



**CONTENIDO DE METALES PESADOS
TÓXICOS, MACROCONSTITUYENTES,
MICROCONSTITUYENTES Y
ELEMENTOS TRAZA EN LA CABRILLA
Serranus cabrilla (Linnaeus 1758).**

**Contents of toxic heavy metal,
macroconstituent, microconstituent and
trace elements in comber**

***Serranus cabrilla* (Linnaeus 1758).**

**Icía Fernández-Echevarría Trujillo
Trabajo Fin de Grado en Biología**

Marzo de 2017

“Habladme del mar, los que marcháis cabalgando en cervatillos de espuma, y jugáis a enredar brisas con las gotas de cristal”

M^a Dolores Otero

Índice

Introducción	3
Elementos metálicos (metales pesados, macro y microconstituyentes y elementos traza) y contaminación.	3
Consecuencias en la salud.	4
La cabrilla <i>Serranus cabrilla</i> (Linnaeus, 1758).	7
Objetivo.	8
Material y métodos.	9
Preparación de las muestras.	9
Resultados	10
Datos biométricos.	10
Análisis estadístico.	11
Diferencias entre hígado y músculo.	11
Correlación entre elementos y longitud total.	12
Evaluación nutricional.	12
Discusión	14
Conclusiones	16
Agradecimientos.	18
Anexo	19
Bibliografía.	23

Resumen

Se ha realizado un estudio sobre el contenido de metales pesados tóxicos y esenciales en el tejido muscular e hígado de ejemplares de cabrilla rubia o cabrilla melera *Serranus cabrilla* (Linnaeus, 1758) de las costas canarias, utilizando metodología de Espectrometría de Emisión Atómica con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-OES). Las muestras comprendieron 20 ejemplares de tallas distintas, dentro de la comercial, adquiridos en una gran superficie en La Laguna. El hígado fue el órgano donde se determinaron los mayores niveles de cobre y cinc, probablemente relacionado a su rol en el metabolismo como órgano responsable de la desintoxicación. Los resultados del estudio indican que las concentraciones de metales pesados tóxicos en el tejido muscular están por debajo de los niveles máximos permitido para consumo humano y que el resto de los metales, tanto los elementos traza como los microconstituyentes y macroconstituyentes, suponen una buena aportación dietética en la IDR. Dada la biología de *Serranus cabrilla* y su papel como depredador, sería necesario ampliar el estudio para determinar la relación existente entre la talla y el factor de bioacumulación de estos metales dentro de la política de seguridad alimentaria

Palabras clave: *Serranus cabrilla*, cabrilla rubia, metales pesados, bioacumulación, Tenerife.

ABSTRACT

A study has been carried out on the content of toxic and essential heavy metals in the muscular and liver tissue of comber *Serranus cabrilla* (Linnaeus, 1758) caught in the Canarian coast, by using Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry methodology (ICP-OES). The samples included 20 specimens of different sizes, within the commercial ones, they were acquired in a commercial area in La Laguna. The liver is the organ where the highest levels of copper and zinc were found, which is likely related to the organ's role in the body's metabolism and detoxification. The results of the study indicate that the concentrations of heavy metals in muscle tissue are below the maximum levels allowed for human consumption, and that the remaining metals, as both trace elements, the microconstituents and macroconstituents, suppose a good dietary contribution to IDR. Knowing the biology of *Serranus cabrilla* and its role as predator, further research would be needed to determine the relationship between size and the risk of bioaccumulation of these metals accord with food security policies.

Key words: *Serranus cabrilla*, comber, heavy metals, bioaccumulation, Tenerife.

Introducción

Elementos metálicos (metales pesados, macro y microconstituyentes y elementos traza) y contaminación.

Los sistemas costeros y marinos son elementos integrales y esenciales de la tierra y se constituyen como áreas críticas para la seguridad alimentaria global y para el bienestar económico de las naciones, particularmente en los países en vías de desarrollo (Franco, 2012). Existe una creciente preocupación por la introducción directa o indirecta de desechos en el medio ambiente marino. En los últimos años, los ecosistemas marinos han sido contaminados por metales pesados que proceden de diversas fuentes antropomórficas como la industria de transformación, la agricultura, los residuos domésticos, la minería, así como otras fuentes de origen natural (Lozano *et al.* 2016). Cerca del 70% de la contaminación proviene de las actividades antropogénicas terrestres, en la cual los desechos domésticos, industriales y agrícolas son eliminados finalmente en las costas, generalmente mediante emisarios submarinos. Existen ejemplos de casos severos de envenenamiento resultantes de la descarga directa de aguas no tratadas, tales como el incidente de la bahía de Minamata en Japón, en el que grandes cantidades de metilmercurio tóxico, vertidos por la empresa Chisso ingresaron a la bahía, dando lugar a un envenenamiento progresivo de la población durante 80 años, que derivó en una enfermedad neurológica, la enfermedad de Minamata. Son diversos los informes que describen estos hechos, como los emitidos por Ministerio de Medio Ambiente Japonés (2013), o los estudios de Suárez (2014) y Gaioli (2012).

Se considera metal pesado, aquel elemento que tiene una densidad igual o superior a 5 g/cm^3 cuando está en forma elemental o cuyo número atómico es superior a 20 (excluyendo a los metales alcalinos y alcalinotérreos). Su presencia en la corteza terrestre es inferior al 0,1% y por lo general, menor a 0,01% (Gracia, 2010). El término ha sido extensamente utilizado para describir metales que son contaminantes medioambientales (Luoma & Rainbow, 2008). Sin embargo, son diversas las definiciones que se pueden encontrar, basándose estas en la densidad, el número atómico o peso atómico, y las propiedades químicas o de toxicidad. Éstos constituyen un riesgo serio para el medio ambiente, ya que son sustancias con una gran estabilidad química ante los procesos de biodegradación, por lo que los seres vivos son incapaces de metabolizarlos, generándose fenómenos de bioacumulación y un efecto multiplicador en la concentración del elemento en la red trófica (Mancera-Rodríguez *et al.*, 2006). Por otro lado, muchos metales pesados no tienen un rol importante conocido y son tóxicos inclusive en pequeñas cantidades (Durá *et al.*, 2004). La bioacumulación es la capacidad de una sustancia de ser concentrada en los organismos a niveles más elevados que los niveles medioambientales existentes, en función del tiempo (Viana, 2001). Por lo tanto, un elemento es bioacumulable cuando el organismo vivo es incapaz de eliminarlo de su metabolismo, de modo que los niveles más elevados se encuentran en los individuos de más edad, y por tanto, de mayor talla. La ventaja del estudio persistente de elementos en organismos es que reflejan los niveles de estos a lo largo de extensos periodos de tiempo. Además, la bioacumulación de elementos en tejidos de organismos puede ser útil para la evaluación de la transferencia trófica potencial de dichos elementos (Franco *et al.* 2012). De esta forma, se puede evaluar el impacto de los metales en el ecosistema marino. La acumulación de metales en plantas, así como en otros productores primarios, secundarios, y en los sedimentos no sólo tienen importancia en la estructuración de las comunidades de invertebrados asociadas, sino que a su vez, sugieren la transferencia trófica potencial de

dichos contaminantes (Marín *et al.* 2007). Es en este hecho donde radica la importancia de controlar los niveles de metales, puesto que afecta directamente a la industria pesquera, y por ende, a la población mundial.

Consecuencias en la salud.

Los metales forman un grupo de elementos no muy bien definido que muestran propiedades metálicas, e incluye principalmente metales de transición, algunos semimetales, lantánidos, y actínidos; y en conjunto constituyen menos del 1% de las rocas de la corteza terrestre (Durá *et al.*, 2004). Algunos de estos elementos son esenciales para el desarrollo saludable de los sistemas biológicos, cumpliendo funciones metabólicas importantes y siendo naturalmente requeridos en pequeñas cantidades; no obstante, cuando están presentes en exceso pueden provocar efectos adversos y tóxicos (Luoma & Rainbow, 2008). La toxicidad de los metales pesados está muy relacionada con sus formas químicas (Jaramillo, 2009), y se debe principalmente a la capacidad de estos elementos en interferir en reacciones enzimáticas, modificando la formación activa de biomoléculas, o afectando el rol metabólico normal de proteínas o moléculas (Durá *et al.*, *op cit*; Luoma & Rainbow, *op. cit*). Ciertos metales pesados, como cadmio, plomo y cromo, se acumulan en tejidos humanos, especialmente como riñón y pulmón, alterando sus funciones básicas y provocando efectos tóxicos como neumonía, disfunción renal y enfisemas (Mancera-Rodríguez, 2006). Para evaluar los niveles adecuados de metales y sus consecuencias en la salud, se utilizan parámetros propuestos por la OMS, como IDA (ingesta diaria admisible), IDR (ingesta diaria recomendada), PTWI (provisional tolerable weekly intake, o ingesta semanal tolerable provisional) y TWI (tolerable weekly intake, o ingesta semanal tolerable), utilizada para elementos cuyos efectos son menos conocidos. La IDA se puede definir como un índice capaz de medir el grado de peligrosidad de la ingesta de un aditivo alimentario. La definición más formal expresa que es la cantidad aproximada (en miligramos) de un aditivo presente en un alimento, expresada en relación con el peso corporal y que se puede ingerir a diario, durante toda la vida de una persona, sin que llegue a representar un riesgo apreciable para la salud. La IDR es un índice importante para una correcta nutrición, y se utiliza para elementos que son esenciales en una dieta saludable. Se define como la dosis mínima que se debe consumir de un nutriente para mantenerse sano. A continuación se describen algunas de las interacciones entre los distintos metales y el metabolismo humano.

- Plomo: Es un mineral naturalmente presente en el suelo, y es un metal tóxico ampliamente localizado. Tras una exposición prolongada, los principales puntos afectados por su toxicidad son el sistema hematopoyético y el sistema nervioso (Moncayo *et al.*, 2010). El plomo se excreta por el riñón, exponiéndolo a potenciales lesiones ya que altera las enzimas al unirse a los grupos disulfuro y desnaturalizar las proteínas cambiando su estructura terciaria. El daño renal es menos frecuente que el de la sangre o sistema nervioso, pero puede aparecer una nefritis tubulointersticial crónica o el síndrome de Fanconi que se caracteriza por glucosuria, aminoaciduria y fosfaturia (Cuadrado, 1995). La IDA es de 0,3 mg/kg/día (Gutiérrez, 2005), y, según la U.E. la CMA establecida es de 0,3mg/kg.

- Cadmio: Es un metal altamente tóxico y no esencial. Es obtenido como subproducto del tratamiento metalúrgico de zinc y plomo, que junto con otras actividades industriales tales como el uso de fertilizantes, galvanizantes, pigmentos y baterías de níquel-cadmio, constituyen importantes fuentes de contaminación ambiental (Moncayo *et al.*, 2010) La IDA es de 0,05 mg/kg/día, (Gutiérrez, 2005), que coincide con la establecida por la U.E.

- Hierro: El mayor interés del hierro como metal esencial es su papel en la formación de la hemoglobina de la sangre. También está presente en la proteína muscular (mioglobina) y es almacenado en órganos como el hígado. Si la dieta no aporta suficiente cantidad de hierro,

las reservas van siendo gradualmente movilizadas y, finalmente, puede aparecer la llamada anemia ferropénica (Cuadrado, 1995). Es un metal potencialmente tóxico en todas sus formas y por todas las rutas de exposición posibles, y su exceso produce diferentes patologías gastrointestinales, cardiovasculares y neurológicas fundamentadas en la paralización de la producción de ATP en aerobiosis o en incremento de la actividad de producción de anilina-hidroxilasa y de tirosina aminotransferasa. Las Ingestas Diarias Recomendadas (IDR) son de 9 y 18 mg/día para hombres y mujeres respectivamente (Gutiérrez, 2005).

- Manganeseo: El manganeseo es también un elemento esencial, cofactor en un gran número de reacciones enzimáticas, particularmente aquellas implicadas en la fosforilación y en la síntesis de colesterol y ácidos grasos. Está presente en todos los organismos vivos y la mayor proporción de la ingesta proviene de los alimentos. Grandes dosis desales de este metal causan irritación gastrointestinal. La intoxicación por manganeseo se produce por inhalación de dióxido de manganeseo, dando lugar a neumonía y afectando después al sistema nervioso central, con manifestaciones de desórdenes psiquiátricos, irritabilidad, dificultad motora, disturbios de velocidad y comportamiento compulsivo que incluye correr, luchar y cantar (Cuadrado, 1995). Es el elemento menos tóxico de los considerados en este estudio. La IDA es de 2,3 mg/día, (Gutiérrez, 2005).

- Zinc: El zinc es un nutriente cuya deficiencia tiene consecuencias muy severas para la salud al formar parte de un gran número de enzimas: es fundamental para el crecimiento, para mantener el sentido del gusto y, por tanto, el apetito y para facilitar la cicatrización de las heridas. La intoxicación por una excesiva ingestión dietética de zinc no es muy común, aunque se han descrito daño gastrointestinal, diarrea, etc., debido a la ingestión de bebidas enlatadas o al uso de recipientes galvanizados (Cuadrado, 1995). Es un elemento ampliamente distribuido en la naturaleza, pero en mínima representación (0,0125% de la corteza terrestre). El Zn es antagónico con Cd y con Hg, ya que en presencia de los dos últimos se reduce la toxicidad del primero. La IDA es de 9,5 y 7 mg/día para hombres y mujeres respectivamente (Gutiérrez, 2005).

- Cromo: Sus compuestos se encuentran entre los más tóxicos desde el punto de vista ambiental, provocando efectos carcinógenos y mutagénicos. El Cr trivalente es esencial, jugando un papel importante en el metabolismo de la glucosa, actuando como cofactor de la acción de la insulina, y su carencia se asocia a la instauración de la diabetes y a enfermedades cardiovasculares en la madurez. El Cr hexavalente produce incremento de cáncer de pulmón por su unión a los ácidos nucleicos, inhibición de la función respiratoria y daños en el ADN (Gutiérrez, 2005).

- Cobre: El acúmulo excesivo de cobre se ha relacionado con anomalías clínicas del sistema nervioso central, hígado o riñones (Cuadrado, 1995). Se trata de un oligoelemento que forma parte de numerosos sistemas enzimáticos. La IDA es de 1,1 mg/ día (Gutiérrez, 2005).

- Níquel: La incorporación del Ni de forma antropogénica se debe mayoritariamente a la minería, la fundición y refinado de los concentrados, la fabricación de las aleaciones y la industria del chapado, baterías de Ni-Cd, material electrónico, catalizadores, monedas, también en aguas residuales de industrias de tintes, bebidas no alcohólicas y helados (García, 2010). En trabajadores de las refinerías de níquel se han dado casos de cáncer en vías respiratorias y dermatitis (Cuadrado, 1995). La adquisición de Ni por vía oral se cifra en un 10% del total posible, siendo la respiratoria y dérmica las más importantes. La IDA es de 1540 µg/día (Gutiérrez, 2005).

- Aluminio: En Canarias se han encontrado niveles altos de ingestas medias de aluminio en adultos (10,2 mg/día para una persona de 60 kg ó 170 µg/kg de peso/día. Los efectos tóxicos del aluminio se muestran esencialmente en el sistema nervioso central (encefalopatía, trastornos psicomotores) y tejido óseo (Lozano, 2016). En 2011, el Comité de

Expertos en Aditivos Alimentarios de la EFSA (JECFA), estableció una ingesta tolerable (PTWI) de 10 mg/kg de peso/semana. (Gutiérrez, 2005).

- Bario: Se encuentra ampliamente distribuido en el planeta, y aún no se tiene registro de todas las funciones que puede tener. La IDA es de 14 mg/día (Gutiérrez, 2005).

- Boro: Al igual que el Ba, el B se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza.

- Calcio: El calcio es un nutriente esencial para el hombre siendo el mineral que se encuentra en mayor cantidad en el organismo. Es imprescindible en el mantenimiento del tejido óseo y fundamental para el crecimiento (Cuadrado, 1995). La ingesta de calcio diaria recomendada (IDA) es de 1200 mg de calcio por día para adultos y mujeres embarazadas. (Gutiérrez, 2005).

- Cobalto: Los efectos de la exposición ocupacional crónica a compuestos de cobalto están bien documentados, e incluyen irritación respiratoria, disminución de la función pulmonar, sibilancias, asma, neumonía y fibrosis (Cuadrado, 1995)

- Estroncio: Elemento ampliamente distribuido en la corteza y los océanos de la Tierra, liberándose a la atmósfera como resultado de procesos naturales. La EPA (Environmental Protection Agency) de los EE. UU. ha establecido una dosis de referencia para el estroncio de 17 mg/kg de peso/día. (Gutiérrez, 2005).

- Litio: El Li resulta tóxico para los humanos en dosis superiores a 15-20 mg/L en sangre, causando náuseas, ceguera, daños renales, coma y paro cardíaco. La EPA ha derivado una dosis de referencia provisional para la exposición subcrónica y crónica de litio de 2 µg/kg de peso/día. (Gutiérrez, 2005).

- Magnesio: El magnesio es un nutriente esencial cuya deficiencia causa irritabilidad neuromuscular, calcificación y daño cardíaco y renal. Es un cofactor de muchos enzimas y, aparentemente, está asociado con el fósforo en estas funciones. Su toxicidad queda reducida a la posible inhalación industrial, pues la intoxicación alimentaria o la debida a la administración de sales de magnesio vía oral es bastante rara (Cuadrado, 1995)

- Molibdeno: Es un metal esencial como cofactor enzimático. El metabolismo del molibdeno está muy estrechamente relacionado con el del cobre y el del azufre existiendo una interacción compleja, El cobre tiene efecto sobre la absorción del molibdeno y generalmente reduce los síntomas causados por su excesiva ingesta. Si el nivel de cobre es bajo, ingestas moderadas de molibdeno pueden causar efectos tóxicos, siendo potenciado por la presencia de azufre. Cuando el nivel de cobre es adecuado, se requieren grandes cantidades de molibdeno para producir molibdenosis. Por tanto, el principal problema en cuanto a la toxicidad del molibdeno es que actúa como antagonista del cobre (Cuadrado, 1995)

- Sodio: El sodio es un metal alcalino que se encuentra en la naturaleza y en los alimentos en conjunción con el cloro, principalmente. Es un nutriente esencial, por lo que es completamente necesario en la dieta. La ingestión de una dosis de 0,5 a 1 g de cloruro de sodio por kg de peso corporal, puede ser fatal para la mayoría personas. (Lozano, 2016). El Comité Científico de la Alimentación, estableció un rango aceptable de ingesta para adultos de 25 a 150 mmol/día (Gutiérrez, 2005).

- Potasio: Es un nutriente esencial, un metal alcalino, que abunda en la naturaleza en los elementos relacionados con el agua salada y otros minerales. Constituye del orden del 2,4 % en peso de la corteza terrestre siendo el séptimo más abundante. Debido a su solubilidad es muy difícil obtener el metal puro a partir de sus minerales. En el metabolismo humano participa en diversas funciones como la transmisión del impulso nervioso. La bomba de sodio es un mecanismo por el cual se consiguen las concentraciones requeridas de iones K^+ y Na^+ dentro y fuera de la célula, que posibilitan dicha transmisión. Además, el potasio está presente en los extremos de los cromosomas (telómeros) estabilizando la estructura (Cuadrado, 1995)

- Vanadio: El vanadio es un metal que se encuentra ampliamente distribuido en la corteza terrestre con una concentración media de 100 ppm, similar a la de zinc y del níquel.

En cuanto a la exposición oral, no hay estudios que relaten la muerte. Tampoco se encuentran efectos musculoesqueléticos ni alteraciones significativas en la presión arterial sistólica o diastólica. La americana ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry; o Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades) ha derivado un nivel para la exposición oral de duración intermedia al vanadio de 0,01 mg/kg de peso corporal/día (Gutiérrez, 2005).

La cabrilla *Serranus cabrilla* (Linnaeus, 1758).

Serranus cabrilla, es una de las especies comerciales, moderadamente explotadas en el Atlántico oriental y el Mediterráneo, que habita hasta una profundidad de 500 m, sobre rocas, lechos de *Posidonia*, arena y fondos lodosos (Ilhan *et al*, 2010). A pesar de su amplia distribución, esta especie es especialmente capturada por redes de arrastre y de trasmallo y tiene un valor comercial menor, por lo que el conocimiento de la biología de esta especie es incompleto y escaso.



Figura 1. Ejemplar de *Serranus cabrilla* (fot. Fernández-Echevarría)

Se trata de un pez de hasta 30 cm de longitud total, de cuerpo alargado y comprimido ligeramente, con una coloración típica inconfundible. Tiene el dorso rosado, atravesado por 7 a 9 bandas doradas de color marrón o anaranjado que se interrumpen a mitad del flanco, donde se forma una línea blanca longitudinal, bajo la cual reaparecen las bandas oscuras. El vientre es de color claro. En la cabeza se aprecian bandas anaranjadas longitudinales que alternan con bandas blancas, y en las aletas pueden aparecer pintas azuladas. La cabeza y ojos son relativamente grandes respecto al cuerpo. La boca es grande, con un maxilar marcado y una mandíbula inferior algo prominente. Presenta una única aleta dorsal con 10 radios duros, seguidos de unos 13-15 radios blandos, mientras que la aleta anal presenta 3 radios duros y 7-8 blandos. Las aletas pectorales, bien desarrolladas, carecen de radios duros. La aleta caudal está ligeramente ahorquillada, y el pedúnculo caudal muy marcado. Tanto el cuerpo como la cabeza se encuentran recubiertos de escamas ctenoideas, salvo el maxilar. Perteneciente a la familia Serranidae, como el mero o el abade, se trata de una especie muy voraz que se alimenta de crustáceos y otros invertebrados, así como larvas y pequeños peces, lo cual se puso de manifiesto durante la disección de los ejemplares estudiados al ver el contenido de sus estómagos. Es un depredador principalmente visual, de ahí el tamaño de sus ojos.

Como el resto de especies de su género, es un hermafrodita sincrónico que puede actuar indistintamente como macho y como hembra, tal y como han reportado autores como Ilhan (2010) o García-Díaz (1997) entre otros. La cabrilla rubia crece rápidamente en los primeros 3 años de su vida, alcanzando casi el 75% de la longitud de su cuerpo, y el inicio de

su madurez sexual ocurre cuando se alcanzan en torno a los 15 cm. Según las investigaciones de Ilhan (*op. cit.*) acerca de los aspectos de maduración sexual en la especie, mediante el análisis de los otolitos, la longevidad de los ejemplares depende de factores ecológicos como la disponibilidad de alimentos, depredación, competencia, etc., y en las actividades pesqueras de la zona, no obstante, se han llegado a reportar individuos de hasta 8 años de edad en las costas de Creta. García-Díaz (*op. cit.*) afirmó que la temporada de desove se produce de febrero a julio, con un mayor porcentaje, o pico, registrado en mayo. La gónada de *Serranus cabrilla* consiste en dos ovotestis dominados por el ovario, mientras que el testículo, en posición ventrolateral, está restringido a la región anterior, y la determinación de su estado de maduración se puede realizar a nivel histológico o macroscópico, siendo este último más inexacto.

Tabla 1: Estados de maduración en *Serranus cabrilla*. García (2008).

		Comparativa macroscópica	Comparativa histológica
ESTADO I	INMADURO	Gónada inmadura, ocupa menos de un tercio de cavidad abdominal. Ovario blanquecino y translúcido. El testículo irreconocible. Huevos invisibles a simple vista.	El ovario contiene oogonias. Los testículos están formados por Espermatogonias, no organizadas en túbulos. Ovario y testículo se encuentran unidos por tejido conectivo.
ESTADO II	EN DESARROLLO VIRGEN O EN RECUPERACIÓN	La gónada ocupa la mitad de la cavidad abdominal. El ovario tiene coloración blanquecina-amarillenta. El testículo no es reconocible. Huevos pueden ser visibles a simple vista.	El ovario comienza a adquirir lamelas ováricas. Los ovocitos presentan cromatina nucleolar y perinuclear. Los testículos se disponen en túbulos con espermatogonias, espermatoцитos y espermátidas
ESTADO III	DESARROLLO	La gónada ocupa dos tercios de la cavidad abdominal. Ovario amarillo rojizo de aspecto granular. El testículo, blanco y desarrollado, ocupa menos que la mitad de la longitud gonadal.	Ovario formado en lamelas ováricas con Ovocitos de la cromatina nucleolar a Etapa vitellogénica. Túbulos seminíferos Contienen todas las células espermatogénicas
ESTADO IV	MADURACIÓN	La gónada madura ocupa dos tercios de los abdominales cavidad. Ovario de blanco a rosa, con vasos sanguíneos superficiales. Huevos blancos o transparentes. Testículo muy desarrollado, que ocupa más de un tercio de longitud.	Ovario con ovocitos en todas las etapas. Testículos completamente maduros, tubulares con Espermatozoides que se acumulan en los conductos al lado de la pared gonadal.
ESTADO V	REGRESIÓN	La gónada flácida ocupa casi la mitad de cavidad abdominal; A veces con restos de huevos opacos y maduros en estado de desintegración, oscura o translúcida. Testículo difícil de reconocer a simple vista	Ovocitos en regresión y reabsorción. Aparecen ovocitos atresicos. El testículo en regresión. Las células aparecen fundidas, con forma de masa semicontinua.

Objetivo.

El objetivo principal de este estudio es verificar los niveles de metales pesados tóxicos, los macro y microconstituyentes y los elementos traza en la especie *Serranus cabrilla*, lo que nos permitirá una visión más amplia del estado del ecosistema en que habita la especie y de los efectos de su consumo en la dieta humana. Por otro lado, gracias a los análisis realizados, se puede observar la relación entre los niveles de elementos metálicos y distintos parámetros biométricos como el peso del pez, estado reproductivo, longitud, etc., poniendo de manifiesto procesos de biomagnificación derivados del nivel trófico que ocupa la cabrilla como depredador. Esto a su vez, permite hacer una idea del estado de concentración metálica de las especies que le sirven de alimento.

Material y métodos.

El análisis se realizó en 20 ejemplares de *Serranus cabrilla* adquiridos en una gran superficie comercial de La Laguna, bajo el nombre comercial de cabrilla, el día 20 de enero de 2017, procedentes de capturas de la Zona Atlántico NW. Los ejemplares se escogieron de forma aleatoria entre los disponibles para tener de todas las tallas posibles, y se procedió a congelarlos ese mismo día.

Preparación de las muestras.

Los ejemplares, una vez descongelados, fueron sometidos a una preparación previa a los análisis de metales pesados, consistente en una disección de los mismos, durante la que se determinó su sexo y estado de maduración y también se tomaron diferentes parámetros biométricos como la longitud total y estándar, el peso total, el diámetro ventral, la longitud cefálica, el peso de la gónada (en caso de poseerla desarrollada) y los pesos de las muestras a analizar, tanto de hígado como de músculo.



Figura 2. Imagen de la disección del ejemplar nº 9 (fot..Fernández-Echevarría).

Una vez homogeneizadas las muestras, se depositaron en una estufa durante 24 horas a una temperatura de $+70^{\circ}\text{C}$, para su desecación. Pasado este periodo se pesaron hasta obtener el peso seco constante y se obtuvieron los porcentajes de agua de los ejemplares y posteriormente se depositaron las muestras secas en pocillos de porcelana en un horno-mufla durante 48 horas, llegando a $+450^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$, hasta la obtención de cenizas blancas. En los casos en los que no se obtenían cenizas blancas, se eliminaron los restos de materia orgánica añadiendo HNO_3 65%, que se evaporó en campana de gases, y se reincineró otras 24 horas, para obtener cenizas blancas, es decir, sin restos de materia orgánica. Una vez obtenida solo la materia inorgánica (cenizas blancas) se procedió al pesado de estas, para obtener el porcentaje de materia inorgánica en relación con el peso en seco. Por último, se añadieron a las muestras 25 mL de una disolución de HNO_3 al 1,5% para prepararlas para la posterior lectura mediante un espectrómetro de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES).

Tras recibir los resultados de la analítica con ICP-OES, se procedió a su análisis estadístico y procesado utilizando el programa IBM SPSS Statistics v 23, y v 24. Los gráficos y tablas de datos, se desarrollaron inicialmente, con ayuda del programa Microsoft Excel v 2010.

Resultados

Datos biométricos.

Durante el muestreo de los ejemplares se realizó una recogida de datos biométricos, así como el estado de maduración de cada uno de los ejemplares en base a la Tabla 1, extraída de los estudios de García (2010).

Tabla 2: Datos biométricos.

Num	Fecha discación	Lt (mm)	Ls (mm)	Lc (mm)	Dv (mm)	Pt (g)	Pg (g)	E. maduración
1	02/02/2017	185	162	58	46	85,091	4,531	II
2	02/02/2017	191	166	54,9	48,3	90,954	4,872	III
3	02/02/2017	213	184	63,8	62,4	151,182	5,153	II
4	02/02/2017	195	170	57,2	51,1	103,331	4,931	III
5	02/02/2017	185	162	56,6	50,1	92,403	no dif.	I
6	02/02/2017	184	160	51,2	42,6	86,313	no dif.	I
7	05/02/2017	207	184	60,1	50	90,816	3,243	II
8	05/02/2017	185	160	51	47,3	88,48	3,538	II
9	05/02/2017	226	197	66,1	60,4	169,429	5,204	II
10	05/02/2017	212	184	53,1	54,2	132,61	7,194	III
11	05/02/2017	208	178	57,2	51	128,489	5,392	II
12	05/02/2017	184	161	49,4	47,1	89,225	3,419	II
13	05/02/2017	170	149	47	43	64,321	1,027	II
14	05/02/2017	201	178	60,1	54,3	125,693	6,321	III
15	08/02/2017	194	17	56	47,7	104,888	5,914	III
16	08/02/2017	215	187	61,1	58,2	139,053	9,59	III
17	08/02/2017	218	190	64,3	58,8	146,107	9,31	III
18	08/02/2017	214	185	61,5	50,4	125,397	6,15	III
19	08/02/2017	222	197	68,3	57,2	158,93	9,902	III
20	08/02/2017	213	186	60,1	51,5	122,069	6,817	III

(Lt: longitud total; Ls: longitud estándar; Lc: longitud cefálica; Dv: diámetro ventral; Pt: peso total; Pg: peso de la gónada; E. maduración: estado de maduración)

En base a estos datos se han calculado el índice gonadosomático (IGS) y el factor de condición (FC). El IGS se ha calculado como una relación entre el peso total de cada individuo y el peso de la gónada, y refleja el estado de maduración de los ejemplares. Como se puede observar en la Tabla 3, los ejemplares analizados se encuentran entre los estados III y II, salvo dos de ellos, que no presentaban gónada visible, por lo que se consideran inmaduros. El FC representa una medida del estado de salud del pez, en base a la relación entre el peso y la longitud. Ambos índices se han calculado en base a las ecuaciones:

$$IGS = \frac{P. \text{ gónada}}{P. \text{ total}} \times 100 \quad FC = \frac{P \cdot 100}{L^3}$$

Los datos reflejados por dichas ecuaciones se pueden observar en la tabla 3, que aparece a continuación.

Tabla 3: Cálculo de índices biométricos.

Num	Estado	IGS	F. condicion	Num	Estado	IGS	F. condicion
1	II	5325	0,0013	11	II	4196	0,0014
2	III	5356	0,0013	12	II	3832	0,0014
3	II	3408	0,0016	13	II	1597	0,0013
4	III	4772	0,0014	14	III	5029	0,0015
5	I	No df.	0,0015	15	III	5638	0,0014
6	I	No df.	0,0014	16	III	6897	0,0014
7	II	3571	0,0010	17	III	6372	0,0014
8	II	3999	0,0014	18	III	4904	0,0013
9	II	3071	0,0014	19	III	6230	0,0015
10	III	5425	0,0014	20	III	5584	0,0013

Análisis estadístico.

En las Tablas 4 y 5 (Anexo) se reflejan los valores de concentración de metales pesados obtenidos en los 20 ejemplares estudiados, en hígado y en músculo respectivamente, en mg/kg. Con estos datos se puede verificar que se cumplen los requisitos legales en cuanto a consumo humano establecidos por la U.E. en el Reglamento (CE) n° 1881/2006 de la Comisión, del 19 de diciembre de 2006.

Diferencias entre hígado y músculo.

En un primer momento se estudió si existían diferencias significativas entre los valores observados en tejido muscular e hígado. Para llevar a cabo los análisis estadísticos oportunos se han realizado una serie de pruebas previas que tienen como objetivo comprobar si los valores son normales y homogéneos, tomando como intervalo de confianza el 95% ($\alpha = 0,005$).

Tabla 8: Resumen de pruebas de hipótesis para los 18 casos de test no paramétricos.

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión		Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Al es la misma entre las categorías de TIPO.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,000 ¹	Rechazar la hipótesis nula.	10	La distribución de Li es la misma entre las categorías de TIPO.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,000 ¹	Rechazar la hipótesis nula.
2	La distribución de B es la misma entre las categorías de TIPO.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,000 ¹	Rechazar la hipótesis nula.	11	La distribución de Mn es la misma entre las categorías de TIPO.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,000 ¹	Rechazar la hipótesis nula.
3	La distribución de Ba es la misma entre las categorías de TIPO.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,000 ¹	Rechazar la hipótesis nula.	12	La distribución de Mo es la misma entre las categorías de TIPO.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,000 ¹	Rechazar la hipótesis nula.
4	La distribución de Ca es la misma entre las categorías de TIPO.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	529,000 ¹	Retener la hipótesis nula.	13	La distribución de Na es la misma entre las categorías de TIPO.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,000 ¹	Rechazar la hipótesis nula.
5	La distribución de Cd es la misma entre las categorías de TIPO.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,000 ¹	Rechazar la hipótesis nula.	14	La distribución de Ni es la misma entre las categorías de TIPO.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	1,000 ¹	Rechazar la hipótesis nula.
6	La distribución de Co es la misma entre las categorías de TIPO.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,000 ¹	Rechazar la hipótesis nula.	15	La distribución de Pb es la misma entre las categorías de TIPO.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,000 ¹	Rechazar la hipótesis nula.
7	La distribución de Cr es la misma entre las categorías de TIPO.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,000 ¹	Rechazar la hipótesis nula.	16	La distribución de Sr es la misma entre las categorías de TIPO.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,000 ¹	Rechazar la hipótesis nula.
8	La distribución de Cu es la misma entre las categorías de TIPO.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,000 ¹	Rechazar la hipótesis nula.	17	La distribución de V es la misma entre las categorías de TIPO.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,000 ¹	Rechazar la hipótesis nula.
9	La distribución de Fe es la misma entre las categorías de TIPO.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,000 ¹	Rechazar la hipótesis nula.	18	La distribución de Zn es la misma entre las categorías de TIPO.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,000 ¹	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

¹Se muestra la significación exacta para esta prueba.

Se aplicaron las pruebas de Shapiro-Wilk, y el test de Kolmogorov-Smirnov como pruebas de normalidad, y un estadístico de Levene para ratificar la homogeneidad de las

varianzas. En las Tablas 6 y 7 del anexo se reflejan los resultados en detalle, concluyendo que salvo para los casos de K y Mg los valores no son normales, por lo que se analizaron mediante tests no paramétricos, en concreto el U de Mann-Whitney. En el caso de los valores normales de K y Mg, se analizaron mediante una prueba de T-medias.

Tabla 9: Prueba de T-medias para los valores de K y Mg.

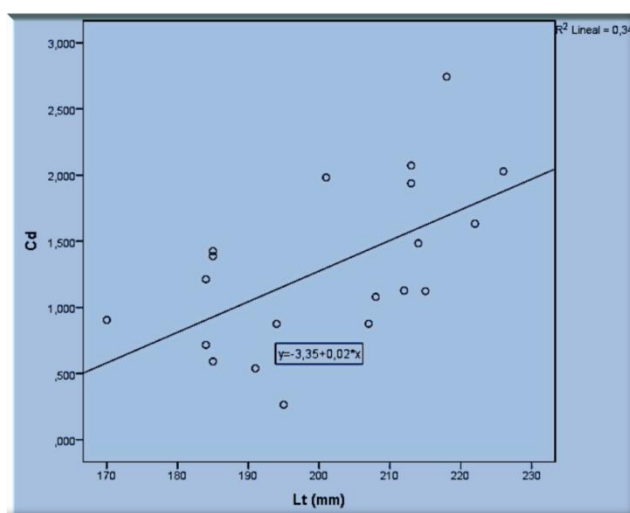
Prueba de muestras independientes										
	Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias							
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		
								Inferior	Superior	
K	Se asumen varianzas iguales	1,411	0,242	-6,204	38	0,000	-897,367245	144,638216	-1190,172006	-604,562485
	No se asumen varianzas iguales			-6,204	32,847	0,000	-897,367245	144,638216	-1191,688154	-603,046337
Mg	Se asumen varianzas iguales	1,015	0,320	-2,848	38	0,007	-44,834740	15,740390	-76,699492	-12,969987
	No se asumen varianzas iguales			-2,848	36,616	0,007	-44,834740	15,740390	-76,739086	-12,930393

Como se puede observar, existen diferencias significativas en los valores de los dos tejidos para todos los elementos estudiados salvo para el caso del Ca.

Correlación entre elementos y longitud total.

A continuación se procedió a realizar un estudio sobre la posible correlación entre la concentración de metales observada y factores biométricos, como la longitud total y el factor de condición, para estudiar posibles procesos de biomagnificación. Tal y como se refleja en las Tablas anexas 10 y 11, existe cierta correlación entre algunos de los metales, destacando el caso del Cd que presenta una correlación positiva con la longitud total del animal. Esta correlación queda reflejada en la gráfica siguiente. No obstante, como ya se ha comentado, en ningún caso se sobrepasaron los valores de CMA establecidos para dicho metal.

Gráfica 1: correlación entre Cd y Lt en hígado.



Evaluación nutricional.

Las ingestas diarias de pescado de la población canaria se sitúan en los 40 g/día para adultos de más de 25 años, tal y como se desprende de los resultados de la ENCA 98. Si tenemos en cuenta estos valores, así como los IDR y los IDA de los elementos analizados,

podremos realizar una valoración de la peligrosidad del consumo de este pescado. Los cálculos se han realizado tomando como referencia a una persona de 70 kg de peso.

Tabla 12: Consumo necesario de cabrilla para alcanzar los valores IDR/IDA.

	IDR/IDA (mg/día)	Aporte Cabrilla (mg/kg consumido)	Consumo necesario (kg/día)
Tóxicos			
Al	10,2	4,247	2,402
Pb	17,5	0,050	347,807
Cd	25	0,009	2710,495
Nutrientes y elementos traza			
Na	112000	868,492	128,959
K	217000	2510,418	86,440
Ca	84000	564,204	148,882
Mg	24500	281,891	86,913
Cu	84	0,632	132,934
Fe (Mujeres)	1260	4,312	292,189
Fe (Hombres)	700	4,312	162,327
Mn	126	0,145	867,452
B	11,9	0,105	113,474
Ba	14	0,402	34,859
Sr	17,5	1,779	9,836
Zn	1050	2,727	385,100

Como se puede apreciar en la Tabla, se necesita un consumo excesivamente elevado e imposible para que los elementos tóxicos lleguen a niveles peligrosos. Se sabe que el Ba, Sr y Zn pueden resultar tóxicos a concentraciones superiores a las necesarias, pero tampoco es posible llegar a dichas concentraciones. En cuanto a los datos que aparecen para los nutrientes, llevan a la conclusión de que este pescado es una especie con cierto carácter nutritivo, adecuado para dietas equilibradas.

Discusión.

No se han encontrado en la bibliografía consultada estudios previos de la concentración de metales en la especie estudiada. En este estudio hemos realizado comparaciones entre el tejido muscular y el hígado con el fin de observar la acción de este último como órgano filtrador. Esto queda reflejado en los datos al observar los resultados de los elementos analizados, que son mayores para el hígado que para el músculo, salvo en los casos del Ca (similar en ambos tejidos), o del K y el Mg, que presentan mayor concentración en el músculo. Que el Ca presente concentraciones similares en ambos tejidos entra dentro de lo esperable, ya que es un elemento utilizado en multitud de procesos, que incluyen la señalización, la contracción muscular, etc. El K y el Mg, por su parte, son elementos muy abundantes en el tejido muscular debido a la función que ambos tienen en el tono muscular. También se ha realizado una comparación entre los niveles de metales detectados y longitud total y factor de condición, obteniendo como resultado la existencia de diferencias significativas en la concentración de Cd en los ejemplares de mayor longitud. Esto puede explicarse por la existencia de procesos de biomagnificación derivados del nivel trófico que ocupa la especie.

Los metales que obtuvieron más concentración en el músculo fueron K, Na, Ca, Mg y Al. En el músculo, las concentraciones de metales pesados no superaron los de la normativa legal establecida por la U.E, pero si algunas de las recomendaciones de la ESFA en lo referente al Al. Recordemos que el aluminio, según la ESFA, tiene establecido un margen recomendado de 10mg/ kg/semana, es decir, 1,43mg/kg/día, por lo que sobrepasaría dicha recomendación. No obstante, según se ha observado en la evaluación de la dieta, para una persona de 70Kg sería necesario consumir unos 2 kg de músculo de este pescado, por lo que no presenta una peligrosidad inmediata. Sin embargo, sería necesario realizar más estudios sobre este metal en concreto y establecer una CMA a nivel legal, dado los niveles de este metal que se están registrando en diversas especies.

Tabla 13: Medias de concentración en (mg/kg).

	Hígado	Músculo
Al	15,878	4,438
B	0,791	0,138
Ba	1,280	0,456
Ca	486,771	562,165
Cd	1,260	0,107
Co	0,039	0,010
Cr	0,163	0,089
Cu	2,543	0,736
Fe	57,284	7,026
K	1603,914	2475,953
Li	2,786	1,201
Mg	234,377	282,180
Mn	0,578	0,173
Mo	0,085	0,014
Na	1460,205	909,334
Ni	0,343	0,144
Pb	0,122	0,054
Sr	3,706	1,961
V	0,729	0,214
Zn	15,456	3,729

El Al actualmente es uno de los metales más usados por la humanidad y es detectable en prácticamente todas las fases del medio ambiente y los sistemas biológicos. Los niveles medio-ambientales de Al se han ido incrementando a lo largo de los últimos años por lo que es necesaria su vigilancia. El aluminio puede entrar en el cuerpo a través de la absorción intestinal por medio de la ingestión; a los pulmones ingresa a través de la inhalación y en la piel por adsorción. Una vez ha ingresado al organismo es transportado por medio del sistema circulatorio a todos los órganos y tejidos. Se cree que dicho metal puede estar relacionado con el Alzheimer y otras enfermedades, y es por ello que este metal debe seguir un monitoreo constante debido a su alta toxicidad. Por otro lado, con estos datos se puede afirmar que tanto Pb como Cd, metales identificados como tóxicos y regulados por la U.E., no superan los valores CMA indicados.

En el caso del hígado, los niveles de metales observados son bastante superiores a los que se aprecian en el músculo (Tabla 13), y superan en muchos casos los límites establecidos, tanto legales como recomendados. Sin embargo, siempre que esta especie se consuma eviscerada, tal y como es tradición, no resulta peligrosa para la salud. Los elementos cuyas concentraciones son más elevadas en el hígado son Na, K, Ca, Mg y Fe.

En el estudio de Pezo *et al* (1994) se hace referencia al contenido de metales pesados en especies ícticas de consumo humano de la zona de la amazonía peruana, centrándose en 26 especies de diferentes niveles tróficos y encontrando valores mayores en los peces carnívoros. En nuestro estudio hemos obtenido un rango de concentración acorde con el nicho ecológico que ocupa la especie, de carácter voraz, lo que concuerda con estos datos. Sin embargo, en los estudios de Marín Guirao (2007) en especies del Mar Menor y zona mediterránea, aparecen valores mayores de varios metales, como Zn con valores de 8,88 mg/kg, que los detectados en el presente estudio a razón de 3,72 mg/kg, lo que nos lleva a pensar que la contaminación en zonas de Canarias es menor que en la zona mediterránea. Los datos parecen concordar con el elevado tráfico naval existente en aguas mediterráneas, así como el carácter más cerrado de dicho mar frente al del Atlántico. Los cefalópodos y crustáceos constituyen una importante fuente de nutrientes para los depredadores como la cabrilla, por lo que estudiando la concentración presente en estos depredadores, podemos extraer cierta información sobre el estado de sus presas.

Conclusiones.

1. Los niveles de metales en músculo se encuentran dentro de lo establecido en el marco legal de la U.E., pero sobrepasan algunos de los valores de IDA en el caso del hígado.
2. El hígado acumula niveles más elevados que el músculo, lo que pone de manifiesto la capacidad filtradora de este órgano.
3. Existe cierta correlación entre los valores de Cd observados en el hígado y el tamaño del animal. A mayor tamaño de éste se observan valores más elevados del metal. No obstante, serían necesarios más estudios sobre esta y otras especies, con un tamaño muestral más elevado y en diferentes épocas reproductivas para corroborar dicha afirmación.
4. El estudio del aporte a las ingestas dietéticas de referencia por la ingestión de la especie estudiada, dio como resultado que no hay ningún riesgo tóxico en la ingesta, siempre que el consumo de la misma se realice de forma eviscerada. No obstante, hay que estudiar en el tiempo los valores del metal tóxico Al con el fin de comprobar que no aumente su concentración.
5. Los metales que están más próximos a su IDA (Ingesta Diaria Admisible) son Al y Sr, por lo que alimentación mediante estos peces no nos aporta un valor nutricional especialmente bueno en macroelementos, microelementos y elementos traza. El aporte de Ca, Fe, y otros nutrientes convierte a este pescado en una opción, aunque escasa en nutrientes, para complementar la dieta de los canarios.

Conclusions.

1. The levels of metals in muscle are within the established in the legal framework of the U.E., but they surpass some of the values of IDA in the case of the liver.
2. The liver accumulates higher levels than the muscle, which demonstrates the filtering capacity of this organ.
3. There is some correlation between the Cd values observed in the liver and the size of the animal. However, to corroborate this claim, would be necessary more studies on this and other species, with a higher sample size and at different reproductive periods.
4. The study of the contribution to dietary reference intakes of heavy metals, by ingestion of the species studied, resulted in that there is no toxic risk in the intake, provided that the consumption of the same is realized in an eviscerated form. However, the values of the toxic metal Al must be studied over time in order to verify that it does not increase its concentration.

5. The metals that are closest to their IDA (Ingesta diaria admisible) are Al and Sr, so feeding them with these fish does not give us an especially good nutritional value in macroelements, microelements and trace elements. The contribution of Ca, Fe and other nutrients makes this fish an option, low in nutrients, to complement the diet of the canarian population.

Agradecimientos.

En la realización de este trabajo han participado muchas personas, de manera directa o indirecta, pero quiero dar las gracias en especial a algunas de ellas en este apartado, ya que considero que, sin su ayuda, nada de esto podría haberse realizado.

A mis tutores, los Profesores Gonzalo Lozano Soldevilla (Área de Zoología del Dpto. de Biología Animal y Edafología y Geología de la Universidad de La Laguna) y Ángel José Gutiérrez Fernández (Área de Toxicología del Dpto. de Obstetricia y Ginecología, Pediatría, Medicina Preventiva y Salud Pública, Toxicología, Medicina Legal y Forense y Parasitología de la Universidad de La Laguna); y a Enrique Lozano Bilbao, alumno de doctorado de Biología, por darme la oportunidad de retarme a mí misma y por toda la ayuda que me han proporcionado.

A mis padres, por su apoyo y su paciencia, por enseñarme que el trabajo duro da sus frutos, y que nunca hay que rendirse.

A Sergio, mi marido, mi mayor fan y mi mayor crítico, porque nunca ha perdido la fe en mí, y sé que nunca la perderá.

A mi abuelo, que me inculcó desde pequeña el amor por las cosas vivas, y sé que esté donde esté, hoy sonrío feliz.

Tabla 6: Pruebas de normalidad de los valores.

Pruebas de normalidad							
TIPO	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
Al	HÍGADO	0,215	20	0,016	0,817	20	0,002
	MÚSCULO	0,193	20	0,049	0,83	20	0,003
B	HÍGADO	0,256	20	0,001	0,827	20	0,002
	MÚSCULO	0,178	20	0,096	0,898	20	0,037
Ba	HÍGADO	0,162	20	0,176	0,879	20	0,017
	MÚSCULO	0,235	20	0,005	0,904	20	0,049
Ca	HÍGADO	0,306	20	0	0,624	20	0
	MÚSCULO	0,254	20	0,002	0,685	20	0
Cd	HÍGADO	0,109	20	,200*	0,969	20	0,736
	MÚSCULO	0,23	20	0,007	0,85	20	0,005
Co	HÍGADO	0,134	20	,200*	0,926	20	0,13
	MÚSCULO	0,226	20	0,009	0,865	20	0,009
Cr	HÍGADO	0,151	20	,200*	0,91	20	0,063
	MÚSCULO	0,19	20	0,057	0,927	20	0,137
Cu	HÍGADO	0,129	20	,200*	0,961	20	0,572
	MÚSCULO	0,152	20	,200*	0,919	20	0,093
Fe	HÍGADO	0,212	20	0,018	0,874	20	0,014
	MÚSCULO	0,295	20	0	0,717	20	0
K	HÍGADO	0,169	20	0,137	0,914	20	0,076
	MÚSCULO	0,138	20	,200*	0,951	20	0,382
Li	HÍGADO	0,221	20	0,011	0,806	20	0,001
	MÚSCULO	0,241	20	0,003	0,711	20	0
Mg	HÍGADO	0,102	20	,200*	0,981	20	0,943
	MÚSCULO	0,191	20	0,055	0,936	20	0,202
Mn	HÍGADO	0,135	20	,200*	0,916	20	0,082
	MÚSCULO	0,401	20	0	0,352	20	0
Mo	HÍGADO	0,156	20	,200*	0,909	20	0,061
	MÚSCULO	0,306	20	0	0,791	20	0,001
Na	HÍGADO	0,138	20	,200*	0,967	20	0,69
	MÚSCULO	0,174	20	0,113	0,961	20	0,56
Ni	HÍGADO	0,167	20	0,144	0,894	20	0,032
	MÚSCULO	0,177	20	0,101	0,862	20	0,008
Pb	HÍGADO	0,126	20	,200*	0,969	20	0,724
	MÚSCULO	0,183	20	0,079	0,883	20	0,02
Sr	HÍGADO	0,287	20	0	0,707	20	0
	MÚSCULO	0,242	20	0,003	0,708	20	0
V	HÍGADO	0,145	20	,200*	0,922	20	0,108
	MÚSCULO	0,137	20	,200*	0,952	20	0,406
Zn	HÍGADO	0,13	20	,200*	0,969	20	0,735
	MÚSCULO	0,101	20	,200*	0,979	20	0,916

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Tabla 7: homogeneidad de las varianzas.

Prueba de homogeneidad de varianza					
		Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
Al	Se basa en la media	15,167	1	38	0,000
	Se basa en la mediana	10,485	1	38	0,002
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	10,485	1	20,264	0,004
	Se basa en la media recortada	12,998	1	38	0,001
B	Se basa en la media	6,513	1	38	0,015
	Se basa en la mediana	6,657	1	38	0,014
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	6,657	1	19,952	0,018
	Se basa en la media recortada	6,512	1	38	0,015
Ba	Se basa en la media	12,388	1	38	0,001
	Se basa en la mediana	8,589	1	38	0,006
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	8,589	1	21,277	0,008
	Se basa en la media recortada	10,463	1	38	0,003
Ca	Se basa en la media	0,428	1	38	0,517
	Se basa en la mediana	0,303	1	38	0,586
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0,303	1	37,306	0,586
	Se basa en la media recortada	0,432	1	38	0,515
Cd	Se basa en la media	38,865	1	38	0,000
	Se basa en la mediana	30,938	1	38	0,000
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	30,938	1	19,004	0,000
	Se basa en la media recortada	37,647	1	38	0,000
Co	Se basa en la media	42,179	1	38	0,000
	Se basa en la mediana	42,551	1	38	0,000
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	42,551	1	19,518	0,000
	Se basa en la media recortada	42,171	1	38	0,000
Cr	Se basa en la media	7,609	1	38	0,009
	Se basa en la mediana	7,130	1	38	0,011
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	7,130	1	36,690	0,011
	Se basa en la media recortada	7,494	1	38	0,009
Cu	Se basa en la media	12,686	1	38	0,001
	Se basa en la mediana	11,928	1	38	0,001
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	11,928	1	22,036	0,002
	Se basa en la media recortada	12,395	1	38	0,001
Fe	Se basa en la media	13,284	1	38	0,001
	Se basa en la mediana	10,760	1	38	0,002
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	10,760	1	19,765	0,004
	Se basa en la media recortada	12,141	1	38	0,001
K	Se basa en la media	1,411	1	38	0,242
	Se basa en la mediana	1,039	1	38	0,314
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,039	1	31,067	0,316
	Se basa en la media recortada	1,622	1	38	0,211
Li	Se basa en la media	6,144	1	38	0,018
	Se basa en la mediana	3,976	1	38	0,053
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	3,976	1	25,698	0,057
	Se basa en la media recortada	5,515	1	38	0,024
Mg	Se basa en la media	1,015	1	38	0,320
	Se basa en la mediana	0,918	1	38	0,344
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0,918	1	37,711	0,344
	Se basa en la media recortada	1,011	1	38	0,321
Mn	Se basa en la media	1,382	1	38	0,247
	Se basa en la mediana	2,449	1	38	0,126
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	2,449	1	27,224	0,129
	Se basa en la media recortada	2,418	1	38	0,128

Mo	Se basa en la media	28,821	1	38	0,000
	Se basa en la mediana	23,143	1	38	0,000
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	23,143	1	19,547	0,000
	Se basa en la media recortada	27,043	1	38	0,000
Na	Se basa en la media	9,843	1	38	0,003
	Se basa en la mediana	10,116	1	38	0,003
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	10,116	1	22,897	0,004
	Se basa en la media recortada	9,883	1	38	0,003
Ni	Se basa en la media	11,898	1	38	0,001
	Se basa en la mediana	9,572	1	38	0,004
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	9,572	1	29,212	0,004
	Se basa en la media recortada	11,617	1	38	0,002
Pb	Se basa en la media	15,567	1	38	0,000
	Se basa en la mediana	14,148	1	38	0,001
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	14,148	1	22,875	0,001
	Se basa en la media recortada	15,026	1	38	0,000
Sr	Se basa en la media	4,114	1	38	0,050
	Se basa en la mediana	1,487	1	38	0,230
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,487	1	26,948	0,233
	Se basa en la media recortada	3,048	1	38	0,089
V	Se basa en la media	28,334	1	38	0,000
	Se basa en la mediana	18,492	1	38	0,000
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	18,492	1	19,424	0,000
	Se basa en la media recortada	25,306	1	38	0,000
Zn	Se basa en la media	30,233	1	38	0,000
	Se basa en la mediana	23,808	1	38	0,000
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	23,808	1	19,296	0,000
	Se basa en la media recortada	29,849	1	38	0,000

Tabla 10: Correlaciones de elementos en el hígado.

		Li (mm)	F. C.	Al	B	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	Sr	V	Zn
Li (mm)	Coefficiente de correlación	1,000	0,213	-0,197	-0,292	-,531*	-0,237	-,594**	-,872**	-,784**	-,766**	0,087	0,289	-,662**	-0,217	-0,239	-0,194	-0,434	-,575**	-,453*	-,465*	-,523*	0,002
	Sig. (bilateral)		0,367	0,406	0,211	0,016	0,315	0,006	0,000	0,000	0,000	0,716	0,217	0,001	0,358	0,310	0,413	0,056	0,008	0,045	0,039	0,018	0,995
	N		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
F. C.	Coefficiente de correlación	0,213	1,000	-0,161	-0,002	-0,317	-0,032	0,346	-0,195	-0,257	-0,298	0,116	0,125	-0,164	-0,131	-0,134	0,152	-0,405	-0,296	0,039	-0,107	-0,395	-0,069
	Sig. (bilateral)	0,367		0,498	0,995	0,173	0,895	0,135	0,409	0,274	0,202	0,627	0,600	0,490	0,582	0,574	0,523	0,077	0,205	0,870	0,654	0,084	0,772
	N	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

**.. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Tabla 11: Correlaciones de elementos en el músculo.

		Li (mm)	F. C.	Al	B	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	Sr	V	Zn
Li (mm)	Coefficiente de correlación	1,000	0,213	-0,008	0,002	0,247	-,570**	-,451*	-,657**	-,600**	-,613**	-,566**	-0,177	-0,277	-0,357	-,550*	-,471*	-,667**	-,573**	-,636**	-,583**	-0,087	-,589**
	Sig. (bilateral)		0,367	0,975	0,995	0,293	0,009	0,046	0,002	0,005	0,004	0,009	0,455	0,237	0,122	0,012	0,036	0,001	0,008	0,003	0,007	0,714	0,006
	N		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
F. C.	Coefficiente de correlación	0,213	1,000	0,086	0,135	0,065	-0,322	-0,050	-0,385	0,009	-0,164	-0,008	0,198	-0,111	0,185	-0,223	-0,311	-0,047	-0,075	-0,188	-0,272	-0,379	-0,158
	Sig. (bilateral)	0,367		0,719	0,569	0,787	0,166	0,835	0,094	0,970	0,490	0,975	0,402	0,640	0,435	0,346	0,182	0,845	0,753	0,427	0,246	0,099	0,506
	N	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

**.. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Bibliografía

- Cuadrado Vives, M.C. 1995. Ingesta de contaminantes –metales pesados- y nutrientes potencialmente tóxicos vía dieta total en Andalucía, Galicia, Madrid y Valencia. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid. Departamento de Nutrición. Facultad de Farmacia. España.
- Díaz, O., F. Encina, E. Recabarren, S. Del Valle, R. Pastene, S. Montes y A. Figueroa. 2008. Estudio de la concentración de arsénico, mercurio, plomo y fenantreno en la macha (*Mesodesma donacium*). Implicancias alimentarias y toxicológicas. Chil. Nutri., 35(1), pp. 53-60.
- Durá, V.B., Jaramillo, A.M., Moneris, M.M., García, A.P. 2004. Estudio de la acumulación de metales pesados en peces, moluscos y crustáceos de consumo humano, del litoral de la provincia de Castellón. En España 2004. Fundación Dávalos – Fletcher. ISBN: 978-84-690- 9215-6. v. 0, pp. 115.
- Franco Barrios, A.J., León Luna, I.M. 2012. Bioacumulación de metales traza en *Mugil incilis* (Hancock, 1830); una herramienta útil para el biomonitoreo de la contaminación metálica en el litoral costero del departamento del Atlántico-Colombia. En: Uruguay. Costas. Revista Iberoamericana de Manejo Costero Integrado ISSN: 2304-0963 ed: UNESCO. v.1, pp. 98-106.
- Gaioli, M., Amoedoa, D., González, D. 2012. Impact of mercury on human health and the environment. Arch Argent Pediatr 2012; 110 (3), pp.259-264
- Gracia, J. 2010. Estudio de contaminantes orgánicos y metales pesados en las costas de Gran Canaria. Tesis Doctoral. Universidad de las Palmas de Gran Canaria. Dpto. de Ingeniería de Procesos. España.
- García-Díaz M. M., Tuset V. M., González J. A., Socorro J. 1997. Sex and reproductive aspects in *Serranus cabrilla* (Osteichthyes: Serranidae): macroscopic and histological approaches. Marine Biology (1997) 127, pp. 379-386
- Gutiérrez, A. J. 2005. Estudio del contenido de metales pesados tóxicos y esenciales en especies de moluscos enlatados de consumo habitual en la isla de Tenerife. Tesis Doctoral. Departamento de Biología Animal, Universidad de La Laguna. España.
- İlhan D., Akalın S., Tosunoğlu Z., Özyayın O. 2010. Growth characteristics and reproduction of comber, *Serranus cabrilla* (Actinopterygii, Perciformes, Serranidae), in the Aegean Sea. Acta Ichthyol. Piscat. 40 (1), pp. 55-60.
- Jaramillo, A.M. 2009. Estudio de la biología trófica de cinco especies de peces bentónicos de la costa de Cullera. Relaciones con la acumulación de metales pesados. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. España.
- Khalifa, K.M., Hamil, A.M., Al-Houni, A.Q.A., Ackacha, M.A. 2010. Determination of heavy metals in fish species of the Mediterranean Sea (Libyan coastline) using atomic absorption spectrometry. International Journal of Pharm Tech Research, 2, pp. 1250-1254.
- Lozano, E., Alcázar J., Bardera G., Sánchez A., Marí S.M. y Alduán M. 2016. Bioindicadores de contaminación en relación a un emisario submarino en Punta del Hidalgo (Tenerife, Islas Canarias). Rev. Acad. Canar. Cienc., Vol. XXVIII, pp. 133-142 (diciembre de 2016).
- Lozano, E., Gutiérrez, A., Lozano, G., Hardisson, A., y Rubio, C. 2016. Contenido de metales pesados y elementos traza en especies de camarones de la Isla de Tenerife. 2016. Capitán N° 28. I/2016 pp. 60-72
- Luoma, S.N., Rainbow, P.S. 2008. Metal Contamination in Aquatic Environments: Science and Lateral Management. Cambridge University Press, Cambridge, UK. ISBN: 978-0-521- 27901-7 pp. 573.

Mancera-Rodríguez, N.J., Álvarez-León, R. 2006. Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuícolas de Colombia. Acta Biológica Colombiana, 11(1), pp. 3-23.

Marín Guirao, L. 2007. Aproximación ecotoxicológica a la contaminación por metales pesados en la laguna costera del Mar Menor. Tesis de Doctorado, Universidad de Murcia. Departamento de Ecología e Hidrología. Facultad de Biología. España.

Moncayo, D., Trejos, R., Maridueña, A., Castro, R. 2010. Niveles de Mercurio, Cadmio y Plomo en productos pesqueros de exportación. Revista Ciencias del Mar y Limnología, 2010 V. 4(1), pp. 65-74.

Pezo, R., Paredes, H., Bendayan, N. 1992. Determinación de metales pesados bioacumulables en especies ícticas de consumo humano en la amazonia peruana. Revista Folia amazónica vol. 4(2) – 1992, pp. 171-180

Serra, L., Cabrera, A., Sierra, A. 2000. Conclusiones de la Encuesta de Nutrición de Canarias (1997-98). Bases para una política de nutrición en Canarias. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Suplemento, vol. 50, nº1.2000. pp 62-70

Suárez, S., Molina E. 2014. Industrial development and its impact on the environment. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología. Marzo, 2014; 52 (3), pp. 357-363

Viana, F. 2001. Metales pesados en peces de la costa de Montevideo y Piriápolis (Uruguay). Tesis de Maestría en Biología, Opción Zoológica. Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas (PEDECIBA). Facultad de Ciencias, Universidad de la República de Uruguay.

Viana, F. 2011. Informe técnico. Estudio de base de los niveles de metales pesados en peces de aguas continentales y costeros, en el área de influencia del Proyecto Valentines de Minera Aratirí, en Uruguay. Montevideo, Uruguay. 28 pp.

PÁGINAS WEB

www.gobiernodecanarias.org/agricultura/pesca, datos y descripción de *Serranus cabrilla*. Visitada el 1/02/2017

<http://www.efsa.europa.eu/> asesoramiento sobre seguridad alimentaria. Visitada el 02/02/2017

<http://eur-lex.europa.eu>, reglamento (CE) nº 1881/2006 de la Comisión, del 19 de diciembre de 2006. Visitada el 1/03/2017