



REPORTE TÉCNICO

Estudio genético sobre sustitución de especies
en el comercio de pescados en México



REPORTE TÉCNICO

Estudio genético sobre sustitución de especies
en el comercio de pescados en México

INTRODUCCIÓN

La sustitución de especies pesqueras (seafood mislabeling) ocurre cuando el nombre científico de una especie, por ejemplo, identificada mediante métodos de genética forense, no corresponde con el nombre comercial con el cual la muestra de pescado fue vendida. Dicha sustitución representa un obstáculo para el manejo sustentable y la comercialización de productos pesqueros, y contribuye a la pesca ilegal.

La sustitución de especies puede dar una percepción errónea acerca de la presencia y abundancia de especies comerciales que son populares entre los consumidores y que ocupan niveles tróficos superiores como depredadores, incluyendo pargos, meros, robalos, huachinangos, etc., que pueden ser sustituidos por otras especies menos conocidas y que ocupan niveles tróficos menores al alimentarse de algas, zooplancton, invertebrados, etc., lo que oculta la sobreexplotación de depredadores tope y los alcances de la pesca en la degradación de las cadenas ecológicas de los ambientes marinos (Sala et al., 2004). En consecuencia, las especies que se emplean para sustituir a las más populares carecen de la atención de los tomadores de decisión y de un manejo adecuado a su nivel real de explotación. En este escenario, los pescadores que encuentran su sustento aprovechando especies poco conocidas se ven en la necesidad de aumentar sus capturas debido al bajo precio que obtienen por estas, aun cuando sus productos pueden ser vendidos a altos precios al servir como sustitutos de especies comercialmente populares (Stawitz et al., 2017).

En otros casos, los consumidores pueden creer que están comprando o consumiendo un pez marino (que puede ser o no sustentable) que en realidad ha sido sustituido por una especie dulceacuícola (ej. tilapia, *Oreochromis* sp., o basa, *Pangasianodon* sp.) producida por técnicas de acuicultura masiva, dentro o fuera de México, y que tiene distintos alcances (Nhu et al., 2016). Al intercambiar la identidad de las especies comerciales de pescado, algunas de ellas restringidas de la pesca comercial (ej., aquellas reservadas a la pesca deportiva, como marlin, pez vela, pez espada, dorado, etc. dof 16/03/1994 y dof 25/11/2013) o en peligro de extinción, como algunos tiburones y peces incluidos en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (uicn), pueden ser comercializadas de manera discreta o anónima, lo que puede representar un obstáculo al manejo y la conservación eficiente de estos recursos pesqueros o amenazados por la sobreexplotación.

Los estudios en varias partes del mundo han mostrado que los niveles de sustitución de especies de peces marinos pueden ser altos, aunque, en general, el promedio de sustitución en las muestras examinadas es de ~30 % (Pardo et al., 2016). Sin embargo, pocos estudios de sustitución de especies de peces se han realizado en América Latina, incluyendo Belice (Cox et al., 2013), Costa Rica (O'Bryhim et al., 2017), Chile (Sebastian et al., 2008), Perú (Marin et al., 2018), y varios estudios realizados en Brasil (Carvalho et al., 2017; Staffen et al., 2017; Veneza et al., 2018).

En México, un primer estudio con un tamaño de muestra muy reducido ($n = 6$) estuvo enfocado sólo en la venta de bacalao en tiendas, donde se reportó 67 % de sustitución en Ciudad de México (cdmx) (Lambarri et al., 2015). Un estudio

Preparado por: Adrián Munguía-Vega,
PhD (consultor independiente)
Email: airdrian@email.arizona.edu

Marzo de 2019

reciente con un mayor número de muestras (n = 134), obtenidas de pescaderías de la cdmx y mercados en el estado de Quintana Roo, reportó una sustitución promedio de 18 % y la comercialización de especies amenazadas de acuerdo con la uicn (Sarmiento-Camacho y Valdez-Moreno, 2018).

Con el objetivo de conocer la naturaleza y magnitud de la sustitución de especies de pescado en México, y poder ofrecer soluciones específicas, iniciamos el estudio más completo que se ha realizado en el país hasta el momento, en el que presentamos los resultados de la identificación de 383 muestras individuales provenientes de pescaderías, supermercados y restaurantes en tres ciudades de México (Mazatlán, cdmx y Cancún).

METODOLOGÍA

El código de barras del adn (dna barcoding) es una técnica forense en la que se aísla un segmento de adn de un gen de referencia (ej., ~650 pares de bases de adn del gen de la proteína citocromo oxidasa subunidad I o coi) a partir de una muestra comercial de pescado que puede ser fresca, congelada o procesada en un platillo de un restaurante. La secuencia de adn obtenida es comparada con bases de datos de referencia (ej., GenBank, Bold) para determinar la verdadera identidad de la muestra.

Durante julio, agosto y septiembre de 2018 tomamos un total de 462 muestras en tres distintas ciudades de México: 141 en Mazatlán, 178 en Ciudad de México (cdmx) y 143 en Cancún (tabla 1). Las muestras se distribuyeron entre tres puntos de venta distintos donde los consumidores adquieren pescado en el país: pescaderías, supermercados y restaurantes.

Tabla 1. Muestras comerciales de pescado recolectadas en tres ciudades distintas de México

	Mazatlán	CDMX	Cancún	Total
Pescaderías	34	50	38	122
Supermercados	38	45	36	119
Restaurantes	69	83	69	221
Total	141	178	143	462

Cabe destacar que la toma de muestras no estuvo enfocada en ninguna especie en particular. Al visitar cada establecimiento, las muestras recolectadas dependieron de la oferta de productos de pescado disponible y se recolectó una muestra de cada uno de los nombres comerciales presentes en cada establecimiento.

Paracada muestra, la siguiente información se recolectó e integró en una base de datos para cada una de las tres ciudades; para cada muestra se anotó fecha y hora de recolección, id único, recolector, número de tubo, nombre del establecimiento, tipo de establecimiento (pescadería, supermercado, restaurante), nombre comercial del pescado, origen del nombre comercial (verbal, etiqueta, menú), presentación

del pescado, tratamiento que recibió la muestra (ej., crudo, congelado, ahumado, frito, seco salado, cocido en parrilla, etc.), precio por kilogramo (pescaderías y supermercados) o porción (restaurantes), peso en gramos de la muestra y otros comentarios.

La extracción de adn se realizó siguiendo el método de sales modificado (Miller et al., 1988). Para 137 muestras que no pudieron identificarse genéticamente en un primer intento, probablemente porque mostraron muy baja calidad o cantidad de adn, fue necesario hacer extracciones por medio del kit DNeasy Blood and Tissue (Qiagen, Valencia, Estados Unidos), de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

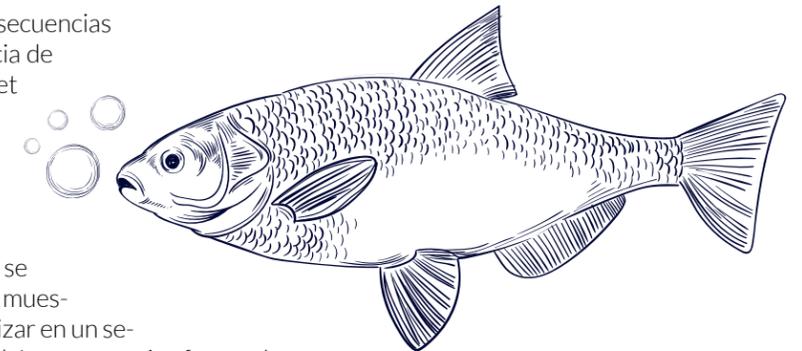
Se utilizaron dos pares de primers o secuencias cortas de adn que flanquean la secuencia de adn de interés, reportados por Ward et al. (2005), para amplificar mediante la reacción en cadena de la polimerasa (pcr) ~655 nucleótidos de adn de la región mitocondrial conocida como citocromo oxidasa subunidad I (coi).

A partir del adn de las 462 muestras se obtuvo la amplificación exitosa de 416 muestras (90%), las cuales se enviaron a analizar en un secuenciador Applied Biosystems 3730 xl. Las secuencias forward y reverse resultantes fueron analizadas y editadas manualmente para obtener la secuencia final consenso de cada muestra, con ayuda del programa en línea Benchling (<https://benchling.com>). Se realizó un alineamiento múltiple de todas las secuencias con el algoritmo Clustal W en el programa Mega7, con el que se verificó que las secuencias obtenidas codificaran la proteína de la coi completa sin interrupciones, y se recortaron las secuencias de los primers.

De las 416 muestras secuenciadas, 383 secuencias (92.06 %) tuvieron una calidad suficiente para realizar una identificación genética confiable, mientras que las secuencias restantes presentaron una menor calidad (longitudes menores a 400 pares de bases o secuencias ruidosas o ambiguas) y no fueron incluidas en los resultados. Esto puede deberse a varios factores, como la heterogeneidad en varias características de las muestras, que incluyen el método de preservación antes de la recolecta, métodos de cocción y preparación en los restaurantes, entre otros, los cuales disminuyen la calidad y cantidad del adn obtenido y su contaminación con aceites, especias y otros ingredientes.

La identificación genética en el nivel de especie se realizó con base en la secuencia más parecida presente en dos bases de datos distintas. 1. Mediante el algoritmo MegaBlast contra las secuencias depositadas en la base de datos de nucleótidos de adn de acceso abierto GenBank (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov>). 2. Con las secuencias de código de barras en el nivel de especie (species level barcode records), en la base de datos del código de barras de la vida (Bold, <http://www.barcodinglife.org>).

Para determinar la sustitución de especies, se comparó el nombre comercial de cada muestra con tres bases de referencia de acceso abierto que contienen nombres comunes y científicos de peces en México. 1. Especies de interés



pesquero en el Pacífico mexicano (<http://catalogo.cicimar.ipn.mx>) (Ramírez-Rodríguez, 2013). 2. El catálogo de peces comerciales marinos de México, de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) (<http://enciclovida.mx/peces>). 3. La lista de nombres comunes en español para México, de la base de datos de acceso abierto Fishbase (<http://www.fishbase.org>). Se determinó que había una sustitución de especies cuando el nombre común de la especie identificada genéticamente era distinto del nombre comercial con el cual la muestra de pescado fue vendida. Aunque un solo nombre científico puede corresponder a varios nombres comunes y viceversa, se consideró que había sustitución de especies cuando el nombre comercial con el cual la muestra fue vendida no correspondía al nombre común de la especie identificada genéticamente en ninguna de las tres bases de referencia mencionadas.

En ocho muestras, el nombre comercial del atún incluía la distinción “atún aleta amarilla” (que corresponde a *Thunnus albacares*) y en dos muestras, “atún aleta azul” (que corresponde a *Thunnus orientalis/Thunnus thynnus*). Igualmente, en tres muestras el salmón fue vendido como “silvestre de Alaska” (que corresponde a *Oncorhynchus gorbuscha*). Aunque las 13 muestras anteriores correspondieron a la especie mencionada, en los análisis dichas muestras fueron incluidas con el nombre comercial atún y salmón, respectivamente.

RESULTADOS

Los resultados que se muestran a continuación se basan en un total de 383 muestras de peces, recolectadas en Mazatlán (N = 123), Ciudad de México (N = 153) y Cancún (N = 107). En total, las muestras provienen de 133 establecimientos distintos en México: 41 pescaderías, 22 supermercados y 70 restaurantes. Dado que las muestras fueron recolectadas de acuerdo con la disponibilidad de productos de pescado presentes en cada establecimiento, los resultados son una muestra representativa de la disponibilidad de nombres comerciales y especies presentes en la venta de pescado al consumidor final en cada una de las ciudades durante nuestro periodo de muestreo.

La longitud de las secuencias interpretables obtenidas varió entre 410 y 609 pares de bases, con un promedio de 553.4 pares de bases. Todas las secuencias tuvieron una homología con alguna secuencia en alguna de las dos bases de datos (> 98%), por lo que se considera que la identificación de especies es confiable. Sólo dos muestras en Mazatlán mostraron homología < 98%: con la corvina azul (*Cynoscion parvipinnis*, 92.6%) y el bagre tete (*Sciades seemanni*, 94.5%), lo que sugiere que pertenecen a especies que aún no se encuentran representadas en las bases de datos genéticos, por lo que su identificación



se considera confiable sólo en el nivel de género, pero no de especie. Para la mayoría de las muestras (356, 93%), las dos bases de datos coincidieron en la identificación de la misma especie. En el 7% restante, ambas bases de datos coincidieron en la identificación de especies cercanas dentro del mismo género taxonómico y se eligió la especie con la que la muestra mostraba un mayor porcentaje de homología. En 11 muestras (2.8% del total) no fue posible distinguir entre especies muy cercanas filogenéticamente y que comparten la misma secuencia para el gen *coi*, y la identificación realizada incluye a ambas especies (*Dasyatis centroura/Dasyatis guttata*, *Lutjanus purpureus/Lutjanus campechanus*, *Makaira nigricans/Istiompax indica*, *Merluccius productus/Merluccius angustimanus*, *Oreochromis aureus/Oreochromis niloticus*, *Oreochromis niloticus/Oreochromis mossambicus*, *Peprilus snyderi/Peprilus paru*, *Thunnus orientalis/Thunnus thynnus*). En total, se realizó la identificación en el nivel de especie de 370 muestras individuales (96.6%).

La confianza en la asignación de especies fue evaluada mediante e-value, que corresponde al número de resultados que se espera que se produzcan al azar en la base de datos de GenBank, considerando el tamaño de la secuencia obtenida y el número de secuencias presentes en la base de datos. Al respecto, las 383 muestras analizadas mostraron e-values de cero, lo que indica que su similitud con las secuencias en GenBank es estadísticamente confiable.

Nombres comerciales y especies encontradas

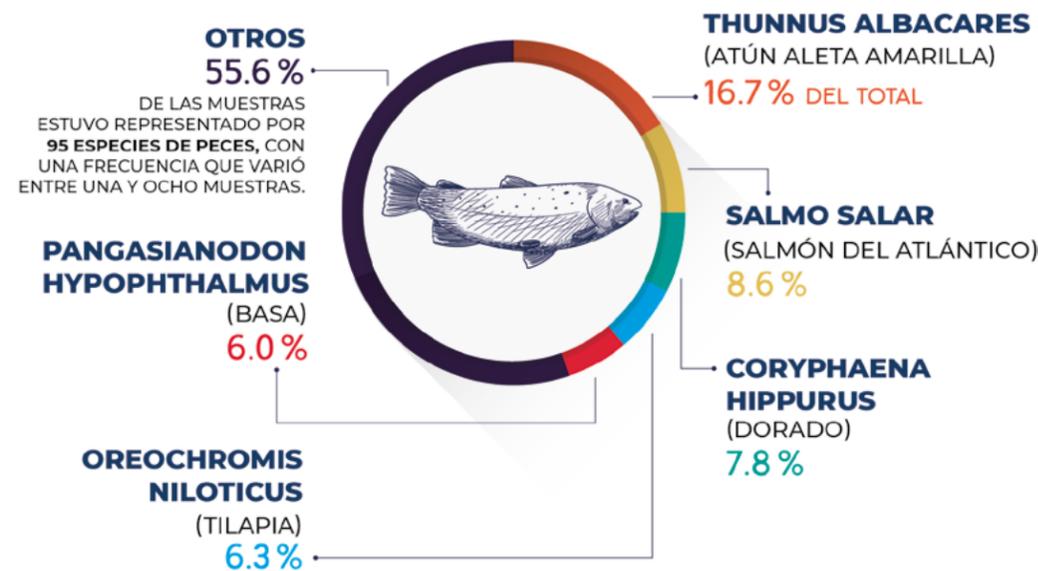
Excluyendo siete muestras que fueron comercializadas simplemente como “pescado” (véase la sección “Comercialización de productos de ‘pescado’ sin identificar un nombre comercial”, al final del documento), 376 muestras identificadas genéticamente se vendieron con 48 nombres comerciales distintos (anexo 1), pero representan en realidad 103 especies diferentes de peces identificadas con los análisis genéticos (anexo 2). Es decir que, en promedio, un nombre comercial representa a dos especies biológicas distintas, aunque haya una amplia variación en la correspondencia entre nombres científicos y nombres comerciales.

La diversidad de nombres comerciales empleados en México corresponde sólo al 46.6% de la biodiversidad real de especies de peces encontrada. En cada ciudad, la diversidad de nombres comerciales representó ~60% de las especies biológicas de peces encontradas, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 2. Número de nombres comerciales, número de especies y porcentaje representado (nombres comerciales/número especies) encontrados en cada una de las tres ciudades muestreadas

	Mazatlán	CDMX	Cancún
Nombres comerciales	23	37	23
Especies encontradas	39	60	39
Porcentaje representado	58.9 %	61.6 %	58.9 %

Del total de las 103 especies distintas encontradas, la mitad (51 especies) estuvieron representadas por una sola muestra (anexo 2). Del resto, en orden de importancia, las cinco especies con mayor frecuencia en el estudio, y que juntas representaron 45.4 % del total de las muestras, fueron:



En Mazatlán, del total de las 39 especies encontradas, las especies con mayor frecuencia en el estudio, que representaron 58.5 % del total de las muestras de esa ciudad, fueron identificadas como atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*, 26 muestras), seguidas de dorado (*Coryphaena hippurus*, 23), salmón del Atlántico (*Salmo salar*, 8), pez espada (*Xiphias gladius*, 7) y tilapia (*Oreochromis niloticus*, 6).

En cdmx, del total de las 60 especies encontradas, aquéllas con mayor frecuencia en el estudio y que representan 45 % del total de las muestras de esa ciudad fueron identificadas como tilapia (*Oreochromis sp.*, 18 muestras), atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*, 18), salmón del Atlántico (*Salmo salar*, 11), robalo (*Centropomus undecimalis*, 8), basa (*Pangasianodon hypophthalmus*, 7) y raya látigo (*Dasyatis americana*, 5).

En Cancún, del total de las 39 especies encontradas, las especies con mayor frecuencia en el estudio y que representan 45.7 % del total de las muestras de esa ciudad fueron identificadas como atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*, 20 muestras), salmón del Atlántico (*Salmo salar*, 14), y basa (*Pangasianodon hypophthalmus*, 12 muestras).

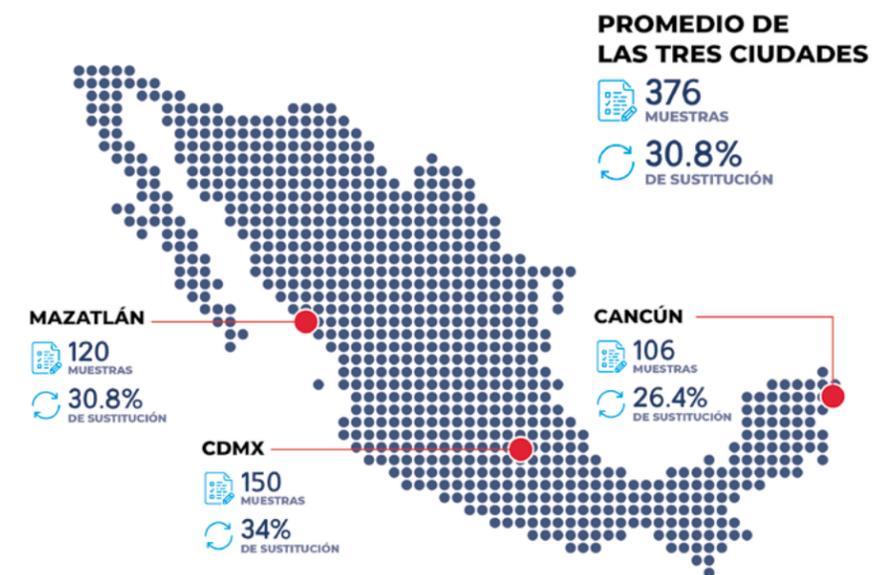
De los 48 nombres comerciales encontrados en México con los cuales se vendieron las muestras de pescado incluidas en el análisis, sólo 13 (27 %) estuvieron presentes en las tres ciudades, nueve (18.7%) de los nombres estuvieron en dos ciudades y la mayoría (26, equivalente a 54.1 %) de los nombres comerciales fueron exclusivos de una sola ciudad (anexo 1).

Sustitución de especies: promedio de las tres ciudades

Encontramos un promedio de sustitución de especies de pescado, en las tres ciudades muestreadas de México, de 30.8 % para 376 muestras vendidas con algún nombre comercial (tabla 3, excluyendo siete muestras que fueron comercializadas simplemente como "pescado", sin indicar ningún nombre comercial específico). El nivel de sustitución en Cancún fue de 26.4 %, seguida de Mazatlán (30.8 %) y cdmx (34 %), aunque las diferencias no fueron significativas entre ciudades ($X^2 = 1.675$, $P = 0.432$). El promedio de sustitución de especies observado en las tres ciudades muestreadas fue significativamente menor en supermercados (16.6 %), comparado con restaurantes (33.5 %, $X^2 = 7.688$, $P = 0.005$) y pescaderías (36.4 %, $X^2 = 8.736$, $P = 0.003$).

Tabla 3. Patrón de sustitución de especies en tres ciudades de México (N = número de muestras analizadas y, entre paréntesis, número de establecimientos muestreados)

Tipo de establecimiento	Mazatlán		CDMX		Cancún		Promedio	
	N	% de sustitución	N	% de sustitución	N	% de sustitución	N	% de sustitución
Pescaderías	33 (11)	33.3	47 (21)	44.6	27 (9)	25.9	107 (41)	36.4
Supermercados	24 (7)	8.3	33 (8)	24.2	21 (7)	14.2	78 (22)	16.6
Restaurantes	63 (23)	38.0	70 (26)	31.4	58 (21)	31.0	191 (70)	33.5



Considerando los 48 nombres comerciales reportados en las tres ciudades, 21 estuvieron representados por al menos cinco o más muestras, y juntos contribuyeron con 322 muestras u 88.3 % del total (anexo 3). En este grupo de 21 nombres comerciales con un mínimo de cinco muestras observamos que los mayores porcentajes de sustitución de especies (> 50 %) se encontraron en marlin (94.4 %), sierra (88.9 %), mero (86.7 %), huachinango (53.8 %), robalo (53.3 %) y corvina (53.3 %). Los nombres comerciales que mostraron niveles intermedios de sustitución de especies (33.3-40 %) incluyeron mojarra (40 %), dorado (38.7 %), cochito (33.3 %), lenguado (33.3 %), peto (33.3 %) y trucha (33.3 %). Los nombres comerciales que mostraron bajos niveles de sustitución de especies (0-11.1 %) incluyeron tilapia (11.1 %), atún (10.3 %), cazón (9.4 %) y salmón (5.1 %). Cuatro nombres comerciales que nunca fueron sustituidos por otras especies fueron basa, mantarraya, merluza y pez espada (anexo 3).

Sustitución de especies: tendencias por ciudad

Respecto a la frecuencia de sustitución de especies en cada ciudad, Mazatlán mostró menor sustitución de especies en supermercados (8.3 %), seguidos de pescaderías (33.3 %) y restaurantes (38 %). En cdmx encontramos una menor frecuencia de sustitución de especies en supermercados (24.2 %), comparados con restaurantes (31.4 %) y pescaderías (44.6 %). En Cancún observamos la menor sustitución de especies en supermercados (14.2 %), seguidos de pescaderías (25.9 %) y restaurantes (31 %).

Al comparar los patrones de sustitución de especies en cada ciudad muestreada (anexos 4-6) con el promedio de las tres ciudades muestreadas (anexo 3), encontramos algunas tendencias interesantes. Los niveles de sustitución de especies de algunos nombres comerciales, como atún, salmón y basa, fueron consistentemente bajos en cada una de las tres ciudades (tabla 4). De manera similar, otros nombres comerciales mostraron altos niveles de sustitución en las tres ciudades, como el marlin, o altos niveles de sustitución en las dos ciudades donde estuvo presente, como el robalo.

Tabla 4. Nombres comerciales con patrones constantes de sustitución por ciudad

Nombre comercial	N	% de sustitución de especies			
		México, promedio de tres ciudades	Mazatlán	CDMX	Cancún
Atún	58	10.3	14.3	10.5	5.6
Salmón	39	5.1	10	0	5.9
Basa	12	0	0	0	0
Marlin	18	94.4	100	83.3	100
Robalo	15	53.3	66.7	50.0	—

Por otro lado, observamos algunos patrones que contrastan entre las tres ciudades (anexos 3-6). Por ejemplo, el dorado, con 38.7 % de sustitución promedio en las tres ciudades, tuvo 15.8 % de sustitución en Mazatlán, 85.7 % en cdmx y 60 % en Cancún (tabla 5). La mojarra, que tuvo un promedio de sustitución en las tres ciudades de 40.0 %, mostró nula sustitución en Mazatlán, 11.1 % de sustitución en cdmx y 100 % en Cancún. El huachinango, con un promedio en las tres ciudades de 53.8 %, tuvo nula sustitución en Mazatlán, 77.8 % en cdmx y nula sustitución en Cancún. El pargo, con un promedio de sustitución en las tres ciudades de 36.4 %, mostró una sustitución de 50 % en Mazatlán y nula en Cancún.

Tabla 5. Nombres comerciales con patrones contrastantes de sustitución por ciudad

Nombre comercial	N	% de sustitución de especies			
		Promedio de tres ciudades	Mazatlán	CDMX	Cancún
Dorado	31	38.7	15.8	85.7	60.0
Cazón	32	9.4	25.0	0	6.7
Tilapia	18	11.1	0	0	25.0
Mojarra	15	40.0	0	11.1	100
Huachinango	13	53.8	0	77.8	0
Pargo	11	36.4	50.0	—	0
Mero	15	86.7	—	100	80.0

Especies y patrones en la sustitución comercial de pescado

Los patrones de sustitución de especies de los 12 nombres comerciales más comunes nos permitieron documentar varios aspectos de la complejidad del fenómeno en México (anexo 7). Podemos subdividir los patrones de sustitución de especies en cuatro categorías principales: sustitución entre peces pelágicos, sustitución entre peces marinos, sustitución entre peces óseos y elasmobranquios, sustitución entre peces marinos y dulceacuícolas de acuicultura.

a) Pez pelágico sustituido por otro pez pelágico

Entre las especies con mayores niveles de sustitución, el marlin fue sustituido por tres especies de peces pelágicos (atún aleta amarilla, pejegallo, pez vela) (anexo 7).

b) Pez marino conocido sustituido por otro pez marino desconocido o conocido

El mero fue sustituido por pez fuerte, bagre bandera, blanquillo lucio y sardina crinuda. La sierra, por lisa blanca, palometa, chano, mojarra aletas amarillas y burrito corcovado. El huachinango, por bagre bandera, lengua y cadernal. El robalo, por corvina boquinaranja, corvina rayada, cobia y conejo amarillo. El pargo, por vieja mexicana, dormilona del Pacífico y corvina boquinaranja. El dorado, por pez espada, palometa, merluza y peto. La mojarra, por sargo rojo y cochito reina (anexo 7).

c) Tiburón sustituido por un pez marino que no es un elasmobranquio y pez óseo sustituido por un elasmobranquio

El cazón fue sustituido por dos especies de peces marinos, incluyendo la sierra y el pez vela (anexo 7).

El huachinango fue sustituido por la raya látigo y el marlin por el tiburón zorro en dos ocasiones, y en una ocasión por el tiburón sedoso (anexo 7).

d) Pez marino silvestre sustituido por un pez dulceacuícola de acuicultura; pez dulceacuícola de acuicultura sustituido por otro pez dulceacuícola de acuicultura; pez dulceacuícola de acuicultura sustituido por un pez marino

La tilapia fue utilizada para sustituir dorado, mero y robalo. La carpa plateada sustituyó al robalo y la sierra. La carpa herbívora sustituyó al mero y al cazón. La basa, al mero en cinco ocasiones distintas. El salmón del Atlántico, al atún en dos ocasiones (anexo 7).

La tilapia fue sustituida en dos ocasiones por la basa (anexo 7).

El dorado y el atún aleta amarilla fueron utilizados para sustituir al salmón (anexo 7).

Sustitución de especies: etiquetas, menús y comunicación verbal

Al analizar las tendencias de la sustitución de especies en el promedio de las tres ciudades y considerando el origen del nombre comercial del pescado (etiqueta, menú, comunicación verbal), observamos una tendencia en la cual el porcentaje de sustitución fue menor cuando la identificación del nombre comercial se realizó a partir de una etiqueta en un supermercado (17.7 %, tabla 6). La sustitución aumentó un poco cuando la identificación del nombre comercial se realizó empleando el menú en un restaurante (26.7 %), pero no fue significativamente distinta ($X^2 = 2.232, P = 0.135$). La sustitución aumentó significativamente cuando la identificación se realizó a partir de información verbal (hasta 40 %, tabla 6) y se comparó con la identificación con base en etiquetas ($X^2 = 12.120, P < 0.001$).

Tabla 6. Frecuencia de sustitución de especies en etiquetas, menús y comunicación verbal (entre paréntesis se muestra el número total de muestras para cada categoría dentro de cada ciudad)

	Mazatlán	%	CDMX	%	Cancún	%	Total México	%
Verbal	21 (58)	36.2	30 (64)	46.8	17 (48)	35.4	68 (170)	40.0
Etiqueta	2 (24)	7.4	9 (34)	24.3	3 (21)	13.6	14 (79)	17.7
Menú	14 (38)	36.8	12 (52)	23.0	8 (37)	21.6	34 (127)	26.7
Total	37 (120)	30.8	51 (150)	34.0	28 (106)	26.4	116 (376)	30.8

Comercio de especies en peligro

Entre las especies identificadas con los análisis genéticos se encontraron 13 especies amenazadas de acuerdo con la lista roja de la uicn (una en peligro crítico, tres en peligro y al menos ocho vulnerables) y ocho especies casi amenazadas (anexo 8). En total, las 21 especies amenazadas o casi amenazadas estuvieron representadas por un total de 43 muestras (11.2 % de las 383 muestras totales). Destacan dos especies de anguila, nueve de tiburones (cornuda o martillo común, zorro, sedoso, aleta de cartón, azul, cazón dientón, toro, cangüay y aleta negra) y nueve de peces (marlin azul/negro, boquinete, mero negrilla y mero extraviado, baqueta, huachinango del Golfo, conejo amarillo, cochito reina y lenguado limpio).

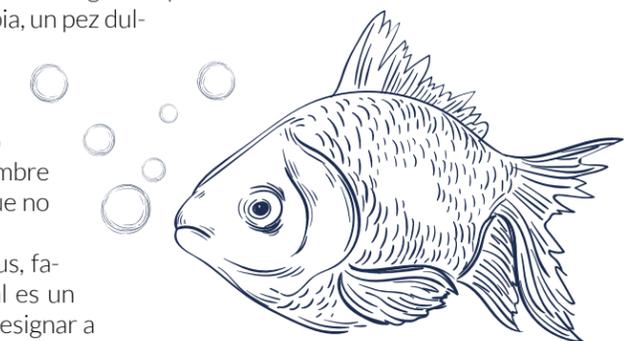
En el caso del conejo amarillo (clasificado en peligro), se encontró que hubo una sustitución de especies, pues fue vendido en una ocasión como robalo, mientras que el tiburón zorro (clasificado como vulnerable) fue vendido en dos ocasiones como marlin. El mero extraviado (clasificado como vulnerable), como huachinango en una ocasión. La baqueta (clasificada como vulnerable), como robalo en una ocasión. El cochito reina (clasificado como casi amenazado), como mojarra en una ocasión. No se encontraron especies amenazadas en México incluidas en la nom-059. Es importante mencionar que, aunque estas especies se consideran amenazadas o casi amenazadas por organismos internacionales como la uicn, su aprovechamiento en México no es ilegal.

Cabe mencionar que no se consideraron tres especies que, aunque se encuentran como especies amenazadas en la lista de la uicn en sus rangos geográficos nativos, son especies cuyas muestras analizadas provienen de acuicultura, incluyendo la carpa plateada (*Hypophthalmichthys molitrix*, casi amenazada), la basa (*Pangasianodon hypophthalmus*, casi amenazada) y la totoaba (*Totoaba macdonaldi*, en peligro crítico).

Casos en la zona gris de la sustitución de especies

Para algunas especies, determinar si existe o no sustitución es un caso un tanto arbitrario. Aunque no fueron consideradas como casos estrictamente de sustitución de especies, de acuerdo con los criterios utilizados en nuestros análisis, las siguientes especies se encuentran en una "zona gris" de lo que podría considerarse como sustitución de especies. Por ejemplo, nueve de las 14 muestras vendidas con el nombre comercial "mojarra" fueron identificadas como alguna especie del género *Oreochromis*, que corresponde a la tilapia, un pez dulceacuícola producido en granjas acuícolas. Aunque el nombre mojarra, por ejemplo, es utilizado para designar a más de 40 especies de peces óseos marinos de siete familias distintas, tan sólo en la costa del Pacífico de México, Fishbase menciona que "mojarra" es un nombre común para las especies de tilapia en México, por lo que no se consideró como un caso de sustitución de especies.

Otro caso similar es el del sargo rojo (*Pagrus pagrus*, familia Sparidae), que fue vendido como "pargo", el cual es un nombre comercial que generalmente se emplea para designar a



peces de alto valor comercial de la familia Lutjanidae. Sin embargo, la base de datos de peces comerciales de la Conabio menciona que el nombre “pargo” también es un nombre común para *Pagrus pagrus*.

Los casos anteriores nos indican que las estimaciones de sustitución de especies calculadas en el presente reporte pueden considerarse conservadoras y que, con criterios menos flexibles, los porcentajes de sustitución de especies encontrados podrían ser mayores a los aquí reportados.

Comercialización de productos de “pescado” sin identificar un nombre comercial

En siete ocasiones, todas en supermercados en las tres ciudades muestreadas, se identificaron productos que fueron comercializados simplemente como “pescado”, sin mencionar ningún nombre comercial en específico. Estos productos eran filetes, postas o figuritas de pescado. Aunque estas muestras no fueron incluidas en los cálculos de sustitución de especies, los análisis genéticos identificaron las siguientes especies en dichas muestras: merluza panameña (*Merluccius angustimanus*) y basa (*Pangasianodon hypophthalmus*), en Mazatlán; basa (*Pangasianodon hypophthalmus*), merluza norteña (*Merluccius productus*) y horqueta del Atlántico (*Chloroscombrus chrysurus*), en cdmx, y sardina crinuda (*Opisthonema libertate*) en Cancún.

CONCLUSIONES

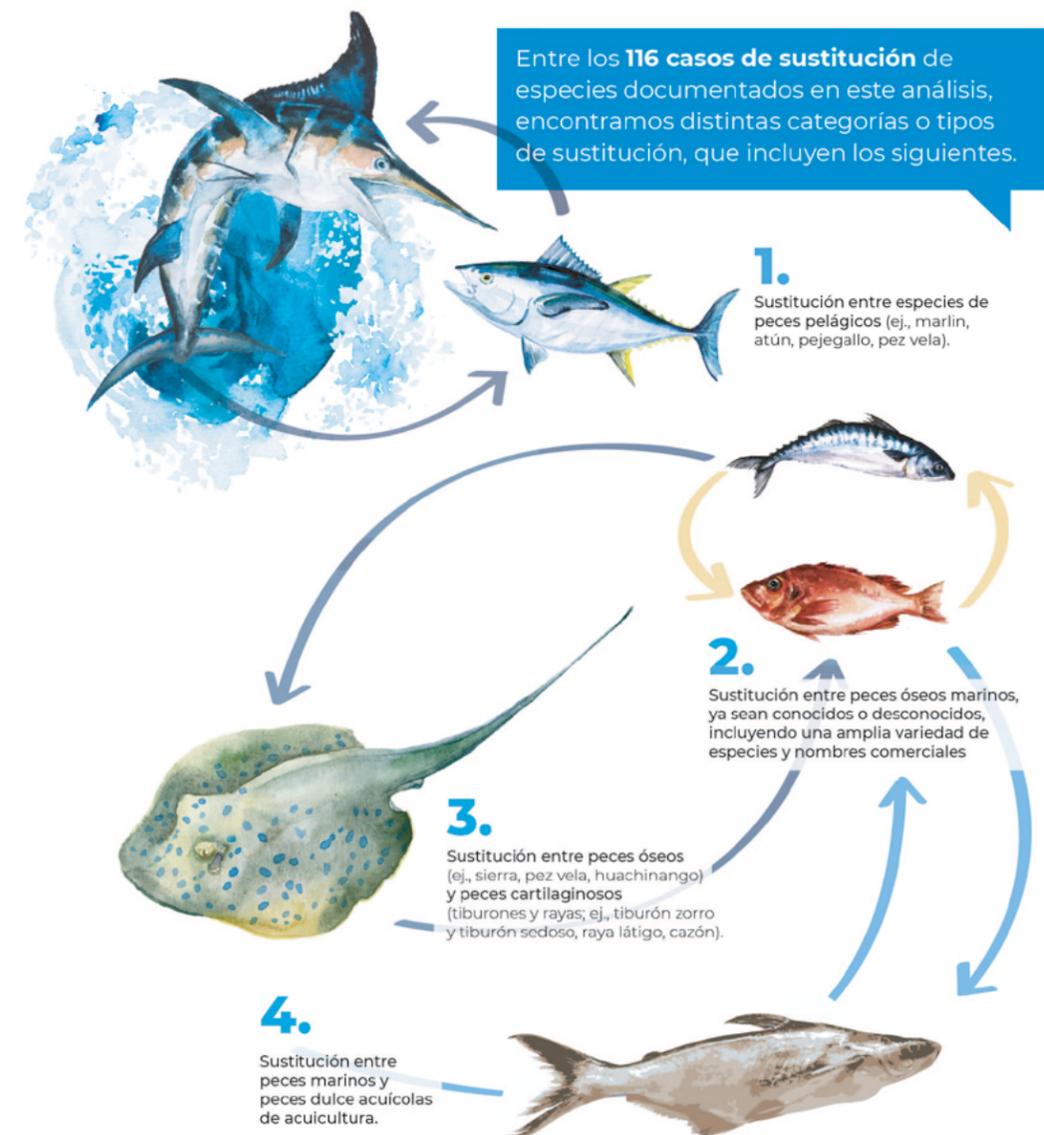
Los resultados del análisis de 383 muestras provenientes de tres ciudades de México (Mazatlán, cdmx y Cancún) sugieren que la sustitución de especies de pescado ocurre en promedio en una de cada tres muestras analizadas de pescaderías, restaurantes y supermercados del país. Comparativamente, los niveles de sustitución promedio en las muestras analizadas fueron menores en supermercados (17%), comparados con restaurantes y pescaderías (34 a 36%).

El muestreo realizado no estuvo enfocado en ninguna especie en particular, por lo que permitió documentar que la diversidad de especies de peces comercializada en las tres ciudades es alta, abarcando la costa del Pacífico (Mazatlán), la costa del Caribe (Cancún) y cdmx, con un registro de al menos 103 especies distintas de peces que fueron vendidas con 48 nombres comerciales.

Los niveles más altos de sustitución de especies (53 a 94 %) se encontraron en los nombres comerciales marlin, sierra, mero, huachinango, robalo y curvina. Los nombres comerciales con niveles intermedios de sustitución (33 a 40 %) fueron mojarra, dorado, cochito, lenguado, peto y trucha. Los niveles más bajos de sustitución de especies (0 a 11 %) se encontraron en los nombres comerciales tilapia, atún, salmón, basa, merluza, pez espada y dos nombres genéricos empleados para referirse a cualquier tiburón juvenil o de talla pequeña (cazón), y a cualquier pez plano miembro de los elasmobranquios (mantarraya).

Algunos nombres comerciales mostraron patrones similares en las tres ciudades muestreadas, tanto con bajos niveles de sustitución (ej. atún, salmón, basa)

como con altos niveles de sustitución (marlin). Otros nombres comerciales mostraron patrones contrastantes de sustitución entre ciudades, incluyendo dorado, mojarra, huachinango y pargo. Encontramos que los niveles de sustitución de especies en el promedio de las tres ciudades muestreadas fueron menores cuando la identificación del nombre comercial de la muestra se realizó con base en información escrita (etiqueta o menú en restaurante, respectivamente 18 a 27 % de sustitución), comparados con niveles de sustitución mayores cuando la identificación se realizó sólo con información verbal (sustitución de 40 %).



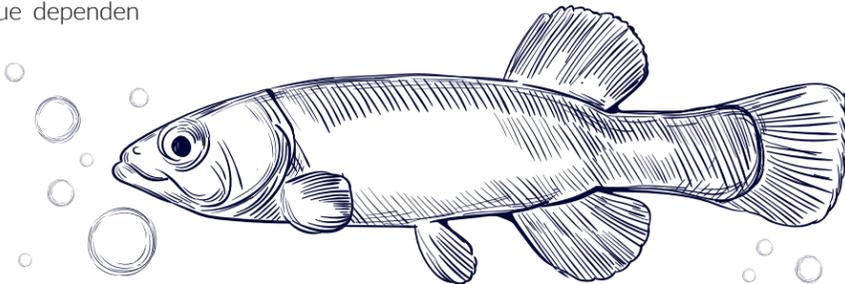
Registramos el comercio de 13 especies amenazadas y ocho casi amenazadas, de acuerdo con la lista roja de la uicn. Entre las especies amenazadas, registramos dos especies de anguilas, tiburón martillo común, pez conejo amarillo, atún aleta azul, tiburón zorro, tiburón sedoso, marlin azul/negro, tiburón aleta de cartón, mero extraviado, boquinete, baqueta y huachinango del Golfo. En al menos seis ocasiones, una especie amenazada fue utilizada para sustituir un nombre comercial de otra especie que no está amenazada.

RECOMENDACIONES

Los resultados que se presentan en este reporte son representativos de sólo tres ciudades (Mazatlán, cdmx y Cancún) y de los patrones de comercialización de pescado en ellas durante la temporada de muestreo (verano de 2018). Dado que, como el presente estudio lo indica, hay diferencias en la presencia de especies de pescado, nombres comerciales y patrones de sustitución de especies en distintas regiones de México, es necesario realizar estudios posteriores que permitan documentar los patrones de sustitución de especies en otros lugares del país y su variación a lo largo de las distintas temporadas del año.

Aunque el presente estudio sugiere que, en general, hay 30 % de sustitución en las especies de pescado en México, los análisis realizados no permiten distinguir cuáles son las causas detrás de la sustitución de especies, ni si dicha sustitución es accidental o intencional. Con la información obtenida, tampoco es posible determinar en qué punto de la cadena comercial ocurrió la sustitución de especies en las muestras. Por lo tanto, se recomienda realizar estudios que permitan distinguir las causas probables de la sustitución de especies (ej., ineficacia en la trazabilidad de la información, error humano, fraude económico, etc.), así como distinguir los puntos clave en las cadenas comerciales de pescado donde ocurre dicha sustitución de especies.

Los resultados sobre la frecuencia en la sustitución de especies en el comercio de pescados destacan la necesidad de garantizar el flujo de información sobre la identidad y el origen real de las especies a partir de la cadena comercial, y de establecer estándares en la trazabilidad de la información hasta el consumidor final. La transparencia en el flujo de información veraz sobre la identidad del pescado podría traducirse en un mejor manejo pesquero de las especies comercializadas para evitar su sobreexplotación, promover beneficios económicos para los productores y pescadores que dependen directamente de la venta de productos pesqueros, y permitir que el consumidor final pueda realizar decisiones informadas sobre lo que consume. Por otro lado, la flaqueza en la custodia de la información sobre



la cadena de comercialización del pescado, que permite que exista la sustitución de especies, abre las puertas para la comercialización de la pesca ilegal.

Finalmente, hay la necesidad de crear una lista oficial (ej., avalada por autoridades pesqueras en México) que relacione los nombres científicos de las especies con los nombres comerciales aceptados para cada una, con el fin de tener una lista de referencia única y actualizada que permita distinguir los casos de sustitución de especies, incluyendo si se trata de una especie marina silvestre o una de agua dulce que fue cultivada (ej., fda, The Seafood List: <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/fdcc/?set=seafoodlist>).

Datos detallados de cada muestra analizada

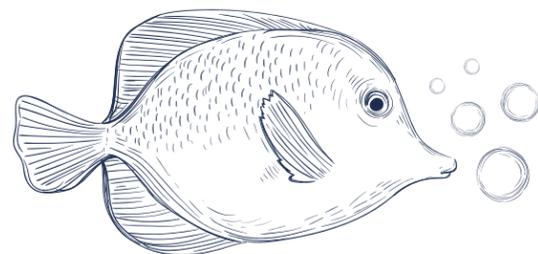
Los detalles de cada una de las 383 muestras analizadas e incluidas en este reporte pueden consultarse en el anexo 9.

https://gatoxliebre.org/wp-content/uploads/2019/03/Anexo_9-Base-de-Datos.xlsx

Anexo 1.

Lista de 48 nombres comerciales, su presencia en tres distintas ciudades de México y el número de muestras analizado (N). Siete muestras vendidas con el nombre comercial “pescado” no fueron incluidas en esta lista, la cual está ordenada por N, de mayor a menor.

Núm.	Nombre comercial	Ciudades en las que estuvo presente	N
1	Atún	3	58
2	Salmón	3	39
3	Cazón	3	32
4	Dorado	3	31
5	Marlin	3	18
6	Tilapia	3	18
7	Mero	2	15



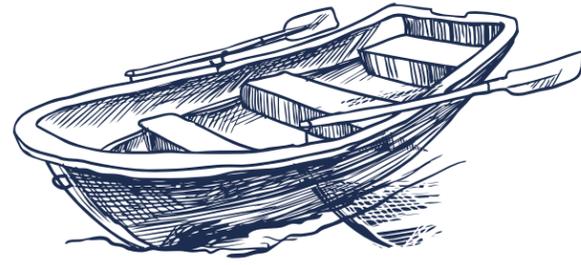
8	Robalo	2	15
9	Mojarra	3	15
10	Huachinango	3	13
11	Basa	3	12
12	Pargo	2	11
13	Sierra	2	9
14	Curvina	2	6
15	Cochito	1	6
16	Lenguado	3	6
17	Peto	1	6
18	Trucha	1	6
19	Mantarraya	3	6
20	Merluza	3	5
21	Pez espada	1	5
22	Esmedregal	2	4
23	Hamachi	3	3
24	Bacalao	1	3
25	Botete	1	3
26	Pez vela	2	3
27	Abadejo	1	2
28	Anguila	2	2
29	Boquinete	1	2
30	Lisa	2	2
31	Coronado	1	2
32	Jurel	1	2
33	Anchoa del Cantábrico	1	1
34	Black Cod	1	1
35	Garropa	1	1
36	Pajarito	1	1
37	Pámpano	1	1

38	Totoaba	1	1
39	Xcochin	1	1
40	Blanco de oriente	1	1
41	Charal	1	1
42	Lobina	1	1
43	Pescado blanco	1	1
44	Pez bobo	1	1
45	Pez volador	1	1
46	Sea bass	1	1
47	Tiburón azul	1	1
48	Tiburón guitarra	1	1
Total			376

Anexo 2.

Lista de 103 especies identificadas por métodos genéticos, número de muestras de cada especie (N), porcentaje de frecuencia respecto al total (383 muestras) y frecuencia acumulada. La lista está ordenada por N, de mayor a menor.

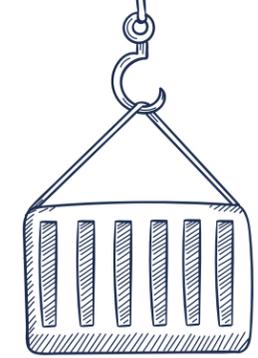
Núm.	Nombre científico	N	%	% acumulado
1	<i>Thunnus albacares</i>	64	16.7	16.7
2	<i>Salmo salar</i>	33	8.6	25.3
3	<i>Coryphaena hippurus</i>	30	7.8	33.2
4	<i>Oreochromis niloticus</i>	24	6.3	39.4
5	<i>Pangasianodon hypophthalmus</i>	23	6.0	45.4
6	<i>Centropomus undecimalis</i>	8	2.1	47.5
7	<i>Prionace glauca</i>	8	2.1	49.6
8	<i>Xiphias gladius</i>	8	2.1	51.7
9	<i>Carcharhinus falciformis</i>	7	1.8	53.5
10	<i>Dasyatis americana</i>	7	1.8	55.4
11	<i>Scomberomorus cavalla</i>	6	1.6	56.9
12	<i>Seriola rivoliana</i>	6	1.6	58.5



13	<i>Balistes polylepis</i>	5	1.3	59.8
14	<i>Oncorhynchus gorboscha</i>	5	1.3	61.1
15	<i>Pagrus pagrus</i>	5	1.3	62.4
16	<i>Rhizoprionodon terraenovae</i>	5	1.3	63.7
17	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	4	1.0	64.8
18	<i>Mustelus canis</i>	4	1.0	65.8
19	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	4	1.0	66.8
20	<i>Acanthocybium solandri</i>	3	0.8	67.6
21	<i>Anoplopoma fimbria</i>	3	0.8	68.4
22	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	3	0.8	69.2
23	<i>Lutjanus colorado</i>	3	0.8	70.0
24	<i>Lutjanus guttatus</i>	3	0.8	70.8
25	<i>Merluccius productus</i>	3	0.8	71.5
26	<i>Merluccius productus/Merluccius angustimanus</i>	3	0.8	72.3
27	<i>Oreochromis aureus</i>	3	0.8	73.1
28	<i>Peprilus snyderi/Peprilus paru</i>	3	0.8	73.9
29	<i>Seriola dumerili</i>	3	0.8	74.7
30	<i>Seriola quinqueradiata</i>	3	0.8	75.5
31	<i>Alopias pelagicus</i>	2	0.5	76.0
32	<i>Bagre marinus</i>	2	0.5	76.5
33	<i>Balistes vetula</i>	2	0.5	77.0
34	<i>Brotula clarkae</i>	2	0.5	77.5
35	<i>Carcharhinus leucas</i>	2	0.5	78.1
36	<i>Centropomus viridis</i>	2	0.5	78.6
37	<i>Cynoscion reticulatus</i>	2	0.5	79.1
38	<i>Cynoscion xanthulus</i>	2	0.5	79.6
39	<i>Gadus chalcogrammus</i>	2	0.5	80.2
40	<i>Hyporthodus flavolimbatus</i>	2	0.5	80.7
41	<i>Istiophorus platypterus</i>	2	0.5	81.2
42	<i>Lachnolaimus maximus</i>	2	0.5	81.7
43	<i>Lutjanus griseus</i>	2	0.5	82.2
44	<i>Mugil cephalus</i>	2	0.5	82.8
45	<i>Oncorhynchus keta</i>	2	0.5	83.3

46	<i>Opisthonema libertate</i>	2	0.5	83.8
47	<i>Oreochromis niloticus/Oreochromis mossambicus</i>	2	0.5	84.3
48	<i>Rachycentron canadum</i>	2	0.5	84.9
49	<i>Scomberomorus sierra</i>	2	0.5	85.4
50	<i>Sphyrna barracuda</i>	2	0.5	85.9
51	<i>Thunnus orientalis/Thunnus thynnus</i>	2	0.5	86.4
52	<i>Anchoa lyolepis</i>	1	0.3	86.7
53	<i>Anguilla anguilla</i>	1	0.3	86.9
54	<i>Anguilla rostrata</i>	1	0.3	87.2
55	<i>Bodianus diplotaenia</i>	1	0.3	87.5
56	<i>Carcharhinus acronotus</i>	1	0.3	87.7
57	<i>Carcharhinus brevipinna</i>	1	0.3	88.0
58	<i>Carcharhinus plumbeus</i>	1	0.3	88.3
59	<i>Caulolatilus microps</i>	1	0.3	88.5
60	<i>Cephalopholis fulva</i>	1	0.3	88.8
61	<i>Chanos chanos</i>	1	0.3	89.0
62	<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	1	0.3	89.3
63	<i>Cynoscion albus</i>	1	0.3	89.6
64	<i>Cynoscion parvipinnis</i>	1	0.3	89.8
65	<i>Dasyatis centroura/Dasyatis guttata</i>	1	0.3	90.1
66	<i>Diapterus brevirostris</i>	1	0.3	90.3
67	<i>Engraulis encrasicolus</i>	1	0.3	90.6
68	<i>Epinephelus guttatus</i>	1	0.3	90.9
69	<i>Gadus macrocephalus</i>	1	0.3	91.1
70	<i>Hemiramphus saltator</i>	1	0.3	91.4
71	<i>Hyporthodus acanthistius</i>	1	0.3	91.6
72	<i>Lobotes pacificus</i>	1	0.3	91.9
73	<i>Lopholatilus chamaeleonticeps</i>	1	0.3	92.2
74	<i>Lutjanus analis</i>	1	0.3	92.4
75	<i>Lutjanus campechanus</i>	1	0.3	92.7

72	<i>Lobotes pacificus</i>	1	0.3	91.9
73	<i>Lopholatilus chamaeleonticeps</i>	1	0.3	92.2
74	<i>Lutjanus analis</i>	1	0.3	92.4
75	<i>Lutjanus campechanus</i>	1	0.3	92.7
76	<i>Lutjanus novemfasciatus</i>	1	0.3	93.0
77	<i>Lutjanus purpureus/Lutjanus campechanus</i>	1	0.3	93.2
78	<i>Lutjanus vivanus</i>	1	0.3	93.5
79	<i>Makaira nigricans/Istiompax indica</i>	1	0.3	93.7
80	<i>Mallotus villosus</i>	1	0.3	94.0
81	<i>Merluccius angustimanus</i>	1	0.3	94.3
82	<i>Merluccius australis</i>	1	0.3	94.5
83	<i>Mugil curema</i>	1	0.3	94.8
84	<i>Mustelus californicus</i>	1	0.3	95.0
85	<i>Mustelus henlei</i>	1	0.3	95.3
86	<i>Mycteroperca bonaci</i>	1	0.3	95.6
87	<i>Nematistius pectoralis</i>	1	0.3	95.8
88	<i>Oreochromis aureus/Oreochromis niloticus</i>	1	0.3	96.1
89	<i>Oreochromis mossambicus</i>	1	0.3	96.3
90	<i>Orthopristis chalceus</i>	1	0.3	96.6
91	<i>Paralichthys californicus</i>	1	0.3	96.9
92	<i>Paralichthys lethostigma</i>	1	0.3	97.1
93	<i>Paranthias colonus</i>	1	0.3	97.4
94	<i>Pleuronectes platessa</i>	1	0.3	97.7
95	<i>Sciades seemanni</i>	1	0.3	97.9
96	<i>Sphoeroides annulatus</i>	1	0.3	98.2
97	<i>Sphoeroides lispus</i>	1	0.3	98.4
98	<i>Sphyrna ensis</i>	1	0.3	98.7
99	<i>Sphyrna lewini</i>	1	0.3	99.0
100	<i>Thunnus albacares/Thunnus tonggol</i>	1	0.3	99.2
101	<i>Totoaba macdonaldi</i>	1	0.3	99.5



102	<i>Trachinotus carolinus</i>	1	0.3	99.7
103	<i>Xystreurys liolepis</i>	1	0.3	100.0
Total		383		100.0

Anexo 3.

Frecuencia en la sustitución de especies en México (promedio de las tres ciudades muestreadas) para los 21 nombres comerciales con cinco o más muestras, indicando nombre comercial, número de muestras analizadas (N), número de muestras que fueron sustituidas por otra especie y porcentaje de sustitución de especies. La lista está ordenada por porcentaje de sustitución de especies, de mayor a menor.

Núm.	Nombre comercial	N	Frecuencia de sustitución de especies	% de sustitución de especies
1	Marlin	18	17	94.4
2	Sierra	9	8	88.9
3	Mero	15	13	86.7
4	Huachinango	13	7	53.8
5	Robalo	15	8	53.3
6	Curvina	6	3	50.0
7	Mojarra	15	6	40.0
8	Dorado	31	12	38.7
9	Pargo	11	4	36.4
10	Cochito	6	2	33.3
11	Lenguado	6	2	33.3
12	Peto	6	2	33.3
13	Trucha	6	2	33.3
14	Tilapia	18	2	11.1
15	Atún	58	6	10.3

16	Cazón	32	3	9.4
17	Salmón	39	2	5.1
18	Basa	12	0	0.0
19	Mantarraya	6	0	0.0
20	Merluza	5	0	0.0
21	Pez espada	5	0	0.0
Total		332	99	29.81

Anexo 4.

Frecuencia en la sustitución de especies en Mazatlán para los 23 nombres comerciales observados, indicando nombre comercial, número de muestras analizadas (N), número de muestras que fueron sustituidas por otra especie y porcentaje de sustitución de especies. La lista esta ordenada por N, de mayor a menor.

Mazatlán				
Núm.	Nombre comercial	N	Frecuencia de sustitución	% de sustitución
1	Atún	21	3	14.3
2	Dorado	19	3	15.8
3	Salmón	10	1	10.0
4	Cazón	8	2	25.0
5	Marlin	8	8	100.0
6	Pargo	8	4	50.0
7	Cochito	6	2	33.3
8	Sierra	6	6	100.0
9	Curvina	5	2	40.0
10	Pez espada	5	0	0.0
11	Tilapia	5	0	0.0
12	Botete	3	1	33.3
13	Robalo	3	2	66.7
14	Basa	2	0	0.0
15	Huachinango	2	0	0.0



16	Lenguado	2	1	50.0
17	Hamachi	1	0	0.0
18	Mantarraya	1	0	0.0
19	Merluza	1	0	0.0
20	Mojarra	1	0	0.0
21	Pajarito	1	0	0.0
22	Pez vela	1	1	100.0
23	Sea bass	1	1	100.0
Total		120	37	30.8

Anexo 5.

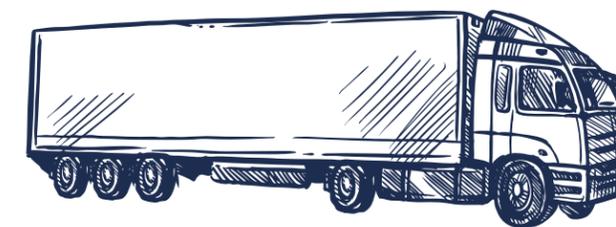
Frecuencia en la sustitución de especies en cdmx para los 37 nombres comerciales observados, indicando nombre comercial, número de muestras analizadas (N), número de muestras que fueron sustituidas por otra especie y porcentaje de sustitución de especies. La lista está ordenada por N, de mayor a menor.

CDMX				
Núm.	Nombre comercial	N	Frecuencia de sustitución	% de sustitución
1	Atún	19	2	10.5
2	Robalo	12	6	50.0
3	Salmón	12	0	0.0
4	Cazón	9	0	0.0
5	Huachinango	9	7	77.8
6	Mojarra	9	1	11.1
7	Dorado	7	6	85.7
8	Marlin	6	5	83.3
9	Peto	6	2	33.3
10	Trucha	6	2	33.3
11	Basa	5	0	0.0
12	Mero	5	5	100.0
13	Tilapia	5	0	0.0

14	Mantarraya	4	0	0.0
15	Bacalao	3	1	33.3
16	Esmedregal	3	1	33.3
17	Lenguado	3	1	33.3
18	Merluza	3	0	0.0
19	Sierra	3	2	66.7
20	Abadejo	2	0	0.0
21	Jurel	2	1	50.0
22	Pez vela	2	2	100.0
23	Anchoa del Cantábrico	1	0	0.0
24	Anguila	1	0	0.0
25	Black Cod	1	0	0.0
26	Blanco de	1	1	100.0
27	Charal	1	1	100.0
28	Garropa	1	0	0.0
29	Hamachi	1	0	0.0
30	Lisa	1	0	0.0
31	Lobina	1	1	100.0
32	Pámpano	1	0	0.0
33	Pez bobo	1	1	100.0
34	Pez volador	1	1	100.0
35	Tiburón azul	1	1	100.0
36	Tiburón guitarra	1	1	100.0
37	Totoaba	1	0	0.0
Total		150	51	34.0

Anexo 6.

Frecuencia en la sustitución de especies en Cancún para los 23 nombres comerciales observados, indicando nombre comercial, número de muestras analizadas (N), número de muestras que fueron sustituidas por otra especie y porcentaje de sustitución de especies. La lista está ordenada por N, de mayor a menor.



Cancún				
Núm.	Nombre comercial	N	Frecuencia de sustitución	% de sustitución
1	Atún	18	1	5.6
2	Salmón	17	1	5.9
3	Cazón	15	1	6.7
4	Mero	10	8	80.0
5	Tilapia	8	2	25.0
6	Basa	5	0	0.0
7	Dorado	5	3	60.0
8	Mojarra	5	5	100.0
9	Marlin	4	4	100.0
10	Pargo	3	0	0.0
11	Boquinete	2	0	0.0
12	Coronado	2	1	50.0
13	Huachinango	2	0	0.0
14	Anguila	1	0	0.0
15	Curvina	1	1	100.0
16	Esmedregal	1	0	0.0
17	Hamachi	1	0	0.0
18	Lenguado	1	0	0.0
19	Lisa	1	0	0.0
20	Mantarraya	1	0	0.0
21	Merluza	1	0	0.0
22	Pescado blanco	1	1	100.0
23	Xcochin	1	0	0.0
Total		106	28	26.4

Anexo 7.

Especies identificadas con los análisis genéticos que fueron empleadas para sustituir los 12 nombres comerciales más comunes en México, con un tamaño de muestra $N > 9$ y que presentaron algún nivel de sustitución de especies.



Nombre comercial	% de sustitución promedio de tres ciudades	Especies sustitutas
Marlin	94.4	12 atunes aleta amarilla (<i>Thunnus albacares</i>), 1 pez gallo (<i>Nematistius pectoralis</i>), 2 tiburones zorro (<i>Alopias pelagicus</i>), 1 pez vela (<i>Istiophorus platypterus</i>), 1 tiburón sedoso (<i>Carcharhinus falciformis</i>)
Sierra	88.9	1 lisa blanca (<i>Mugil curema</i>), 2 palometas (<i>Peprilus</i> sp.), 1 chano (<i>Chanos chanos</i>), 1 mojarra aleta amarilla (<i>Diapterus brevirostris</i>), 1 carpa plateada (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>), 1 carito o peto (<i>Scomberomorus cavalla</i>), 1 burrito corcovado (<i>Orthopristis chalceus</i>)
Mero	86.7	5 basas (<i>Pangasianodon hypophthalmus</i>), 1 pez fuerte (<i>Seriola rivoliana</i>), 1 robalo blanco (<i>Centropomus undecimalis</i>), 1 tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>), 1 carpa herbívora (<i>Ctenopharyngodon idella</i>), 1 bagre bandera (<i>Bagre marinus</i>), 1 blanquillo lucio (<i>Caulolatilus microps</i>), 1 cabrilla roja (<i>Cephalopholis fulva</i>), 1 sardina crinuda (<i>Opisthonema libertate</i>)
Huachinango	53.8	1 raya látigo blanca (<i>Dasyatis americana</i>), 1 pez fuerte (<i>Seriola rivoliana</i>), 1 mero aleta amarilla (<i>Hyporthodus flavolimbatus</i>), 1 bagre bandera (<i>Bagre marinus</i>), 1 lengua rosada (<i>Brotula clarkae</i>), 1 cadernal (<i>Paranthias colonus</i>), 1 dorado (<i>Coryphaena hippurus</i>),
Robalo	53.3	1 corvina boquinaranja (<i>Cynoscion xanthulus</i>), 1 corvina rayada (<i>Cynoscion reticulatus</i>), 2 carpas plateadas (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>), 1 cobia (<i>Rachycentron canadum</i>), 1 pargo colorado (<i>Lutjanus colorado</i>), 1 conejo amarillo (<i>Lopholatilus chamaeleonticeps</i>), 1 tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>), 1 baqueta (<i>Hyporthodus acanthistius</i>)
Mojarra	40.0	1 dorado (<i>Coryphaena hippurus</i>), 4 sargos rojos (<i>Pagrus pagrus</i>), 1 cochito reina (<i>Balistes vetula</i>),

Dorado	38.7	2 peces espada (<i>Xiphias gladius</i>), 1 palometa (<i>Peprilus</i> sp.), 1 tilapia (<i>Oreochromis aureus</i>), 1 robalo blanco (<i>Centropomus undecimalis</i>), 1 medregal coronado (<i>Seriola dumerili</i>), 1 pez fuerte (<i>Seriola rivoliana</i>), 3 petos (<i>Acanthocybium solandri</i>), 1 merluza (<i>Merluccius</i> sp.), 1 bacalao negro (<i>Anaplopoma fimbria</i>), 1 barracuda del Pacífico (<i>Sphyrna barracuda</i>)
Pargo	36.4	1 vieja mexicana (<i>Bodianus diplotaenia</i>), 1 dormilona del Pacífico (<i>Lobotes pacificus</i>), 1 corvina boquinaranja (<i>Cynoscion xanthulus</i>), 1 robalo plateado (<i>Centropomus viridis</i>)
Tilapia	11.1	2 basas (<i>Pangasianodon hypophthalmus</i>)
Atún	10.3	2 dorados (<i>Coryphaena hippurus</i>), 2 salmones del Atlántico (<i>Salmo salar</i>), 1 cochito (<i>Balistes polylepis</i>), 1 robalo blanco (<i>Centropomus undecimalis</i>),
Cazón	9.4	1 sierra (<i>Scomberomorus sierra</i>), 1 carpa herbívora (<i>Ctenopharyngodon idella</i>), 1 pez vela (<i>Istiophorus platypterus</i>)
Salmón	5.1	1 dorado (<i>Coryphaena hippurus</i>), 1 atún aleta amarilla (<i>Thunnus albacares</i>)

Anexo 8.

Lista de 21 especies identificadas mediante análisis genéticos y que se encuentran clasificadas como en peligro o casi en peligro de acuerdo con la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (uicn), indicando nombre científico de la especie, nombre común, nombre comercial con el cual fueron vendidas, si estuvieron o no involucradas en la sustitución de especies, clasificación de acuerdo con la lista roja de la uicn y número de muestras encontradas en cada ciudad y el total en México.

	Especie identificada con genética	Nombre común	Vendido como	Sustitución	Lista roja uicn	Frecuencia			
						Mazatlán	CDMX	Canacán	Total
1	<i>Anguilla anguilla</i>	Anguila europea	Anguila	No	IUCN Critically endangered		1		1
2	<i>Anguilla rostrata</i>	Anguila americana	Anguila	No	IUCN endangered			1	1
3	<i>Sphyrna lewini</i>	cornuda común	Cazón	No	IUCN endangered			1	1
4	<i>Lopholatilus chamaeleonticeps</i>	Conejo amarillo	Robalo	Sí	IUCN endangered		1		1

5	<i>Thunnus orientalis/Thunnus thynnus</i>	Atún aleta azul Pacífico/Atlántico	Atún	No	IUCN vulnerable/IUCN endangered	2			2
6	<i>Alopias pelagicus</i>	Tiburón zorro	Marlin	Sí	IUCN vulnerable	2			2
7	<i>Carcharhinus falciformis</i>	Tiburón sedoso	Cazón	No	IUCN vulnerable	2	4	1	7
8	<i>Makaira nigricans/Istiomphax indica</i>	Marlin azul/negro	Marlin	No	IUCN vulnerable/Data deficient		1		1
9	<i>Carcharhinus plumbeus</i>	Tiburón aleta de cartón	Cazón	No	IUCN vulnerable			1	1
10	<i>Lachnolaimus maximus</i>	Boquinete	Boquinete	No	IUCN vulnerable			2	2
11	<i>Hyporthodus flavolimbatus</i>	Mero extraviado	Garropa, huachinango	Sí	IUCN vulnerable	2			2
12	<i>Hyporthodus acanthistius</i>	Baqueta	Robalo	Sí	IUCN vulnerable	1			1
13	<i>Lutjanus campechanus</i>	Huachina ngo Golfo	Huachinango	No	UCN vulnerable	1			1
14	<i>Prionace glauca</i>	Tiburón azul	Cazón, pescado	No	IUCN Near Threatened	4	1	3	8
15	<i>Mustelus canis</i>	Cazón dientón	Cazón	No	IUCN Near Threatened			4	4
16	<i>Mycteroperca bonaci</i>	Mero negrilla	Mero	No	IUCN Near Threatened			1	1
17	<i>Carcharhinus leucas</i>	Tiburón toro	Cazón	No	IUCN Near Threatened	1	1		2
18	<i>Carcharhinus acronotus</i>	Tiburón cangüay	Cazón	No	IUCN Near Threatened	1			1
19	<i>Carcharhinus brevipinna</i>	Tiburón aleta negra	Cazón	No	IUCN Near Threatened	1			1
20	<i>Balistes vetula</i>	Cochito reina	Mojarra, xochin	Sí	IUCN Near Threatened			2	2
21	<i>Paralichthys lethostigma</i>	Lenguado limpio	Lenguado	No	IUCN Near Threatened		1		1
					Total	6	20	17	43
					Especies	2	14	10	21

REFERENCIAS

Carvalho, C. D., D. Guedes, M. G. Trindade, R. M. Sartori-Coelho y P. H. Lima-Araujo. 2017. "Nationwide Brazilian governmental forensic programme reveals seafood mislabelling trends and rates using DNA barcoding". *Fisheries Research* 191: 30-35.

Cox, Courtney E., Corbin D. Jones, John P. Wares, Karl D. Castillo, Melanie D. McField y John F. Bruno. 2013. "Genetic testing reveals some mislabeling but general compliance with a ban on herbivorous fish harvesting in Belize". *Conservation Letters* 6: 132-140.

Lambarri, Christian, Héctor Espinosa, Armando Martínez y Ariana Hernández. 2015. "Cods for sale. Do we know what we are buying?". *DNA Barcodes* 3: 27-29.

Marin, A., J. Serna, C. Robles, B. Ramírez, L. E. Reyes-Flores, E. Zelada-Mazmela, G. Sotil y R. Alfaro. 2018. "A glimpse into the genetic diversity of the Peruvian seafood sector: Unveiling species substitution, mislabeling and trade of threatened species". *PLoS one* 13:e0206596.

Miller, S. A., D. D. Dykes y H. F. Polesky. 1988. "A simple salting out procedure for extracting DNA from human nucleated cells". *Nucleic Acids Research* 16: 1215.

Nhu, T. T., T. Schaubroeck, P. J. G. Henriksson, R. Bosma, P. Sorgeloos y J. Dewulf. 2016. "Environmental impact of non-certified versus certified (ASC) intensive *Pangasius* aquaculture in Vietnam, a comparison based on a statistically supported LCA". *Environmental Pollution* 219: 156-165.

O'Bryhim, Jason R., E. C. M. Parsons y Stacey L. Lance. 2017. "Forensic species identification of elasmobranch products sold in Costa Rican markets". *Fisheries Research* 186: 144-150.

Pardo, M. A., E. Jiménez y B. Pérez-Villarreal. 2016. "Misdescription incidents in seafood sector". *Food Control* 62: 277-283.

Ramírez-Rodríguez, M. 2013. *Especies de interés pesquero en el Pacífico mexicano: nombres y claves para su registro*. La Paz, México: Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politecnico Nacional/Sagarpa/Conapesca.

Sala, Enric, Octavio Aburto-Oropeza, Miriam Reza, Gustavo Paredes y Luis G. López-Lemus. 2004. "Fishing down coastal food webs in the Gulf of California". *Fisheries* 29: 19-25.

Sarmiento-Camacho, S., y M. Valdez-Moreno. 2018. "DNA barcode identification of commercial fish sold in Mexican markets". *Genome* 61: 457-466.

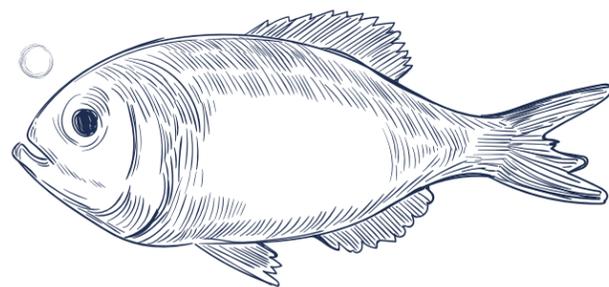
Sebastian, H., P. A. Haye y M. S. Shivji. 2008. "Characterization of the pelagic shark-fin trade in north-central Chile by genetic identification and trader surveys". *Journal of Fish Biology* 73: 2293-2304.

Staffen, Clisten Fátima, Mari Dalva Staffen, Mariana Londero Becker, Sara Emelie Löfgren, Yara Costa Netto Muniz, Renato Hajenius Aché de Freitas y Andrea Rita Marrero. 2017. "DNA barcoding reveals the mislabeling of fish in a popular tourist destination in Brazil". *PeerJ* 5:e4006.

Stawitz, C. C., M. C. Siple, S. H. Munsch, Q. Lee y SAFS Research Derby. 2017. "Financial and Ecological Implications of Global Seafood Mislabeling". *Conservation Letters* 10: 681-689.

Veneza, Ivana, Raimundo Silva, Leilane Freitas, Sâmia Silva, Kely Martins, Iracilda Sampaio, Horacio Schneider y Grazielle Gomes. 2018. "Molecular authentication of Pargo filets *Lutjanus purpureus* (Perciformes: Lutjanidae) by DNA barcoding reveals commercial fraud". *Neotropical Ichthyology* 16.

Ward, R. D., T. S. Zemlak, B. H. Innes, P. R. Last y P. Hebert. 2005. "DNA barcoding Australia's fish species". *Phil. Trans. R. Soc. B*: 1847-1857.





mx.oceana.org/es

Consulta el reporte completo en:
www.gatoxliebre.org

 @OceanaMexico

 @OceanaMexico

 **OCEANA** Protegiendo los
Océanos del Mundo