTCTTGATT
GGTAAACCCAAACAGCGATTACAAACAACAAGTCTTTCCTCCTATGGTCCGAGATACTAGTAACCTCTTGTGGGGGAAGCAGTTAAAA
AATGAACCAAGCAATGAAATCGAATGGCTATTCCTCCTTCTCAATCAATCATGCCTCAACTGGAATGTCAGAATTTGCACCTATTTGTC
TCTCATCTGTGATCAGTCTGCTAGTTTCTTTGATCTTCCCTGGCTCTTTTTGTTAATCCATCACAAACTACACGAAAGTTGCCCTTATTT
          
```

Nombre de secuencia  BORRAR ENTRADA DE SECUENCIA

▸ Descargar secuencia(s) usando Genbank o Accession ID

▸ Subir secuencias en un archivo Excel

- Consejos**
- Pega tu secuencia en el cuadro de texto.
  - Añade hasta 50 secuencias en formato **FASTA**
  - La longitud de la secuencia debe ser mayor que 80 bases.
  - Primer Quest acepta solo bases de ácidos nucleicos

### Elige tu diseño

- Cebadores PCR  
2
- qPCR  
2 cebadores + sonda
- Impresiones qPCR  
2 tintes  
intercalantes
- OCULTAR PARÁMETROS DE DISEÑO PERSONALIZADOS.

6. El programa nos mostrará las posibilidades de primers que se pueden elegir, se deberá elegir la pareja de primers que mejor cumplan las condiciones de selección (Anexo 1), y que convenientemente tengan un tamaño de amplificado de entre 400 y 900 pb (en este caso solo hay una opción, la cual cumple con dichas condiciones).

### Ubicaciones de los conjuntos de ensayos para ACC# AJ000643.1



AGREGAR A LA ORDEN~ DESCARGAR ENSAYOS PERSONALIZAR EL DISEÑO DEL ENSAYO MOSTRAR REGIONES DE DESTINO PERSONALIZADAS

Conjunto 1 ACC# AJ000643.1

	Comenzar	Detener	Longitud	tm	%GC
Adelante	239	259	20	64	55
Contrarrestar	379	399	20	64	60

Longitud del amplicón: 160  
Ver detalles del ensayo

AGREGAR A LA ORDEN~

7. Posteriormente se muestra la siguiente pantalla con la secuencia de los primers frontal y reverso.

ACC# AJ000643.1 Detalles del conjunto de ensayo 1

VOLVER A RESULTADOS

Conjunto de parámetros: PCR general (solo cebadores)  
Nombre de secuencia: ACC# AJ000643.1  
Longitud del amplicón: 160

	Comenzar	Detener	Longitud	tm	%GC
Adelante <b>TGGTCTTCAGTGTGGGCAG (Sentido)</b>	239	259	20	64	55
Contrarrestar <b>GCTGACTACGGCCTCAGATG (Antisentido)</b>	379	399	20	64	60

Base	Secuencia
1	CAGCTGTAAGGATGGAAGATTGCTTTCAGCCAAAAGAGAATTAATTGACTTCGGGCTCGCACCCCTATGTGCTCGATCCGATCAACGAAAATAAATCCTGAAA
101	TAACATAAATAACAAATAGAAAATCGTTAAGTAAGTACGCGAATCTTGACAGTTTTGGAGAAAGCGTCTGTTCACTGGCCCTTTGAATGGAATCTGGAGAT
201	GTAGTTGCGTGTAGTTCACTTTTTCTTCGAGATTGGC <b>TGGTCTTCAGTGTGGGCAG</b> TCTCATTTGCTAATCTATATGTTTCAGTTTCAAGAGGGGAAG
301	AAGCGGGTAGAGTAATTGGTCAACTCATCAGGCTCATGACCCTGAAGATTGCAGGTTGGAATCCTGTCCCCGCCTAAT <b>CACTGAGGCCGTAGTCAGC</b> Connecticut
401	CCATCTTTCAGATTGTAAGTAACCTAGTGAAGTCTTCCCTTTCCCATGTCTTCTTGGATTGGTAAACCCACCCAGCGATTTACAACAAAACAAGTCTTT
501	CCTCTCCCTATGGTCGAGATACTAGTAACCTTTGTTGGGGGAAGCAGTTAAAAAATGAACCAAGCAAATGAATTCGAATGGCTATTCCCTCCTTCTC
601	AATCAATCATGCCTCAACTGGTAATGTCAGAAATTGCACCTATTTGTCTCTCATTCGTGATCAGTCTGCTAGTTTCTTTGATCTTCCCGGCTCTCTTTT
701	TGTTAATCCATCACAACTACACGAAAGTTGCCCTTATTTTCTCTTTGTTTTTCTTATGGCTTCCGCCTGTAGCAGTAGCATCCGATTGCCTTTTGT
801	TCCGGGGCCGACGACGGTGCCTACCTTCCCATCAAATAATGAATGGAAGATTAGTCCGTGCTTCTTAGTGGATCACCCCAATCATTTTACATTCA
901	TTATTTTCTTTTTTTTATGCCTCTAATTTCTTGGGCATAATCAAAGGCACAAAGACTACTTCAAGAAAGTAAACGAGTTCAATAGGGATCCGACCTTTT
1001	TATAAGTAAGTATAAAGCTACCTATTCTGGAATTTCTATTTGAATATGCAGAAAAAAGAGGAAGAAAAAGGATGACGATGGAGGGGAAGGAGGTAAT
1101	GAGGGTAAGAAAAAGAAAAGGATGACGATGGAGGGGAAGGAGTAATAATACAGTATCAAAGCCGTCGAAAGCCAGCAAAGGGCCGACACCCTGACC
1201	CCGACAGAGGGCAAAAATCAGGGATCTGATTTCCAGAAGSCAACCCGGAGCCCGACTTACTAACAGGCTGGGACGCTACTTCTTATTAGAAGTACCG
1301	CTCCTTGTGCGGGCGACACCATTAACAGTCCGCTGGATCAATTTGAGATAATCCCATGATTGATATGGAAGATAGGTGACTTGTATTTCTCATTACAAA
1401	TCCCCTTTGTTTATGCTGCT

8. A continuación se deberá dar BLAST al primer frontal y al primer reverso para verificar que dicha pareja de primers corresponden a la soya.

**Nuevo**  Bases de datos experimentales **Pruebe bases de datos taxonómicas experimentales** [Descargar](#)  
 Para obtener más información, consulte ¿Qué son las bases de datos taxonómicas de nt?

**Organismo**  
 Opcional Colección de nucleótidos (nr/nt)  [?](#)  
 Enter organism name or id—completions will be suggested  excluir [Agregar organismo](#)  
 Ingrese el nombre común del organismo, el binomio o la identificación fiscal. Sólo se mostrarán los 20 taxones principales [?](#)

**Excluir**  
 Opcional  Modelos (XM/XP)  Secuencias de muestras no cultivadas/ambientales

**Limitar a**  
 Opcional  Secuencias del material tipo.

**Entrez consulta**  
 Opcional  [YouTube](#) [Crear base de datos personalizada](#)  
 Ingrese una consulta de Entrez para limitar la búsqueda [?](#)

**Selección de programa**

**Optimizar para**

Secuencias muy similares (megablasto)  
 Secuencias más diferentes (megablasto no contiguo)  
 Secuencias algo similares (blastn)  
 Elija un algoritmo BLAST [?](#)

**EXPLOSIÓN** Buscar en la base de datos Colección de nucleótidos (nr/nt) usando Blastn (optimizar para secuencias algo similares)  
 Mostrar resultados en una nueva ventana [back](#)

9. Finalmente se abrirá una nueva ventana en donde se podrá ver el porcentaje de cobertura y el porcentaje de Identidad de la pareja de primers diseñados. Dichos porcentajes deberán ser equivalentes al 100%.

Comprobación de la especificidad del Primer frontal (PF):

**Descripciones** Resumen gráfico Alineaciones Taxonomía

**Secuencias que producen alineamientos significativos.** [Descargar](#) [Seleccionar columnas](#) Espectáculo 100 [?](#)

seleccionar todo 100 secuencias seleccionadas [GenBank](#) [Gráficos](#) [Árbol de distancia de resultados](#) [Visor MSA](#)

Descripción	Nombre científico	Maximo puntaje	Puntaje total	Cubierta de consulta	valor E	Por. Identidad	Acc. len	Adhesión
<input checked="" type="checkbox"/> PREDICTO_Cajanus cajan supuesta proteína ATP sintasa YMF19 (LOC109793860)...	Cajanus cajan	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	1811	gij1662989315 XM_020353331.2
<input checked="" type="checkbox"/> Mitochondria de glicina soja, genoma completo	glicina soja	40.1	120	100%	2.3	100.00%	402545	gij1511246382 NC_039768.1
<input checked="" type="checkbox"/> Mitochondria de Glycine max, genoma completo	Glycine max	40.1	120	100%	2.3	100.00%	465094	gij2616762076 OR687435.1
<input checked="" type="checkbox"/> Cultivar Glycine max Williams 82 cromosoma 17	Glycine max	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	44233274	gij2567176716 CP126442.1
<input checked="" type="checkbox"/> Cultivar Glycine max Williams 82 cromosoma 1, genoma completo	Glycine max	40.1	120	100%	2.3	100.00%	370871	gij2106369952 MW331584.1
<input checked="" type="checkbox"/> Mitochondria de Glycine max, genoma completo	Glycine max	40.1	120	100%	2.3	100.00%	402558	gij476507670 NC_020455.1
<input checked="" type="checkbox"/> Mitochondria de Millettia pinnata, genoma completo	Pongamia pi...	40.1	80.3	100%	2.3	100.00%	425718	gij372450249 NC_016742.1
<input checked="" type="checkbox"/> Gen tRNA-fMet de glicina soja, secuencia completa, y gen de la subunidad 2 de la ci...	glicina soja	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	454	gij3560548 AF052653.1
<input checked="" type="checkbox"/> ADN mitocondrial de glicina soja para la región 5' del gen atp6	glicina soja	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	1421	gij2326448 AJ000643.1
<input checked="" type="checkbox"/> Gen COII mitocondrial de soja para la subunidad II de la citocromo oxidasa y gen tR...	Glycine max	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	2020	gij12974 X04825.1
<input checked="" type="checkbox"/> Mitochondria de Psychotria serpens, genoma completo	psychotria serp...	40.1	80.3	100%	2.3	100.00%	916319	gij2431497069 NC_069806.1
<input checked="" type="checkbox"/> Conjunto del genoma de Raja brachyura, cromosoma X	Raja brachyura	38.2	38.2	95%	9.1	100.00%	26664176	gij2582881340 OY740817.1
<input checked="" type="checkbox"/> Conjunto del genoma de Amphipyra berbera, cromosoma 9	Amphipyra b...	38.2	38.2	95%	9.1	100.00%	21688464	gij2063803975 OU343130.1
<input checked="" type="checkbox"/> Conjunto del genoma de Crocallis elinguarina, cromosoma 6	Crocallis elin...	38.2	38.2	95%	9.1	100.00%	32482826	gij2041866687 OU026070.1
<input checked="" type="checkbox"/> Conjunto del genoma de Zootoca vivipara, cromosoma 11	Zootoca vivip...	38.2	38.2	95%	9.1	100.00%	64157462	gij2579102280 OY735912.1
<input checked="" type="checkbox"/> Conjunto del genoma de Balanococcus diminutus, cromosoma 3	Balanococcu...	38.2	38.2	95%	9.1	100.00%	63275295	gij2551371612 OY390716.1

Comprobación de la especificidad del Primer reverso (PR):

Descripciones		Resumen gráfico	Alineaciones	Taxonomía				
Secuencias que producen alineamientos significativos.					Descargar	Seleccionar columnas	Espectáculo	100
<input checked="" type="checkbox"/> seleccionar todo 100 secuencias seleccionadas					GenBank	Gráficos	Árbol de distancia de resultados	Visor MSA
Descripción	Nombre científico	Maximo puntaje	Puntaje total	Cubierta de consulta	valor E	Por. Identidad	Acc. len	Adhesión
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">Vigna radiata var. ADN mitocondrial sublobata, secuencia completa, cultivar TC1966</a>	<a href="#">Vigna radiata...</a>	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	402981	<a href="#">gi 1778501162 AP014717.1</a>
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">PREDICTO: Ipomoea triloba, proteína mitocondrial no caracterizada similar a ymf1 (L...</a>	<a href="#">Ipomoea triloba...</a>	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	1715	<a href="#">gi 1766781510 XM_031239529.1</a>
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">Mitochondria de Phaseolus vulgaris, genoma completo</a>	<a href="#">Phaseolus vul...</a>	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	395516	<a href="#">gi 1772633214 NC_045135.1</a>
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">PREDICTO: Cajanus cajan, supuesta proteína ATP sintasa YMF19 (LOC109793860)...</a>	<a href="#">Cajanus cajan...</a>	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	1811	<a href="#">gi 1662989315 XM_020353331.2</a>
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">Vigna unguiculata cultivar Xiabao 2 cromosoma Vu09</a>	<a href="#">Vigna unguic...</a>	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	53937893	<a href="#">gi 1626664728 CP039355.1</a>
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">Vigna unguiculata cultivar Xiabao 2 cromosoma Vu05</a>	<a href="#">Vigna unguic...</a>	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	60576755	<a href="#">gi 1626660501 CP039354.1</a>
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">Vigna unguiculata cultivar Xiabao 2 cromosoma Vu04</a>	<a href="#">Vigna unguic...</a>	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	55796738	<a href="#">gi 1626643659 CP039349.1</a>
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">Vigna unguiculata cultivar Xiabao 2 cromosoma Vu03</a>	<a href="#">Vigna unguic...</a>	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	82253002	<a href="#">gi 1626631397 CP039346.1</a>
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">Ipomoea trifida cultivar NCNSP0306 cromosoma 12</a>	<a href="#">Ipomoea trifida...</a>	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	24193007	<a href="#">gi 1477771528 CP025655.1</a>
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">Ipomoea trifida cultivar NCNSP0306 cromosoma 10</a>	<a href="#">Ipomoea trifida...</a>	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	24884449	<a href="#">gi 1477771526 CP025653.1</a>
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">Mitochondria de Leucaena trichandra, genoma completo</a>	<a href="#">Leucaena tric...</a>	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	722009	<a href="#">gi 1511244784 NC_039738.1</a>
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">PREDICTO: Vigna unguiculata, supuesta proteína ATP sintasa YMF19 (LOC1141713)...</a>	<a href="#">Vigna unguic...</a>	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	817	<a href="#">gi 1570319925 XM_028056448.1</a>
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">Mitochondria de Acacia ligulata, genoma completo</a>	<a href="#">Acacia ligulata...</a>	40.1	80.3	100%	2.3	100.00%	698138	<a href="#">gi 1583107467 NC_040998.1</a>
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">Lophophytum mirabile subsp. cromosoma bolivianum, mitocondria LmContig33, secu...</a>	<a href="#">Lophophytum...</a>	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	12149	<a href="#">gi 1142819725 KU992354.1</a>
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">Lophophytum mirabile subsp. cromosoma bolivianum, mitocondria LmContig30, secu...</a>	<a href="#">Lophophytum...</a>	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	12353	<a href="#">gi 1142819720 KU992351.1</a>
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">Mitochondria de Glycine max, genoma completo</a>	<a href="#">Glycine max...</a>	40.1	200	100%	2.3	100.00%	465094	<a href="#">gi 2616762076 OR687435.1</a>
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">ADN mitocondrial de Ipomoea nil, secuencia completa, cultivar estándar Tokyo-kokei</a>	<a href="#">Ipomoea nil...</a>	40.1	80.3	100%	2.3	100.00%	265768	<a href="#">gi 1075059435 NC_031158.1</a>
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">Cromosoma Cynomorium coccineum Ccoc8525, mitocondria, secuencia completa</a>	<a href="#">Cynomorium...</a>	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	21758	<a href="#">gi 1043394021 KX270789.1</a>
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">Cultivar Glycine max Williams 82 cromosoma 17</a>	<a href="#">Glycine max...</a>	40.1	40.1	100%	2.3	100.00%	44233274	<a href="#">gi 2567176716 CP126442.1</a>