

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife.



Alberto Santiago Gutiérrez Ravelo
Director: Prof. Dr. Ángel J. Gutiérrez Fernández
Codirector: Arturo Hardisson de la Torre

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Agradecimientos

A mi director, don Ángel Gutiérrez Fernández, por la paciencia, el apoyo y el tiempo recibidos, e incluso por la amistad durante todos estos años.

A don Arturo Hardisson de la Torre como codirector de tesis, por sus consejos y por proporcionarme publicaciones interesantes para el desarrollo del presente trabajo.

A todos los miembros del Departamento de Obstetricia y Ginecología, Pediatría, Medicina Preventiva y Salud Pública, Toxicología, Medicina Legal y Forense y Parasitología.

A mis familiares, en especial a mi abuela Candelaria López González por hacer de «técnica de laboratorio» con los procedimientos operatorios; a mi tía Angeles por su apoyo moral y económico; a mis padres, Adalba y Santiago; y a mi hermano Rubén por animarme durante esta dura etapa. Por último, a Dévora por apoyarme y animarme a continuar todas las veces que pensé en abandonar este proyecto.

A José, patrón de la cofradía de San Andrés, a José Armando Suárez Torres (Mandy) y a los miembros de la Pescadería Luisa, en Los Cristianos, por conseguirme una buena parte de las muestras a cambio de nada.

A Tomás Morales y Daniel López, biólogos marinos, por su ayuda con la toma de muestras y algunas actividades formativas.

A la gente que me ha acompañado y que me acompaña actualmente en mi trayectoria profesional y personal.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Índice

| | |
|---|----|
| 1. Introducción y objetivos | 5 |
| 2. Metales pesados: características y toxicidad | 7 |
| 2.1. Consideraciones sobre la acumulación de metales en peces | 7 |
| 2.2. Metales pesados tóxicos | 8 |
| 2.2.1. Aluminio | 8 |
| 2.2.2. Cadmio | 10 |
| 2.2.3. Plomo | 11 |
| 2.3. Macronutrientes | 13 |
| 2.3.1. Calcio | 13 |
| 2.3.2. Magnesio | 14 |
| 2.3.3. Potasio | 14 |
| 2.3.4. Sodio | 15 |
| 2.4. Metales esenciales y trazas | 16 |
| 2.4.1. Bario | 16 |
| 2.4.2. Boro | 17 |
| 2.4.3. Cobalto | 19 |
| 2.4.4. Cobre | 20 |
| 2.4.5. Cromo | 21 |
| 2.4.6. Estroncio | 22 |
| 2.4.7. Hierro | 23 |
| 2.4.8. Litio | 25 |
| 2.4.9. Manganeso | 25 |
| 2.4.10. Molibdeno | 27 |
| 2.4.11. Níquel | 27 |
| 2.4.12. Vanadio | 28 |
| 2.4.13. Zinc | 29 |
| 3. Consideraciones sobre las IDR, PTWI e IDA | 30 |
| 4. Especies en estudio | 31 |
| 4.1. La salema, <i>Sarpa salpa</i> (Linnaeus, 1758) | 31 |
| 4.1.1. Descripción | 31 |
| 4.1.2. Hábitat | 31 |
| 4.1.3. Hábitos alimentarios | 32 |
| 4.1.4. Consideraciones sobre el consumo humano | 32 |
| 4.2. La vieja, <i>Sparisoma cretense</i> (Linnaeus, 1758) | 33 |
| 4.2.1. Descripción | 33 |
| 4.2.2. Hábitat | 34 |
| 4.2.3. Hábitos alimentarios | 34 |
| 4.2.4. Consideraciones sobre el consumo humano | 34 |
| 4.3. La cabrilla, <i>Serranus atricauda</i> (Günther, 1874) | 35 |
| 4.3.1. Descripción | 35 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020

| | |
|---|-----|
| 4.3.2. Hábitat | 35 |
| 4.3.3. Hábitos alimentarios | 36 |
| 4.3.4. Consideraciones sobre el consumo humano | 36 |
| 5. Material y métodos | 36 |
| 5.1. Zona de muestreo | 36 |
| 5.2. Estudio biométrico | 38 |
| 5.3. Determinación de metales pesados tóxicos y esenciales | 38 |
| 5.4. Procedimientos operatorios | 40 |
| 5.5. Métodos analíticos utilizados | 42 |
| 5.6. Análisis de los metales | 43 |
| 5.7. Análisis estadístico | 49 |
| 6. Resultados y discusión | 49 |
| 6.1. Estudio biométrico | 49 |
| 6.1.1. Estudio de la relación talla/peso en conjunto | 49 |
| 6.1.2. Estudio de la relación talla/peso por especie | 51 |
| 6.2. Estudio del contenido metálico en tejido hepático y muscular | 54 |
| 6.3. Estudio del contenido metálico por tejido en cada especie | 81 |
| 6.3.1. Estudio en tejido muscular | 81 |
| 6.3.2. Estudio en tejido hepático | 104 |
| 6.4. Estudio de las zonas de pesca por especie | 120 |
| 6.4.1. Estudio en tejido muscular | 121 |
| 6.4.2. Estudio en tejido hepático | 156 |
| 6.5. Estudio de correlaciones entre la longitud y el contenido metálico en todas las especies en conjunto | 203 |
| 6.5.1. Tejido muscular | 203 |
| 6.5.2. Tejido hepático | 204 |
| 6.6. Estudio de correlaciones entre metales pesados tóxicos y otro tipo de metales en diferentes especies | 204 |
| 6.6.1. Estudio en músculo | 204 |
| 6.6.2. Estudio en hígado | 204 |
| 7. Comparación con otros autores | 205 |
| 8. Evaluación de la ingesta dietética | 226 |
| 8.1. Evaluación nutricional | 226 |
| 8.2. Análisis de la ingesta dietética | 228 |
| 9. Conclusiones | 238 |
| 10. Bibliografía | 240 |

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

1. Introducción y objetivos

La presente tesis doctoral se ha desarrollado en el Área de Toxicología de la Universidad de La Laguna y tiene su fundamento en el estudio de metales en peces de la costa de Tenerife desde un punto de vista ambiental y de seguridad alimentaria. Las especies seleccionadas para el presente estudio han sido la salema (*Sarpa salpa*, Linnaeus, 1758), la vieja (*Sparisoma cretense*, Linnaeus, 1758) y la cabrilla (*Serranus atricauda*, Günther, 1874). Estas especies son comunes en el archipiélago canario y suelen estar presentes de manera frecuente en los mercados locales.

Se han determinado los elementos metálicos (macroelementos, microelementos y elementos traza) presentes en las distintas especies de pescado estudiadas, además de metales tóxicos (Cd, Pb y Al) que se acumulan en el ambiente marino y pueden pasar posteriormente a la red trófica. Estos metales se acumulan en dichos organismos y la mayoría no son fácilmente eliminados; por lo tanto, la contaminación de especies marinas de interés alimentario tiene incidencia directa en el ser humano debido a su difícil eliminación y biomagnificación en la cadena trófica, en la cual nuestra especie ocupa el eslabón más alto.

Es conocido que ciertos grupos de la población son más susceptibles a los potenciales efectos adversos de los metales tóxicos, como las mujeres embarazadas, los niños o los grandes consumidores, por lo que, en estos grupos de riesgo, además de en el resto de la población, la valoración de la seguridad alimentaria del pescado es de primera necesidad (Afonso, 2014).

Por tanto, la presente tesis doctoral pretende evaluar la seguridad alimentaria del pescado en las diferentes zonas estudiadas y comprobar si existen diferencias significativas en cuanto al contenido de metales tanto en los tejidos como entre las especies, teniendo en cuenta su lugar de procedencia. En última instancia se procede a cuantificar el porcentaje de aporte a los diversos índices dietéticos existentes.

En cuanto a la asimilación de metales pesados tóxicos (Al, Cd y Pb) por el organismo humano, consideraremos la ingesta diaria admisible (IDA), que representa la dosis diaria de una determinada sustancia que una persona puede tomar cada día durante toda su vida sin que ello le comporte problemas de salud.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Para estimar la adecuación para el consumo de los pescados analizados en el presente estudio, se ha consultado Reglamento de la Comunidad Europea (CE) n.º 1881/2006, por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios (carne de pescado entre otros). Actualmente existen, además, las modificaciones a dicho reglamento mediante el Reglamento (CE) 333/2007, de 28 de marzo; el Reglamento (CE) 629/2008, de 2 de julio; y el Reglamento (CE) 420/2011 de la Comisión, de 29 de abril de 2011, aunque para las especies del presente estudio los límites máximos vigentes los sigue dictando el n.º 1881/2006.

Los cálculos dietéticos de los metales esenciales se han basado en las ingestas diarias recomendadas (IDR) establecidas para la población española por la Federación Española de Sociedades de Nutrición, Alimentación y Dietética (FESNAD, 2010), la cual ha revisado la metodología de obtención de las IDR de todo el mundo, y ha documentado específicamente la forma de obtención de IDR utilizada por la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Instituto de Medicina de Estados Unidos y la Unión Europea.

Para calcular el aporte al organismo de los metales traza y tóxicos, se toman como referencia las IDA establecidas para los metales por grupos de expertos o agrupaciones con reconocimiento nacional e internacional como la European Food Safety Authority (EFSA), la World Health Organization (WHO), la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) y la Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN).

Los objetivos del presente trabajo de investigación son los siguientes:

1. Determinar las concentraciones de los metales tóxicos Al, Pb y Cd en músculo e hígado de *Sarpa salpa*, *Sparisoma cretense* y *Serranus atricauda*.
2. Determinar las concentraciones de los metales traza y esenciales (B, Ba, Co, Cu, Cr, Fe, Li, Mn, Mo, Ni, Sr, V y Zn) y macronutrientes (Ca, K, Mg y Na) en músculo e hígado de las tres especies estudiadas.
3. Comparar las concentraciones determinadas para todos los metales analizados en tejido muscular y tejido hepático entre las diferentes especies de estudio.
4. Determinar si existen diferencias entre las concentraciones tisulares de los ejemplares de la misma especie teniendo en cuenta la zona de captura.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562

Código de verificación: K2Uh4Hki

Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 21/12/2020 01:25:48

Ángel José Gutiérrez Fernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

21/12/2020 07:50:00

Arturo Hardisson de la Torre
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

21/12/2020 09:12:49

María de las Maravillas Aguiar Aguiar
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

11/03/2021 09:00:53

5. Realizar un estudio de correlación entre las concentraciones metálicas tisulares y la talla de los individuos, tanto en músculo como en hígado («estudio de bioacumulación»).
6. Evaluar el riesgo tóxico de los metales pesados presentes derivados del consumo de las tres especies de estudio por la población teniendo en cuenta para ello la IDA de estos metales pesados tóxicos.
7. Calcular el aporte a la IDR fijada para los metales esenciales y macronutrientes derivados del consumo de estas especies.
8. Comparar los resultados obtenidos en el presente estudio con los obtenidos por otros autores.

2. Metales pesados: características y toxicidad

2.1. Consideraciones sobre la acumulación de metales en peces

El pescado es una fuente de vital importancia en la alimentación de cientos de millones de personas del mundo. Por ejemplo, en 2016, alrededor del 80 % de la producción mundial de pescado (150 millones de toneladas) fue utilizada y derivada para el consumo humano, aproximadamente 20 kg por persona al año (FAO, 2018a). Entre las propiedades del pescado, se sabe que aporta proteínas, ácidos grasos poliinsaturados, vitaminas liposolubles y minerales esenciales asociados con el beneficio de la salud y el desarrollo (Daviglius *et al.*, 2002; Wim *et al.*, 2007). En contraste con el potencial beneficio del consumo de pescado, los contaminantes químicos que contienen sus tejidos pueden ser un motivo de preocupación, sobre todo en grandes consumidores (Domingo, 2007; Dórea, 2008; Martorell *et al.*, 2001).

Hay que tener en cuenta que los metales no esenciales, como Al, Cd y Pb, presentan un potencial riesgo tóxico mediante su bioacumulación y transferencia en la cadena alimentaria (Chale, 2002); por otra parte, los metales traza pueden presentar propiedades beneficiosas o perjudiciales en plantas, animales y humanos, dependiendo de la concentración a la que son incorporados (Canpolat y Çalta, 2003).

Dentro de los organismos marinos, y debido a su alto consumo por parte de la población, los peces tienen una gran importancia como trazadores de la contaminación (Abdel-Baki *et al.*, 2011), ya que las elevadas concentraciones de metales en sus tejidos

y órganos se relacionan directamente con la contaminación del agua y la bioacumulación de contaminantes dentro de la cadena alimentaria (Pintaeva *et al.*, 2011). Por todo ello, para determinar los niveles de metales pesados tóxicos y esenciales, se ha escogido el músculo por su alto consumo entre la población, y el hígado por ser el órgano diana principal de la acumulación de metales pesados (Coğun *et al.*, 2006; Lozano *et al.*, 2009).

2.2. Metales pesados tóxicos

La ciencia conoce con exactitud cuáles son los metales pesados tóxicos tanto para el ser humano como para otros organismos; por eso concluimos que metales como el Al, Cd, Pb y Hg deben ser estudiados con especial cautela, y, si bien son útiles en ciertas tecnologías, se debe evitar su acumulación en la biosfera y más aún en la cadena alimentaria, ya que, como hemos citado anteriormente, su eliminación es muy difícil, no desempeñan ninguna función conocida en el metabolismo animal y sus efectos son devastadores en la cúspide de la cadena trófica.

2.2.1. Aluminio

En la naturaleza, se encuentra en un único estado de oxidación (Al^{3+}). El aluminio representa casi el 8 % de todos los minerales de la corteza terrestre (Orians y Bruland, 1985). Presente en el polvo, se concentra en el agua después de que las lluvias ácidas lo disuelven, y se acumula en los ecosistemas (Boivin y Cournot, 2002).

En aguas superficiales oceánicas, el aluminio tiene un tiempo de permanencia de cuatro semanas a cuatro años (Orians y Bruland, 1985), debido a la eliminación de este en la columna de agua. Algunos estudios han sugerido la absorción pasiva en la superficie como un importante mecanismo de eliminación (Orians y Bruland, 1985). No obstante, hay indicios de la existencia de absorción activa por parte de las diatomeas (Middag *et al.*, 2011), ya que se ha demostrado que el aluminio se encuentra estructuralmente asociado al sílice biogénico de las tecas de las diatomeas (Gehlen *et al.*, 2002).

La principal fuente de aporte a la dieta la constituye el consumo de alimentos con aditivos que contienen aluminio (Saiyed y Yokel, 2005), como el E-523 (sulfato de aluminio y amonio) o el E-554 (aluminosilicato de sodio), o por migración desde los

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

envases (EFSA, 2013b). El aluminio se acumula en los vegetales dependiendo de la variedad de la planta, agua de riego o tipo de suelo donde se cultivan; los vegetales cultivados en suelos ácidos, como el té, acumulan mayor cantidad de este metal (Sjögren *et al.*, 2007; Hardisson *et al.*, 2017). En los cultivos de las Islas Canarias se encontraron concentraciones del orden de 32,93 mg/kg en los plátanos de Canarias, y en vegetales como zanahorias, berros, coles, calabazas y espinacas una media de 32,97 mg/kg (González-Weller *et al.*, 2010).

La acumulación de aluminio en los animales incluido el humano es a través de la dieta, el agua y la contaminación ambiental (Długaszek y Kopczyński, 2014).

El uso de antitranspirantes, cosméticos, analgésicos, medicamentos antiulcerosos, antidiarreicos y antiácidos puede aumentar la exposición. Los efectos tóxicos del aluminio se manifiestan esencialmente en el sistema nervioso central (encefalopatía, trastornos psicomotores) y en el tejido óseo (Afonso, 2014).

En mamíferos, la acumulación de aluminio en el cerebro ha sido relacionada con enfermedades degenerativas como el párkinson y el alzhéimer (Flora *et al.*, 2003; Bondy, 2010). La neurotoxicidad del aluminio después de la exposición oral ha sido bien establecida en los seres humanos con insuficiencia renal; sin embargo, no ha sido investigada suficientemente en los seres humanos sanos. En cuanto a los mecanismos de la neurotoxicidad, el modelo más aceptado supone el aumento del estrés oxidativo (Gonçalves y Silva, 2007).

Diversos estudios han demostrado que el aluminio es tóxico para la fauna acuática, especialmente para los peces, a los que puede producir daños en las agallas debido a la deposición metálica y cambios en la osmorregulación, así como la estimulación de estrés oxidativo en los linfocitos sanguíneos (Galar-Martínez *et al.*, 2010; García-Medina *et al.*, 2010).

Se han descrito concentraciones tóxicas en peces superiores a 10-15 µg/L. Los efectos observados fueron la acumulación de aluminio en branquias aumentando la secreción de la mucosa branquial y problemas respiratorios, desbalance en la regulación de iones, disminución del crecimiento e intolerancia al agua de mar que afecta a las funciones celulares interfiriendo en la diferenciación celular, integridad del tejido celular y producción de radicales libres, que reaccionan con los lípidos de la membrana

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

celular, generando cambios en las condiciones de transporte de proteínas. (Vega *et al.*, 2015.)

La EFSA considera una ingesta semanal tolerable (TWI, Tolerable Weekly Intake) 1 mg Al/kg de peso corporal/semana (EFSA, 2011a).

2.2.2. Cadmio

Es maleable, de color blanco plateado y altamente tóxico aun en concentraciones muy pequeñas. Se encuentra en todos los ecosistemas alrededor del mundo (Satarug *et al.*, 2010). Las principales fuentes de cadmio antropogénico provienen de la minería, la incineración de residuos y la producción y uso de pinturas y electrodos de baterías de Ni-Cd (83 % de su uso total) (USGS, 2008). El Cd solo se emite naturalmente derivado de incendios forestales, erupciones volcánicas y procesos geológicos erosivos. Es un elemento químico cuya presencia en el medio ambiente ha ido creciendo junto con el proceso de industrialización, y llega a la población en general a través de los alimentos, el agua, el tabaco y, en menor medida, por vía aérea.

El Cd²⁺ compete con otros cationes divalentes como el Fe²⁺, Cu²⁺ y Zn²⁺, que funcionan como cofactores enzimáticos que desempeñan funciones fisiológicas esenciales (Goyer, 1997).

La importancia toxicológica del cadmio incluso a bajas concentraciones se deriva de su alta permanencia en el medio ambiente y de su larga vida media biológica (10 a 40 años en el cuerpo humano), acumulándose especialmente en los riñones (Vahter *et al.*, 1996). Sus efectos adversos se ponen de manifiesto especialmente en huesos, pulmones y riñones, donde causa daños definitivos en los túbulos renales que están implicados en la reabsorción de los nutrientes (Godt *et al.*, 2006; Liu *et al.*, 2009; Fowler, 2009). Una alta concentración de cadmio en el organismo puede provocar la enfermedad «Itai-Itai» ('dolor' en japonés), ya que uno de sus síntomas es el dolor implacable. Otro de los síntomas por los que se caracteriza es la aparición de fracturas óseas con gran facilidad (Nogawa y Suwazono, 2011).

Diversos estudios apuntan que en pacientes con enfermedades renales, gastrointestinales y pulmonares aumenta el riesgo de mortalidad si también padecen la enfermedad «Itai-Itai» (Nishijo *et al.*, 2017).

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

El cadmio es un tóxico persistente que se encuentra en todo el medio marino y es capaz de incorporarse a la red trófica. Los peces se exponen al cadmio del medio a través del agua y la dieta, principalmente; este tóxico puede ser detectado en varios de sus tejidos corporales y puede afectar a las agallas y al aparato reproductor (Pierron *et al.*, 2011). El hígado de los peces suele ser el órgano que presenta una mayor acumulación de metales pesados (Lozano *et al.*, 2009) y un aumento de concentración en dicho tejido puede reflejar exposiciones recientes (Coğun *et al.*, 2006).

Desde el punto de vista alimentario se ha de prestar especial atención a las especies de interés comercial debido al riesgo de incorporación a los organismos humanos (Boalt *et al.*, 2013; Vieira *et al.*, 2011).

La normativa europea vigente que regula los contenidos máximos de contaminantes (entre ellos el Pb y Cd) permitidos en carnes de pescado es el Reglamento (CE) 1881/2006 de la Comisión, de 19 de diciembre de 2006, que fija el contenido máximo en los productos alimenticios, estableciendo el límite máximo legal en 0,05 mg de Cd/kg de peso fresco para carnes de pescado.

La TWI es de 2,5 µg de Cd/kg de peso corporal, establecida por la EFSA (EFSA, 2011b).

2.2.3. Plomo

El plomo tiene un amplio uso en la construcción, en particular en los antiguos sistemas de saneamiento y cazoletas. Actualmente se emplea para los canalones, juntas de dilatación, paredes de las salas de rayos X de los hospitales como pantalla protectora de las máquinas y en cables de teléfono y televisión. Es resistente a muchos ácidos, ya que forma un revestimiento protector de óxido.

Hasta hace veinte años, debido en gran parte a los usos de la gasolina con plomo, se alteraba el ciclo natural de este metal, que era expulsado a través de los tubos de escape de los motores de combustión, precipitando las partículas más pesadas y viajando grandes distancias las más ligeras. Estas terminaban precipitando al suelo y al agua, lo que producía una contaminación ambiental por plomo y, por consiguiente, el envenenamiento de los organismos en la biosfera. En la atmósfera el plomo existe principalmente en forma de PbSO₄ y PbCO₃ (U.S. ATSDR, 2007). En la propia atmósfera, estas partículas son transformadas por procesos químicos y físicos, y en

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

última estancia son retirados por deposición seca o húmeda al medio terrestre o acuático (Mishra *et al.*, 2004).

En cuanto a los efectos para la salud, este metal afecta prácticamente a todos los órganos y sistemas del cuerpo humano. Algunos estudios han determinado efectos nocivos en sistema nervioso y cardiovascular a niveles que antes se consideraban seguros (Sanín *et al.*, 1998). El plomo se acumula en los huesos y puede competir con el calcio, y por tanto afectar a la calcificación de los huesos. Existen estudios que afirman que el bajo consumo de hierro, calcio y cinc tiene relación con valores elevados de plomo sanguíneo en mujeres embarazadas (Viñas *et al.*, 2010).

La concentración existente en el agua marina contribuye a la contaminación de los peces que viven en ellas (Pérez López *et al.*, 2003). El agua de mar contiene entre 0,02 y 0,20 mg/L de plomo. Los datos del programa Geotraces muestran una media de Pb en aguas noratlánticas de $28,6 \pm 1,0$ pmol/L en aguas superficiales y de $42,7 \pm 1,5$ pmol/L en aguas profundas (Bruland *et al.*, 2013). Su concentración en plantas y animales se magnifica a lo largo de la cadena alimentaria (Halliwell *et al.*, 2000).

En los peces, la obtención de plomo puede ocurrir a través de las agallas, otras superficies corporales y a través de la ingestión de comida (Farkas *et al.*, 2002). La forma química mayormente disponible para la adsorción branquial es la iónica Pb^{2+} (Spry y Wiener, 1991). La importancia de cada ruta de asimilación depende de la química del agua, de la forma biodisponible bajo el agua, de la especie, dieta, estacionalidad, sexo, etc. (Bury *et al.*, 2003).

La normativa europea vigente que regula los contenidos máximos de contaminantes (entre ellos el Pb y Cd) permitidos en carnes de pescado es el Reglamento (CE) 1881/2006 de la Comisión, de 19 de diciembre de 2006, que fija el contenido máximo en los productos alimenticios, estableciendo el límite máximo legal en 0,3 mg de Pb/kg de peso fresco para carnes de pescado.

El grupo CONTAM concluyó que la ingesta semanal tolerable provisional (PTWI, Provisional Tolerable Weekly Intake) es de 25 µg/kg de peso corporal establecida por el Comité Mixto FAO/WHO de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) en 1986. Este índice ya no es adecuado, pues en base a la inexistencia de un umbral para el establecimiento de puntos finales críticos, incluyendo el desarrollo de neurotoxicidad y nefrotoxicidad en adultos, no es apropiado derivar la PTWI (EFSA, 2010); por lo

tanto, se identificó la dosis de referencia de Benchmark (BMDL01), basada en el percentil 95 de menor significación o dosis límite de Benchmark de un 1 % de riesgo extra de 0,50 µg/kg de peso corporal/día, marcada como límite de referencia para la aparición de neurotoxicidad en el desarrollo de niños pequeños. En el presente trabajo se toma la ingesta diaria tolerable (TDI, Tolerable Daily Intake) establecida en 0,5 µg/kg de peso corporal/día para el Pb (AECOSAN, 2012).

2.3. Macronutrientes

2.3.1. Calcio

Es el quinto elemento más abundante del cuerpo humano; existe una cantidad de 25 a 30 gramos en el nacimiento (0,8 % del peso corporal) y entre 900 y 1300 g en los hombres adultos (hasta el 1,7 % de peso corporal) (Weaver *et al.*, 1996). Más del 99 % del calcio total del cuerpo se encuentra en los huesos (Weaver, 2001), sobre todo como cristales de hidroxiapatita. Menos del 1 % del calcio total corporal se encuentra en los tejidos blandos (~ 7 g) y fluidos corporales (~ 1 g).

La principal fuente de absorción son los productos lácteos (hasta 1100 mg/100 g), de los cuales aproximadamente el 32 % es absorbible (Weaver, 2001).

Los peces teleósteos son conocidos por utilizar sus estructuras esqueléticas como una reserva adicional de calcio disponible (Yamada *et al.*, 2002). Se ha propuesto que esta reserva interna les permite colonizar entornos marinos y dulceacuícolas pobres en calcio ($\leq 0,1$ mM). La variación continua de la necesidad de calcio y la disponibilidad de calcio del medio ambiente requieren reacciones rápidas para garantizar su equilibrio fisiológico. En este papel, la hormona hipercalcémica en peces teleósteos (PTHrP, Parathyroid hormone-related protein) es esencial en peces para la fisiología del hueso (mineralización y la reabsorción de calcio), para vitelogénesis, la producción de cortisol, regulación de la actividad renal y la síntesis de melatonina (Abbink *et al.*, 2008).

Según la Food and Nutrition Board (FNB), del Institute of Medicine (IOM), la ingesta diaria recomendada (IDR) de calcio es de 1200 mg por día para adultos.

La recomendación de la FESNAD para el Ca contempla una IDR en varones de entre 900 mg/día y 1000 mg/día en adultos (FESNAD, 2010).

2.3.2. Magnesio

La corteza terrestre contiene aproximadamente un 2 % de magnesio, y el agua de mar, hasta 55 mmol/L. Es el cuarto catión más abundante del cuerpo en mamíferos y el segundo catión más abundante del líquido intracelular, y se considera esencial en el mantenimiento de la homeostasis del Ca^{2+} , K^+ y Na^+ (Seelig, 1989).

Una adecuada ingesta de magnesio condiciona una buena salud ósea y previene la resistencia a la insulina y la arteriosclerosis.

Este macronutriente participa como cofactor en muchas reacciones enzimáticas del organismo, formando parte del adenosín trifosfato (ATP) y del guanosín trifosfato (GTP) (Blanco, 2006). También influye en el ciclo celular, síntesis de proteínas y coagulación de la sangre (IOM, 2001; EFSA, 2009).

La falta de Mg puede producir hipomagnesia, que impide la homeostasis del calcio, potasio sodio y vitamina D (LPI, 2017). Los síntomas son calambres musculares, fibromialgia y disfunción cardíaca.

Las principales fuentes dietéticas de magnesio son las nueces, las legumbres, los cereales y las verduras. La absorción neta de magnesio en la dieta es de aproximadamente el 50 %. Esta absorción es menor si la dieta contiene una mayor cantidad de fibra dietética (Maraver *et al.*, 2015).

La recomendación de la FESNAD para el magnesio contempla una IDR en varones de entre 350 mg/día y de 300 mg/día en mujeres adultas (FESNAD, 2010).

2.3.3. Potasio

El potasio es el catión más abundante en el líquido intracelular e interviene en numerosos aspectos de la fisiología, como la síntesis de proteínas y glucógeno, transmisión de impulsos nerviosos y musculares (Blanco, 2006; Rubio *et al.*, 2017a). Una concentración intracelular de potasio elevada es necesaria en el crecimiento celular normal, en la división celular, en la síntesis de las proteínas celulares y del ADN, en la regulación del volumen celular y en el estado ácido-base intracelular, interviniendo en los procesos osmóticos (Blanco, 2006; EFSA, 2016). Asimismo, forma, junto con el Na, parte de la bomba Na^+/K^+ ATPasa, para la regulación y mantenimiento de la membrana plasmática (Davies *et al.*, 1991; Blanco, 2006; Yan y Shapiro, 2016).

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

El déficit de este elemento puede dar lugar a hipokalemia, que es debida a la disminución del nivel de potasio en plasma y produce náuseas, calambres y pérdida de apetito (Blanco, 2006).

Una ingesta en exceso de potasio puede dar lugar a un aumento de presión sanguínea, vómitos, debilidad, náuseas, diarrea e incluso arritmias; sin embargo, debido a la similitud de los síntomas con otras patologías, es difícil de diagnosticar de esta forma, por lo que es necesario recurrir a electrocardiogramas (Blumberg *et al.*, 1997; EFSA, 2016).

Fielder *et al.* (2001) demostraron que la presencia de K⁺ (como KCl) en el agua subterránea salina es apta para el cultivo del pargo (*Pagrus auratus*). También observaron una escasez general de información sobre los efectos del potasio en peces. En ecotoxicología, el potasio ha sido estudiado principalmente como molusquicida (Fisher *et al.*, 1991).

La ingesta diaria recomendada en Europa por el Scientific Committee on Food (SCF) es de 3,1 a 3,5 g/día (SCF, 1993). La FNB ha establecido una ingesta de 4,7 g/día de origen alimentario, basándose en los efectos beneficiosos sobre la presión arterial (FNB, 2004). No obstante, los datos disponibles son insuficientes para establecer un límite superior de seguridad (UL). Recientemente, según las recomendaciones de la FESNAD, se ha establecido una IDR de 3100 mg/día en hombres y mujeres (no embarazadas) adultos (FESNAD, 2010).

2.3.4. Sodio

El sodio es un metal alcalino que se encuentra en la naturaleza y en los alimentos como cloruro de sodio principalmente, aunque también en otras formas, como nitrato de sodio, fosfato y glutamato de sodio. En los organismos vivos se encuentra mayoritariamente en los tejidos extracelulares y en menor medida en los compartimentos intracelulares (Blanco, 2006), ya que el sodio activa diferentes sistemas hormonales (Hurley y Johnson, 2015).

Al igual que el potasio, el sodio es esencial para el mantenimiento de la presión osmótica, y es partícipe de la bomba Na⁺/K⁺ ATPasa (Yan y Shaphiro, 2016). Una ingesta en exceso puede producir inactivación de la hormona vasopresina, lo que afecta al equilibrio de electrolitos en el cuerpo (Ruusunen y Puolanne, 2005; Blanco, 2006;

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Graudal *et al.*, 2014). Aun así, no se han establecido unos valores de ingesta máxima de sodio (EFSA, 2005).

El agotamiento del sodio rara vez es consecuencia de una ingesta deficiente; este es más frecuente tras una sudoración excesiva o debido a pérdidas gastrointestinales, problemas cognitivos o hiponatremia, la cual se debe a niveles de sodio en suero menores a 135 mmol/L, produciendo fallo cardíaco (Malhotra *et al.*, 2014).

Si tenemos en cuenta que el agua marina tiene una concentración media de cloruro de sodio de 35 a 38 g/L, la cantidad de sodio presente en organismos marinos sería de unos 13,9 a 15,09 g/L aproximadamente, siendo este dato variable en los diferentes ecosistemas marinos.

Las concentraciones de Na⁺ en el plasma sanguíneo de los peces teleósteos marinos y de agua dulce son mucho menores que la del agua de mar (Burton, 1996). No obstante, la concentración tisular de Na⁺ tiende a ser mayor en especies marinas (Holmes y Donaldson, 1969).

Las recomendaciones de la FESNAD establecen para el sodio una IDR de entre 1200-1500 mg/día en hombres y mujeres (FESNAD, 2010).

2.4. Metales esenciales y trazas

También conocidos como oligoelementos, es decir, se encuentran en muy pequeña cantidad en el organismo, pero son esenciales para su correcto funcionamiento. Estos metales son el Cr, Cu, Co, Fe, Mn, Mo o Zn.

Otros elementos no tienen función conocida en el organismo y en grandes cantidades pueden llegar a ser potencialmente tóxicos; se trata del Ba, B, Li, Ni, Sr y V.

2.4.1. Bario

Los compuestos del bario son usados por las industrias del aceite y del gas para hacer lubricantes para taladros y también se emplean para hacer pinturas, *bricks*, azulejos, vidrio y gomas.

El bario se libera a la atmósfera como resultado de las emisiones industriales durante la extracción, refinamiento y producción de derivados químicos y mediante la quema de combustibles fósiles (Miner, 1969). Alrededor del 80 % del bario producido se

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

utiliza como barita para hacer aceite de alta densidad en los procesos de perforación (Ng et Patterson, 1982).

En peces, el bario no posee función biológica conocida (Tang et Morel, 2006). Un estudio en los peces de la especie *Tautogolabrus adspersus*, los cuales fueron expuestos a barita durante 10 meses, no mostraron efectos adversos; por lo tanto, los resultados apuntaron a que el Ba no tiene función biológica conocida ni muestra de efectos adversos.

Sin embargo, el bario en forma de cloruro de bario ($BaCl_2$), a dosis subletales puede afectar a la producción de gonadotropina e influir en el eje hipotálamo-pituitaria-gonadal (HPG); posteriormente desencadena un déficit en la producción de la hormona y por tanto interviene negativamente en la reproducción y afecta a la transcripción de genes o producción de hormonas esteroideas (Kwon *et al.*, 2016).

Se han encontrado restos de bario en conchas de moluscos, algas y corales, que concentran este elemento a partir del agua de mar; sin embargo, las algas pardas discriminan notablemente la acumulación de bario con una clara preferencia por el calcio (Bowen, 1956). Siguiendo en la misma línea, los corales incorporan Ba en proporción directa a las concentraciones de agua de mar hasta 400 nmol/kg, guardando una correlación positiva entre las concentraciones de calcio en dichos organismos; no es posible demostrar la correlación con la temperatura del agua (Gonnea *et al.*, 2017, LaVigne *et al.*, 2016).

La ATSDR ha establecido un nivel de riesgo mínimo (MRL, Minimum Risk Level) de 0,2 mg de Ba/kg de peso corporal/día (NTP, 1994). Este MRL se define como la cantidad de bario total que puede ingerir una persona diariamente sin sufrir efectos perjudiciales sobre la salud. El Scientific Committee on Health and Environmental Risks (SCHER) ha fijado un valor de TDI de 0,02 mg/kg de peso corporal/día (SCHER, 2012).

2.4.2. Boro

El boro se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza, con concentraciones de aproximadamente 10 mg/kg en la corteza terrestre y alrededor de 4,5 mg/L en el océano. Está presente en forma de borato en los océanos, rocas sedimentarias, carbón,

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

pizarra y algunos suelos, además de en los alimentos como borato o ácido bórico. (Afonso, 2014).

La concentración media de boro en el agua marina es de 4,5 mg/L (Butterwick *et al.*, 1989). Medidas experimentales del factor de bioconcentración del boro en peces han reportado índices de 52 a 198 (Tsui y McCart, 1981), lo que sugiere una bioacumulación no significativa.

El boro es esencial en plantas vasculares; sin embargo, en animales es circunstancial. En peces cebra *Danio rerio* (Hamilton, 1990) es esencial para el desarrollo embrionario: los estudios demuestran que, con baja presencia de boro, los embriones se desarrollan, pero mueren el 92 % en los primeros 10 días (Rowe *et al.*, 1999).

En el ser humano no tiene función biológica conocida, aunque diversos estudios han encontrado relación de este mineral con el metabolismo de diferentes hormonas esteroideas (Nielsen *et al.*, 1987; Nielsen, 1994; Devirian y Volpe, 2003), concretamente aumentan en varones los niveles de testosterona y dihidrosterona en suero cuando se administra una cantidad extra a la proveniente de los alimentos, y en mujeres postmenopáusicas una dosis de 3 mg/día contribuye a estabilizar los niveles hormonales (Jain and Tiwari, 2018).

En peces el boro también puede afectar a las enzimas catalasa (CAT) y anhidrasa carbónica (CA), a actividades de glucosa-6-fosfato deshidrogenasa (G6PD) y a un producto de la peroxidación lipídica llamado malondialdehído (MDA).

En presencia de boro 10 mg/L en acuario la especie *Cyprinus carpio*, comparada con otro grupo de control, arrojó como resultado que las actividades CAT y G6PD de la piel de los peces del acuario complementado con boro disminuyeron significativamente en comparación con el grupo de control, pero en los otros tejidos no se vieron afectados significativamente. La actividad de CA en los tejidos musculares, hepáticos, branquiales y cerebrales del grupo expuesto a 10 mg/L de agua de boro fue más alta que en el grupo de control, mientras que la actividad en intestino, ojos y tejidos de la piel disminuyó en comparación con el grupo de control. Los niveles de MDA en los tejidos musculares, hepáticos y branquiales de los peces en los acuarios suplementados con boro disminuyeron en comparación con el grupo de control (Uysal *et al.*, 2017).

La FNB ha fijado valores de ingesta máxima de 20 mg/día para hombres y mujeres adultos (IOM, 2001).

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562

Código de verificación: K2Uh4Hki

Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 21/12/2020 01:25:48

Ángel José Gutiérrez Fernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

21/12/2020 07:50:00

Arturo Hardisson de la Torre
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

21/12/2020 09:12:49

María de las Maravillas Aguiar Aguiar
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

11/03/2021 09:00:53

El grupo de especialistas en productos dietéticos, nutrición y alergias (NDA) ha derivado un nivel superior tolerable (UL) de 10 mg/persona/día para adultos, referido como ácido bórico (EFSA, 2004). Posteriormente WHO (2009) estableció una TDI de 0,17 mg de B/kg de peso corporal/día (WHO, 2009).

2.4.3. Cobalto

El cobalto se encuentra naturalmente en la corteza terrestre, con una concentración de 20 a 25 mg/kg (Abbasi *et al.*, 1989). El cobalto está ampliamente disperso en el ambiente de los humanos, por lo que estos pueden ser expuestos a él por respirar el aire, beber agua y comer comida que contenga cobalto. El contacto cutáneo con suelo o agua que contenga cobalto puede también aumentar la exposición.

Es esencial, ya que es componente de la vitamina B12, muy beneficiosa para los humanos. Pero la inhalación aguda del cobalto y derivados ocasiona principalmente efectos broncopulmonares con disminución de la función ventilatoria, congestión, edema y hemorragia pulmonar. La acción crónica sobre el aparato produce tos, disnea, broncoespasmo por fibrosis y enfermedad pulmonar obstructiva crónica. La exposición digestiva ocasiona náuseas, vómitos, diarreas, alteraciones hepáticas, hematológicas y dermatológicas. También ocasiona conjuntivitis y disfunción del sistema inmunológico. A pesar de tener efectos adversos reproductivos en animales de experimentación, no existen datos concluyentes en la especie humana. Resultados muy limitados sugieren que el cobalto puede incrementar el riesgo de cáncer pulmonar, por lo que está considerado como un posible agente cancerígeno (Tortajada *et al.*, 2001). Se han dado intoxicaciones por cobalto en pacientes con prótesis de cadera metálicas normalmente de aleaciones cromo-cobalto: un caso de estudio realizado por Pelayo *et al.* (2017) reveló un paciente de 74 años al que se le sustituyó una prótesis cerámica-cerámica por polietileno-metal (cromo-cobalto); 12 meses después de la operación el paciente reportó dolor cada vez más constante y debilitante. También presentó fatiga, malestar general y una pérdida de peso de 10 kg, urticaria y dolor neuropático (mialgia parestésica), hipotiroidismo y pérdida de audición. Los análisis revelaron unos niveles de cobalto en suero de 651,2 µg/L. Tras la retirada protésica los niveles de cobalto y cromo se normalizaron tanto en la sangre como en la orina y los síntomas

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

remitieron. Debido a esto actualmente se recomienda el implante de pares cerámica-cerámica para evitar la posible intoxicación por cobalto.

En los peces se ha visto que el Co es beneficioso para el crecimiento y desarrollo hematológico de la trucha arcoíris (Steffens, 1989), la mejora de la supervivencia y crecimiento en mugílidos (Ghosh, 1975) y la mejora de la síntesis de proteínas (Bhanot y Gopalakrishnan, 1973). Por otro lado, altas dosis de cobalto son tóxicas para la trucha arcoíris (0,1-5 g de Co/kg), resultando en hemorragias intestinales y alteraciones de los linfocitos sanguíneos (Steffens, 1989).

Hay estudios en *Astyanax mexicanus*, los cuales se expusieron a una alta concentración de cobalto durante tres horas. Esta exposición afectó a la línea lateral, produjo un mucus copioso y los peces murieron en menos de 17 horas (Janssen, 2000). Según datos del *Second French Total Diet Study*, la ingesta media total de cobalto de origen dietético es de 0,18 µg/kg de peso corporal/día en adultos, ascendiendo hasta 0,31 µg/kg de peso corporal/día en el percentil 95 (Arnich *et al.*, 2012). Dicha exposición media equivaldría a 12,6 µg/día/persona, en una persona de 70 kg.

2.4.4. Cobre

El Cu es un micronutriente mineral esencial que forma parte de cuproproteínas (cupreínas) y enzimas cobredendientes que intervienen en reacciones oxidativas relacionadas con el metabolismo del hierro, de los aminoácidos precursores de neurotransmisores y del tejido conectivo y con la destrucción de radicales libres.

En el caso del cobre los efectos adversos comprobados incluyen alteraciones gastrointestinales, daño hepático e interacción con Zn, Fe y Mo (Menéndez *et al.*, 2008).

Las personas que tienen la enfermedad de Wilson, de carácter genético y que se caracteriza por la acumulación en exceso de cobre en el hígado y disminución de ceruloplasmina, tienen mayor riesgo por el consumo de este metal (Davis y Mertz, 1987) alterando la eliminación biliar de cobre (Ala *et al.*, 2007).

En el medio marino el cobre es un elemento esencial para todos los organismos, y a menudo es añadido a los complejos alimenticios comerciales en acuicultura, pero es tóxico para la vida acuática a concentraciones aproximadamente de entre 10 y 50 veces su nivel normal (Hill y Matrone, 1970). La mayoría de los organismos del medio

acuático contienen cobre en cantidades adecuadas para sustentar la biología de los peces. El requisito de este mineral depende en gran medida del estado fisiológico del animal, del contenido de cobre del agua y de los niveles de zinc, hierro, cadmio y molibdeno, que son antagonistas metabólicos de cobre (Hill y Matrone, 1970).

Las postlarvas del camarón *Cryphiops caementarius* demostraron ser altamente sensibles al CuSO_4 , que afectó a la actividad natatoria y a la supervivencia a medida que se aumentaba la concentración de dicho compuesto (Mendoza, 2009).

En Estados Unidos la Agencia de Protección Ambiental (EPA) ha establecido un máximo tolerable de 1,3 mg/L en agua potable (EPA, 2008). La FESNAD ha establecido una IDR para el cobre de 1,1 mg/día para adultos (FESNAD, 2010).

2.4.5. Cromo

Se encuentra en estados de oxidación +2, +3, +6. En su forma trivalente (Cr^{3+}) es indispensable en el metabolismo de la glucosa, colesterol y ácidos grasos, y está involucrado en otros múltiples procesos biológicos como cofactor enzimático. (Katz, 1991; IOM, 2001; Blanco, 2006).

El estado hexavalente Cr^{6+} es el más importante toxicológicamente, ya que entra por cualquier vía metabólica con mayor facilidad que el trivalente.

El hombre está expuesto al Cr^{6+} por vía inhalatoria (aire, humo del tabaco...), por la piel o por ingestión de productos agrícolas como la remolacha y algunos cereales, agua, carnes rojas, pollo, distribuyéndose a nivel de médula ósea, pulmones, ganglios linfáticos, bazo, riñón e hígado (Cuberos *et al.*, 2009; IOM, 2001; EFSA, 2014b).

En ríos como el Amazonas los vertidos domésticos e industriales han incrementado los niveles de cromo, que se ha convertido en un contaminante bastante importante (De Sousa *et al.*, 2016).

Según la International Agency for Research on Cancer (IARC), el Cr^{6+} es considerado carcinógeno del grupo I (EFSA, 2014b; Palaniappan y Muthulingan, 2016). Del Cr^{3+} no se ha comprobado que sea carcinogénico.

Lo interesante desde el punto de vista alimentario es la capacidad bioacumulativa que presentan los organismos marinos. El factor de bioconcentración (BCF) de cromo (VI) es lo que se define como la concentración de una sustancia en los tejidos de un organismo, dividida por su concentración en un medio ambiental en situaciones en las

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

que está expuesto el organismo y su alimentación, es decir, lo que representa para la exposición sobre la cadena alimentaria, así como la absorción química directa. En la trucha arcoíris (*Salmo gairdneri*), es despreciable (FBC = 1). En los bivalvos como la ostra (*Crassostrea virginica*), el mejillón (*Mytilus edulis*) y la concha blanda (*Mya arenaria*), el rango de valores de BCF de cromo (III) y de cromo (VI) el FBC oscila entre 86 y 192 (EPA 1980, 1984; Schmidt y Andren, 1984). Teniendo en cuenta que la concentración media de cromo en agua de mar es de 0,3 µg/L (Cary, 1982), el aporte dietético sería mínimo; además, las diferentes formas de Cr (III) (especie mayormente presente en los alimentos) presentan una baja toxicidad (Reilly, 2002).

La FESNAD ha establecido una IDR para el cromo (III) de 35 µg/día para hombres de 20 a 60 años y 25 µg/día para mujeres (no embarazadas) de 20 a 50 años (FESNAD, 2010).

La EFSA ha establecido una TDI para cromo trivalente de 0,3 mg Cr (III)/kg peso corporal/día (EFSA, 2014b).

El programa Nacional de Toxicología de los Estados Unidos estableció un MRL en humanos de 0,9 µg de cromo (VI)/kg de peso corporal/día, para la exposición oral crónica a los compuestos de cromo hexavalente (NTP, 2008).

2.4.6. Estroncio

El estroncio es un metal alcalinotérreo ligado al calcio en el medio ambiente y en la fisiología. Se encuentra ampliamente distribuido en la corteza terrestre y en los océanos de la Tierra, liberándose a la atmósfera principalmente como resultado de procesos naturales (Afonso, 2014).

No se conocen funciones biológicas del estroncio, y se considera elemento contaminante o en tránsito, pudiendo encontrarse en pequeñas cantidades en tejidos (Bertello, 2015).

Debido a su afinidad por el calcio, el estroncio se deposita en el tejido óseo aumentando su dureza y disminuyendo los efectos de la osteoporosis (Paz, 2018).

Actualmente se usa el ranelato de estroncio como fármaco para reducir significativamente el riesgo fracturas tanto vertebrales como no vertebrales en pacientes con osteoporosis (Reginster *et al.*, 2005).

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Los peces toman el estroncio y su análogo calcio del agua, de los alimentos y de los sedimentos. Se ha sugerido que la absorción de estos metales alcalinotérreos se produce a través de los sistemas de transporte de Ca situados en las branquias y de los enterocitos intestinales (Flik *et al.*, 1995). Como resultado, se observó una relación inversa entre la captación de Sr por los peces y la concentración de Ca en agua (Chowdhury y Blust, 2002), otros estudios sugieren que la salinidad del agua y la concentración de estroncio en los otolitos guardan una correlación positiva, aunque no afecta al crecimiento de los ejemplares (Panfili *et al.*, 2015).

En Canarias la ingesta dietética media de Sr se estableció en 1,923 mg/día (González-Weller *et al.*, 2013). La Environmental Protection Agency de Estados Unidos (EPA) ha establecido para el estroncio una dosis de referencia de exposición oral crónica (RfD) de 0,6 mg/kg de peso corporal/día (IRIS, 2002).

La OMS ha establecido un valor de TDI de 0,13 mg/kg de peso corporal/día (WHO, 2010).

2.4.7. Hierro

El hierro es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre; es un metal de transición que se encuentra en estados de oxidación Fe²⁺ (hemo) y Fe³⁺ (no hemo) (EFSA, 2015a).

El hierro es abundante en sangre y no se le considera estrictamente un oligoelemento. Se conoce bien por su transporte por la transferrina y su acumulación en la ferritina en las células, interviene en el transporte de O₂ mediante la hemoglobina, en la respiración mitocondrial, síntesis de ADN e inactivación de radicales libres (Gurzau *et al.*, 2003; Papanikolaou y Pantopoulos, 2005; Moll y Davis, 2017).

Las principales fuentes de hierro para el ser humano son algunos órganos de los tñidos, especialmente el bazo carnes rojas, así como cereales y legumbres (Establier, 1975).

Hay que tener en cuenta el estado de oxidación del hierro, siendo el Fe²⁺ (hemo) el que se encuentra mayoritariamente disponible como fuente en los animales, con un índice de absorción por parte del organismo del orden del 15-35 %; sin embargo, el Fe³⁺ (no hemo), que se encuentra en esta forma disponible en los vegetales, tiene tan solo un índice de absorción del 2 % (Abbaspour *et al.*, 2014; Paz, 2018). La absorción del Fe³⁺

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

puede verse mejorada con un aporte de vitamina C, ya que propicia la reducción del hierro (III) a hierro (II) (Ibáñez y Herrero, 2017).

Una deficiencia de este metal afecta principalmente a mujeres en edad fértil y personas en etapa de desarrollo, y puede causar anemias y afectar al desarrollo intelectual especialmente en este último grupo de riesgo (WHO, 2001; Wojciak, 2014; Moll y Davis, 2017).

No obstante, una cantidad en exceso de hierro puede ser tóxica; en el organismo se cataliza la reacción Fenton ($\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{OH}^- + \text{OH}^-$), que implica la formación de radicales libres, incluyendo grupos hidroxilos que causan daño celular por oxidación (Kampfenkel *et al.*, 1995; Walter *et al.*, 2002; Valko *et al.*, 2007).

Se ha teorizado sobre la participación del hierro cerebral en el párkinson y el alzhéimer debido a que se ha hallado en exceso en los tejidos afectados; se cree que los bajos valores de proteínas permiten el depósito de hierro que causa neurodegeneración (Bertello, 2015).

El hierro es un micronutriente vital para los peces teleósteos, y un componente integral de las proteínas involucradas en la respiración celular y la transferencia de oxígeno (Bury y Grosell, 2003).

Como respuesta ante la exposición al hierro en pescado azul, se produce un aumento de la oxidación catalizada por el hierro, que puede explicar el daño oxidativo de los lípidos y proteínas que causan la pérdida de calidad de vida, y el almacenamiento en el músculo oscuro de estos peces (Tokur y Korkmaz, 2007).

Según la FNB, dosis orales por debajo de 10-20 mg Fe/kg de peso corporal no causan toxicidad sistémica aguda.

La concentración de hierro en aguas oceánicas noratlánticas es de $0,54 \pm 0,05$ nmol/kg para las aguas superficiales (hasta 2 metros) y de $1,0 \pm 0,1$ nmol/kg para las aguas profundas de 2000 metros o más (Bruland *et al.*, 2013).

Las dosis recomendadas (IDR) son de 9 mg/día en hombres adultos y de 15-18 mg/día en mujeres adultas (FNB, 2001). La FESNAD estableció una IDR para el hierro de 9 mg/día para hombres de 20 a 60 años y 18 mg/día para mujeres (no embarazadas) de 20 a 50 años (FESNAD, 2010).

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

2.4.8. Litio

El litio es un metal alcalino que se encuentra en dos formas isotópicas (${}^7\text{Li}$ y ${}^6\text{Li}$), y que está presente de forma natural tanto en el medio terrestre como en el medio acuático. En la corteza terrestre la concentración media es de 0,006 % (Habashi, 1997). El litio tiene numerosos usos industriales y comerciales, incluyendo su empleo como aditivo en la producción de células electrolíticas de aluminio, catalizador de reactores químicos, componente de fundentes y aleaciones para soldadura fuerte, componente de las baterías, vidrio y cerámica especializada y como agente desinfectante en piscinas y balnearios (Moore, 1995).

En las últimas décadas ha aumentado la extracción de minerales ricos en litio, debido al mayor consumo de baterías de teléfonos móviles, ordenadores y coches híbridos y eléctricos que usan baterías de litio (Paz, 2018).

El litio no tiene utilidad biológica conocida y no se absorbe fácilmente por el cuerpo humano.

En cuanto a sus aplicaciones clínicas, el litio se comenzó a utilizar en el siglo XIX para el tratamiento de la gota; posteriormente, en los años 40 del siglo XX se descubrieron efectos antimaniacos. Actualmente se utiliza para la profilaxis y tratamiento del trastorno bipolar (Mármol, 2006).

En el medio marino el litio muestra una toxicidad aproximada equivalente a la del uranio y el selenio en las etapas tempranas de la vida de los peces (Hamilton, 1995).

En Canarias la ingesta dietética media de litio se estableció en 3,674 mg/día (González-Weller *et al.*, 2013).

La EPA ha derivado una dosis de referencia provisional para la exposición subcrónica y crónica de litio (RfD) de 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de peso corporal/día, derivada de un LOAEL (Low Observed Adverse Effects) de 2,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de peso corporal/día para el establecimiento de efectos adversos en diversos órganos y sistemas (EPA, 2008).

2.4.9. Manganeseo

El manganeso es un elemento muy abundante en la corteza terrestre, en el océano su concentración es nanomolar; no obstante, existen unas estructuras en el fondo marino denominadas nódulos de manganeso o ferromanganeso (con Fe) debido a la riqueza en estos metales. En dichos nódulos se encuentran en menor proporción metales como el

Co, Ni, Cu y Zn, siendo especialmente abundantes en la Zona de Clarion-Clipperton, en el Pacífico noreste, la Cuenca Índica Central y la Cuenca del Perú, en el Pacífico sureste (Cronan, 1977; Rona, 2003; González *et al.*, 2010).

El manganeso es un nutriente esencial que interviene en múltiples procesos enzimáticos fundamentales para el metabolismo de aminoácidos, colesterol, hidratos de carbono y formación del tejido óseo (IOM, 2001; Blanco, 2006).

Tanto el exceso como el déficit causan problemas en la salud. Es difícil encontrar un déficit de manganeso desde el punto de vista clínico, ya que las necesidades normalmente están cubiertas llevando una dieta normal; dicho metal se obtiene de muchos tipos de alimentos, como los frutos secos, cereales y verduras, aunque también se encuentra en carnes y pescados y derivados de los lácteos (IOM, 2001; Blanco, 2006; WHO, 2011b).

La carencia de Mn puede provocar irregularidades en el tejido conectivo, cartilagos y huesos, alteraciones enzimáticas y problemas reproductivos (García *et al.*, 2005; Paz, 2018).

Sin embargo, existen estudios que revelan que una exposición elevada durante la infancia causa efectos neurológicos que desencadenan trastornos de hiperactividad y del aprendizaje, El manganeso es un poderoso neurotóxico, que puede causar debilidad muscular y trastornos motores, así como aumento de concentración sanguínea debido a su comportamiento químico similar al Fe (IOM, 2001; WHO, 2011b).

El manganeso se bioacumula en gran medida en los organismos acuáticos de niveles tróficos inferiores como algas marinas, que presentan un factor de bioconcentración FCB de 10 000-20 000, siendo de 100-600 en peces (Thompson *et al.*, 1972).

En peces cebrá, se ha demostrado que en su forma $MgCl_2$ afecta al sistema nervioso central en altas cantidades en ejemplares adultos, dificultando su capacidad motora en su distancia recorrida y ángulo de giro completo respecto de la población de control. En el caso de las larvas, actuaba como teratógeno, produciéndose apoptosis celular tanto en adultos como en larvas, actuando sobre todo en el sistema dopaminérgico (Altenhofen *et al.*, 2017).

La FESNAD ha establecido una IDR para el manganeso de 2,3 mg/día para hombres y de 1,8 mg/día para mujeres (no embarazadas) mayores de 20 años (FESNAD, 2010).

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562

Código de verificación: K2Uh4Hki

Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 21/12/2020 01:25:48

Ángel José Gutiérrez Fernández
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

21/12/2020 07:50:00

Arturo Hardisson de la Torre
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

21/12/2020 09:12:49

María de las Maravillas Aguiar Aguiar
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

11/03/2021 09:00:53

2.4.10. Molibdeno

El molibdeno está ampliamente distribuido en la corteza terrestre y es esencial en los animales y por lo tanto en el ser humano (SCF, 2000).

Debido a que el molibdeno es un cofactor de múltiples procesos enzimáticos y metabólicos en los seres humanos, su deficiencia puede ocasionar efectos adversos (SCF, 1993; SCF, 1998; SCF, 2000; WHO, 2011a; EFSA, 2013a). Existen algunos casos raros de manifestación de genes autosómicos recesivos en bebés, donde se produce una deficiente síntesis de molibdenopterina hepática, en los que la muerte ocurre a los tres años (SCF, 1993).

El contenido medio del agua de mar del océano Atlántico es de 0,011 ppm (Siebert *et al.*, 2003).

La FNB ha establecido una IDR para el Mo de 45 µg/día (FNB, 2001).

2.4.11. Níquel

El níquel es un metal de transición, presente de manera natural en la corteza terrestre; se usa para hacer aleaciones como el acero inoxidable, ya que tiene una gran resistencia a la corrosión (Paz, 2018), además de ser un gran conductor térmico y eléctrico.

No se ha demostrado esencialidad en seres humanos; sin embargo, es esencial en las plantas debido a que interviene como cofactor en la enzima ureasa (Dalton *et al.*, 1988; Rodríguez-Jiménez *et al.*, 2014).

El níquel es un metal que se bioacumula en ciertos vegetales; se han contabilizado al menos 37 familias de plantas hiperacumuladoras de níquel, mayoritariamente de las familias *Violaleae* y *Euphorbiaceae* (Kidd *et al.*, 2007).

La población humana se expone a niveles bajos a través del aire, el agua y los alimentos –y fumar aumenta la exposición–. Aunque generalmente la mayor parte del níquel se ingiere a través de los alimentos, la población también se expone a través de la manipulación de monedas (Fournier y Govers, 2003), acero y joyería (Barceloux, 1999).

En cuanto a la vía alimentaria, los alimentos con mayores contenidos medios de níquel según datos de la IARC publicados en 1990 son la avena, las espinacas, los espárragos y los cacahuets (IARC, 1990).

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

En humanos se han demostrado efectos adversos para la salud por una ingesta en exceso de níquel (Das *et al.*, 2008). Se considera un metal que puede ser la causa de algunas intoxicaciones resultantes de la exposición laboral, cánceres y de forma más extendida alergias y dermatosis (Del Ramo, 1993; Lippmann, 2000).

La ingesta dietética media de Ni en Canarias por grupos de edades se determinó en 0,092 y 0,089 mg/día en chicos y chicas, respectivamente. En adolescentes de 11 a 17 años fue de 0,107 y 0,090 mg/día en chicos y chicas, respectivamente (Rubio *et al.*, 2011).

El agua residual doméstica es la principal fuente de polución por níquel al medio marino costero (Nriagu y Pacyna, 1988). Las concentraciones de níquel encontradas en aguas de escorrentía de origen urbano variaron de <1 a 87 µg/L (Pitt *et al.*, 1995).

McGeer *et al* (2003) mostraron que el níquel no se bioacumula en cantidades significativas en los organismos acuáticos. Tampoco hay evidencia de que se biomagnifique a través de las redes tróficas acuáticas; de hecho, hay pruebas que señalan que las concentraciones de níquel en los organismos pueden disminuir con el aumento de nivel trófico (McGeer *et al.*, 2003).

Algunas organizaciones han establecido un nivel de TDI de 22 µg/kg de peso corporal/día (WHO, 2005; AFSSA, 2008). La EFSA ha establecido 2,8 µg Ni/kg de peso corporal/día (EFSA, 2015b).

2.4.12. Vanadio

El vanadio pertenece a los metales de transición y no se halla en estado puro en la naturaleza; fue descubierto en el siglo XIX por Manuel del Río. Se puede encontrar formando parte de diversos minerales; los más abundantes son la vanidita, patronita, bravoíta y dividita (Lide, 2008).

Las principales fuentes derivadas de la acción humana provienen de la quema de combustibles fósiles (Sepe *et al.*, 2003).

El vanadio puede ser encontrado en el ambiente, en algas, plantas, invertebrados, peces y muchas otras especies. En mejillones y cangrejos este metal se acumula en gran cantidad alcanzando concentraciones de 10^5 a 10^6 veces mayores que las concentraciones encontradas en el agua salada. Los niveles en el agua de mar son considerablemente más bajos que los de agua dulce, porque la mayor parte del vanadio

es precipitado (Van Zinderen Bakker y Jaworski, 1980). En algas se bioacumula, encontrándose enzimas de vanadio como la vanadina (Calvino Casilda *et al.*, 2005).

Diversos estudios apuntan que la carencia de vanadio afecta al tejido óseo, metabolismo de grasas y carbohidratos (Baran, 1997; Calvino Casilda *et al.*, 2005; Alvino de La Sota *et al.*, 2007; Casares Rivas *et al.*, 2015).

No se han encontrado límites seguros de exposición oral crónica al vanadio. La ATSDR ha indicado un MRL (Minimum Residue Limit) para la exposición oral de duración intermedia al vanadio de 0,01 mg/kg de peso corporal/día (Fawcett *et al.*, 1997). La FNB ha fijado una ingesta máxima de 1,8 mg/día (IOM, 2001). La EPA fijó en 2012 una dosis oral de referencia (RfD) de 0,009 mg/kg de peso corporal/día para el pentóxido de vanadio.

2.4.13. Zinc

El zinc es uno de los elementos menos comunes; se estima que forma parte de la corteza terrestre en un 0,0005-0,02 %. Ocupa el lugar 25 en orden de abundancia entre los elementos. Su principal mineral es la blenda, marmatita o esfalerita de zinc, ZnS. Es un elemento esencial para el desarrollo de muchas clases de organismos vegetales y animales participando como cofactor en numerosas enzimas, entre ellas para la regulación de la expresión génica, funcionamiento del sistema inmune, maduración sexual y mantenimiento de la visión ocular normal, entre otras (Ibs y Rink, 2003; Tapiero y Tew, 2003; Blanco, 2006; Rubio *et al.*, 2007; EFSA, 2014a; Krezel y Maret, 2016; Jamieson-Hanes *et al.*, 2017).

La insulina es una proteína que contiene zinc. El zinc está presente en la mayor parte de los alimentos, especialmente en los que son ricos en proteínas. En promedio, el cuerpo humano contiene cerca de dos gramos de zinc.

La deficiencia de zinc en la dieta humana deteriora el crecimiento y la madurez y produce también anemia, además de resistencia a la insulina, cicatrización lenta de las heridas e infertilidad (Prasad, 1988, 2009; Nishi, 1996).

Un exceso de zinc interfiere en la absorción del cobre. El IOM estableció en 2001 un límite máximo (UL) de 70 mg/día para personas de 19-70 años.

Las principales fuentes de zinc son las carnes, pescados, legumbres y huevos. Las algas, especialmente el *phylum Rhodophyta*, contienen cantidades significativas de este

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

metal (Rubio *et al.*, 2017a). Personas que siguen una dieta vegetariana absorben menor cantidad de zinc, por lo que se recomienda una ingesta extra (EFSA, 2014a).

Algunos peces pueden acumular zinc en sus cuerpos cuando viven en cursos de aguas contaminadas con este elemento. Cuando el zinc entra en los cuerpos de estos peces, es capaz de biomagnificarse en la cadena alimentaria. Su bioconcentración es apreciable en organismos acuáticos, y es superior en los crustáceos y especies de bivalvos que en el pescado. El zinc no se concentra en las plantas y no se biomagnifica a través de las redes tróficas terrestres (Afonso, 2014).

La FESNAD ha establecido una IDR para el zinc de 9,5 mg/día para hombres de 20-60 años y 7 mg/día para mujeres (no embarazadas) de 20-70 años (FESNAD, 2010).

3. Consideraciones sobre las IDR, PTWI e IDA

La ingesta diaria recomendada (IDR) se define como nivel medio de ingesta para satisfacer las necesidades nutricionales de un individuo diariamente a lo largo de toda su vida.

La IDA o ingesta diaria admisible se define como el límite de tolerancia de un individuo para cierta sustancia, Las IDA se calculan dividiendo el NISEO (Nivel Sin Efecto Observable en los animales de experimentación) por un factor de seguridad. Para calcular los porcentajes de las IDA del Al y Cd nos basamos en las PTWI (Provisional Tolerable Weekly Intake o ingesta semanal provisional tolerable) y TWI (Tolerable Weekly Intake o ingesta semanal tolerable) fijadas por la FAO/OMS (WHO, 1993) y que corresponden a los niveles máximos de metales pesados de carácter tóxico que pueden ser ingeridos en los alimentos por semana y que no originan problemas de salud durante toda la vida del individuo.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

4. Especies en estudio

4.1. La salema, *Sarpa salpa* (Linnaeus, 1758)



Figura 1: Ejemplar de salema (*Sarpa salpa*).

4.1.1. Descripción

La salema, *Sarpa salpa* (Linnaeus, 1758), tiene el cuerpo oblongo y moderadamente comprimido, labios gruesos con maxilas superiores ligeramente proyectadas y con una sola serie de incisivos en cada maxila y mandíbula (figura 1). Las aletas son relativamente pequeñas y de consistencias delicadas y transparentes, excepto la caudal, que tiene mayor consistencia y es opaca. Los ejemplares son de color gris azulado, más oscuros en la cabeza que en el vientre. Tiene una talla máxima de 45 cm y una talla media de 30 cm (Bauchot *et al.*, 1981). La edad de los individuos puede oscilar entre 0 y 11 años (Méndez-Villamil, 2001).

4.1.2. Hábitat

Es una especie epibentónica que habita sobre diversos tipos de fondo, principalmente sobre sustratos rocosos y arenosos, así como en áreas con abundante vegetación algal. Por lo general se localiza sobre la plataforma continental, hasta los 100 m de

profundidad (Bauchot *et al.*, 1981; Bauchot y Hureau, 1986). Se distribuye en el Mediterráneo, Atlántico oriental desde el golfo de Gascuña hasta Sudáfrica, Madeira, Azores y Cabo Verde (WoRMS, 2014). En Canarias es una especie muy común.

4.1.3. Hábitos alimentarios

Es una especie predominantemente herbívora; en las Islas Canarias, los estudios de contenidos estomacales realizados por Méndez-Villamil (2001) demuestran que su alimentación se basa en su mayor parte en especies de *Ulva sp.*, *Caulerpa racemosa*, *Cystoseira abies-marina* e *Hypnea sp.* mezcladas con pequeños crustáceos que ingieren junto con las algas. No procesan mucho el alimento, ya que poseen una cámara estomacal poco diferenciada y un largo intestino a través del cual las algas se procesan pobremente. Su periodo de actividad alimentaria puede ser tanto diurno como nocturno (Afonso, 2014).

4.1.4. Consideraciones sobre el consumo humano

En general las capturas de *Sarpa salpa* son apreciadas de forma diferente desde el punto de vista culinario y comercial dependiendo de la zona geográfica de captura. Los métodos que se utilizan para su pesca son principalmente liñas, trampas y redes de arrastre de fondo (prohibidas actualmente en el Canarias, Madeira y Azores. En el resto de España y Europa están reguladas, con sectores que se cierran y se abren, pero no están prohibidas). En Canarias es consumida por pescadores locales y recreativos. En otros lugares del mundo su carne no es muy apreciada, aunque en algunas zonas de Sudáfrica es capturada activamente por los pescadores y compone una importante fuente de proteínas en la dieta (Van der Walt y Beckley, 1997).

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

4.2. La vieja, *Sparisoma cretense* (Linnaeus, 1758)



Figura 2: Ejemplares de vieja (*Sparisoma cretense*). Arriba, ejemplar macho; debajo, ejemplar hembra.

4.2.1. Descripción

Pez de la familia *Scaridae* (figura 2), con cuerpo de forma ovalada, aleta caudal homocerca, presenta diferente coloración entre ambos sexos (dimorfismo sexual). Existen tres clases: la vieja colorada, la vieja parda y la morisca o melada. La freza ocurre entre julio y octubre. La coloración depende del sexo (grises las hembras, rojos y melados los machos). Posee una mandíbula en forma de pico de loro muy llamativa (razón por la cual recibe también el nombre de «pez loro del Mediterráneo»). Su intestino es largo y procesa poco de los alimentos ingeridos. Alcanza la primera madurez con 15,5 cm; aunque los individuos adultos producen muchos más ovocitos que los pequeños, la captura de los ejemplares mayores reduce la capacidad

reproductiva de las poblaciones (Bohnsack, 1990). En la reserva marina del mar de las Calmas, en El Hierro, han aumentado la talla mínima de captura de los 20 cm marcados por la legislación a los 23 cm con el fin de mejorar el rendimiento de capturas en la reserva. Su talla media ronda los 30 cm (Quignard y Pras, 1986), aunque en Canarias pueden alcanzar tallas de 70 cm. Un hecho observado en peces del género *Sparisoma* es que algunas hembras no cambian de sexo por mucho que se desarrollen; sin embargo, una pequeña proporción se vuelven machos cuando alcanzan la madurez sexual (Robertson y Warner, 1978).

4.2.2. Hábitat

El pez loro del Mediterráneo, de la familia *Scaridae*, se encuentra geográficamente en aguas del Mediterráneo y de los archipiélagos de Madeira, Azores, Islas Canarias y noroeste de las costas africanas (González, 1993; Bernardi *et al.*, 2000).

Vive en pequeños cardúmenes, es decir, en grupos o bancos de peces, en fondos rocosos y sobre praderas marinas. Localizada entre 5 y hasta 100 m de profundidad, se puede encontrar esta especie siempre mordisqueando las rocas en busca de pequeños crustáceos e invertebrados. Se reproduce en verano, por lo que la época en la que se pueden ver con mayor frecuencia en las costas de Canarias es de mayo a noviembre (Guidetti & Boero, 2002; Tuya *et al.*, 2006).

4.2.3. Hábitos alimentarios

Especie omnívora, se alimenta de algas sobre rocas y de sus animales bentónicos, de sebas y de microinvertebrados, sobre todo crustáceos y pequeños moluscos. Pertenece al grupo de los herbívoros que han desarrollado músculos y huesos especiales en la faringe, que funcionan como una trituradora (Bullock y Monod, 1997). Gracias a estas «muelas» de la zona faríngea, tritura todos los alimentos que ingiere, por lo que en sus intestinos puede encontrarse una pasta de color marrón rojizo.

4.2.4. Consideraciones sobre el consumo humano

Su carne es muy apreciada en Canarias y se sirve en multitud de bares y restaurantes en diversas presentaciones culinarias: frita, guisada, al horno y a la parrilla. En algunos

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

lugares de tradición pesquera se consume el hígado de la vieja, de gran tamaño e interesante para el presente estudio de metales.

4.3. La cabrilla, *Serranus atricauda* (Günther, 1874)



Figura 3: Ejemplar de cabrilla (*Serranus atricauda*).

4.3.1. Descripción

Pez de cuerpo alargado, algo comprimido, y que posee ojos y boca de gran tamaño. Es de color pardo oscuro, vientre rosáceo, y en los lados de la cabeza presenta tonalidades azul verdoso (figura 3). Se distribuye por el Atlántico este y el Mediterráneo.

Los ejemplares de la familia *Serranidae* en Canarias pueden medir entre 12 y 35 cm (Santana y Castro, 2007), aunque se han detectado ejemplares de 45 cm de longitud. En cuanto a la reproducción, son sincrónicos hermafroditas (García-Díaz *et al.*, 2006) y pueden actuar como macho o hembra indistintamente.

4.3.2. Hábitat

Su distribución se extiende desde el golfo de Vizcaya (Atlántico nororiental) hacia el sur hasta Mauritania y alrededor de los archipiélagos de Azores, Madeira y Canarias,

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

la costa mediterránea de Marruecos, Argelia, el sur de España y ocasionalmente el sur de Francia (Tortonese, 1986).

Se trata de un pez solitario y territorial, suele vivir en el litoral y sublitoral, en fondos rocosos de poca profundidad, hasta los 350 m aproximadamente. Se esconde entre las rocas, cuevas o cualquier oquedad si se siente amenazado.

4.3.3. Hábitos alimentarios

Desempeñan un papel importante en los ecosistemas marinos costeros, donde son depredadores activos de pequeños peces, crustáceos, bivalvos, gasterópodos y urocordados de la familia *Thaliaceae* (Heemstra y Randall, 1993; Tuset *et al.*, 1996; Labropoulou y Eleftheriou, 1997; Barreiros y Santos, 1998; Morato *et al.*, 2000).

4.3.4. Consideraciones sobre el consumo humano

De manera general, la cabrilla no tiene un gran valor comercial; sin embargo, en las Islas Canarias es una especie muy común y apreciada, con gran interés pesquero y que, debido a su voracidad, se pesca con anzuelos de gran tamaño en comparación con la talla del pez.

Alrededor de las Azores hay una considerable pesca recreativa y de semisubsistencia con caña y línea o línea de mano desde la orilla y cerca de la costa desde embarcaciones pequeñas, así como un uso considerable de redes costeras y actividad de pesca con arpón (Santos *et al.*, 1995). A pesar de su relativa abundancia e importancia para la pesca, la no hay una gran cantidad de información sobre la biología y ecología de esta especie.

5. Material y métodos

5.1. Zona de muestreo

Se ha dividido la isla de Tenerife en tres zonas/áreas costeras, tal y como podemos observar en la figura 4: desde la punta de Anaga hasta El Médano (Zona Metropolitana) como primer sector de muestreo, que es la zona más industrializada y contiene el puerto de Santa Cruz de Tenerife y la refinería; una segunda zona desde la punta de El Médano hasta la punta de Teno (Zona Sur); y una tercera zona, en el norte de la isla,

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

que comprende desde la punta de Teno hasta la punta de Anaga (Zona Norte). Se ha elegido una división en zonas por razones geográficas, siendo la Zona Sur la más turística y la Zona Norte la más agitada en cuanto a mareas y corrientes; también tiene la característica de presentar una costa abrupta de difícil accesibilidad en buena parte de su geografía.



Figura 4: Áreas/zonas de muestreo.

Para realizar el estudio se han adquirido los ejemplares en cofradías de pescadores de las zonas anteriormente referenciadas. San Andrés y Candelaria para el caso del área 1 (en base a resultados para esta especie nos referiremos a la zona como Metropolitana), el Pris de Tacoronte y la Punta del Hidalgo para el caso de la Zona Norte, Los Cristianos como área de muestreo de la Zona Sur.

El número de ejemplares obtenidos por área de muestreo ha sido de 10 por especie. Este estudio se apoya en el hecho de que estas especies muestran hábitos de vida

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

territoriales ligados a una cierta superficie de acción o, en inglés, «Home range size» (Jadot *et al.*, 2006).

Durante la realización de dicho estudio se compararon las medias metálicas halladas en hígado y músculo de los ejemplares presentes en cada zona de estudio.

5.2. Estudio biométrico

Se basa en el análisis descriptivo de la longitud estándar y los pesos sin eviscerar, y la comparación estadística de las medidas biométricas entre especies y áreas de estudio, así como el establecimiento de la existencia de correlaciones significativas entre dichas variables, si las hubiera.

5.3. Determinación de metales pesados tóxicos y esenciales

Consiste en la determinación de la concentración de metales pesados tóxicos (Al, Cd y Pb), metales traza y esenciales (B, Ba, Co, Cu, Cr, Fe, Li, Mn, Mo, Ni, Sr, V y Zn) y macronutrientes (Ca, K, Mg y Na) presentes en los distintos tipos de tejidos analizados de las especies de estudio (tabla 1), y la comprobación de la existencia o no de diferencias significativas desde el punto de vista estadístico entre tejido hepático y muscular y posteriormente entre el lugar de captura y los diferentes tipos de tejidos. Para llevarlo a cabo utilizaremos todos los datos, haciendo previamente una comparación a nivel general entre los contenidos medios hepáticos y musculares, después de comparados los contenidos medios de cada tejido por separado (músculo o hígado) en concordancia con el lugar de captura. Se ha elegido el hígado debido a que es un órgano diana en la acumulación de metales pesados, ya que tiene una alta actividad metabólica, y el músculo por ser una fuente de proteínas y nutrientes baja en colesterol, de primer orden entre la población mundial (Burger y Gochfeld, 2005; Storelli, 2008; Groth, 2010; FAO, 2010a, 2010b), por lo que es un tejido de interés para su estudio en relación con la seguridad alimentaria.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020

Tabla 1: Muestreo de las distintas especies de estudio.

| Especie | Tejido | Lugar de muestreo | Número de muestras |
|---------------------------|---------|-------------------|--------------------|
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | Metropolitana | 10 |
| | | Norte | 10 |
| | | Sur | 10 |
| | Hígado | Metropolitana | 10 |
| | | Norte | 10 |
| | | Sur | 10 |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | Metropolitana | 10 |
| | | Norte | 10 |
| | | Sur | 10 |
| | Hígado | Metropolitana | 10 |
| | | Norte | 10 |
| | | Sur | 10 |
| <i>Serranus atricauda</i> | Músculo | Metropolitana | 10 |
| | | Norte | 10 |
| | | Sur | 10 |
| | Hígado | Metropolitana | 10 |
| | | Norte | 10 |
| | | Sur | 10 |

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

5.4. Procedimientos operatorios

Para la preparación de las muestras analíticas se extrae una cantidad de 10 gramos de masa muscular de la zona de la musculatura mediodorsal junto con la piel. El hígado, al ser de un tamaño variable incluso dentro de la misma especie, se tomará entero en todos los casos siempre y cuando su peso sea menor a 10 gramos (figuras 5 y 6).

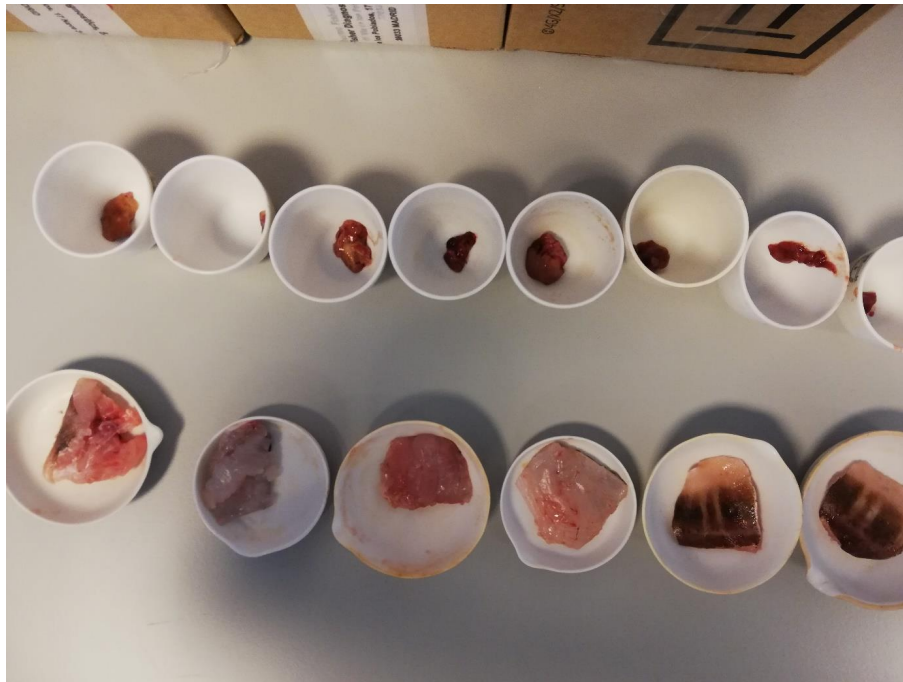


Figura 5: Muestras de tejido muscular y hepático de cabrilla (*Serranus atricauda*).



Figura 6: Arriba, muestras de tejido muscular y hepático; debajo, ejemplares de cabrilla para procedimiento operatorio.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Material utilizado para tomar las muestras de tejido:

- Bisturí de hojas desechables de acero inoxidable.
- Pinzas inoxidables.
- Tijeras de punta fina.
- Placas de Petri de plástico.
- Granatario ACCULAB-Sartorius con precisión a centésimas de gramo.
- Recipientes de polivinilo esterilizados de 100 mL.
- Rotulador permanente.
- Libreta de estadillos.
- Congelador para conservar muestras (T = - 22 °C).
- Lápiz de grafito.

5.5. Métodos analíticos utilizados

Técnicas empleadas:

La metodología analítica consta de la preparación y procesamiento de las muestras en el laboratorio para su posterior lectura mediante espectrometría de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES) (Tuzen *et al.*, 2008; Citak and Tuzen, 2010). Dicha técnica requiere generalmente la destrucción de la matriz muestral mediante la mineralización de esta, para preparar una disolución de analito lista para el análisis (Tuzen *et al.*, 1998; Soyak *et al.*, 2001).

Material utilizado para la preparación de muestras analíticas:

Reactivos y disoluciones:

- Ácido nítrico 65 % (M: 63.01) Panreac.
- Disolución de HNO₃ al 5 %.
- Detergente para uso de laboratorio Acationox (Merck).

Aparatos y material:

- Pocillos de porcelana Staatlich.
- Matraces Erlenmeyer de 250 mL.
- Matraces aforados de 100 mL.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

- Matraces aforados de 50 mL.
- Vasos de precipitados de 100 y 250 mL.
- Varillas de vidrio.
- Pinzas de madera.
- Pipetas de Pasteur.
- Desecador.
- Frascos de polietileno.
- Filtros de papel Whatman.
- Balanza analítica Mettler P 2000.
- Estufa Heraeus T-5042.
- Horno mufla.
- Espectrofotómetro de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente ICP-OES iCAP 6300 Duo de Thermo Scientific.

Condiciones instrumentales del espectrofotómetro:

- Flujo de gases (flujo de gas de nebulización y flujo de gas auxiliar): 0,5 L/min.
- Potencia aproximada de radiofrecuencia: 1150 W.
- Flujo de la bomba de inyección de muestra (flujo de estabilización y flujo de análisis): 50 rpm.

5.6. Análisis de los metales

Previamente a la preparación de las muestras analíticas, es importante la limpieza del material que estará en contacto con ellas (pinzas, varillas, pocillos, matraces, etc.). Dicha limpieza se realiza con agua y jabón, posteriormente se sumergen las piezas en agua con detergente de limpieza para laboratorio al 5 % durante 10-24 horas. A continuación, se aclaran con agua y se enjuagan varias veces con agua destilada y ácido nítrico en solución al 5 %; posteriormente se procede al secado del material en estufa a una temperatura de 70-80 °C. Para la esterilización de los crisoles de porcelana con el fin de que no queden restos de cenizas de análisis anteriores, los pondremos a 800 °C en el horno mufla durante 4 horas.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Los crisoles de porcelana, previamente pesados crisol y la muestra por separado a la centésima de gramo, se introducen con la muestra en la estufa a una temperatura de 70 °C durante 24 horas (figura 7), obteniéndose el peso seco. La diferencia entre el peso húmedo de inicio y el peso seco final permite obtener el contenido de humedad (en porcentaje) de dichas muestras.



Figura 7: Estufa para la desecación de las muestras.

Posteriormente se introducen los crisoles con las muestras en el horno mufla (figura 8), elevando la temperatura gradualmente hasta alcanzar 450 °C ± 25 °C en un periodo de 24 horas; posteriormente se mantiene constante esta temperatura otras 24 horas, lo que da un resultado de un proceso total de 48 horas desde el inicio de la incineración hasta la formación de cenizas blancas.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

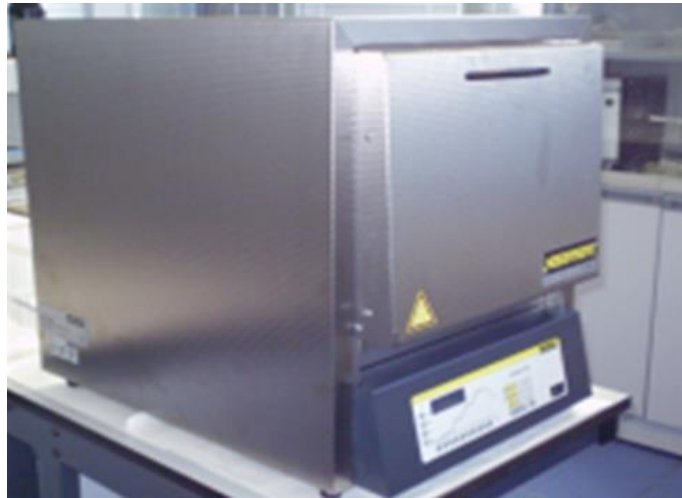


Figura 8: Horno mufla para la obtención de cenizas.

Este proceso en la práctica es costoso debido a que rara vez se llega a la total mineralización de la muestra (consecución de cenizas blancas) en un primer ciclo de 48 horas. En caso de que, transcurrido el tiempo de incineración, no se obtengan cenizas totalmente blancas, se procede a disolver las cenizas grisáceas en 1-2 mL de HNO₃ al 65 %, y se introducen en estufa a una temperatura de 60-70 °C hasta su evaporación y secado. Posteriormente se vuelven a introducir en el horno mufla y se procede a su reincineración, elevando la temperatura de nuevo hasta 450 °C ± 25 °C, obteniendo así las cenizas blancas. A continuación, se sacan del horno y se colocan en un desecador para evitar la rehidratación, se dejan enfriar hasta temperatura ambiente y se pesan en la balanza para obtener el peso en cenizas al miligramo. Estas cenizas blancas se disuelven con HNO₃ al 1,5 %, vertiéndose el contenido en un matraz aforado de 25 mL, y enrasando con la misma disolución HNO₃ al 1,5 %.

Por último, se trasvasan las muestras a frascos de polietileno numerados y etiquetados para la posterior determinación de los metales por espectrometría de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES) (Tuzen *et al.*, 2008; Citak and Tuzen, 2010). El modelo utilizado fue el ICAP 6300 Duo Thermo Scientific (Waltham, MA, Estados Unidos) con un muestreador automático Auto Sampler (CETAX modelo ASX-520) (figura 9).

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |



Figura 9: ICP-OES.

Para asegurarnos de la efectividad de nuestro método analítico, hemos realizado un estudio de recuperación de los metales para establecer si nuestra metodología es correcta; los resultados obtenidos se exponen en la tabla 2. Tal y como puede observarse, los datos demuestran que nuestros procedimientos operatorios presentan muy alto porcentaje de recuperación.

Tabla 2: Estudio de recuperación.

| Metal | Material | Concentración obtenida (mg/kg) | Concentración certificada^a (mg/kg) | Recuperación (%) |
|--------------|-----------------|---------------------------------------|--|-------------------------|
| Al | SRM 1566b | 203,4±1 | 197,2 | 103,2 |
| | Oyster Tissue | | | |
| B | SRM 1566b | 4,3±5 | 4,5 ^b | 94,6 |
| | Oyster Tissue | | | |
| Ba | SRM 1566b | 7,9±3 | 8,6 ^b | 92,3 |
| | Oyster Tissue | | | |
| Ca | SRM 1566b | 0,81±0.10 | 0,838 | 97,2 |
| | Oyster Tissue | | | |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020

| | | | | |
|-----------|-------------------------------|-------------|-------|-------|
| Cd | SRM 1566b Oyster Tissue | 2,37±0.09 | 2,48 | 95,4 |
| Co | SRM 1566b Oyster Tissue | 0,34±0.11 | 0,371 | 92,3 |
| Cr | SRM 1573a Tomato Leaves | 1,94±0.1 | 1,99 | 97,7 |
| Cu | SRM 1566b Oyster Tissue | 69,74±0.31 | 71,6 | 97,4 |
| Fe | SRM 1566b Oyster Tissue | 210,3±11 | 205,8 | 102,2 |
| K | SRM 1566b Oyster Tissue | 6,8±0.5 | 6,52 | 104,1 |
| Mg | SRM 1566b Oyster Tissue | 1,07±0.06 | 1,085 | 98,7 |
| Mn | SRM 1566b Oyster Tissue | 17,9±5 | 18,5 | 96,6 |
| Mo | SRM 1515 Apple Leaves | 0,087±0.021 | 0,094 | 92,6 |
| Na | SRM 1566b Oyster Tissue | 3,4±1.2 | 3,297 | 102,1 |
| Ni | SRM 1566b | 0,99±0.18 | 1,04 | 94,8 |

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2U4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020

| | | | | |
|-----------|---------------|-----------|------------------|------|
| | Oyster Tissue | | | |
| Pb | SRM 1566b | | | |
| | Oyster Tissue | 0,37±0.04 | 0,38 | 97,6 |
| Sr | SRM 1566b | | | |
| | Oyster Tissue | 6,6±2,1 | 6,8 ^b | 97,2 |
| V | SRM 1566b | | | |
| | Oyster Tissue | 0,54±0.08 | 0,577 | 93,7 |
| Zn | SRM 1566b | | | |
| | Oyster Tissue | 1398±29 | 1424 | 98,2 |

a Confidence interval: 95 %.

b Reference Concentration Values.

En la tabla 3 se exponen las longitudes de onda utilizadas para el análisis de cada metal, así como los límites de detección y cuantificación del método, que han sido calculados bajo condiciones de reproductibilidad (IUPAC, 1995).

Tabla 3: Límite de detección para los metales estudiados.

| Metal | Longitud de onda (nm) | Límite de Detección (mg/L) | Límite de Cuantificación (mg/L) |
|--------------|------------------------------|-----------------------------------|--|
| Al | 167,0 | 0,004 | 0,012 |
| B | 249,7 | 0,003 | 0,012 |
| Ba | 455,4 | 0,001 | 0,005 |
| Ca | 317,9 | 0,58 | 1,955 |
| Cd | 226,5 | 0,0003 | 0,001 |
| Co | 228,6 | 0,0006 | 0,002 |
| Cr | 267,7 | 0,003 | 0,008 |
| Cu | 327,3 | 0,004 | 0,012 |
| Fe | 259,9 | 0,002 | 0,005 |
| K | 769,9 | 0,565 | 1,884 |
| Li | 670,8 | 0,005 | 0,013 |
| Mg | 279,1 | 0,583 | 1,943 |
| Mn | 257,6 | 0,002 | 0,008 |
| Mo | 202,0 | 0,0007 | 0,002 |

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562

Código de verificación: K2Uh4Hki

Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 21/12/2020 01:25:48

Ángel José Gutiérrez Fernández
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

21/12/2020 07:50:00

Arturo Hardisson de la Torre
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

21/12/2020 09:12:49

María de las Maravillas Aguiar Aguiar
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

11/03/2021 09:00:53

| | | | |
|----|-------|--------|-------|
| Na | 589,6 | 1,097 | 3,655 |
| Ni | 231,6 | 0,0007 | 0,003 |
| Pb | 220,3 | 0,0003 | 0,001 |
| Sr | 407,7 | 0,0007 | 0,003 |
| V | 310,2 | 0,001 | 0,005 |
| Zn | 206,2 | 0,002 | 0,007 |

5.7. Análisis estadístico

Para la realización del análisis estadístico se utilizó el programa IBM Statisticts SPSS 22.0 para Windows™. En un primer paso se comprobó si los datos de las muestras recogidas seguían una distribución normal mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y Saphiro Wilk y se realizó un test de homogeneidad de las varianzas utilizando para ello el estadístico de Levene (Gutiérrez *et al.*, 2008).

En el caso de existir normalidad de los datos, y para determinar la existencia o no de diferencias estadísticas significativas entre especies o tejidos, se procedió a realizar un test paramétrico, concretamente un estudio ANOVA, con un posterior análisis Post HOC (Mycroft *et al.*, 2000). Por el contrario, si los datos no se distribuían de forma normal, se realizó un estudio no paramétrico, utilizando para ello el test de Kruskal-Wallis para comprobar si existían diferencias significativas en cuanto a la concentración metálica entre grupos y el test de U de Mann-Whitney para determinar entre qué grupos existían esas diferencias estadísticas en la concentración de metales (Choy *et al.*, 2001; Rubio *et al.*, 2017a, 2017b, 2018d; Sangiuliano *et al.*, 2017; Paz *et al.*, 2018b).

6. Resultados y discusión

6.1. Estudio biométrico

6.1.1. Estudio de la relación talla/peso en conjunto

En la tabla 4 se muestran las medias y desviaciones estándar de la talla de las especies de estudio (cm) y peso (g).

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020

Tabla 4: Estadísticos descriptivos de longitud y peso de todas las especies de estudio en conjunto.

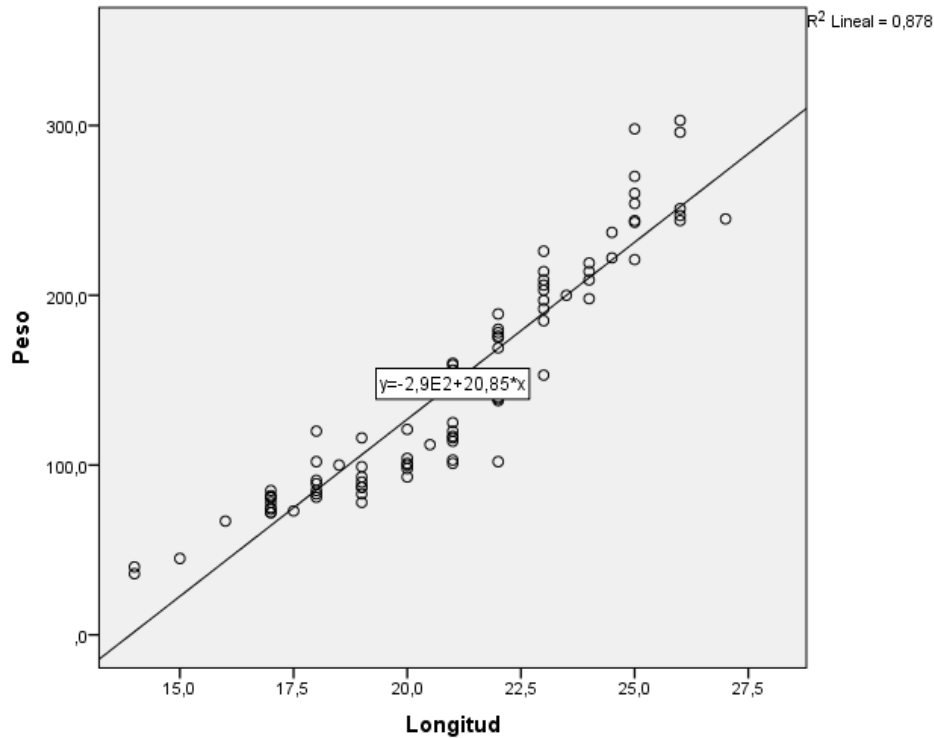
| | N | Mínimo | Máximo | Media | Desviación estándar |
|----------------------|----|--------|--------|---------|---------------------|
| Peso | 60 | 36,0 | 303,0 | 147,611 | 66,9528 |
| Longitud | 60 | 14,0 | 27,0 | 20,989 | 3,0074 |
| N válido (por lista) | 60 | | | | |

Para cuantificar la relación entre la talla y el peso de las especies de estudio, se ha realizado la prueba del coeficiente de correlación de Spearman, dando como resultado una correlación significativa positiva del 96,3 % (significación $\leq 0,001$ bilateral) (tabla 5).

Tabla 5: Correlación de talla/peso de las especies en conjunto.

| Rho de Sperman | Peso | Coeficiente de correlación | Peso | Longitud |
|----------------|----------|----------------------------|--------|----------|
| | | | 1,000 | ,963** |
| | | Sig. (bilateral) | . | ,000 |
| | | N | 90 | 90 |
| | Longitud | Coeficiente de correlación | ,963** | 1,000 |
| | | Sig. (bilateral) | ,000 | . |
| | | N | 90 | 90 |

La gráfica 1 muestra la distribución entre la talla y el peso de las tres especies de estudio. La distribución muestra una relación muy cercana a la linealidad en base al coeficiente de correlación de Spearman $r = 0,96$ (tabla 5), por lo que a mayor talla del ejemplar estudiado le corresponderá un mayor peso corporal sin eviscerar.



Gráfica 1: Correlación peso vs. longitud especies en conjunto.

6.1.2. Estudio de la relación talla/peso por especie

La tabla 6 muestra las medias, los máximos y mínimos de la longitud estándar o talla (cm) y el peso (g) de los ejemplares de cada especie.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020

Tabla 6: Medias biométricas de las especies de estudio.

| Peso/Spp | | N | Media ± *desvest (g) | Longitud/Spp | | N | Media ± *desvest (cm) |
|----------|----------|----|----------------------|--------------|----------|----|-----------------------|
| Peso | Salema | 30 | 186,8±77,08 | Longitud | Salema | 30 | 22,52±3,25 |
| | Vieja | 30 | 158,37±52,37 | | Vieja | 30 | 21,05±2,57 |
| | Cabrilla | 30 | 97,67±29,36 | | Cabrilla | 30 | 19,4±2,4 |

Las gráficas 2 y 3 representan respectivamente la distribución de la longitud estándar y el peso de los resultados de la tabla 6.

Cabe destacar que existen diferencias significativas en cuanto a la longitud media de los ejemplares: las salemas son las de mayor tamaño medio y las cabrillas las de menor tamaño.

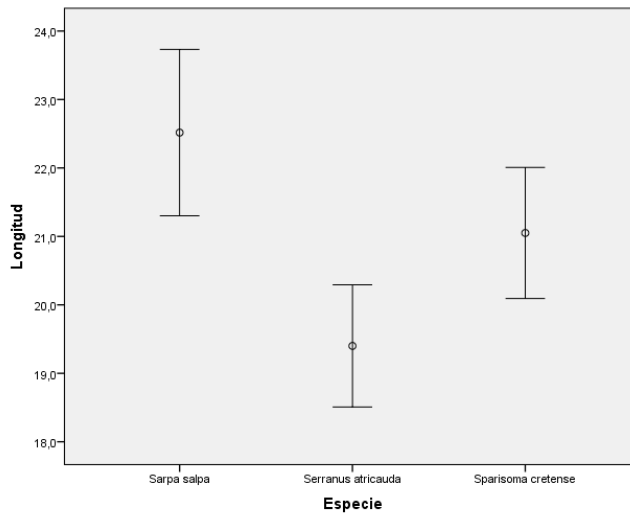
Sin embargo, si se comparan los pesos medios de cada especie, no existen diferencias significativas entre el peso de las viejas y el de las salemas; no obstante, las cabrillas tienen un peso significativamente más pequeño que las dos especies anteriores.

Se deben tener en cuenta las tallas medias de cada especie tal y como se ha señalado en el apartado en el que se describen las especies de estudio, siendo la talla media de las viejas y salemas de 30 cm, y la de las cabrillas entre 12 y 35 cm (varían bastante por ejemplares); por otra parte, cabe destacar que las muestras fueron capturadas por pescadores locales que tienen que cumplir con unas tallas mínimas para la captura y venta establecidas en el Real Decreto 560/1995, que establece las tallas mínimas de captura en 15 centímetros en el caso de la cabrilla, 20 centímetros en el caso de la vieja y 24 centímetros para la salema. Este hecho incluye un cierto *sesgo* de muestreo, pero desde el punto de evaluación del riesgo estrecha mucho más el margen de tamaño de los ejemplares para realizar dicha evaluación.

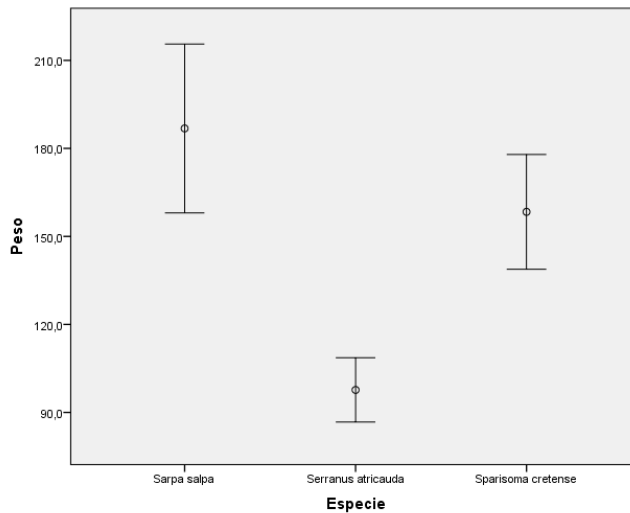
Si se tienen en cuenta tanto las tallas medias de las especies en la naturaleza como las referidas en la legislación vigente, se observa cierta tendencia a una media de talla permitida de captura, excepto en las cabrillas. Se debe destacar que los ejemplares de cabrillas se encuentran por debajo de los 24 centímetros, pero al ser capturadas por pescadores locales y muchos ejemplares ser donaciones por parte de estos, se explica que las cabrillas estén por debajo de la talla mínima permitida, dado que su venta está prohibida y dichos pescadores separaron estos ejemplares para donarlos al presente estudio; se puede concluir que son descartes de pesca.

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020



Gráfica 2: Longitud estándar media de las especies muestreadas.



Gráfica 3: Peso medio de las especies estudiadas.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

6.2. Estudio del contenido metálico en tejido hepático y muscular

Con el fin de establecer si existen diferencias estadísticas entre el contenido metálico muscular y el contenido metálico hepático, se han analizado las tres especies en conjunto.

Las concentraciones medias y desviaciones estándar obtenidas para el tejido hepático y muscular de las cuatro especies en conjunto se presentan en la tabla 7.

Tabla 7: Concentraciones metálicas medias en tejido hepático y muscular.

| Matriz | N | Media ± *desvest (mg/kg) | Matriz | N | Media ± *desvest (mg/kg) | | |
|-----------|---------|--------------------------|---------------|-----------|--------------------------|----|-------------|
| Al | Hígado | 90 | 179,23±1364 | Li | Hígado | 90 | 3,40±3,39 |
| | Músculo | 90 | 1,82±0,9 | | Músculo | 90 | 0,27±0,16 |
| B | Hígado | 90 | 1,64±3,17 | Mg | Hígado | 90 | 357±336 |
| | Músculo | 90 | 0,12±0,14 | | Músculo | 90 | 331±129 |
| Ba | Hígado | 90 | 1,61±2,66 | Mn | Hígado | 90 | 1,70±1,81 |
| | Músculo | 90 | 0,18±0,23 | | Músculo | 90 | 15,63±87,8 |
| Ca | Hígado | 90 | 603±1156 | Mo | Hígado | 90 | 0,26±0,29 |
| | Músculo | 90 | 3125±1587 | | Músculo | 90 | 0,01±0,004 |
| Cd | Hígado | 90 | 0,88±1,35 | Na | Hígado | 90 | 2042±1289 |
| | Músculo | 90 | 0,004±0,007 | | Músculo | 90 | 820±293 |
| Co | Hígado | 90 | 0,18±0,25 | Ni | Hígado | 90 | 0,33±0,54 |
| | Músculo | 90 | 0,009±0,025 | | Músculo | 90 | 0,06±0,19 |
| Cr | Hígado | 90 | 0,31±1,42 | Pb | Hígado | 90 | 0,28±0,41 |
| | Músculo | 90 | 0,21±0,42 | | Músculo | 90 | 0,027±0,19 |
| Cu | Hígado | 90 | 18,68±49,12 | Sr | Hígado | 90 | 3,58±5,30 |
| | Músculo | 90 | 0,61±0,28 | | Músculo | 90 | 0,45±1,26 |
| Fe | Hígado | 90 | 147,61±138,65 | V | Hígado | 90 | 0,85±1,44 |
| | Músculo | 90 | 4,07±4,76 | | Músculo | 90 | 0,07±0,12 |
| K | Hígado | 90 | 2982±2067 | Zn | Hígado | 90 | 41,24±53,03 |
| | Músculo | 90 | 2544±354 | | Músculo | 90 | 7,96±7,00 |

* Desvest: desviación estándar.

Para comprobar la existencia o no de normalidad de los datos, se realizaron las pruebas de normalidad y homogeneidad de las varianzas. Debido a la no existencia de normalidad en estos, dichos test mostraron la necesidad de usar pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis para comparar los contenidos medios hepáticos y musculares. Esta prueba arrojó resultados significativos para todos los metales excepto para K y Mg, que no mostraron diferencias significativas estadísticas en cuanto a su concentración en ambos tejidos. La tendencia general es la acumulación de mayor cantidad de metales en el tejido hepático salvo excepciones, como ocurre con el Mn y el Ca. El hígado tiene una función básica en el metabolismo y eliminación de desechos, también tiene función de almacenamiento de nutrientes y vitaminas.

Este órgano suele ser el que mayor cantidad de metales pesados acumula (Lozano *et al.*, 2009); una concentración metálica excesivamente alta indica una exposición reciente (Coğun *et al.*, 2006) y puede dar información sobre las características ambientales y contaminación del medio ambiente marino.

Los resultados obtenidos siguen la línea general de otros estudios que apuntan que los órganos activos metabólicamente como las agallas, riñones e hígado tienen tendencia a acumular más cantidad de metales que los que presentan menor actividad metabólica (Filazi *et al.*, 2003).

Por otro lado, se se han comparado los porcentajes acumulados metálicos teniendo en cuenta su condición de tóxicos, macronutrientes y esenciales o trazas, estableciendo proporciones y patrones entre dichos metales.

METALES TÓXICOS

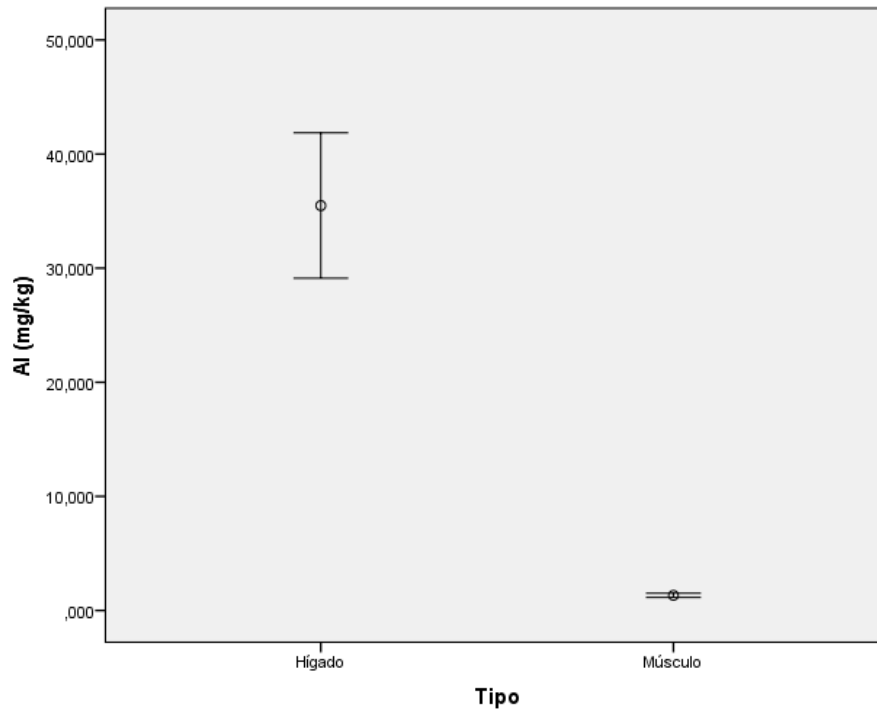
• Aluminio

Interpretando la gráfica 4, con los datos estadísticos obtenidos, se denota la existencia de diferencias estadísticas significativas entre el contenido medio de Al en tejido hepático ($179,23 \pm 1364$ mg/kg) y muscular ($1,82 \pm 0,9$ mg/kg). Tal y como se puede observar, la concentración media de aluminio hepático supera de media unas 98 veces a la muscular, además de seguir el patrón de mayor acumulación en el hígado con respecto al músculo. Estudios científicos apuntan a que el aluminio, una vez que entra en el torrente sanguíneo, se encuentra casi en su totalidad vinculado a la transferrina, que es una proteína que interviene en el transporte del Fe a los órganos. El Al es capaz de competir por la unión a dicha proteína, que se sintetiza principalmente en el hígado en un 90 %, el 10 % restante se encuentra vinculado a los eritrocitos (Harris y Messori, 2002). El aluminio tiende a acumularse en mayor cantidad en hígado, huesos y riñones en comparación con los músculos, cerebro y pulmones (Greger y Sutherland, 1997). La distribución dispar de Al entre órganos puede deberse en buena parte a la cantidad de receptores de transferrina que contengan dichos órganos (Morris *et al.*, 1989).

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020



Gráfica 4: Concentración media de aluminio en tejido hepático y muscular.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

- **Cadmio**

La gráfica 5 indica que existen diferencias estadísticas significativas entre el contenido medio de Cd en tejido hepático ($0,88 \pm 1,35$ mg/kg) con respecto al contenido muscular ($0,004 \pm 0,007$ mg/kg). Un estudio realizado por la Universidad Claude Bernard en Lyon consistió en someter a una exposición continuada de Cd a ejemplares de *Ciprinus carpio* durante 127 días, seguido de un periodo de depuración de 43 días; se obtuvieron resultados que apuntaban a que las concentraciones hepáticas aumentaban muy rápidamente. No obstante, en el tejido muscular la concentración de este metal comenzó a ser significativamente mayor a partir de los 106 días de exposición, y los ejemplares que se sometieron a los 43 días de depuración experimentaron una pérdida de Cd muscular en los primeros días. Sin embargo, en órganos como hígado y riñones, el nivel de cadmio quedaba acumulado (De Conto *et al.*, 1999). Por lo tanto, se puede concluir que el tejido muscular no tiene una gran tendencia a acumular este metal y presenta una gran capacidad de eliminación cuando se recuperan las condiciones ambientales libres de Cd; por el contrario, y tal y como afirman Lozano *et al.*, 2009, el tejido hepático es un órgano diana para la acumulación de metales, siendo muy fácil su acumulación y muy difícil su eliminación a corto plazo.

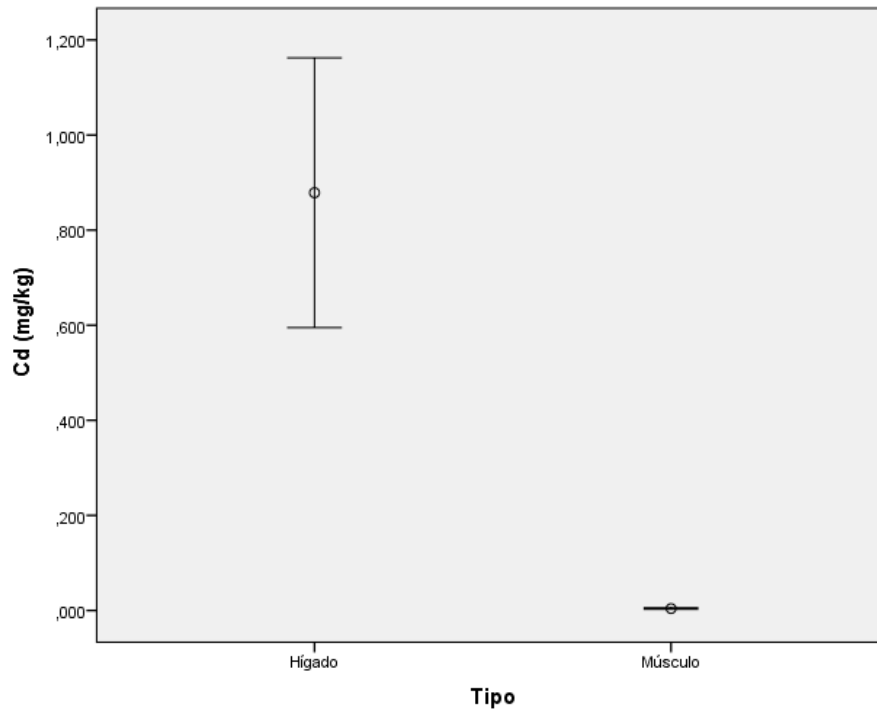
Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020



Gráfica 5: Concentración media de cadmio en tejido hepático y muscular.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

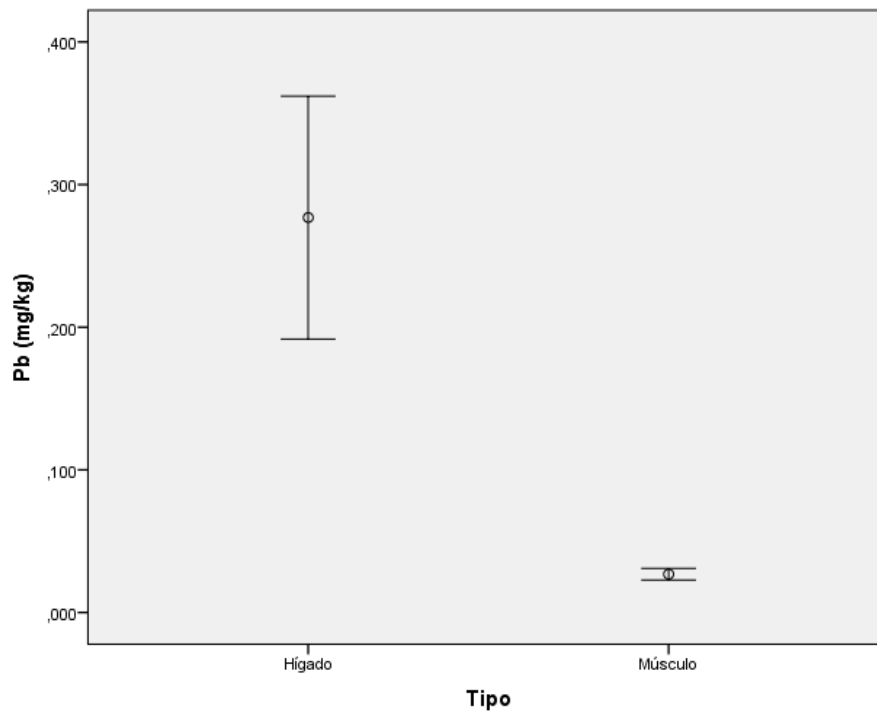
• **Plomo**

Respecto a este metal, destacamos la existencia de diferencias estadísticas significativas entre el contenido medio de Pb en tejido hepático ($0,28 \pm 0,41$ mg/kg) y muscular ($0,027 \pm 0,19$ mg/kg) (gráfica 6). El plomo, de la misma manera que otros metales pesados tóxicos, tiende a acumularse en los tejidos y biomagnificarse en la cadena alimentaria. La concentración de Pb en el medio marino, así como de otros metales pesados, ha aumentado con el desarrollo industrial y el aumento de población (Yilmaz y Yilmaz, 2007; Franca *et al.*, 2005; Lozano *et al.*, 2009). Los resultados de concentración de Pb en peces de las Islas Canarias, tanto en el tejido hepático como en el muscular, son similares a los obtenidos en otros estudios hechos por otros autores, tal y como se detallará en el apartado correspondiente. Por lo tanto, es probable que los niveles de contaminación por Pb no hayan aumentado de manera significativa en los últimos años.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |



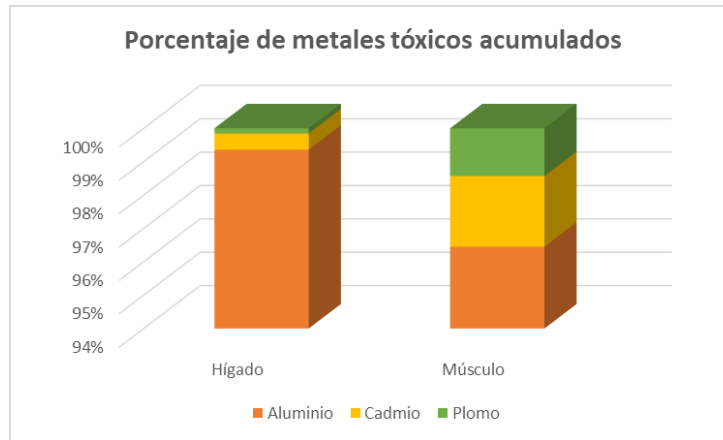
Gráfica 6: Concentración media de plomo en tejido hepático y muscular.

La gráfica 7 muestra los porcentajes acumulados de los tres metales tóxicos. Cabe destacar que en ambos tejidos la concentración de aluminio supera el 90 % de concentración en comparación con los otros metales tóxicos. La gráfica 8 muestra el porcentaje acumulado sin tener en cuenta el aluminio, existiendo una proporción cercana al 80 % de cadmio en el hígado frente a un 20 % de plomo, mientras que en el músculo la proporción de cadmio disminuye a un 60 % frente al 40 % de plomo.

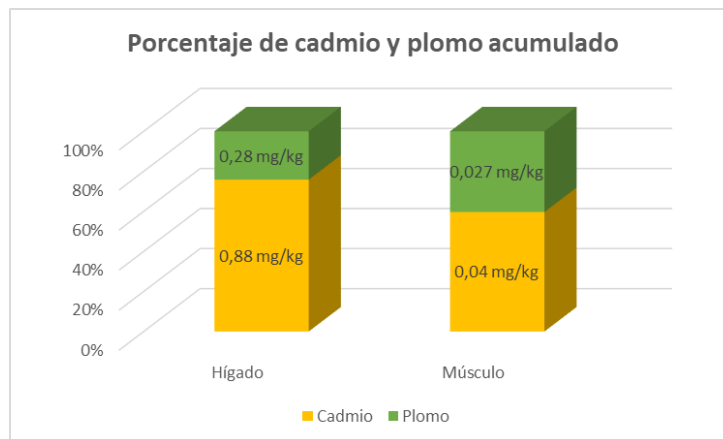
| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020



Gráfica 7: Porcentaje de metales tóxicos acumulados en ambos tejidos.



Gráfica 8: Porcentaje de cadmio y plomo acumulados en ambos tejidos.

MACRONUTRIENTES

En el caso de los macronutrientes, en primer lugar debemos indicar que no existían diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la concentración por tejido del K y Mg, por lo que las concentraciones de ambos metales eran muy parecidas en los dos tejidos estudiados. Por otra parte, se ha de destacar la concentración de calcio mayoritaria en el tejido muscular con respecto la concentración en el tejido hepático; este resultado era de esperar, ya que el calcio es fisiológicamente esencial para llevar

| | |
|--|----------------------------------|
| Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección https://sede.ull.es/validacion/ | |
| Identificador del documento: 3123562 | Código de verificación: K2Uh4Hki |
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

actividades tan importantes como la contracción muscular y la transmisión nerviosa (LPI, 2020a). Por otra parte, el magnesio se encuentra presente en cantidades similares tanto en el músculo como en el hígado. Este macronutriente es esencial para el mantenimiento de la homeostasis del calcio y la vitamina D, interviniendo en la contracción muscular y la transmisión nerviosa, además de ser imprescindible en numerosas reacciones fisiológicas a nivel celular (LPI, 2020b). El potasio también es un macronutriente que se encuentra en concentraciones similares en ambos tejidos; cabe destacar que el K interviene en el mantenimiento del equilibrio entre los fluidos y electrolitos, una conducción nerviosa y actividad muscular apropiada e influye en mantener un adecuado volumen de presión sanguínea (LPI, 2020c). Finalmente, el sodio se encuentra en mayor concentración en el hígado con respecto al músculo, pero esta diferencia de concentración es del orden de 2,5 veces mayor en el hígado; se puede observar que no se dan estas diferencias tan grandes de concentración como llegaba a ocurrir con los metales tóxicos. El sodio es esencial que se encuentre en todos los tejidos dado que, junto con el potasio, tiene la misma funcionalidad y sirve para el mantenimiento de la homeostasis (LPI, 2020d).

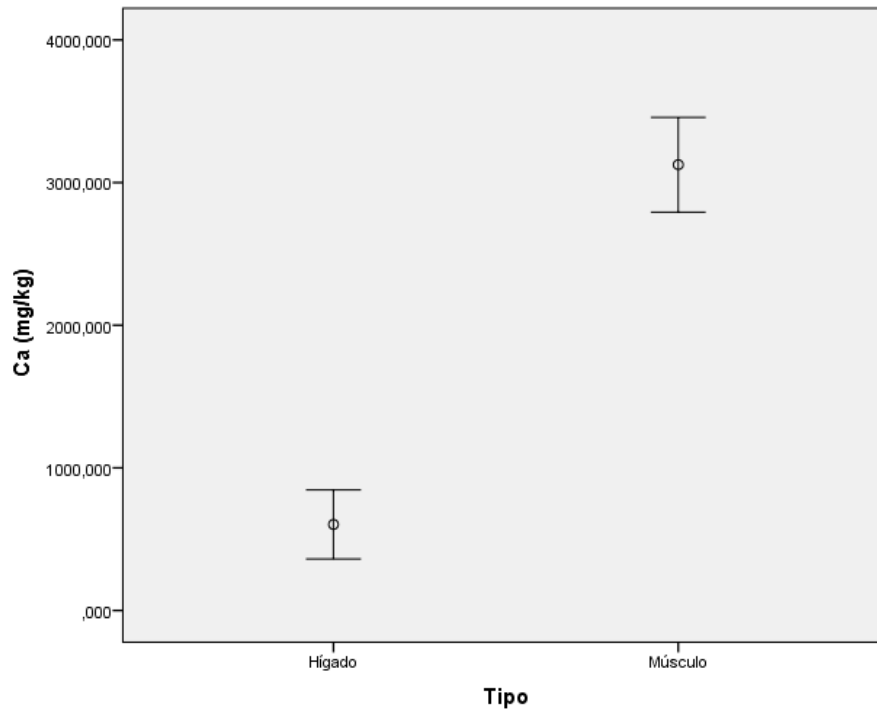
- **Calcio**

La gráfica 9 muestra la existencia de diferencias estadísticas significativas entre el contenido medio de Ca cuantificado en hígado y en músculo, siendo significativamente mayor en el músculo (3125 ± 1587 mg/kg) que en hígado (603 ± 1156 mg/kg).

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020



Gráfica 9: Concentración media de calcio en tejido hepático y muscular.

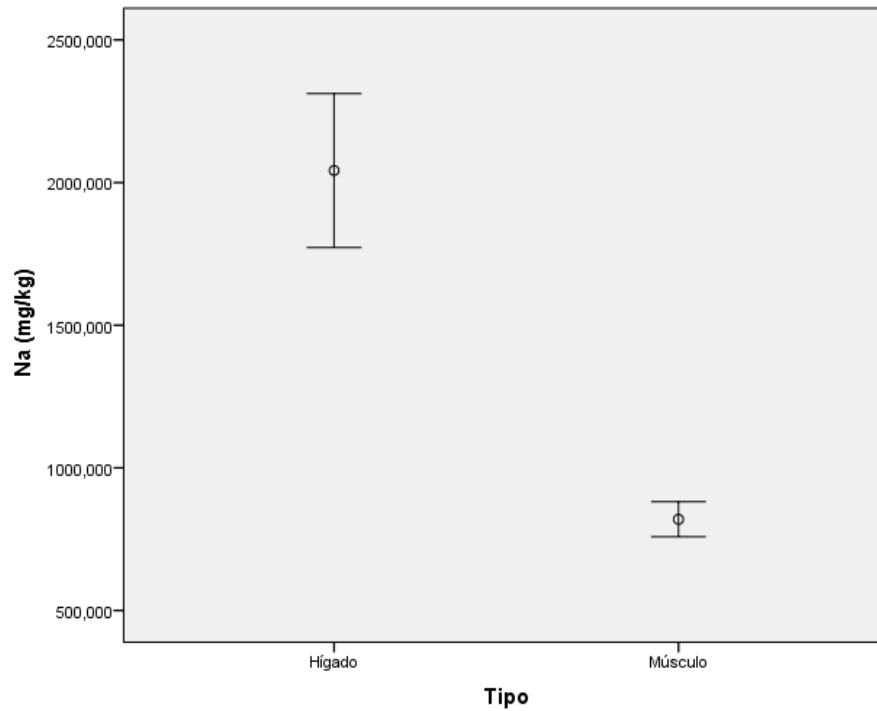
Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

• **Sodio**

En la gráfica 10 se muestra la existencia de diferencias estadísticas significativas entre el contenido medio de Na determinado en hígado y en músculo, siendo mayor en hígado (2042 ± 1289 mg/kg) que en músculo (820 ± 293 mg/kg).



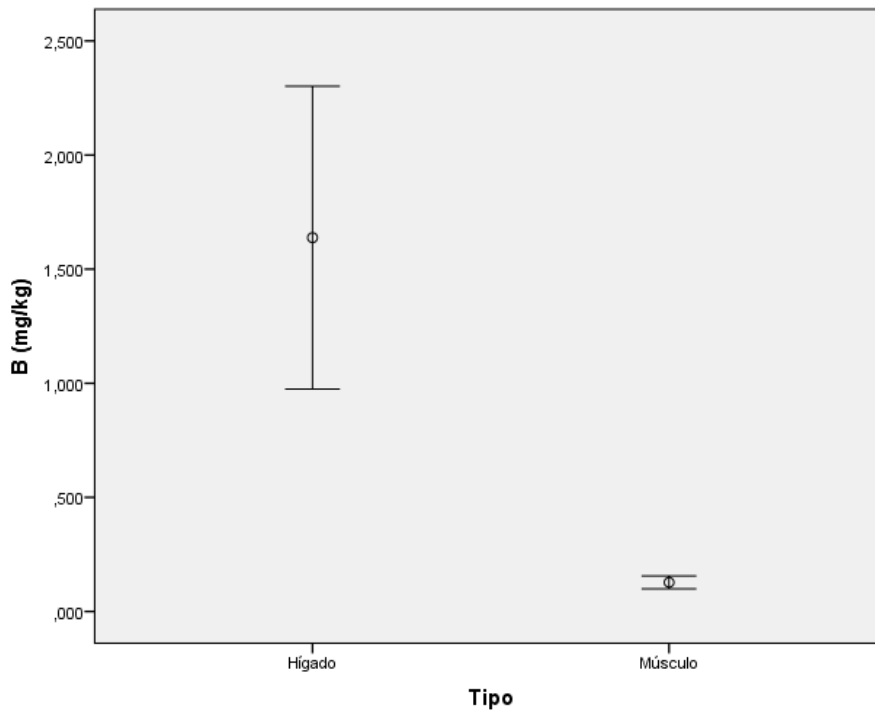
Gráfica 10: Concentración media de sodio en tejido hepático y muscular.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

METALES TRAZA Y ESENCIALES

• **Boro**

En la gráfica 11 se puede observar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre el contenido medio de B hallado en hígado y en músculo, siendo significativamente mayor en hígado ($1,64 \pm 3,17$ mg/kg) que en músculo ($0,12 \pm 0,14$ mg/kg).



Gráfica 11: Concentración media de boro en tejido hepático y muscular.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

- **Bario**

La gráfica 12 muestra la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre el contenido medio de Ba hallado en hígado y en músculo, siendo significativamente mayor en hígado ($1,61 \pm 2,66$ mg/kg) que en músculo ($0,18 \pm 0,23$ mg/kg). El bario no tiene función biológica conocida en el medio marino ni tampoco efectos adversos (Payne *et al.*, 2011). Es importante señalar que la cantidad de Ba en el tejido hepático de los ejemplares del presente trabajo es superior a las obtenidas en muestras de hígado del pez luna (*Mola mola*), que es el pez óseo más grande del mundo, tal y como apunta un estudio que indica que la media de concentración de Ba en tejido hepático es de $0,08$ mg/kg de peso corporal (Perrault *et al.*, 2014). Este mismo estudio hace una revisión en otras especies de grandes peces óseos y cartilagosos en la que se arrojan valores aún más bajos para la concentración de Ba. No obstante, los valores obtenidos para este metal en el presente estudio son extremadamente altos en comparación con otros estudios realizados en Canarias, que se analizarán más adelante. Se debe tener en cuenta que las aguas de *upwelling* norteafricano son aguas con concentraciones más altas que la media oceánica, aunque el Ba no tiene tendencia a la bioacumulación y las más altas concentraciones se encuentran en organismos que se hallan en un nivel bajo en la cadena trófica (Jeandel, 2000; Afonso, 2014).

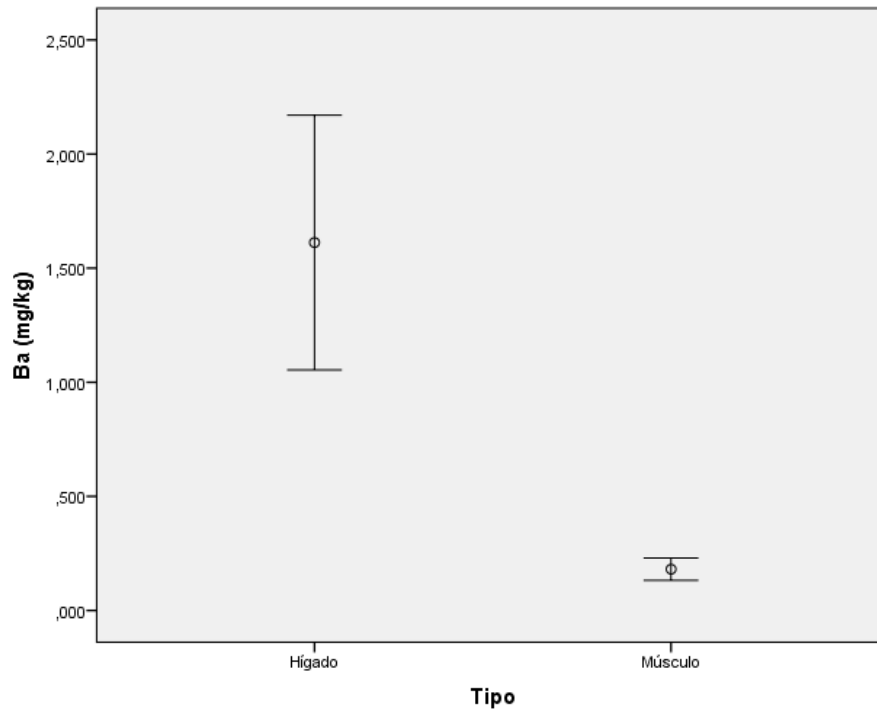
Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020



Gráfica 12: Concentración media de bario en tejido hepático y muscular.

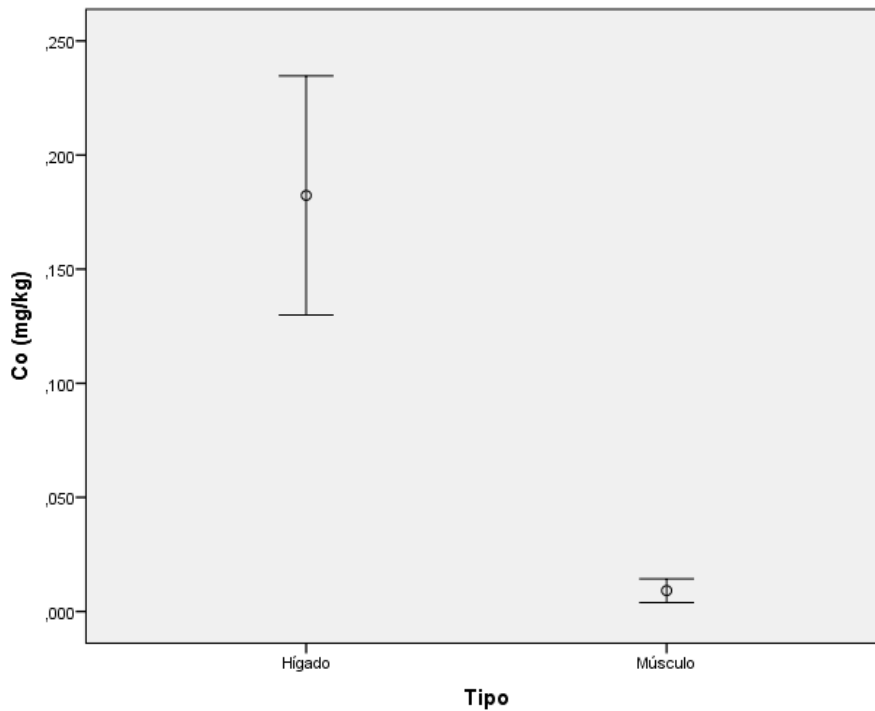
Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

• **Cobalto**

En el caso del cobalto se repite el patrón de concentración mayor en el hígado ($0,18 \pm 0,25$ mg/kg) con respecto a la concentración en el músculo ($0,009 \pm 0,025$ mg/kg) (gráfica 13). Este metal tiene tendencia a acumularse en mayor medida en las vísceras y piel en comparación con el tejido muscular y partes comestibles (Barceloux, 1999); en el presente estudio la cantidad media en el músculo es insignificante, mientras que en el hígado encontramos una concentración 20 veces mayor.



Gráfica 13: Concentración media de cobalto en tejido hepático y muscular.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

• **Cromo**

La concentración de cromo hepático (gráfica 14) es significativamente mayor ($0,31 \pm 1,42$ mg/kg) que en el tejido muscular ($0,21 \pm 0,42$ mg/kg). El Cr en este caso puede ser trivalente o hexavalente, este último es tóxico en grandes concentraciones. Diversos estudios demuestran que puede causar daños en el ADN, así como en agallas, riñones y branquias. En el tejido hepático una concentración en el medio acuático dentro del rango de 20-40mg/L de Cr hexavalente produce vacuolización en los hepatocitos, disposición de los núcleos celulares en las partes laterales de la célula, atrofia celular, aumento del espacio sinusoidal e incluso lisis celular, además de atrofia muscular y muerte del 50 % de los ejemplares (Kuykendal *et al.*, 1996; Mishra y Mohanty, 2008), por lo tanto es de esperar que en el presente trabajo la mayor parte del Cr sea trivalente, dado que estas concentraciones en Cr hexavalente serían incompatibles con la vida de los ejemplares.

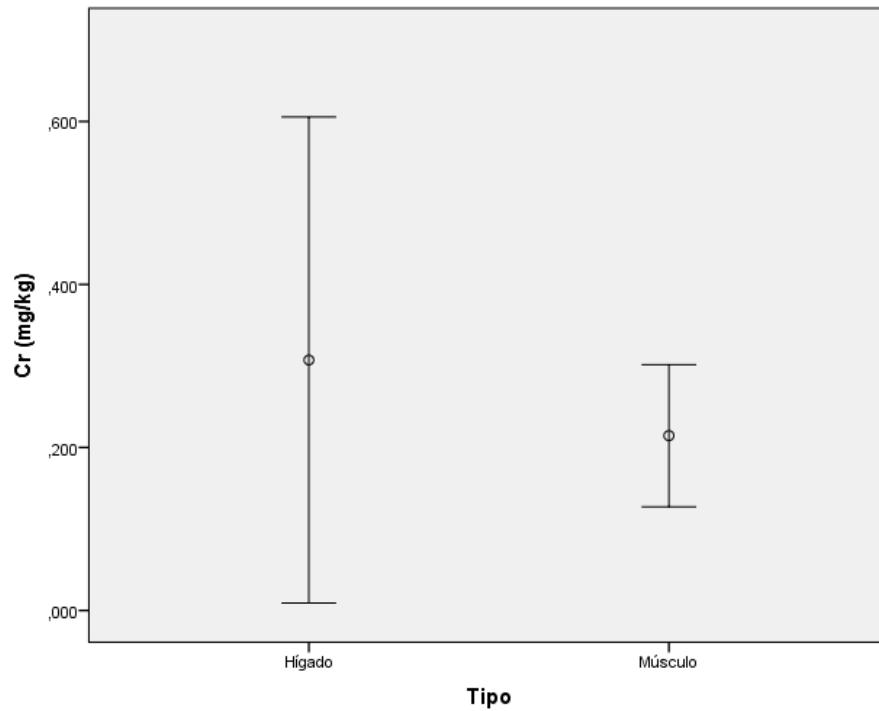
Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020



Gráfica 14: Concentración media de cromo en tejido hepático y muscular.

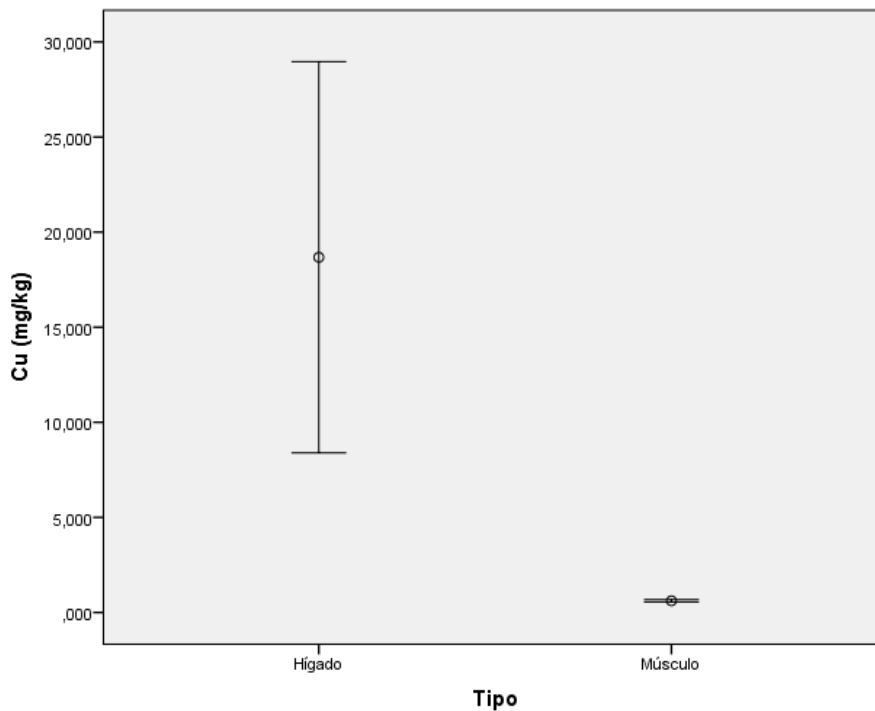
Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

• **Cobre**

La presencia de cobre en tejido hepático ($18,68 \pm 49,12$ mg/kg) es del orden de 30 veces mayor que en músculo ($0,61 \pm 0,28$ mg/kg). Zhou *et al.* encontraron en 2018 que entre un 60 % y un 75 % de Cu corporal de la especie marina *Siganus oramin* provenía de la absorción dietética, que sería la principal vía de acumulación de este metal. Experimentalmente encontraron que, a cierta exposición de cobre, la sensibilidad de absorción y acumulación por parte del hígado es del orden de 3 veces mayor que la capacidad de acumulación en tejido muscular.

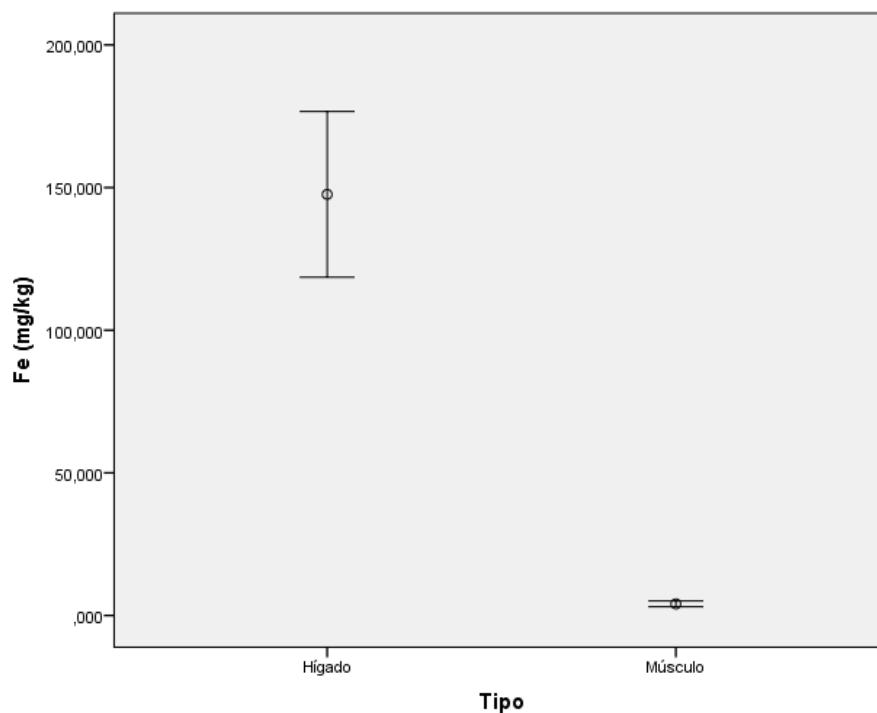


Gráfica 15: Concentración media de cobre en tejido hepático y muscular.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

• Hierro

La gráfica 16 muestra la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre el contenido medio de Fe cuantificado en hígado y en músculo, siendo significativamente mayor en hígado ($147,61 \pm 138,65$ mg/kg) que en músculo ($4,07 \pm 4,76$ mg/kg). La concentración de Fe sigue la misma tendencia que la mayoría de los metales a acumularse en el hígado; se debe tener en cuenta que el hígado es un almacén de ferritina, que es la proteína encargada de almacenar el hierro (Erramouspe, 2012).

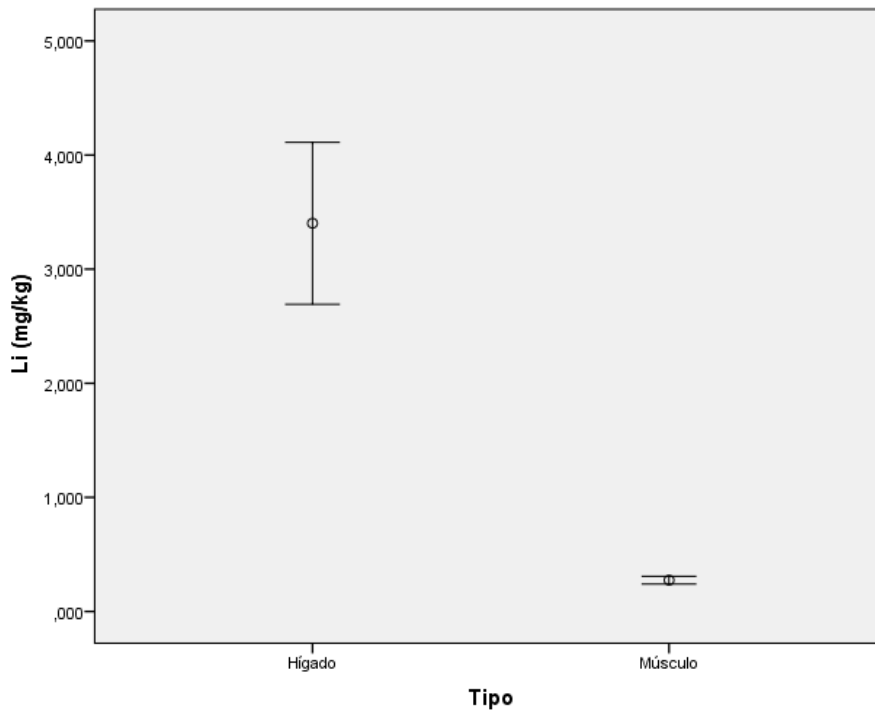


Gráfica 16: Concentración media de hierro en tejido hepático y muscular.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

• **Litio**

Este metal alcalino se encuentra en mayor concentración en el hígado ($3,40 \pm 3,39$ mg/kg) comparado con el tejido muscular ($0,27 \pm 0,16$ mg/kg), siendo la concentración hepática de Li significativamente mayor (gráfica 17).

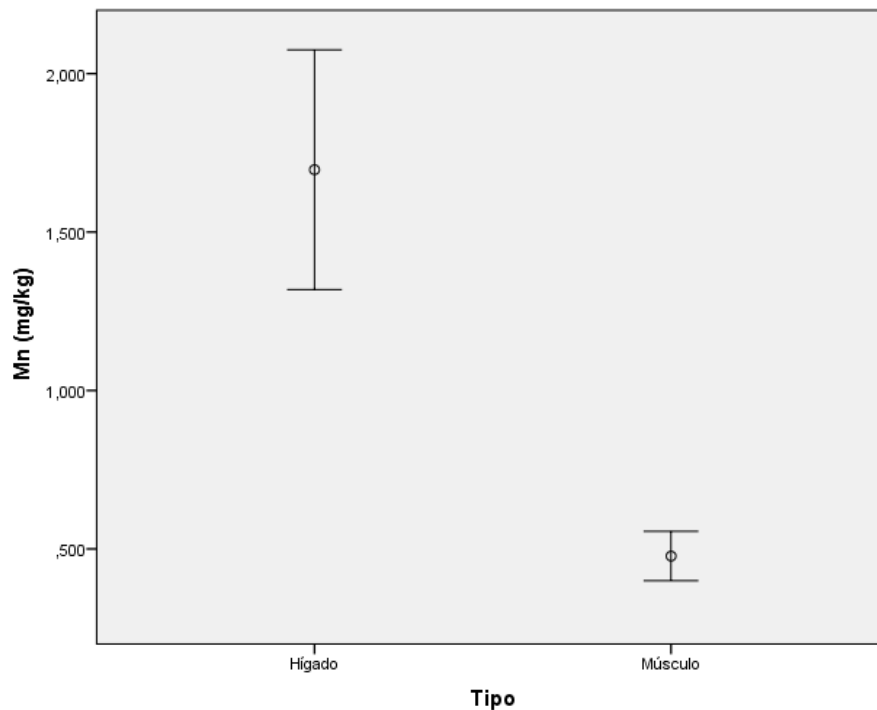


Gráfica 17: Concentración media de litio en tejido hepático y muscular.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

• **Manganeso**

Los datos arrojaron resultados estadísticamente significativos: se encuentra una concentración mucho más elevada de manganeso en el tejido hepático ($15,63 \pm 87,8$ mg/kg) que en el tejido muscular ($1,70 \pm 1,81$ mg/kg) (gráfica 18). Los resultados obtenidos van en consonancia con los estudios de otros autores en cuanto a la tendencia de mayor acumulación en el hígado con respecto al músculo (Türkmen *et al.*, 2009). No obstante, Sındayigaya *et al.* (1994) encontraron una concentración superior en el músculo con respecto al tejido hepático en la especie de agua dulce *Lates stappersi*.



Gráfica 18: Concentración media de manganeso en tejido hepático y muscular.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

• **Molibdeno**

La gráfica 19 muestra la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre el contenido medio de Mo hallado en hígado y en músculo, siendo mayor en hígado ($0,26 \pm 0,29$ mg/kg) que en músculo ($0,01 \pm 0,004$ mg/kg). Una revisión de la literatura sobre la bioacumulación de este metal en diferentes concentraciones en organismos acuáticos revela que la absorción de molibdeno es insignificante, así como la bioacumulación a lo largo de la cadena alimentaria. Incluso en concentraciones extremas, se mantuvo la concentración corporal por debajo de los 2,5 mg de Mo/kg de peso corporal en tejido muscular de diversas especies marinas, o sea, se mantenían valores bajos de este metal independientemente de la concentración de Mo a la que estuvieran expuestos los ejemplares, lo que indica que los organismos acuáticos podrían poseer mecanismos adecuados para la regulación del molibdeno interno (Regoli *et al.*, 2012).

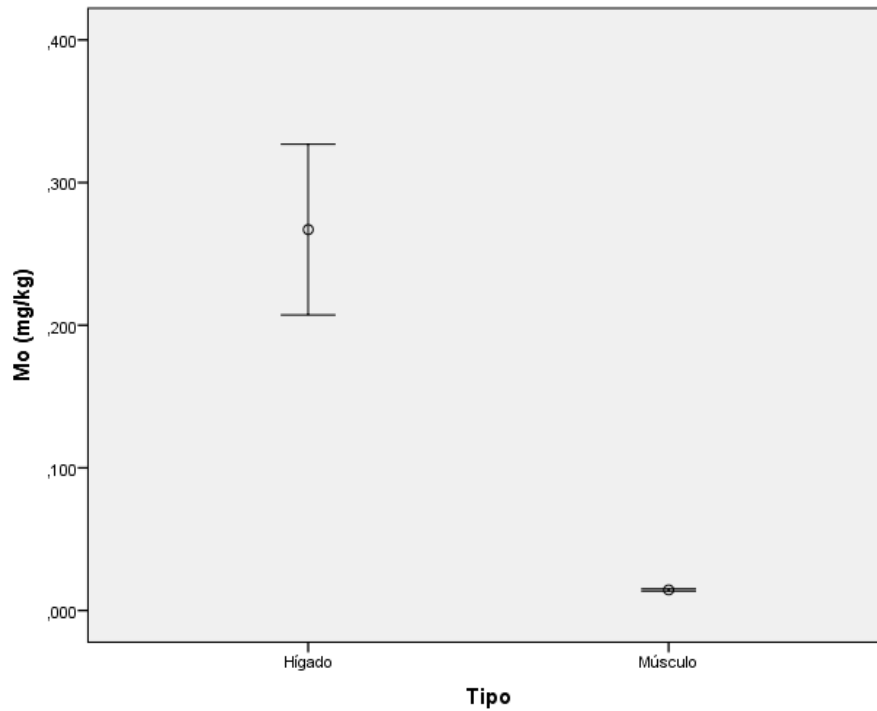
Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020



Gráfica 18: Concentración media de molibdeno en tejido hepático y muscular.

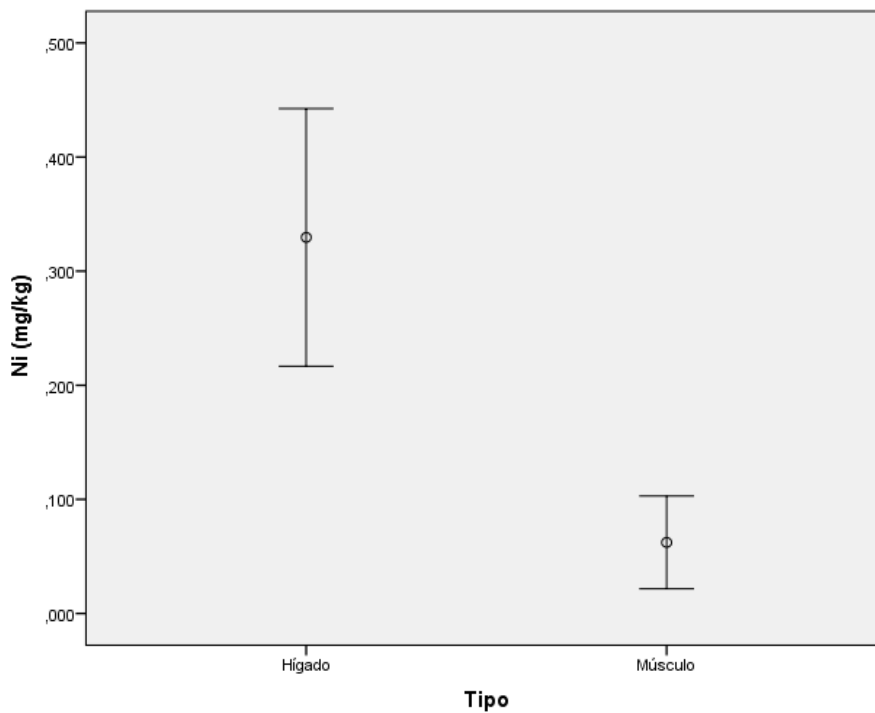
Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

• **Níquel**

La concentración de Ni en el hígado ($0,33 \pm 0,54$ mg/kg) quintuplica la del tejido muscular ($0,06 \pm 0,19$ mg/kg) (gráfica 20). Los niveles de concentración de este metal traza en otras zonas del mundo se encuentran en consonancia con nuestro estudio, donde los niveles hepáticos de Ni son notablemente mayores que los niveles de este metal en el tejido muscular (Türkmen *et al.*, 2008; Afonso *et al.*, 2017b). El peligro de intoxicación por níquel con riesgo de muerte para los peces es prácticamente nulo. La concentración de este metal en el medio marino es de 100 a 3000 ng/L (Barceloux, 1999b); diversos estudios indican una exposición peligrosa para los peces teleósteos a partir de 100mg/L de agua durante al menos 96 horas (Taylor *et al.*, 1985).



Gráfica 20: Concentración media de níquel en tejido hepático y muscular.

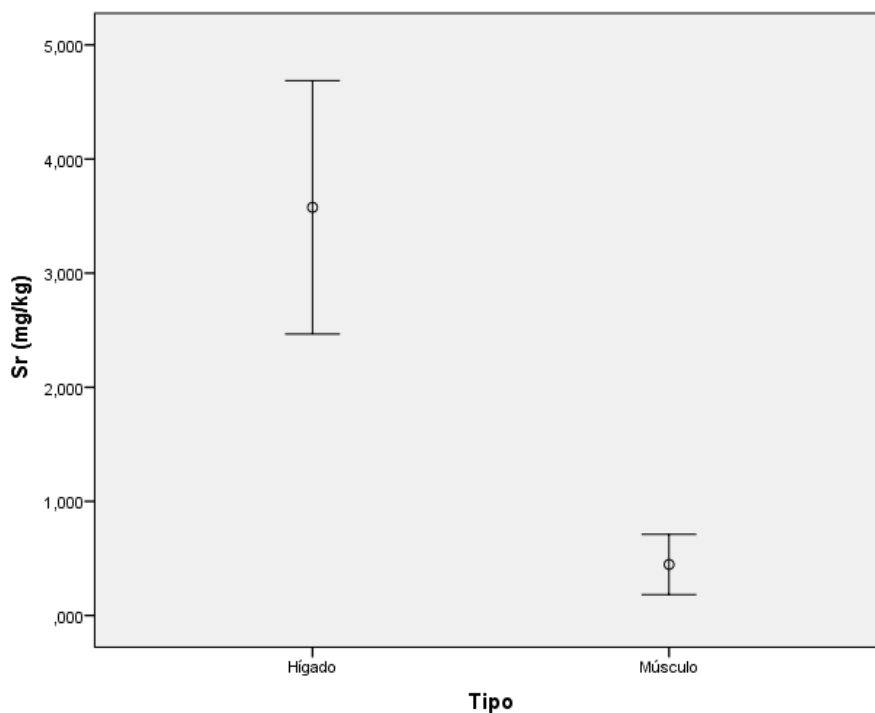
Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

• **Estroncio**

El Sr cuantificado en ambos órganos denota la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre el contenido medio de Sr en la muestra hepática con respecto a la muestra de tejido muscular (gráfica 21), siendo significativamente mayor en hígado ($3,58 \pm 5,30$ mg/kg) que en músculo ($0,45 \pm 1,26$ mg/kg). Cabe destacar que el Sr se absorbe, pero no se biomagnifica a través de la cadena alimentaria; de hecho, los peces no depredadores acumulan mayor cantidad de estroncio que los depredadores (Chowdhury *et al.*, 2011).

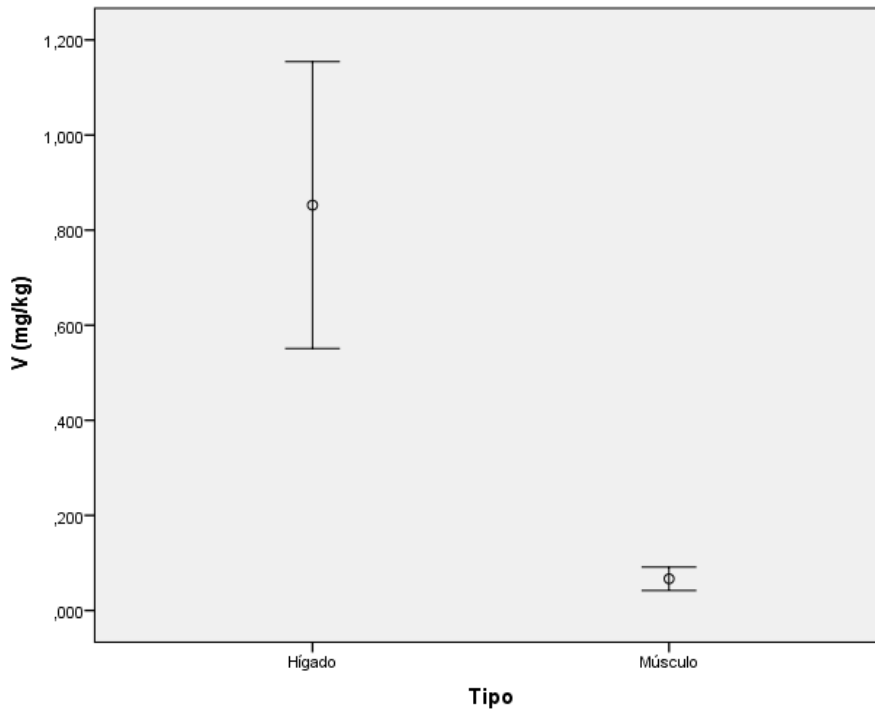


Gráfica 191: Concentración media de estroncio en tejido hepático y muscular.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

• **Vanadio**

La concentración de V en el tejido hepático es de $0,85 \pm 1,44$ mg/kg, significativamente mayor que la concentración de este metal en el tejido muscular ($0,07 \pm 0,12$ mg/kg), tal y como podemos observar en la gráfica 22.

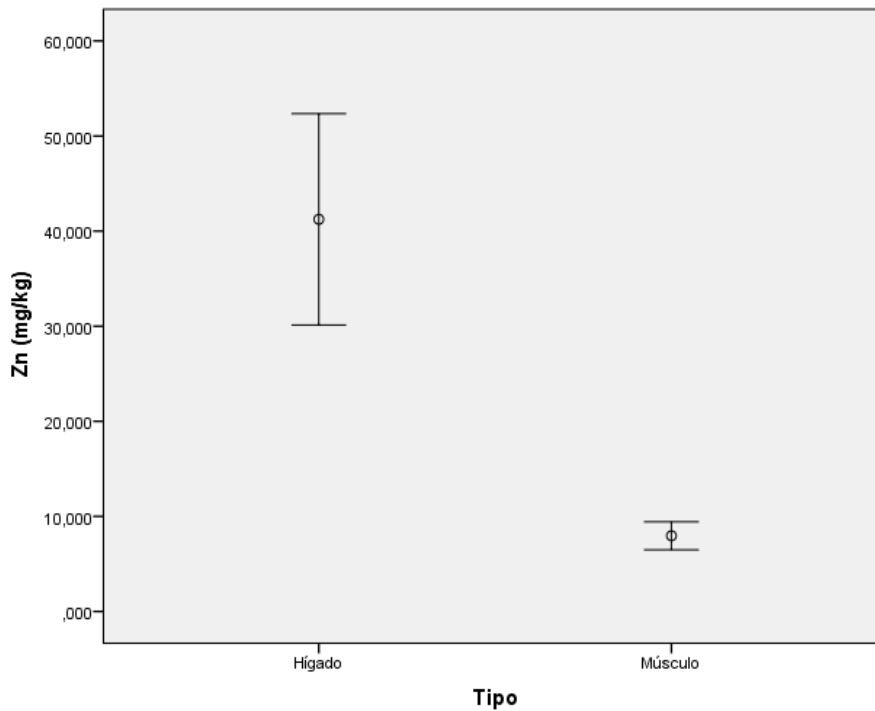


Gráfica 20: Concentración media de vanadio en tejido hepático y muscular.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

• **Zinc**

La concentración de este metal es significativamente menor en el tejido muscular ($7,96 \pm 7,00$ mg/kg) con respecto a la concentración media en el tejido hepático ($41,24 \pm 53,03$ mg/kg) de los ejemplares (gráfica 23). Este metal sigue la dinámica, en cuanto a concentración, de los demás metales, acumulándose en el hígado, aunque en el músculo hay una concentración considerable. Este fenómeno es habitual dado que el Zn es un cofactor en numerosas enzimas esenciales para el correcto funcionamiento fisiológico del organismo.



Gráfica 21: Concentración media de zinc en tejido hepático y muscular.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

6.3. Estudio del contenido metálico por tejido en cada especie

6.3.1. Estudio en tejido muscular

La media de las concentraciones metálicas y desviaciones estándar determinadas en el tejido muscular de las tres especies estudiadas (mg/kg) se muestra en la tabla 8.

Tabla 8: Concentraciones medias \pm desviación estándar por especie (mg/kg) en tejido muscular.

| Metal/Spp | N | Media \pm *desvest | Metal/Spp | N | Media \pm *desvest |
|-----------|-------------|----------------------|-----------|-------------|----------------------|
| Al | Salema 30 | 1,45 \pm 0,78 | Li | Salema 30 | 0,29 \pm 0,18 |
| | Vieja 30 | 1,45 \pm 0,86 | | Vieja 30 | 0,24 \pm 0,17 |
| | Cabrilla 30 | 1,11 \pm 1,02 | | Cabrilla 30 | 0,30 \pm 0,14 |
| B | Salema 30 | 0,19 \pm 0,20 | Mg | Salema 30 | 335 \pm 164 |
| | Vieja 30 | 0,10 \pm 0,09 | | Vieja 30 | 333 \pm 150 |
| | Cabrilla 30 | 0,08 \pm 0,04 | | Cabrilla 30 | 324 \pm 41 |
| Ba | Salema 30 | 0,18 \pm 0,22 | Mn | Salema 30 | 0,42 \pm 0,36 |
| | Vieja 30 | 0,23 \pm 0,05 | | Vieja 30 | 0,72 \pm 0,36 |
| | Cabrilla 30 | 0,11 \pm 0,53 | | Cabrilla 30 | 0,72 \pm 0,40 |
| Ca | Salema 30 | 2254 \pm 1591 | Mo | Salema 30 | 0,016 \pm 0,0037 |
| | Vieja 30 | 2592 \pm 1611 | | Vieja 30 | 0,014 \pm 0,003 |
| | Cabrilla 30 | 3936 \pm 1248 | | Cabrilla 30 | 0,014 \pm 0,003 |
| Cd | Salema 30 | 0,007 \pm 0,01 | Na | Salema 30 | 875 \pm 364 |
| | Vieja 30 | <0,001 | | Vieja 30 | 831 \pm 304 |
| | Cabrilla 30 | 0,004 \pm 0,004 | | Cabrilla 30 | 752 \pm 172 |
| Co | Salema 30 | 0,012 \pm 0,01 | Ni | Salema 30 | 0,12 \pm 0,32 |
| | Vieja 30 | 0,014 \pm 0,04 | | Vieja 30 | 0,03 \pm 0,04 |
| | Cabrilla 30 | <0,001 | | Cabrilla 30 | 0,03 \pm 0,02 |
| Cr | Salema 30 | 0,35 \pm 0,68 | Pb | Salema 30 | 0,032 \pm 0,012 |
| | Vieja 30 | 0,12 \pm 0,16 | | Vieja 30 | 0,021 \pm 0,007 |
| | Cabrilla 30 | 0,18 \pm 0,12 | | Cabrilla 30 | 0,027 \pm 0,030 |
| Cu | Salema 30 | 0,70 \pm 0,35 | Sr | Salema 30 | 0,43 \pm 1,35 |
| | Vieja 30 | 0,48 \pm 0,18 | | Vieja 30 | 0,91 \pm 1,62 |
| | Cabrilla 30 | 0,67 \pm 0,23 | | Cabrilla 30 | <0,001 |
| Fe | Salema 30 | 6,55 \pm 7,57 | V | Salema 30 | 0,11 \pm 0,14 |
| | Vieja 30 | 2,55 \pm 1,29 | | Vieja 30 | 0,08 \pm 0,14 |
| | Cabrilla 30 | 3,11 \pm 0,87 | | Cabrilla 30 | 0,01 \pm 0,02 |
| K | Salema 30 | 2478 \pm 359 | Zn | Salema 30 | 16,33 \pm 6,34 |
| | Vieja 30 | 2471 \pm 313 | | Vieja 30 | 3,13 \pm 0,71 |
| | Cabrilla 30 | 2684 \pm 357 | | Cabrilla 30 | 4,43 \pm 0,62 |

* Desvest: desviación estándar (mg/kg).
 Resultado = <0,001: por debajo del límite de detección.

Para el tratamiento estadístico de los datos se ha comprobado la normalidad de estos mediante las pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas.

Debido a que según los resultados obtenidos existe normalidad para la distribución de los datos para K, se utiliza el test paramétrico para la comparación de las medias de los datos obtenidos, usando un test ANOVA de un factor (tabla 9).

Tabla 9: Test paramétrico ANOVA de un factor.

| | | Suma de cuadrados | Gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|-----------------|------------------|-------------------|----|------------------|-------|------|
| Potasio (mg/kg) | Entre grupos | 882371,565 | 2 | 441185,782 | 3,731 | ,028 |
| | Dentro de grupos | 10288502,914 | 87 | 118258,654 | | |
| | Total | 11170874,479 | 89 | | | |

Después de hacer el ANOVA, se ha realizado el test paramétrico de Tukey (prueba pos-hoc) con el fin de comparar entre qué especies se producen las diferencias significativas.

Los demás metales que no siguieron una distribución normal fueron analizados mediante el test no paramétrico de Kruskal-Wallis. Esta prueba arrojó resultados que demostraban la existencia de diferencias estadísticamente significativas para todos los metales excepto para Ba, Li, Mg, Mo y Na.

A continuación, y con el fin de comprobar entre qué especies se producen dichas diferencias estadísticamente significativas, se ha usado el test de U de Mann-Whitney, cuyos resultados se muestran individualmente para mejor exposición e interpretación de los datos obtenidos.

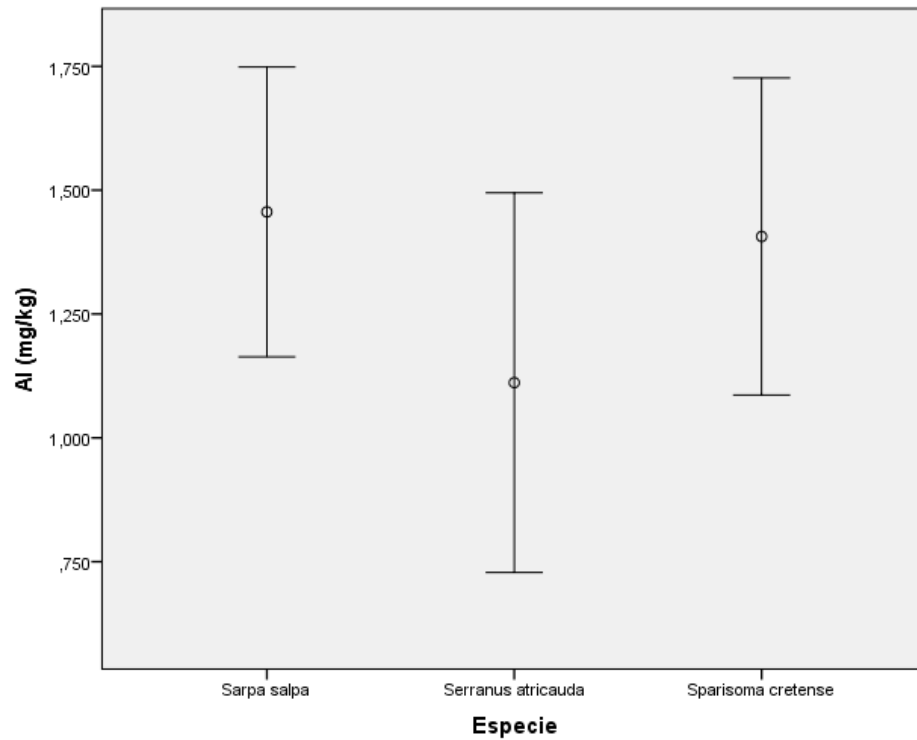
METALES TÓXICOS

- **Aluminio**

La U de Mann-Whitney (tabla 10) indica que, respecto al contenido de este metal en las especies, la cabrilla ($1,11 \pm 1,02$ mg/kg) se diferencia estadísticamente de las otras dos especies. Por una parte, la salema presenta mayor contenido medio de este metal ($1,45 \pm 0,78$ mg/kg), seguida por la vieja ($1,45 \pm 0,86$ mg/kg). Cabe destacar que existe una alta variabilidad de resultados para las medias de este subgrupo (gráfica 24).

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020



Gráfica 22: Concentración muscular media de Al en las especies de estudio.

Tabla 10: U de Mann-Whitney.

| Salema/cabrilla | Al | Salema/vieja | Al | Cabrilla/vieja | Al |
|---------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 410,000 | U de Mann-Whitney | 232,000 | U de Mann-Whitney | 296,000 |
| W de Wilcoxon | 875,000 | W de Wilcoxon | 697,000 | W de Wilcoxon | 761,000 |
| Z | -,591 | Z | -,3,223 | Z | -,2,277 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,554 | Sig. asintót. (bilateral) | ,001 | Sig. asintót. (bilateral) | ,023 |

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

- **Cadmio**

La U de Mann-Whitney (tabla 11) indica que existen dos subgrupos de especies, que se diferencian estadísticamente entre sí. El primer subgrupo está formado por la salema y la cabrilla, que no se diferencian estadísticamente entre sí. Por una parte, la salema presenta mayor contenido medio de este metal ($0,007 \pm 0,01$ mg/kg), seguida por la cabrilla ($0,004 \pm 0,004$ mg/kg). Cabe destacar que existe una alta variabilidad de resultados para las medias de este subgrupo. Por otro lado, el segundo subgrupo, que está integrado por la vieja, presenta menos contenido de este metal y queda por debajo del límite de detección, interpretándose un resultado cercano a 0 (gráfica 25). En cuanto a su análisis desde el punto de vista de la seguridad alimentaria, el contenido en Cd de las tres especies se encuentra entre 7 y 12 veces por debajo del límite permitido en el Reglamento (CE) 1881/2006 de la Comisión, de 19 de diciembre de 2006, que fija el contenido máximo en los productos alimenticios en 0,05 mg/kg, por lo que su venta y distribución sería perfectamente legal de acuerdo con esta legislación.

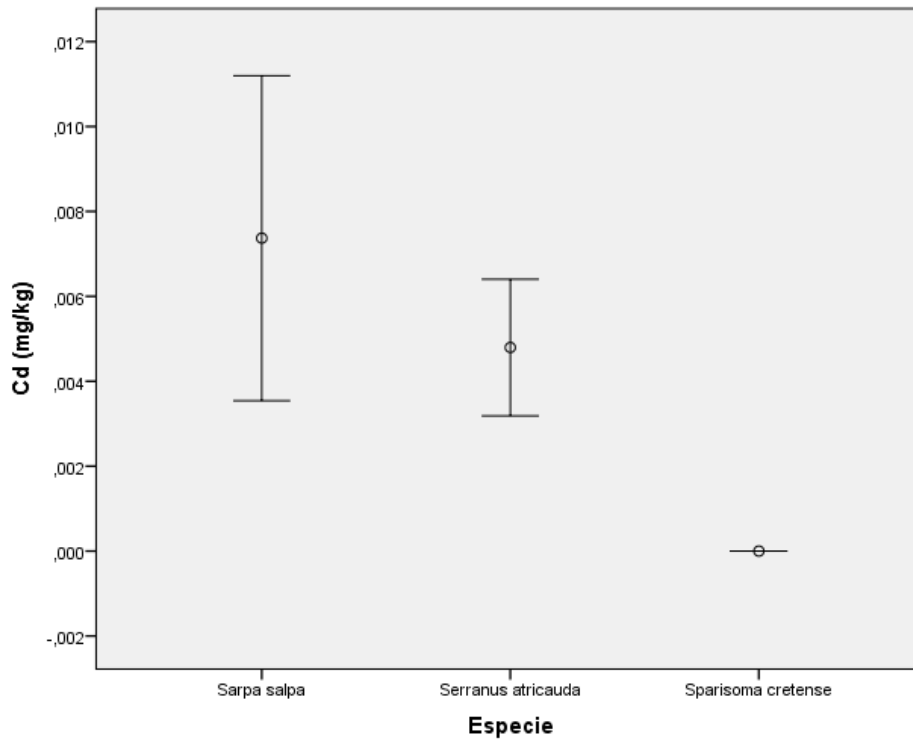
Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020



Gráfica 235: Concentración muscular media de Cd en las especies de estudio.

Tabla 11: U de Mann-Whitney.

| Salema/cabrilla | Cd | Salema/vieja | Cd | Cabrilla/vieja | Cd |
|---------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 155,000 | U de Mann-Whitney | 439,000 | U de Mann-Whitney | 108,500 |
| W de Wilcoxon | 620,000 | W de Wilcoxon | 904,000 | W de Wilcoxon | 573,500 |
| Z | -5,121 | Z | -,165 | Z | -5,702 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,000 | Sig. asintót. (bilateral) | ,869 | Sig. asintót. (bilateral) | ,000 |

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

• **Plomo**

La U de Mann-Whitney (tabla 12) indica que se aprecian dos subgrupos de especies, que se diferencian estadísticamente entre sí. El primer subgrupo está formado únicamente por la salema ($0,032 \pm 0,012$ mg/kg); cabe destacar que existe una alta variabilidad de resultados para las medias de este subgrupo. Por otro lado, el segundo subgrupo, que está integrado por la vieja ($0,021 \pm 0,007$ mg/kg) y la cabrilla ($0,027 \pm 0,030$ mg/kg), presenta menos contenido de este metal y se diferencia significativamente del primer subgrupo. Existe también una alta variabilidad de medias en las especies de este subgrupo (gráfica 26).

En cuanto a su análisis desde el punto de vista de la seguridad alimentaria, el contenido en Pb de las tres especies se encuentra entre 9 y 14 veces por debajo del límite permitido tomando como referencia el Reglamento (CE) 1881/2006 de la Comisión, de 19 de diciembre de 2006, que fija el contenido máximo en los productos alimenticios y establece el límite máximo legal en 0,3 mg de Pb/kg de peso fresco para carnes de pescado.

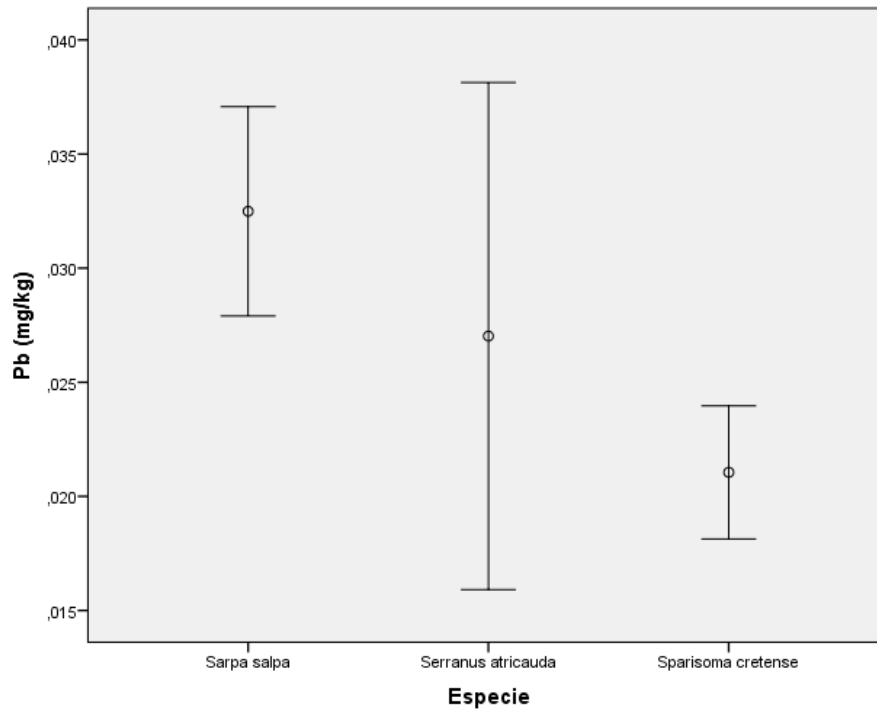
Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020



Gráfica 246: Concentración muscular media de Pb en las especies de estudio.

Tabla 12: U de Mann-Whitney.

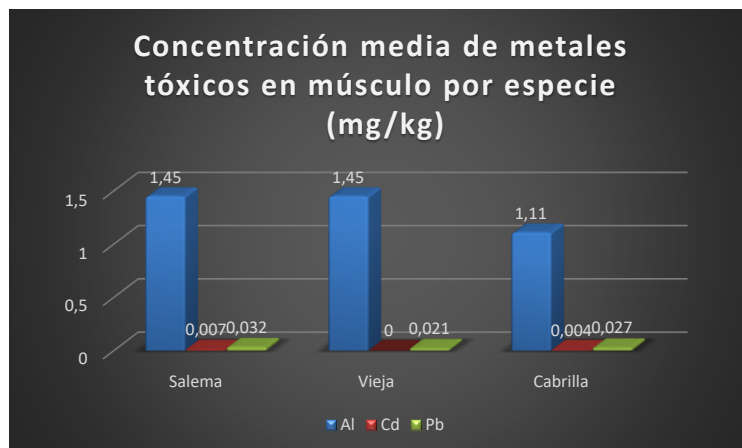
| Salema/cabrilla | Pb | Salema/vieja | Pb | Cabrilla/vieja | Pb |
|---------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 175,000 | U de Mann-Whitney | 203,000 | U de Mann-Whitney | 414,000 |
| W de Wilcoxon | 640,000 | W de Wilcoxon | 668,000 | W de Wilcoxon | 879,000 |
| Z | -4,066 | Z | -3,652 | Z | -5,532 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,000 | Sig. asintót. (bilateral) | ,000 | Sig. asintót. (bilateral) | ,595 |

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

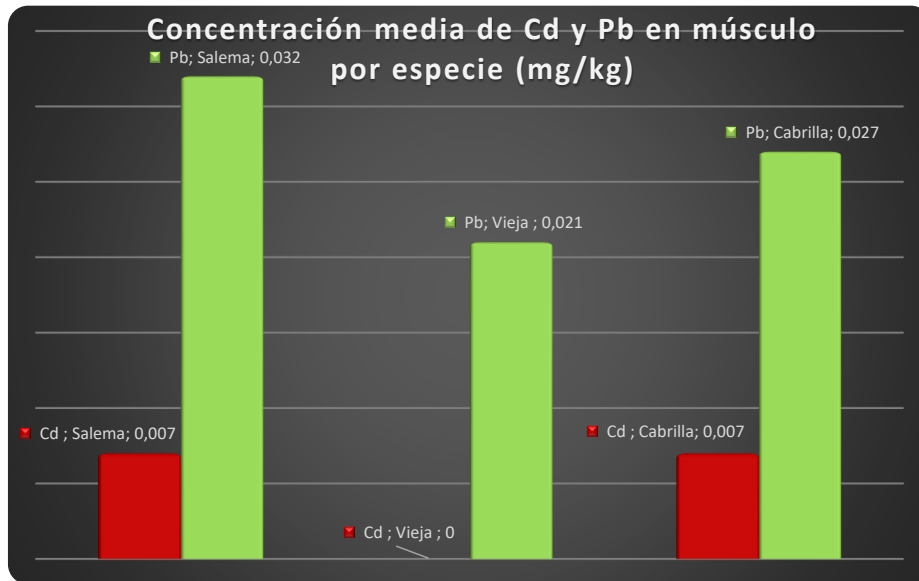
Concentraciones medias de metales tóxicos por especie en el tejido muscular

Tal y como se puede observar en la gráfica 27, la mayoría de la concentración de metales pesados tóxicos corresponde al aluminio en proporción a la cantidad en mg/kg, siendo la cabrilla la especie que menor cantidad de Al contiene. Cabe destacar que el tamaño y el peso medio de las cabrillas son menores que los de las otras dos especies, por lo que estos resultados *a priori* resultan perfectamente coherentes con el fenómeno de bioacumulación.

Por otro lado, la concentración de Cd en tejido muscular de la vieja se encuentra por debajo del límite de detección del ICP-OES, y en las otras especies su valor medio es de 0,007 mg/kg. Existe una cierta tendencia en la que, donde existen mayores niveles de cadmio, también hay mayor concentración de plomo, lo que no significa que las concentraciones de estos dos estén correlacionadas desde el punto de vista estadístico (gráfica 28).



Gráfica 257: Concentración media de metales pesados tóxicos en las especies de estudio.



Gráfica 268: Concentración media de Cd y Pb en las especies de estudio.

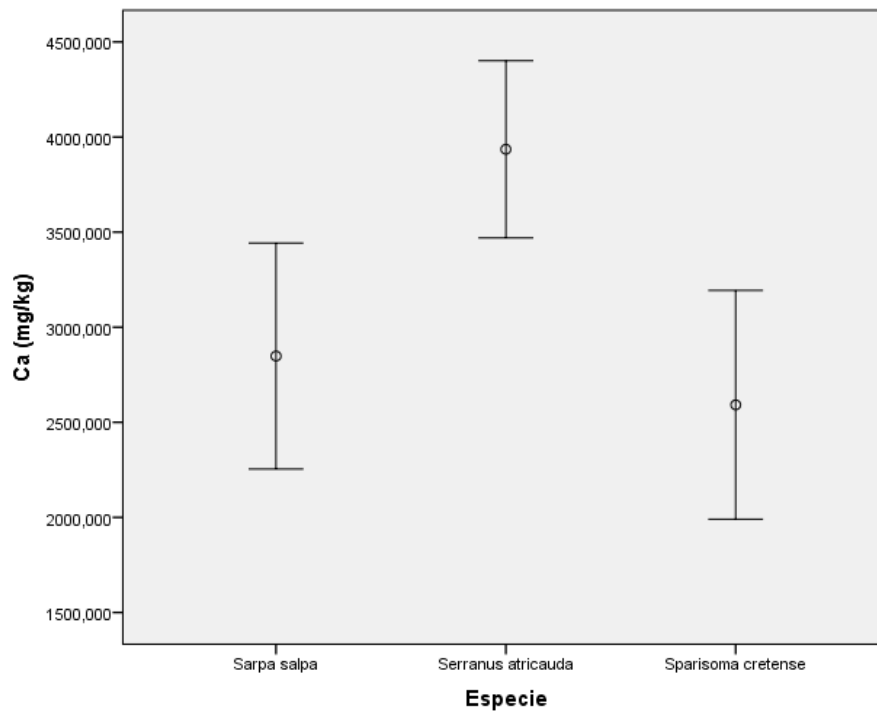
MACRONUTRIENTES

- Calcio

La U de Mann-Whitney (tabla 13) indica la existencia de dos subgrupos de especies, entre los que se establecen diferencias significativas para la concentración de Ca en tejido muscular. En el primer subgrupo en cuanto a concentración de Ca se encuentran la salema, con una concentración media de 2254 ± 1591 mg/kg, y la cabrilla, con una concentración media de 3936 ± 1248 mg/kg. La vieja, con un valor de concentración media de 2592 ± 1611 mg/kg, se diferencia significativamente de las otras dos especies (gráfica 29).

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020



Gráfica 27: Concentración muscular media de Ca en las especies de estudio.

Tabla 13: U de Mann-Whitney.

| Salema/cabrilla | Ca | Salema/vieja | Ca | Cabrilla/vieja | Ca |
|---------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 408,000 | U de Mann-Whitney | 226,000 | U de Mann-Whitney | 193,000 |
| W de Wilcoxon | 873,000 | W de Wilcoxon | 691,000 | W de Wilcoxon | 658,000 |
| Z | -,621 | Z | -,312 | Z | -,380 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,535 | Sig. asintót. (bilateral) | ,001 | Sig. asintót. (bilateral) | ,000 |

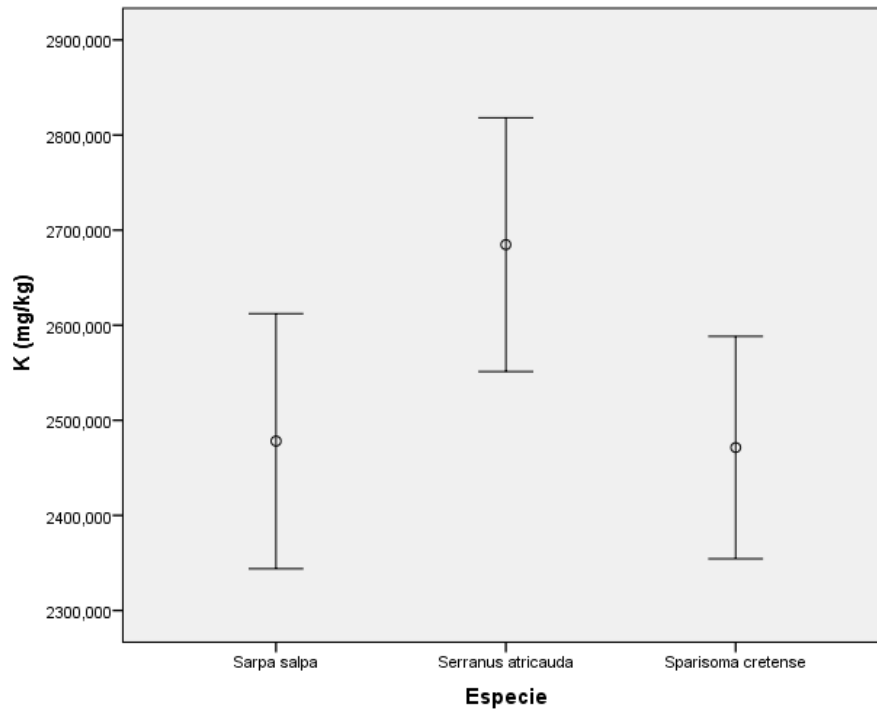
• Potasio

La HSD Tukey para la concentración de K (tabla 14) nos muestra que existen diferencias significativas para la concentración en tejido muscular, siendo significativamente mayor en *Serranus atricauda* (2684±357 mg/kg) con respecto a *Sarpa salpa* (2478±359 mg/kg) y *Sparisoma cretense* (2471±313 mg/kg), que no presentan diferencias significativas entre sí.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020



Gráfica 30: Concentración muscular media de K en las especies de estudio.

Tabla 14: HSD Tukey para K.

| SP | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | |
|----------|----|------------------------------|------------|
| | | 1 | 2 |
| Cabrilla | 30 | 2471,39096 | |
| Salema | 30 | 2478,11512 | 2478,11512 |
| Vieja | 30 | | 2684,71653 |
| Sig. | | ,997 | ,057 |

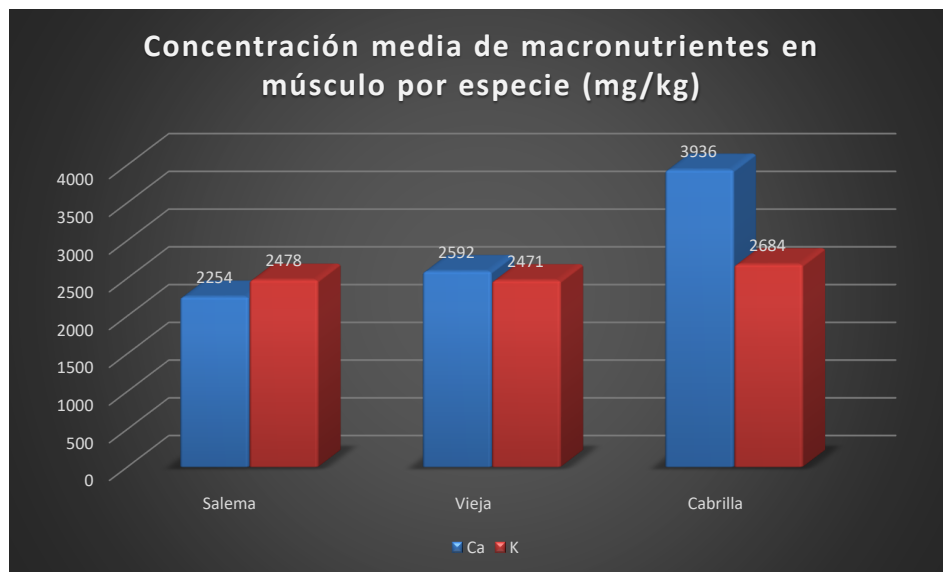
Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Concentraciones medias de metales tóxicos por especie en el tejido muscular

La gráfica 31 muestra las concentraciones medias de macronutrientes para los metales para los que se han obtenido diferencias significativas en cuanto su concentración. Se puede observar una cierta tendencia a encontrar concentraciones similares de Ca y Mg en tejido muscular; se debe recordar que el magnesio es esencial para el mantenimiento de la homeostasis del Ca. Esto no significa que la concentración de estos metales esté totalmente correlacionada, ya que puede haber más factores que influyan en las concentraciones de estos metales, aunque guarden cierta proporcionalidad.



Gráfica 281: Concentración de Ca y K en el tejido muscular de las especies de estudio.

METALES TRAZA Y ESENCIALES

- **Boro**

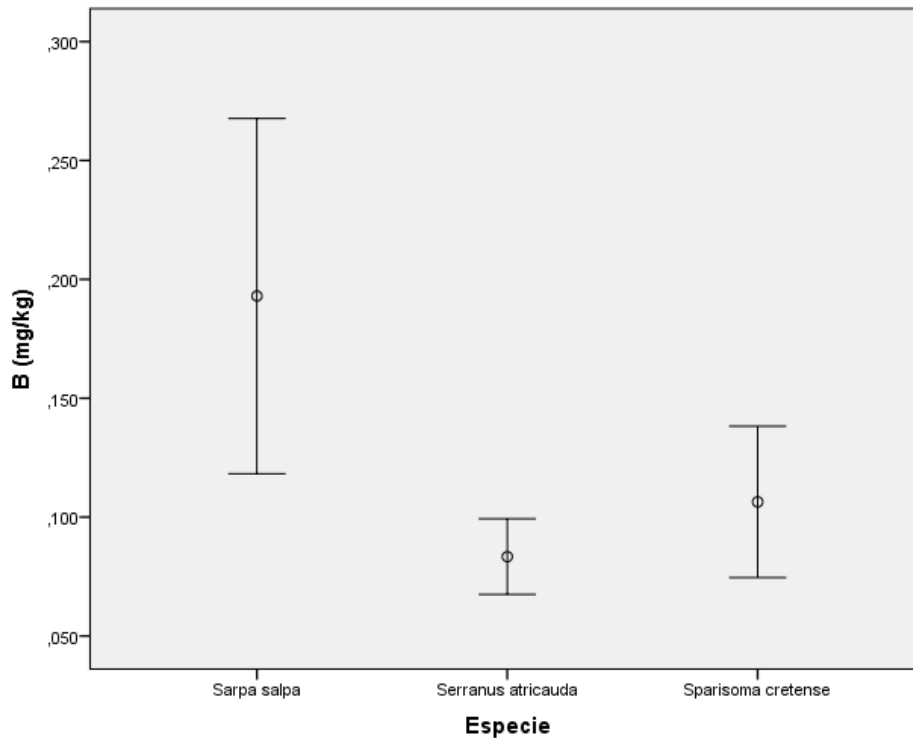
La U de Mann-Whitney (tabla 15) señala la existencia de dos subgrupos de especies, entre los que se establecen diferencias estadísticas significativas. Pero en este caso las concentraciones medias en tejido muscular de salema y vieja, con concentraciones de

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020

boro de $0,19 \pm 0,20$ mg/kg y $0,10 \pm 0,09$ mg/kg, respectivamente, se diferencian significativamente entre sí, pero ambas son similares estadísticamente a la concentración media metálica en la cabrilla ($0,08 \pm 0,04$ mg/kg) (gráfica 32).



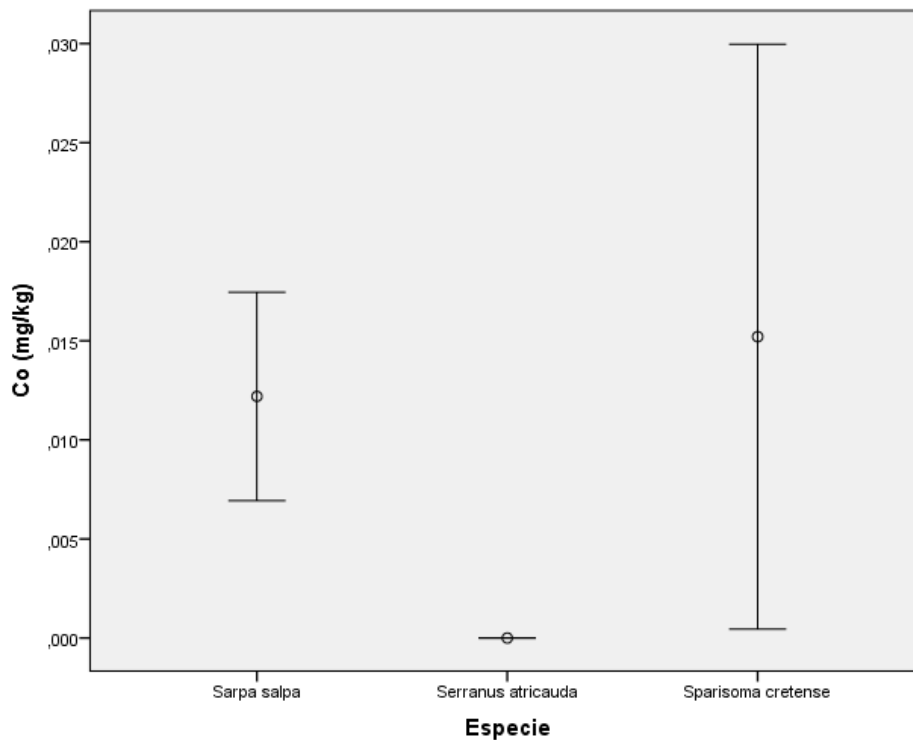
Gráfica 292: Concentración muscular media de B en las especies de estudio.

Tabla 15: U de Mann-Whitney.

| Salema/cabrilla | B | Salema/vieja | B | Cabrilla/vieja | B |
|---------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 331,000 | U de Mann-Whitney | 290,000 | U de Mann-Whitney | 406,500 |
| W de Wilcoxon | 796,000 | W de Wilcoxon | 755,000 | W de Wilcoxon | 871,500 |
| Z | -1,759 | Z | -2,366 | Z | -,643 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,079 | Sig. asintót. (bilateral) | ,018 | Sig. asintót. (bilateral) | ,520 |

• **Cobalto**

La U de Mann-Whitney (tabla 16) señala la existencia de dos subgrupos de especies, entre los que se establecen diferencias estadísticas significativas. El primer subgrupo está formado por la salema y la cabrilla, que tienen concentraciones medias de Co de $0,012 \pm 0,01$ mg/kg, y por debajo del límite de detección o valor cercano a 0, respectivamente, que no se diferencian significativamente entre sí. El segundo subgrupo está representado por la vieja, con una concentración media metálica de $0,014 \pm 0,04$ mg/kg, presentando una desviación estándar suficientemente alta para que existan diferencias significativas con las otras dos especies (gráfica 33).



Gráfica 30: Concentración muscular media de Co en las especies de estudio.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020

Tabla 16: U de Mann-Whitney.

| Salema/cabrilla | Co | Salema/vieja | Co | Cabrilla/vieja | Co |
|---------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 393,000 | U de Mann-Whitney | 90,000 | U de Mann-Whitney | 90,000 |
| W de Wilcoxon | 858,000 | W de Wilcoxon | 555,000 | W de Wilcoxon | 555,000 |
| Z | -,846 | Z | -6,011 | Z | -6,011 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,398 | Sig. asintót. (bilateral) | ,000 | Sig. asintót. (bilateral) | ,000 |

• **Cromo**

La U de Mann-Whitney (tabla 17) indica la existencia de dos subgrupos de especies, entre los que se establecen diferencias significativas. Por una parte, el primer subgrupo, compuesto por la salema y la vieja, presenta concentraciones medias similares estadísticamente de $0,35 \pm 0,68$ mg/kg y $0,12 \pm 0,16$ mg/kg, respectivamente. Formando parte del segundo subgrupo se encuentra la cabrilla, con una concentración media de $0,18 \pm 0,12$ mg/kg, tal como se representa en la gráfica 34.

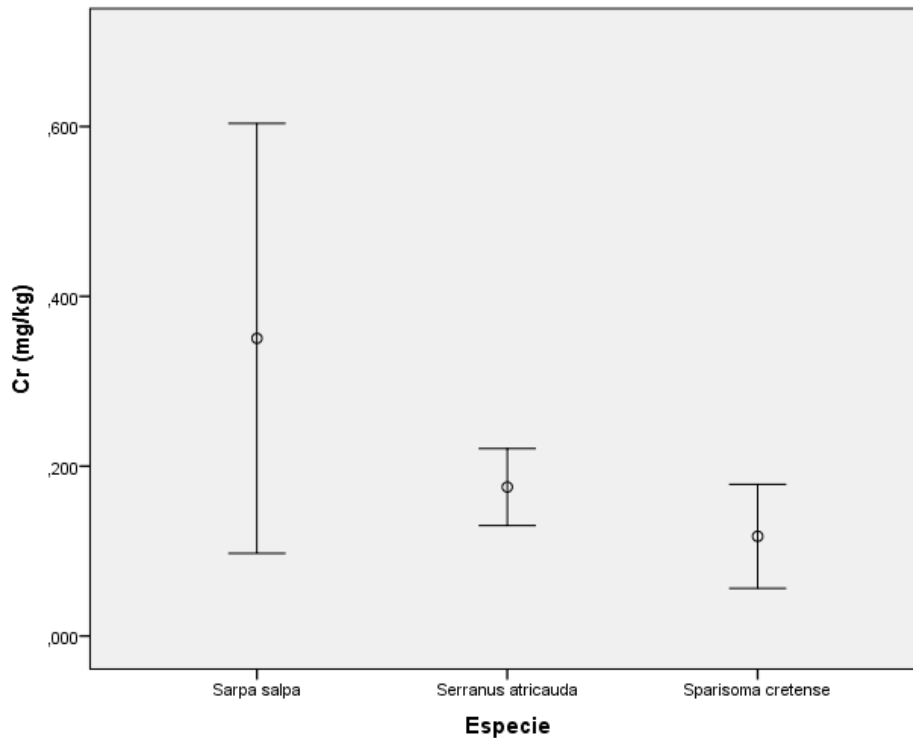
Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020



Gráfica 314: Concentración muscular media de Cr en las especies de estudio.

Tabla 17: U de Mann-Whitney.

| Salema/cabrilla | Cr | Salema/vieja | Cr | Cabrilla/vieja | Cr |
|---------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 307,000 | U de Mann-Whitney | 377,000 | U de Mann-Whitney | 218,000 |
| W de Wilcoxon | 772,000 | W de Wilcoxon | 842,000 | W de Wilcoxon | 683,000 |
| Z | -2,114 | Z | -1,079 | Z | -3,430 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,035 | Sig. asintót. (bilateral) | ,280 | Sig. asintót. (bilateral) | ,001 |

• Cobre

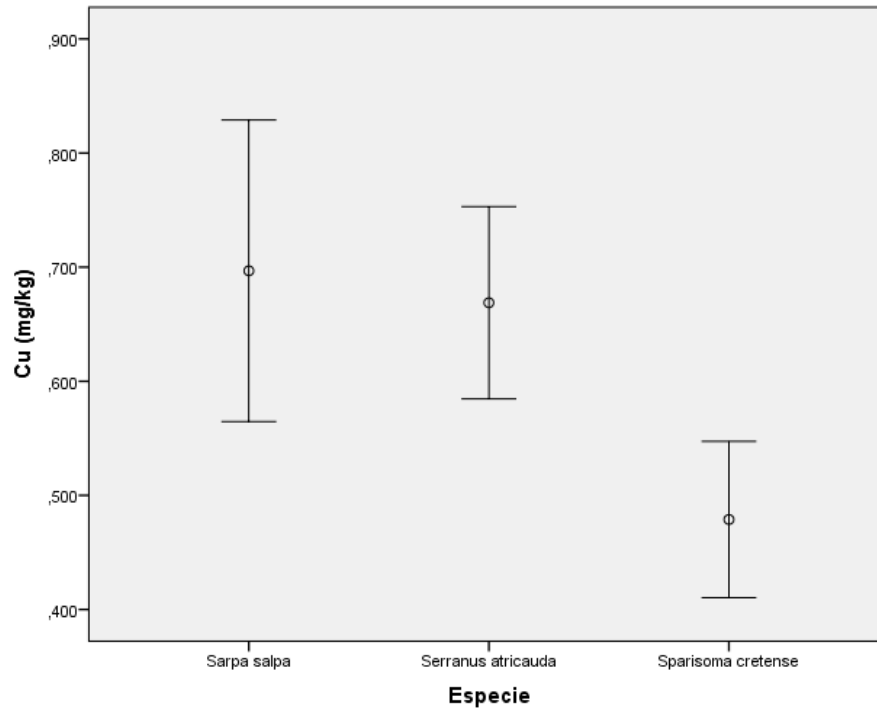
La U de Mann-Whitney (tabla 18) indica la existencia de dos subgrupos de especies, entre los que se establecen diferencias significativas. Por una parte, el primer subgrupo, compuesto por la salema y la vieja, presenta concentraciones medias similares estadísticamente de $0,70 \pm 0,35$ mg/kg y $0,48 \pm 0,18$ mg/kg,

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020

respectivamente. Formando parte del segundo subgrupo se encuentra la cabrilla, con una concentración media de $0,67 \pm 0,23 \text{ mg/kg}$, tal como se representa en la gráfica 35.



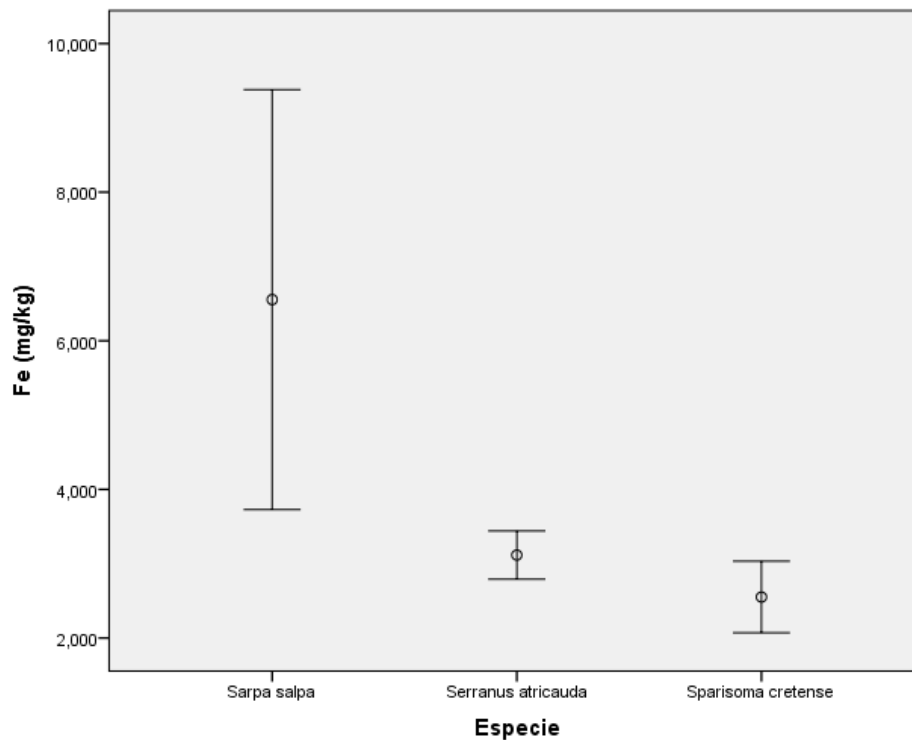
Gráfica 32: Concentración muscular media de Cr en las especies de estudio.

Tabla 18: U de Mann-Whitney.

| Salema/cabrilla | Cu | Salema/vieja | Cu | Cabrilla/vieja | Cu |
|---------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 241,000 | U de Mann-Whitney | 426,000 | U de Mann-Whitney | 224,000 |
| W de Wilcoxon | 706,000 | W de Wilcoxon | 891,000 | W de Wilcoxon | 689,000 |
| Z | -3,090 | Z | -,355 | Z | -,341 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,002 | Sig. asintót. (bilateral) | ,723 | Sig. asintót. (bilateral) | ,001 |

• **Hierro**

La U de Mann-Whitney (tabla 19) indica la existencia de tres subgrupos de especies, entre los que se establecen diferencias significativas. El tejido muscular de salemá contiene el mayor valor en Fe, con una media de $6,55 \pm 7,57$ mg/kg, aunque con una desviación estándar muy alta, seguido de la cabrilla, con $3,11 \pm 0,87$ mg/kg, y la vieja, con $2,55 \pm 1,29$ mg/kg (gráfica 36).



Gráfica 336: Concentración muscular media de Fe en las especies de estudio.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

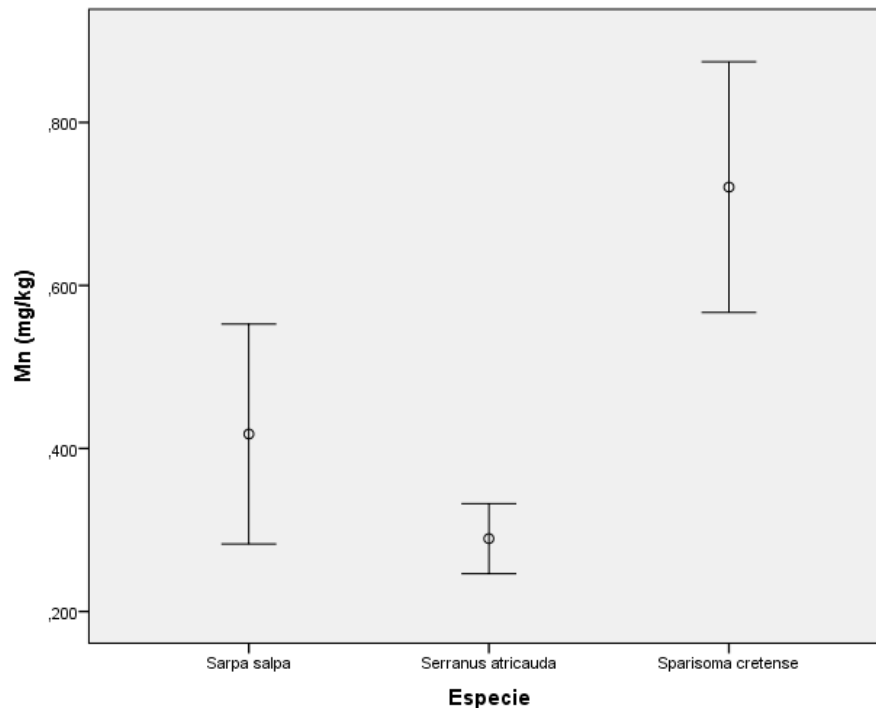
2020

Tabla 19: U de Mann-Whitney.

| Salema/cabrilla | Fe | Salema/vieja | Fe | Cabrilla/vieja | Fe |
|---------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 205,000 | U de Mann-Whitney | 310,000 | U de Mann-Whitney | 307,000 |
| W de Wilcoxon | 670,000 | W de Wilcoxon | 775,000 | W de Wilcoxon | 772,000 |
| Z | -3,622 | Z | -2,070 | Z | -2,114 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,000 | Sig. asintót. (bilateral) | ,038 | Sig. asintót. (bilateral) | ,035 |

• **Manganeso**

La U de Mann-Whitney (tabla 20) indica la existencia de dos subgrupos de especies, entre los que se establecen diferencias significativas. La cantidad media de Mn en tejido muscular de cabrilla es de $0,29 \pm 0,11$ mg/kg. El segundo subgrupo, que está comprendido por la salema y la vieja, contiene una mayor cantidad de Mn muscular, siendo la concentración media de $0,42 \pm 0,36$ mg/kg y $0,72 \pm 0,40$ mg/kg, respectivamente (gráfica 37).



Gráfica 34: Concentración muscular media de Mn en las especies de estudio.

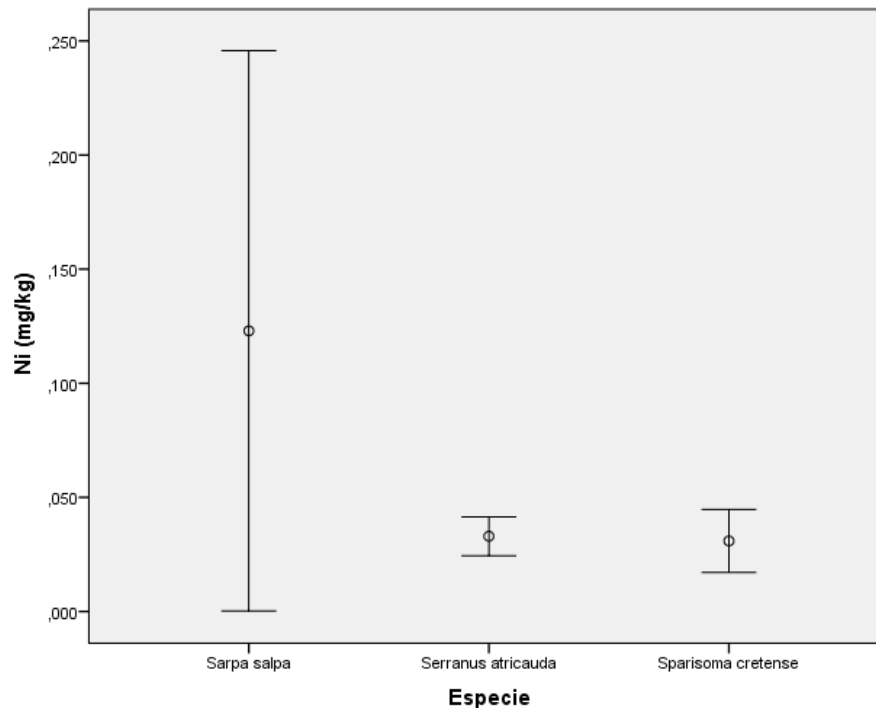
| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Tabla 20: U de Mann-Whitney.

| Salema/cabrilla | Mn | Salema/vieja | Mn | Cabrilla/vieja | Mn |
|---------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 225,000 | U de Mann-Whitney | 353,000 | U de Mann-Whitney | 143,000 |
| W de Wilcoxon | 690,000 | W de Wilcoxon | 759,000 | W de Wilcoxon | 549,000 |
| Z | -3,184 | Z | -1,043 | Z | -4,198 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,001 | Sig. asintót. (bilateral) | ,297 | Sig. asintót. (bilateral) | ,000 |

• **Níquel**

La U de Mann-Whitney (tabla 21) indica la existencia de dos subgrupos de especies, entre los que se establecen diferencias significativas. La cantidad media de Ni es mayor en el tejido muscular de la salema ($0,12 \pm 0,32$ mg/kg). El segundo subgrupo, que comprende la vieja y la cabrilla, contiene una menor cantidad de Ni muscular, siendo la concentración media de $0,03 \pm 0,04$ mg/kg y $0,03 \pm 0,02$ mg/kg, respectivamente (gráfica 38).



Gráfica 35: Concentración muscular media de Ni en las especies de estudio.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

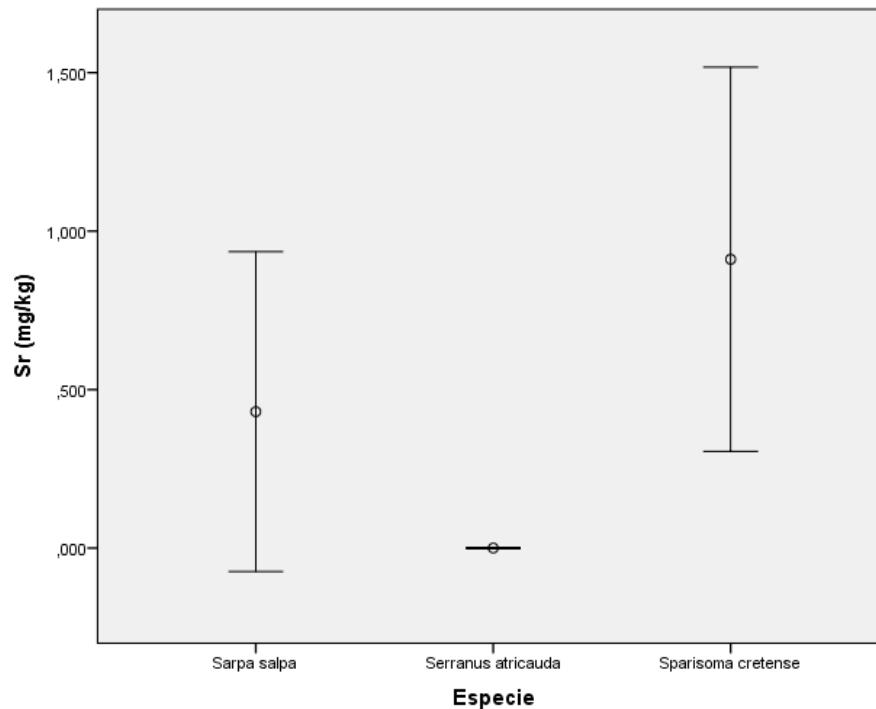
2020

Tabla 21: U de Mann-Whitney.

| Salema/Cabrilla | Ni | Salema/Vieja | Ni | Cabrilla/Vieja | Ni |
|---------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 202,000 | U de Mann-Whitney | 255,000 | U de Mann-Whitney | 331,000 |
| W de Wilcoxon | 667,000 | W de Wilcoxon | 720,000 | W de Wilcoxon | 796,000 |
| Z | -3,667 | Z | -2,883 | Z | -1,759 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,000 | Sig. asintót. (bilateral) | ,004 | Sig. asintót. (bilateral) | ,079 |

• **Estroncio**

La U de Mann-Whitney (tabla 22) indica la existencia de tan solo un grupo de especies, entre los que se establecen diferencias significativas. La concentración metálica de estroncio en salema ($0,43 \pm 1,35$ mg/kg) no se diferencia significativamente de la concentración en cabrilla, con un valor cercano a 0, y en la vieja, con una concentración de $0,91 \pm 1,62$ mg/kg. Estas dos especies se diferencian significativamente entre sí (gráfica 39).



Gráfica 36: Concentración muscular media de Sr en las especies de estudio.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020

Tabla 22: U de Mann-Whitney.

| Salema/cabrilla | Sr | Salema/vieja | Sr | Cabrilla/vieja | Sr |
|---------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 380,000 | U de Mann-Whitney | 405,000 | U de Mann-Whitney | 330,000 |
| W de Wilcoxon | 845,000 | W de Wilcoxon | 870,000 | W de Wilcoxon | 795,000 |
| Z | -1,534 | Z | -1,761 | Z | -3,003 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,125 | Sig. asintót. (bilateral) | ,078 | Sig. asintót. (bilateral) | ,003 |

La gráfica 40 expone las concentraciones medias de metales esenciales y traza para los que se han obtenido diferencias significativas. Dado el grado de complicación para interpretar los datos cuando existen muchos metales, se ha realizado un estudio de correlaciones entre los metales para los que se han obtenido diferencias significativas, con el fin de poder establecer así una posible interacción entre ellos, aunque podrían influir más factores.

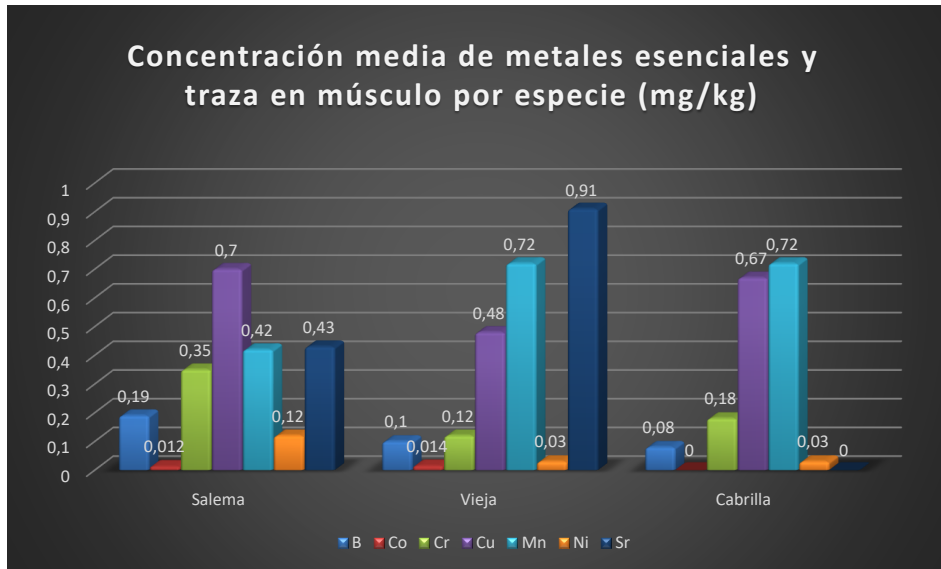
Hay que destacar que la concentración de B guarda una proporción positiva en relación con la concentración con todos los demás metales excepto el Sr.

El Sr está correlacionado negativamente con el Cr, Cu y Mn en cuanto a su concentración.

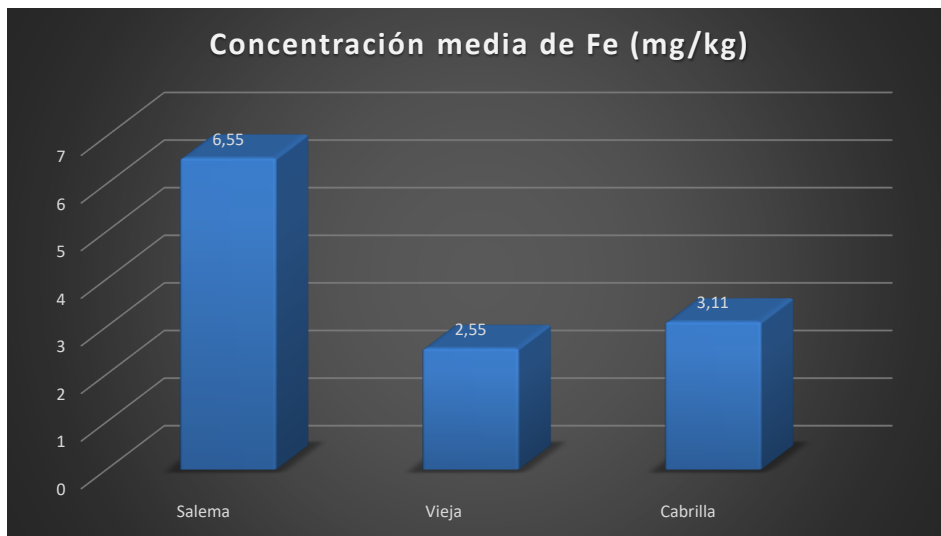
El Cr y el Cu están correlacionados positivamente con una alta correlación del orden del 71 %.

Por último, el metal más abundante en concentración, el Fe (gráfica 41), está correlacionado positivamente para la concentración con el B, Cr y Cu.

Cabe destacar también que el Cr es capaz de competir con uno de los sitios de unión a la proteína transferrina, lo que podría explicar esta relación proporcional, aunque se encuentra en poca cantidad; por otra parte, el Cu es esencial en el metabolismo del hierro, ya que actúa como cofactor en la oxidación del Fe²⁺ a Fe³⁺ (LPI, 2020e, 2020f).



Gráfica 40: Concentración media de metales traza y esenciales en el tejido muscular de las especies de estudio.



Gráfica 37: Concentración media de Fe en el tejido muscular de las especies de estudio.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

6.3.2. Estudio en tejido hepático

La media de las concentraciones metálicas y desviaciones estándar determinadas en el tejido muscular de las tres especies estudiadas (mg/kg) se muestran en la tabla 23.

Tabla 23: Concentraciones medias \pm desviación estándar por especie (mg/kg) en tejido hepático.

| Metal/Spp | N | Media \pm *desvest | Metal/Spp | N | Media \pm *desvest |
|-----------|-------------|----------------------|-----------|-------------|----------------------|
| | Salema 29 | 36,98 \pm 28,55 | | Salema 30 | 2,37 \pm 2,03 |
| Al | Vieja 30 | 37,83 \pm 28,78 | Li | Vieja 30 | 3,44 \pm 3,64 |
| | Cabrilla 30 | 31,69 \pm 33,35 | | Cabrilla 30 | 4,39 \pm 3,97 |
| | Salema 30 | 2,81 \pm 5,23 | | Salema 30 | 368,90 \pm 263,16 |
| B | Vieja 30 | 1,19 \pm 0,84 | Mg | Vieja 30 | 375,74 \pm 496,02 |
| | Cabrilla 30 | 0,92 \pm 0,73 | | Cabrilla 30 | 326,28 \pm 171,69 |
| | Salema 30 | 1,60 \pm 2,06 | | Salema 30 | 1,38 \pm 1,65 |
| Ba | Vieja 30 | 1,94 \pm 3,67 | Mn | Vieja 30 | 1,99 \pm 2,30 |
| | Cabrilla 30 | 1,30 \pm 1,96 | | Cabrilla 30 | 1,72 \pm 1,34 |
| | Salema 30 | 656 \pm 1588 | | Salema 30 | 0,39 \pm 0,43 |
| Ca | Vieja 30 | 728 \pm 1163 | Mo | Vieja 30 | 0,21 \pm 0,14 |
| | Cabrilla 30 | 426 \pm 421 | | Cabrilla 30 | 0,20 \pm 0,14 |
| | Salema 30 | 1,40 \pm 1,93 | | Salema 30 | 2581 \pm 1695 |
| Cd | Vieja 30 | 0,12 \pm 0,43 | Na | Vieja 30 | 1824 \pm 1116 |
| | Cabrilla 30 | 1,12 \pm 0,89 | | Cabrilla 30 | 1721 \pm 724 |
| | Salema 30 | 0,42 \pm 0,27 | | Salema 30 | 0,45 \pm 0,74 |
| Co | Vieja 30 | 0,12 \pm 0,17 | Ni | Vieja 30 | 0,30 \pm 0,22 |
| | Cabrilla 30 | 0,14 \pm 0,04 | | Cabrilla 30 | 0,24 \pm 0,52 |
| | Salema 30 | 0,18 \pm 0,56 | | Salema 30 | 0,43 \pm 0,59 |
| Cr | Vieja 30 | 0,46 \pm 2,39 | Pb | Vieja 30 | 0,34 \pm 0,33 |
| | Cabrilla 30 | 0,28 \pm 0,38 | | Cabrilla 30 | 0,16 \pm 0,13 |
| | Salema 30 | 47,01 \pm 78,38 | | Salema 30 | 3,49 \pm 7,12 |
| Cu | Vieja 30 | 4,62 \pm 3,15 | Sr | Vieja 30 | 3,87 \pm 4,96 |
| | Cabrilla 30 | 0,67 \pm 0,23 | | Cabrilla 30 | 3,37 \pm 3,30 |
| | Salema 30 | 221,66 \pm 158,04 | | Salema 30 | 1,73 \pm 2,03 |
| Fe | Vieja 30 | 87,35 \pm 94,65 | V | Vieja 30 | 0,53 \pm 0,88 |
| | Cabrilla 30 | 133,82 \pm 124,24 | | Cabrilla 30 | 0,29 \pm 0,50 |
| | Salema 30 | 3326 \pm 2481 | | Salema 30 | 76,38 \pm 79,55 |
| K | Vieja 30 | 2504 \pm 1488 | Zn | Vieja 30 | 19,56 \pm 12,54 |
| | Cabrilla 30 | 3118 \pm 2091 | | Cabrilla 30 | 27,78 \pm 13,98 |

Resultado = <0,001: por debajo del límite de detección.
 * Desvest: desviación estándar (mg/kg).

Para el tratamiento estadístico de los datos se ha comprobado la normalidad de estos mediante las pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas.

Ninguno de los metales siguió una distribución normal, por lo que se recurrió al análisis mediante test no paramétrico de Kruskal-Wallis. Esta prueba arrojó resultados significativos para todos los metales excepto para el Al, Ba, Ca, K, Li, Mg, Mn y Sr.

Consecutivamente, con el fin de comprobar entre qué especies se producen dichas diferencias significativas estadísticamente, se ha usado el test de U de Mann-Whitney, cuyos resultados se muestran individualmente para mejor exposición e interpretación de los datos obtenidos.

METALES TÓXICOS

- **Cadmio**

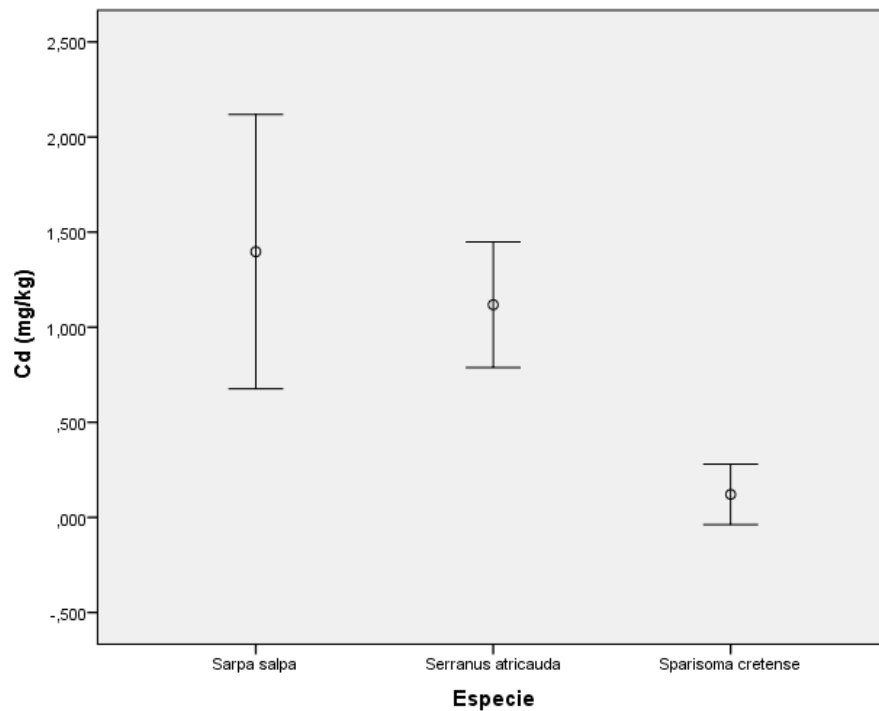
La U de Mann-Whitney (tabla 24) indica que existen dos subgrupos de especies, que se diferencian estadísticamente entre sí. El primer subgrupo está formado por la salema y la cabrilla, que no se diferencian estadísticamente entre sí. Por una parte, la salema presenta mayor contenido medio de este metal ($1,40 \pm 1,93$ mg/kg), seguida por la cabrilla ($1,12 \pm 0,89$ mg/kg). Por otro lado, el segundo subgrupo, que está integrado por la vieja, presenta menos cantidad de Cd ($0,12 \pm 0,43$ mg/kg) (gráfica 42).

En cuanto a su análisis desde el punto de vista de la seguridad alimentaria, el contenido en Cd de las tres especies se encuentra entre 3 y 28 veces por encima del límite permitido fijado en el Reglamento (CE) 1881/2006 de la Comisión, de 19 de diciembre de 2006, que fija el contenido máximo en los productos alimenticios en 0,05 mg/kg.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020



Gráfica 38: Concentración hepática media de Cd en las especies de estudio.

Tabla 24: U de Mann-Whitney.

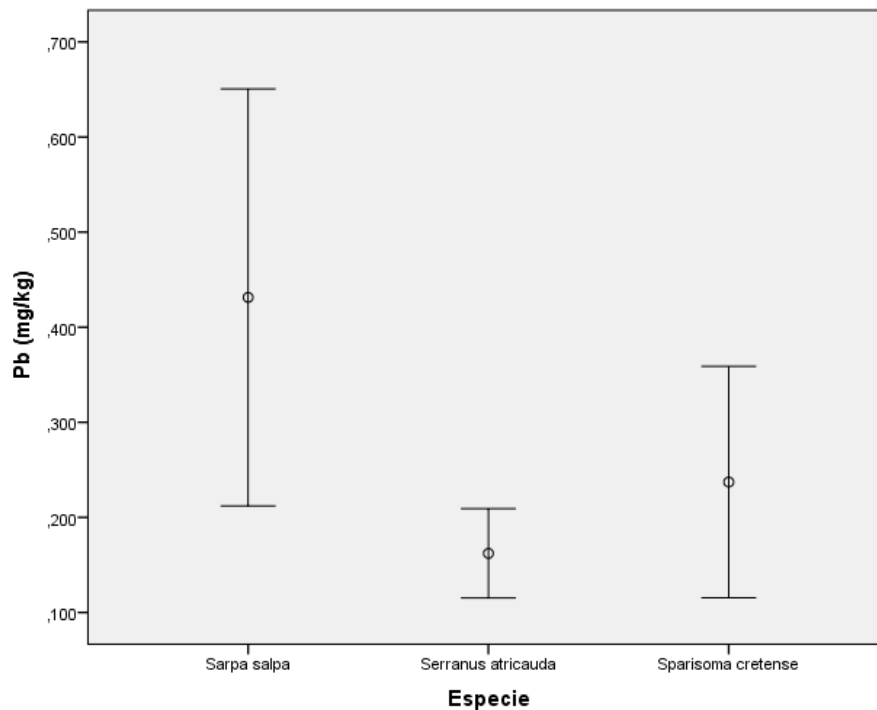
| Salema/cabrilla | Cd | Salema/vieja | Cd | Cabrilla/vieja | Cd |
|---------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 66,000 | U de Mann-Whitney | 428,000 | U de Mann-Whitney | 36,000 |
| W de Wilcoxon | 531,000 | W de Wilcoxon | 893,000 | W de Wilcoxon | 501,000 |
| Z | -5,700 | Z | -3,325 | Z | -6,145 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,000 | Sig. asintót. (bilateral) | ,745 | Sig. asintót. (bilateral) | ,000 |

• **Plomo**

La U de Mann-Whitney (tabla 25) indica que existen dos subgrupos de especies, que se diferencian estadísticamente entre sí. El primer subgrupo está formado únicamente por la salema ($0,43 \pm 0,59$ mg/kg); cabe destacar que esta especie presenta alta variabilidad de resultados. Por otro lado, el segundo subgrupo, que está integrado por

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

la vieja ($0,34 \pm 0,33$ mg/kg) y la cabrilla ($0,16 \pm 0,13$ mg/kg), presenta menos contenido de este metal, lo cual lo diferencia significativamente del primer subgrupo; existe también una alta variabilidad de medias en las especies de este subgrupo (gráfica 43). En cuanto a su análisis desde el punto de vista de la seguridad alimentaria, el contenido en Pb de las tres especies se encuentra en el caso de la salema y la vieja por encima del límite permitido; no obstante, la cabrilla se encuentra por debajo del límite permitido tomando como referencia el Reglamento (CE) 1881/2006 de la Comisión de 19, de diciembre de 2006, que fija el contenido máximo en los productos alimenticios, estableciendo el límite máximo legal en 0,3 mg de Pb/kg de peso fresco para carnes de pescado.



Gráfica 393: Concentración hepática media de Cd en las especies de estudio.

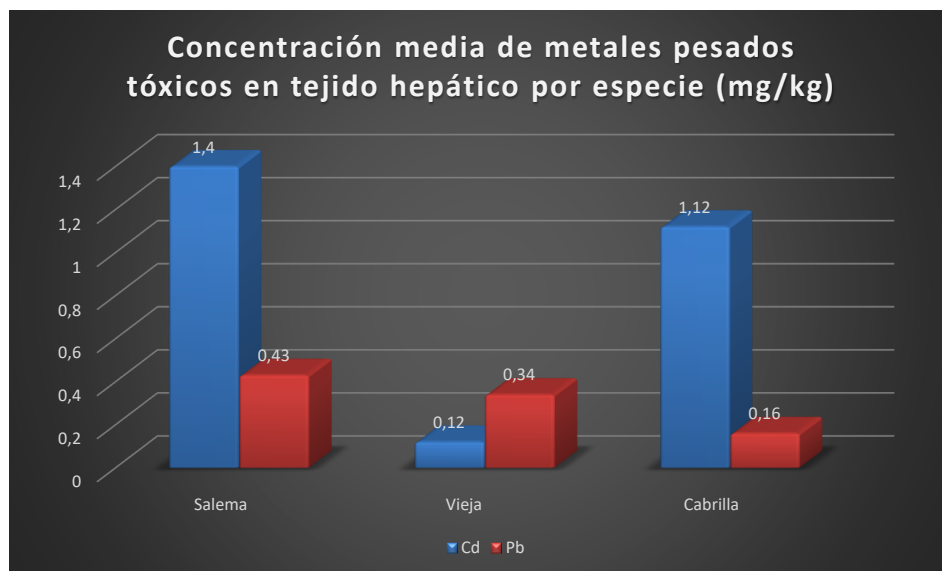
| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Tabla 2: U de Mann-Whitney.

| Salema/cabrilla | Pb | Salema/vieja | Pb | Cabrilla/vieja | Pb |
|---------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 302,000 | U de Mann-Whitney | 250,000 | U de Mann-Whitney | 432,000 |
| W de Wilcoxon | 767,000 | W de Wilcoxon | 715,000 | W de Wilcoxon | 897,000 |
| Z | -2,188 | Z | -2,957 | Z | -,266 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,029 | Sig. asintót. (bilateral) | ,003 | Sig. asintót. (bilateral) | ,790 |

Concentraciones medias de metales tóxicos por especie en el tejido hepático

La gráfica 44 muestra la concentración media de metales pesados tóxicos en tejido hepático para los que se ha dado una diferencia significativa en cuanto a concentración. Se observa que la proporción de Cd es mayor en salema y cabrilla; sin embargo, en la vieja, la cantidad de cadmio es casi 10 veces menos y la del plomo es similar a la de la salema, obteniéndose un valor de unas 3 veces menor en la cabrilla. Cabe destacar que esta última tiene el menor tamaño siguiendo cierta relación del tamaño con respecto a la concentración para el Cd, no ocurre esto para el plomo.



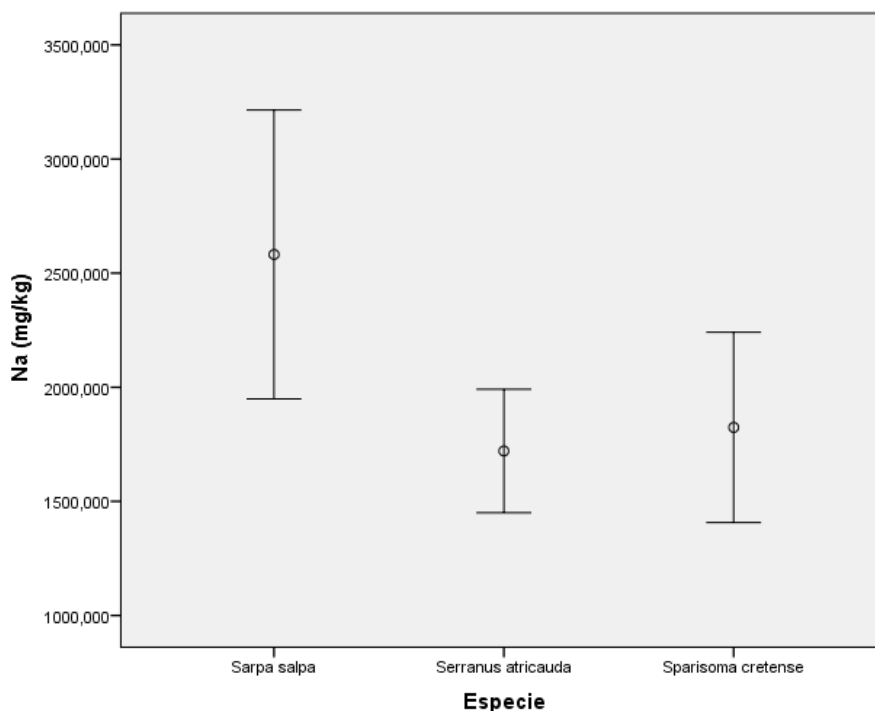
Gráfica 40: Concentración media de Cd y Pb en el tejido hepático de las especies de estudio.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

MACRONUTRIENTES

• **Sodio**

La U de Mann-Whitney (tabla 26) indica la existencia de dos subgrupos de especies, entre los que se establecen diferencias significativas para la concentración de Na en tejido hepático. En el primer subgrupo en cuanto a concentración de Na se encuentra la salema, con una concentración media de 2581 ± 1695 mg/kg, el segundo subgrupo lo forman la cabrilla, con una concentración media de 1721 ± 724 mg/kg, y la vieja, con un valor de concentración media de 1824 ± 1116 mg/kg. Ambas se diferencian significativamente de la cabrilla (gráfica 45).



Gráfica 45: Concentración hepática media de Na en las especies de estudio.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

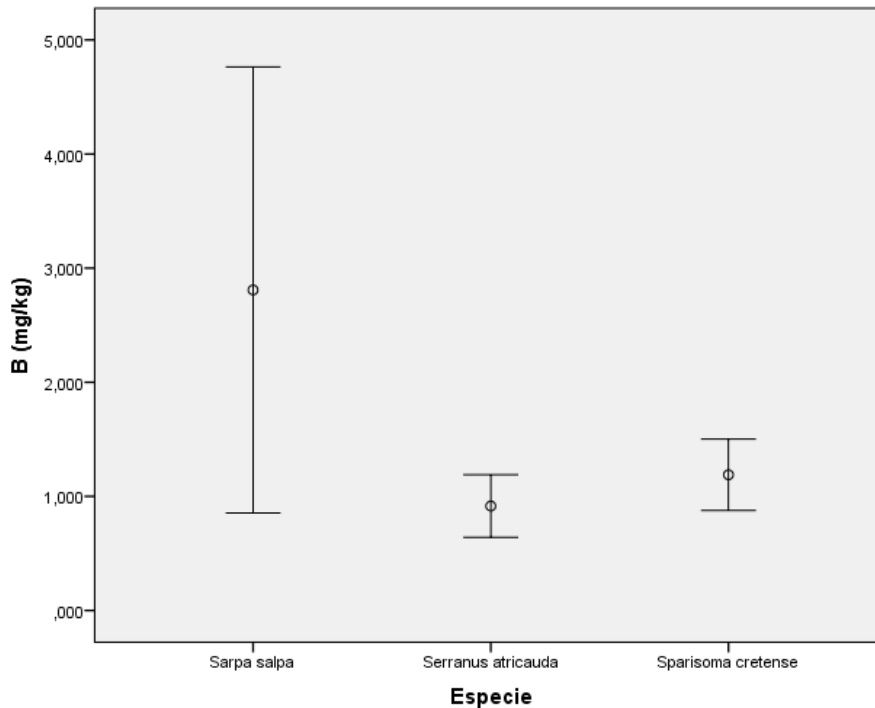
Tabla 26: U de Mann-Whitney.

| Salema/cabrilla | Na | Salema/vieja | Na | Cabrilla/vieja | Na |
|---------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 312,000 | U de Mann-Whitney | 261,000 | U de Mann-Whitney | 440,000 |
| W de Wilcoxon | 777,000 | W de Wilcoxon | 726,000 | W de Wilcoxon | 905,000 |
| Z | -2,040 | Z | -2,794 | Z | -,148 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,041 | Sig. asintót. (bilateral) | ,005 | Sig. asintót. (bilateral) | ,882 |

METALES TRAZA Y ESENCIALES

• Boro

La U de Mann-Whitney (tabla 27) señala la existencia de dos subgrupos de especies, entre los que se establecen diferencias estadísticas significativas. Por un lado, la concentración media en salema es la más alta, con un valor de $2,81 \pm 5,23$ mg/kg; se diferencia significativamente del otro subgrupo, formado por la cabrilla, con una concentración media de $0,92 \pm 0,73$ mg/kg, y la vieja, con una concentración media de $1,19 \pm 0,84$ mg/kg, tal como se muestra en la gráfica 46.



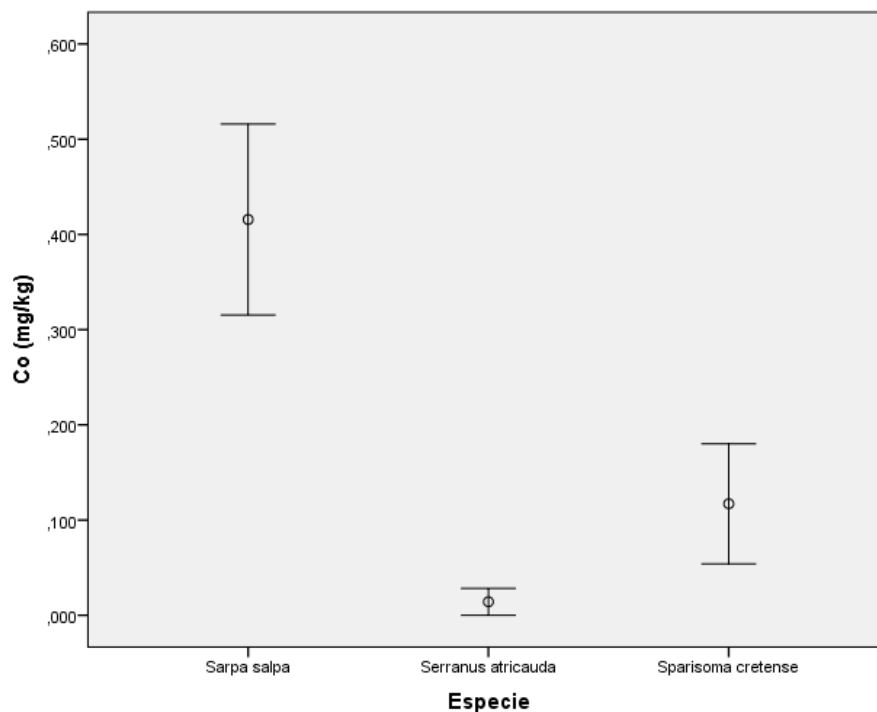
Gráfica 42: Concentración hepática media de Na en las especies de estudio.

Tabla 3: U de Mann-Whitney.

| Salema/cabrilla | B | Salema/vieja | B | Cabrilla/vieja | B |
|---------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 275,000 | U de Mann-Whitney | 173,000 | U de Mann-Whitney | 375,000 |
| W de Wilcoxon | 740,000 | W de Wilcoxon | 638,000 | W de Wilcoxon | 840,000 |
| Z | -2,587 | Z | -4,095 | Z | -1,109 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,010 | Sig. asintót. (bilateral) | ,000 | Sig. asintót. (bilateral) | ,267 |

• **Cobalto**

La U de Mann-Whitney (tabla 28) indica que existen diferencias significativas entre las tres especies en cuanto la concentración media de Co, siendo los valores para salema, vieja y cabrilla de $0,42 \pm 0,27$ mg/kg, $0,12 \pm 0,17$ mg/kg y $0,14 \pm 0,04$ mg/kg, respectivamente (gráfica 47).



Gráfica 43: Concentración hepática media de Co en las especies de estudio.

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

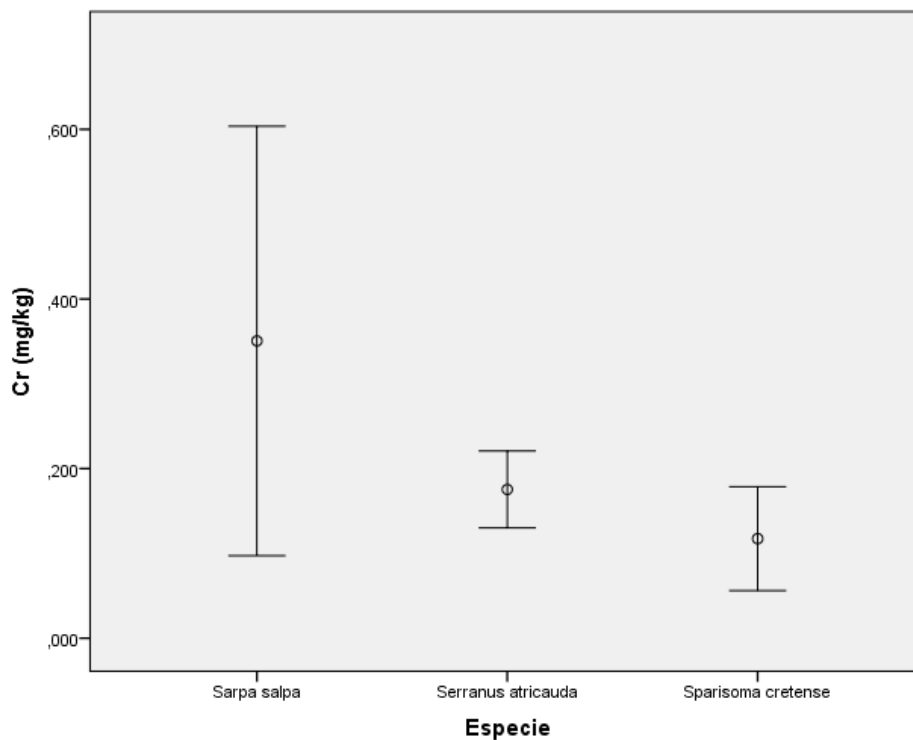
2020

Tabla 28: U de Mann-Whitney.

| Salema/cabrilla | Co | Salema/vieja | Co | Cabrilla/vieja | Co |
|---------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 127,000 | U de Mann-Whitney | 26,500 | U de Mann-Whitney | 186,000 |
| W de Wilcoxon | 592,000 | W de Wilcoxon | 491,500 | W de Wilcoxon | 651,000 |
| Z | -4,783 | Z | -6,532 | Z | -4,275 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,000 | Sig. asintót. (bilateral) | ,000 | Sig. asintót. (bilateral) | ,000 |

• **Cromo**

La U de Mann Whitney (tabla 29) indica la existencia de dos subgrupos de especies, entre los que se establecen diferencias significativas. En este caso existen diferencias significativas para la concentración media de Cr en el caso de la vieja ($0,46 \pm 2,39$ mg/kg) y la cabrilla ($0,28 \pm 0,38$ mg/kg), pero ambas concentraciones no se diferencian estadísticamente con la salema ($0,18 \pm 0,56$ mg/kg) (gráfica 48).



Gráfica 44: Concentración hepática media de Cr en las especies de estudio.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

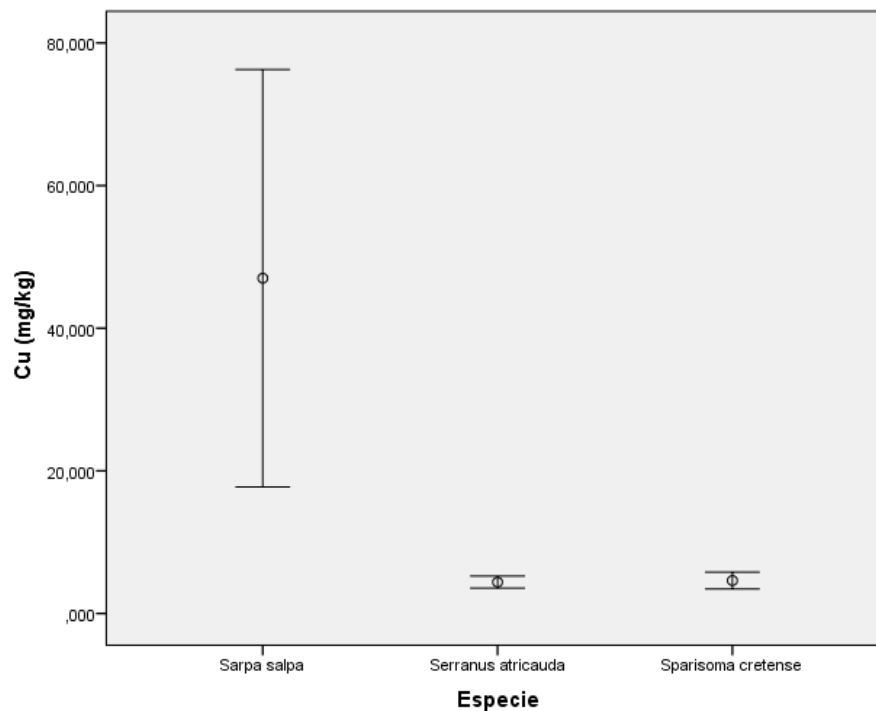
2020

Tabla 29: U de Mann-Whitney.

| Salema/cabrilla | Cr | Salema/vieja | Cr | Cabrilla/vieja | Cr |
|---------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 364,500 | U de Mann-Whitney | 379,500 | U de Mann-Whitney | 313,500 |
| W de Wilcoxon | 829,500 | W de Wilcoxon | 844,500 | W de Wilcoxon | 778,500 |
| Z | -1,624 | Z | -1,177 | Z | -2,490 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,104 | Sig. asintót. (bilateral) | ,239 | Sig. asintót. (bilateral) | ,013 |

• **Cobre**

La U de Mann Whitney (tabla 30) indica la existencia de dos subgrupos de especies, entre los que se establecen diferencias significativas. Por una parte, el primer subgrupo, compuesto por la cabrilla y la vieja, presenta concentraciones medias similares estadísticamente de $4,62 \pm 3,15$ mg/kg y $0,67 \pm 0,23$ mg/kg, respectivamente. Formando parte del segundo subgrupo se encuentra la salema, con una concentración media de $47,01 \pm 78,38$ mg/kg, tal como se representa en la gráfica 49.



Gráfica 45: Concentración hepática media de Cu en las especies de estudio.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

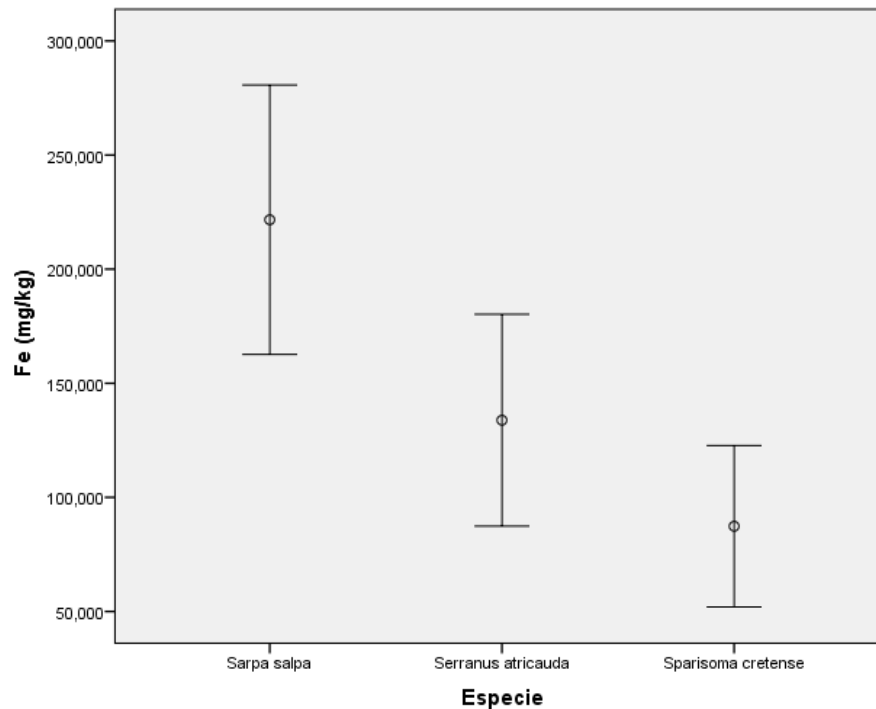
2020

Tabla 30: U de Mann-Whitney.

| Salema/cabrilla | Cu | Salema/vieja | Cu | Cabrilla/vieja | Cu |
|---------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 110,000 | U de Mann-Whitney | 101,000 | U de Mann-Whitney | 432,000 |
| W de Wilcoxon | 575,000 | W de Wilcoxon | 566,000 | W de Wilcoxon | 897,000 |
| Z | -5,027 | Z | -5,160 | Z | -,266 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,000 | Sig. asintót. (bilateral) | ,000 | Sig. asintót. (bilateral) | ,790 |

• **Hierro**

La U de Mann-Whitney (tabla 31) indica la existencia de tres subgrupos de especies, entre los que se establecen diferencias significativas. El tejido hepático de salema contiene el mayor valor en Fe, con una media de $221,66 \pm 158,04$ mg/kg, seguido de la cabrilla, con $133,82 \pm 124,24$ mg/kg, y la vieja, con $87,35 \pm 94,65$ mg/kg (gráfica 50).



Gráfica 50: Concentración hepática media de Fe en las especies de estudio.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

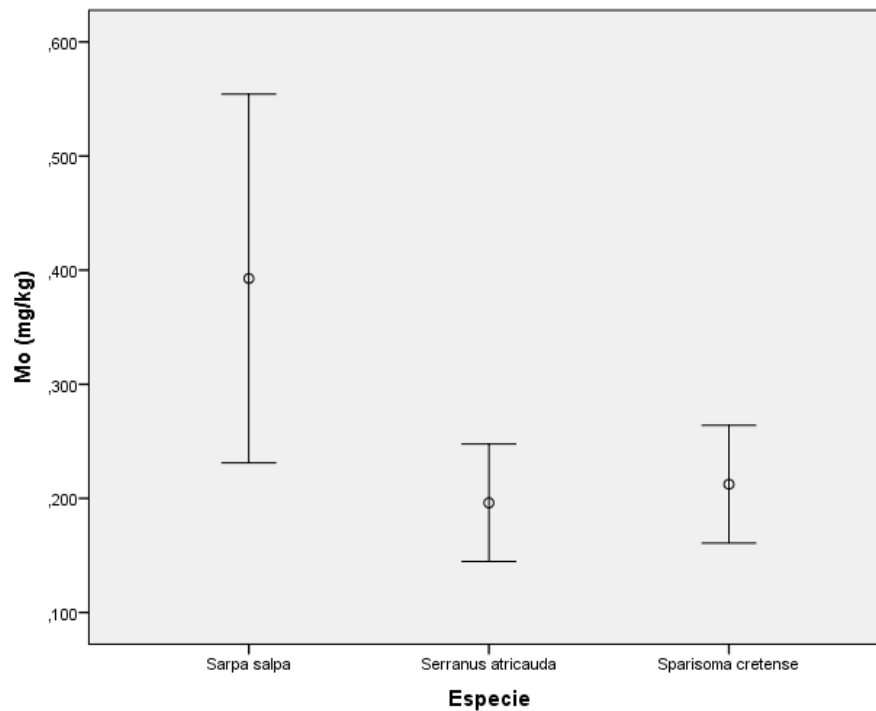
2020

Tabla 314: U de Mann-Whitney.

| Salema/cabrilla | Fe | Salema/vieja | Fe | Cabrilla/vieja | Fe |
|---------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 159,000 | U de Mann-Whitney | 251,000 | U de Mann-Whitney | 294,000 |
| W de Wilcoxon | 624,000 | W de Wilcoxon | 716,000 | W de Wilcoxon | 759,000 |
| Z | -4,302 | Z | -2,942 | Z | -2,306 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,000 | Sig. asintót. (bilateral) | ,003 | Sig. asintót. (bilateral) | ,021 |

• **Molibdeno**

La U de Mann-Whitney (tabla 32) indica la existencia de dos subgrupos de especies, entre los que se establecen diferencias significativas. El primer subgrupo está formado por la salema, con un valor de concentración en tejido hepático de $0,39 \pm 0,43$ mg/kg; cabe destacar que es la especie que mayor concentración media presenta respecto al otro subgrupo, formado por la cabrilla y la vieja, con unas concentraciones medias de $0,21 \pm 0,14$ mg/kg y $0,20 \pm 0,14$ mg/kg, respectivamente, tal como se representa en la gráfica 51.



Gráfica 46: Concentración hepática media de Mo en las especies de estudio.

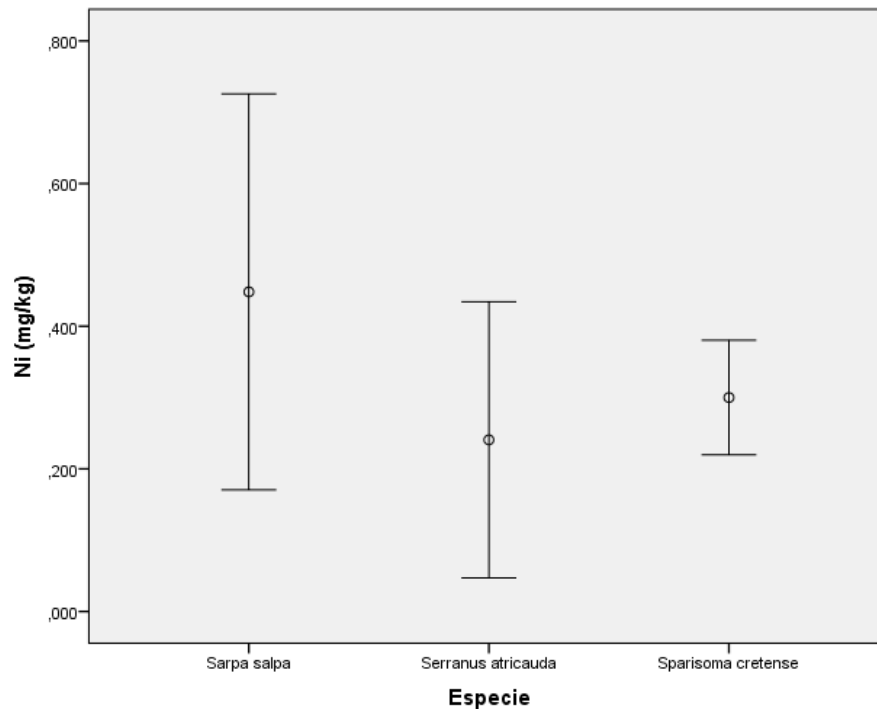
| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Tabla 32: U de Mann-Whitney.

| Salema/cabrilla | Mo | Salema/vieja | Mo | Cabrilla/vieja | Mo |
|---------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 272,000 | U de Mann-Whitney | 218,500 | U de Mann-Whitney | 387,000 |
| W de Wilcoxon | 737,000 | W de Wilcoxon | 683,500 | W de Wilcoxon | 852,000 |
| Z | -2,634 | Z | -3,424 | Z | -,932 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,008 | Sig. asintót. (bilateral) | ,001 | Sig. asintót. (bilateral) | ,351 |

• Níquel

La U de Mann-Whitney (tabla 33) indica la existencia de dos subgrupos de especies, entre los que se establecen diferencias significativas. El primer subgrupo lo comprenden las concentraciones medias de salema ($0,45 \pm 0,74$ mg/kg) y cabrilla ($0,24 \pm 0,52$ mg/kg), con alta desviación estándar, mientras que el segundo subgrupo está compuesto por la vieja ($0,30 \pm 0,22$ mg/kg), que se diferencia estadísticamente de las otras dos especies (gráfica 52).



Gráfica 47: Concentración hepática media de Ni en las especies de estudio.

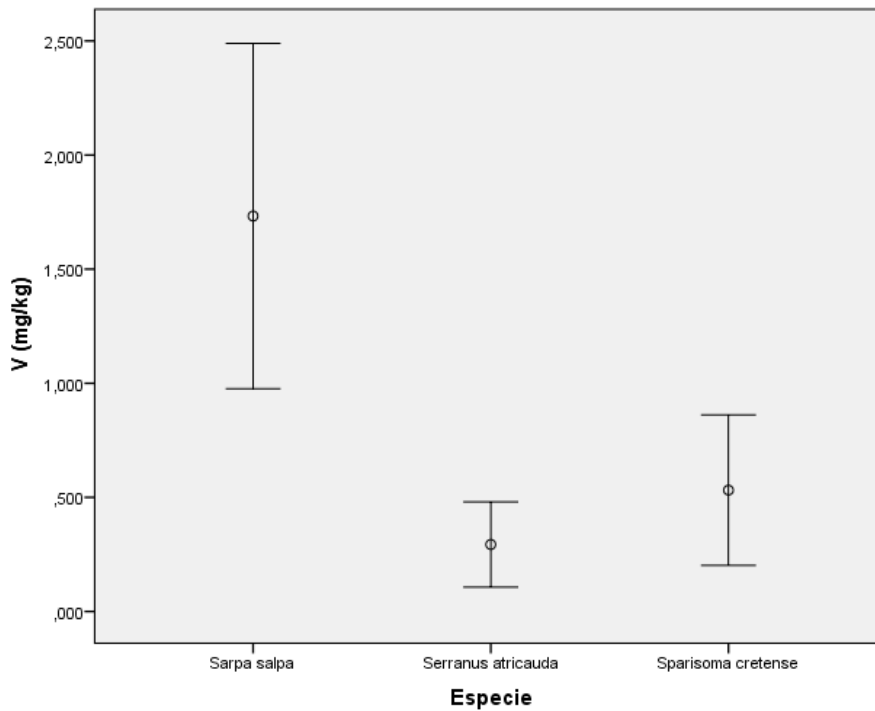
| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Tabla 335: U de Mann-Whitney.

| Salema/cabrilla | Ni | Salema/vieja | Ni | Cabrilla/vieja | Ni |
|---------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 424,000 | U de Mann-Whitney | 270,000 | U de Mann-Whitney | 271,000 |
| W de Wilcoxon | 889,000 | W de Wilcoxon | 735,000 | W de Wilcoxon | 736,000 |
| Z | -,384 | Z | -,2675 | Z | -,2657 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,701 | Sig. asintót. (bilateral) | ,007 | Sig. asintót. (bilateral) | ,008 |

• Vanadio

La U de Mann-Whitney (tabla 34) indica la existencia de dos subgrupos de especies, entre los que se establecen diferencias significativas. El primer subgrupo está constituido por la concentración de V en salema ($1,73 \pm 2,03$ mg/kg), siendo la mayor de las tres especies, que se diferencia estadísticamente del segundo subgrupo, formado por la vieja ($0,53 \pm 0,88$ mg/kg) y la cabrilla ($0,29 \pm 0,50$ mg/kg), que tiene menor concentración media de vanadio (gráfica 53).



Gráfica 48: Concentración hepática media de V en las especies de estudio.

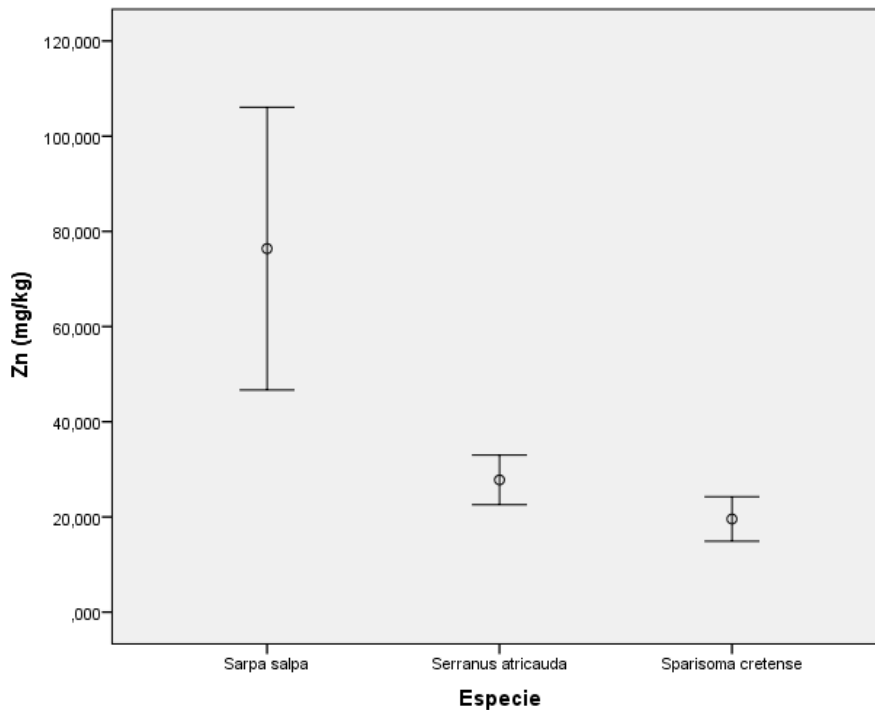
| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Tabla 346: U de Mann-Whitney.

| Salema/cabrilla | V | Salema/vieja | V | Cabrilla/vieja | V |
|---------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 265,000 | U de Mann-Whitney | 234,000 | U de Mann-Whitney | 442,000 |
| W de Wilcoxon | 730,000 | W de Wilcoxon | 699,000 | W de Wilcoxon | 907,000 |
| Z | -2,854 | Z | -3,301 | Z | -,131 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,004 | Sig. asintót. (bilateral) | ,001 | Sig. asintót. (bilateral) | ,896 |

• **Zinc**

La U de Mann-Whitney (tabla 35) indica que se establecen diferencias significativas entre las tres especies para la concentración de zinc. El tejido hepático de salema ($76,38 \pm 79,55$ mg/kg) tiene una concentración media mayor que la concentración en vieja ($19,56 \pm 12,54$ mg/kg), siendo la especie con menor concentración de zinc la cabrilla ($27,78 \pm 13,98$ mg/kg) (gráfica 49).



Gráfica 49: Concentración hepática media de Zn en las especies de estudio.

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

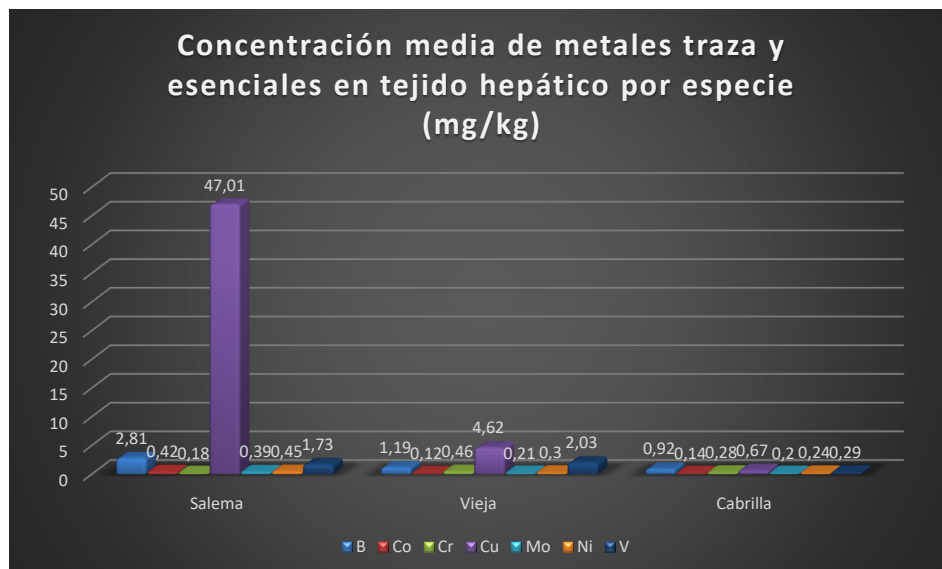
2020

Tabla 357: U de Mann-Whitney.

| Salema/Cabrilla | Zn | Salema/Vieja | Zn | Cabrilla/Vieja | Zn |
|---------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 155,000 | U de Mann-Whitney | 228,000 | U de Mann-Whitney | 260,000 |
| W de Wilcoxon | 620,000 | W de Wilcoxon | 693,000 | W de Wilcoxon | 725,000 |
| Z | -4,361 | Z | -3,282 | Z | -2,809 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,000 | Sig. asintót. (bilateral) | ,001 | Sig. asintót. (bilateral) | ,005 |

Concentraciones medias de metales tóxicos por especie en el tejido hepático

Tal y como se puede observar en la gráfica 55, las concentraciones de metales entre especies para el tejido hepático son similares en todas las zonas. Cabe destacar la concentración media de cobre encontrada en la salema, que es superior a la encontrada en el resto de las especies. El Zn y el Fe, que son los metales de este tipo con mayor concentración, parecen guardar cierta proporción entre sí (gráfica 56). Está demostrado que el Zn y el Fe compiten entre sí por las vías de absorción (LPI, 2020g).

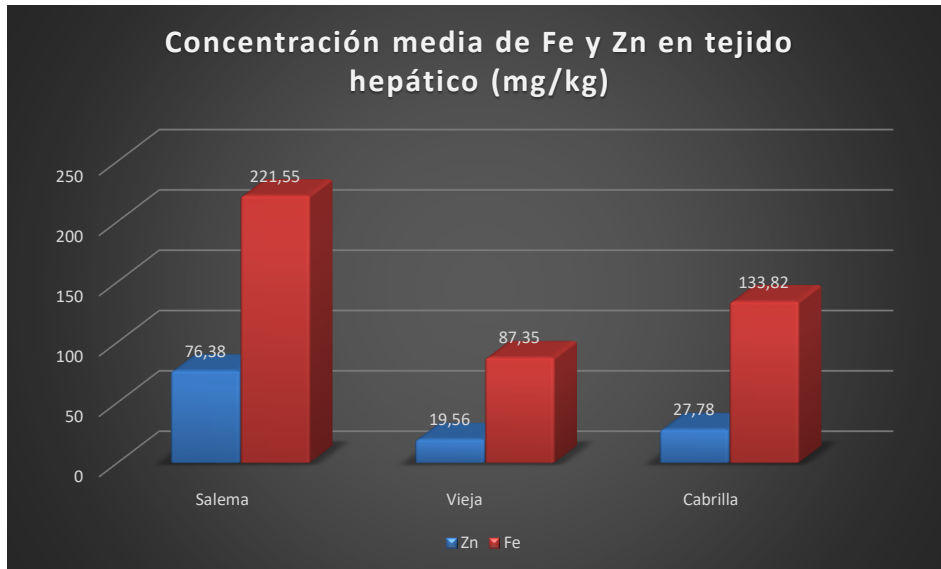


Gráfica 50: Concentración media de metales traza y esenciales en el tejido hepático de las especies de estudio.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |



Gráfica 516: Concentración media de Zn y Fe en el tejido hepático de las especies de estudio.

6.4. Estudio de las zonas de pesca por especie

Para el tratamiento estadístico de los datos se ha comprobado la normalidad de estos mediante las pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas.

Para los datos en los que se ha obtenido existencia de normalidad, se utiliza el test paramétrico para la comparación de las medias de los datos obtenidos, usando un test ANOVA de un factor.

Después de realizar el ANOVA, se ha hecho el test paramétrico de Tukey (prueba pos-hoc) con el fin de comparar entre qué zonas se producen las diferencias significativas. Los resultados y tablas se muestran junto a los demás resultados que han denotado diferencias significativas para una mejor exposición e interpretación de los datos obtenidos.

Los demás metales que no siguieron una distribución normal fueron analizados mediante el test no paramétrico de Kruskal-Wallis.

Los datos que mostraron diferencias significativas fueron sometidos, con el fin de comprobar entre qué zonas se producen dichas diferencias significativas

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

estadísticamente, al test de U de Mann-Whitney, cuyos resultados se muestran individualmente para mejor exposición e interpretación de los datos obtenidos.

6.4.1. Estudio en tejido muscular

Salema (*Sarpa salpa*)

La tabla 36 contiene las medias metálicas y desviaciones estándar en tejido muscular determinadas en los ejemplares de salema capturados en las tres zonas:

Tabla 36: Concentraciones medias \pm desviación estándar en salema por zona (mg/kg) en tejido muscular.

| Metal/Spp | N | Media \pm *desvest | Metal/Spp | N | Media \pm *desvest | | |
|-----------|---------------|----------------------|---------------------|---------------|----------------------|-------------------|-------------------|
| | Metropolitana | 10 | 1,685 \pm 1,177 | Metropolitana | 10 | 0,229 \pm 0,107 | |
| Al | Norte | 10 | 1,308 \pm 0,558 | Li | Norte | 10 | 0,275 \pm 0,203 |
| | Sur | 10 | 1,376 \pm 0,437 | | Sur | 10 | 0,353 \pm 0,206 |
| | | | | | | | |
| B | Metropolitana | 10 | 0,180 \pm 0,258 | Mg | Metropolitana | 10 | 255 \pm 92 |
| | Norte | 10 | 0,314 \pm 0,161 | | Norte | 10 | 403 \pm 213 |
| | Sur | 10 | 0,084 \pm 0,083 | | Sur | 10 | 344 \pm 142 |
| Ba | Metropolitana | 10 | 0,263 \pm 0,362 | Mn | Metropolitana | 10 | 0,493 \pm 0,569 |
| | Norte | 10 | 0,159 \pm 0,080 | | Norte | 10 | 0,480 \pm 0,214 |
| | Sur | 10 | 0,104 \pm 0,039 | | Sur | 10 | 0,280 \pm 0,138 |
| Ca | Metropolitana | 10 | 2067 \pm 535 | Mo | Metropolitana | 10 | 0,041 \pm 0,001 |
| | Norte | 10 | 3593 \pm 2320 | | Norte | 10 | 0,018 \pm 0,004 |
| | Sur | 10 | 2884 \pm 1088 | | Sur | 10 | 0,014 \pm 0,003 |
| Cd | Metropolitana | 10 | 0,0007 \pm 0,0005 | Na | Metropolitana | 10 | 714 \pm 36 |
| | Norte | 10 | 0,008 \pm 0,057 | | Norte | 10 | 1129 \pm 511 |
| | Sur | 10 | 0,013 \pm 0,014 | | Sur | 10 | 781 \pm 234 |
| Co | Metropolitana | 10 | 0,010 \pm 0,005 | Ni | Metropolitana | 10 | 0,046 \pm 0,035 |
| | Norte | 10 | 0,022 \pm 0,019 | | Norte | 10 | 0,241 \pm 0,564 |
| | Sur | 10 | 0,004 \pm 0,006 | | Sur | 10 | 0,081 \pm 0,070 |
| Cr | Metropolitana | 10 | 0,075 \pm 0,025 | Pb | Metropolitana | 10 | 0,040 \pm 0,013 |
| | Norte | 10 | 0,887 \pm 1 | | Norte | 10 | 0,031 \pm 0,013 |
| | Sur | 10 | 0,088 \pm 0,019 | | Sur | 10 | 0,026 \pm 0,006 |
| Cu | Metropolitana | 10 | 0,491 \pm 0,054 | Sr | Metropolitana | 10 | 1 \pm 2,11 |
| | Norte | 10 | 0,864 \pm 0,393 | | Norte | 10 | 0,291 \pm 0,918 |
| | Sur | 10 | 0,734 \pm 0,407 | | Sur | 10 | <0,001 |
| Fe | Metropolitana | 10 | 2,935 \pm 0,539 | V | Metropolitana | 10 | 0,044 \pm 0,102 |
| | Norte | 10 | 12,46 \pm 11,06 | | Norte | 10 | 0,189 \pm 0,176 |
| | Sur | 10 | 4,260 \pm 1,652 | | Sur | 10 | 0,088 \pm 0,076 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020

| | | | | | | | |
|----------|---------------|----|----------|-----------|---------------|----|--------------|
| | Metropolitana | 10 | 2251±137 | | Metropolitana | 10 | 16,165±4,229 |
| K | Norte | 10 | 2712±347 | Zn | Norte | 10 | 15,435±8,560 |
| | Sur | 10 | 2470±396 | | Sur | 10 | 17,390±6 |

Resultado = <0,001: por debajo del límite de detección.
 * Desvest: desviación estándar (mg/kg).

METALES TÓXICOS

- **Cadmio**

La U de Mann-Whitney (tabla 37) indica que se establecen diferencias significativas entre dos subgrupos para la concentración de Cd. El primer subgrupo lo componen las zonas Norte y Sur, donde la concentración de este metal es mayor que en los individuos de la Zona Metropolitana (gráfica 57). Los pescados de la Zona Metropolitana, que es la más industrializada, contienen una menor concentración de Cd; cabe destacar que justamente los ejemplares de cabrilla obtenidos para el presente trabajo fueron donados por una cofradía de pescadores y los ejemplares no alcanzaban la talla mínima ni el peso requerido para la venta, por lo que es posible que la poca concentración de Cd sea debida al tamaño del ejemplar tratándose de un metal que se acumula.

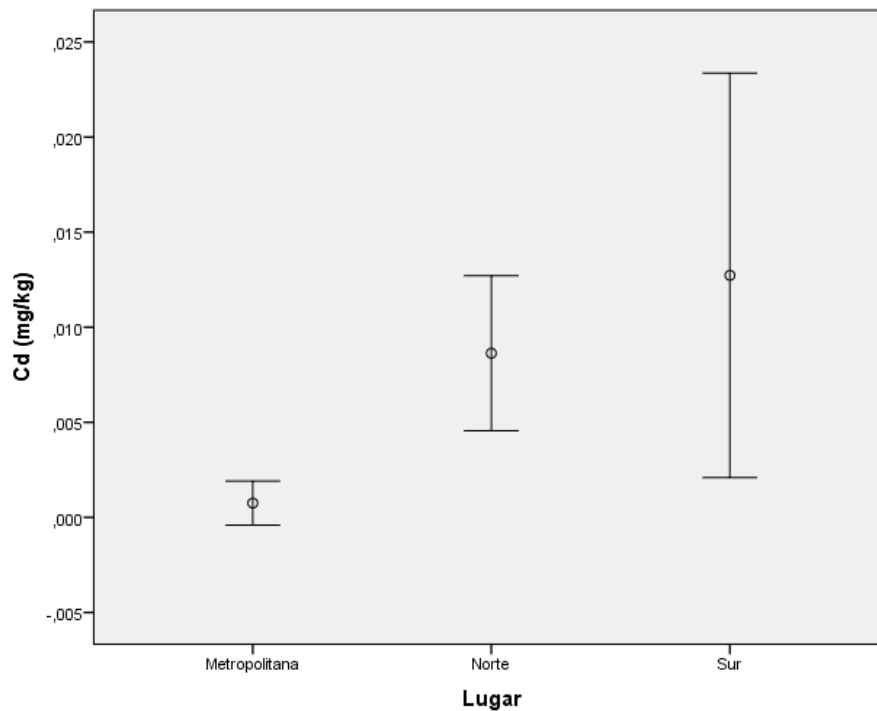
Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020



Gráfica 52: Concentración muscular media de Cd en *Sarpa salpa* en las diferentes zonas de muestreo.

Tabla 37: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Cd | Metropolitana/Sur | Cd | Norte/Sur | Cd |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 10,000 | U de Mann-Whitney | 10,000 | U de Mann-Whitney | 48,500 |
| W de Wilcoxon | 65,000 | W de Wilcoxon | 65,000 | W de Wilcoxon | 103,500 |
| Z | -3,170 | Z | -3,170 | Z | -,113 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,002 | Sig. asintót. (bilateral) | ,002 | Sig. asintót. (bilateral) | ,910 |

• Plomo

La U de Mann-Whitney (tabla 38) indica que se establecen diferencias significativas entre dos subgrupos para la concentración de Pb. El primer subgrupo lo componen las zonas Metropolitana y Norte, donde la concentración de este metal es mayor que entre los individuos de la Zona Sur (gráfica 58). No obstante, con el Pb ocurre lo

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

contrario que con la concentración de Cd, aunque los ejemplares de la Zona Norte no se diferencian estadísticamente en cuanto a concentración de Pb con los ejemplares de la Metropolitana, cabe destacar que los de este último lugar presentan mayor concentración de Pb tratándose de ejemplares más pequeños. Se debe prestar atención a que el Pb puede competir con el Ca en los puntos de unión en los cristales de hidroxiapatita que quedan fijados al hueso (Sanín *et al.*, 1998). Por tanto, se puede deducir que en los ejemplares de mayor tamaño de las zonas Norte y Sur, el Pb se encuentra fijado en los huesos, mientras que los ejemplares juveniles de la Zona Metropolitana tienen más plomo acumulado en los tejidos blandos. Cabe destacar que la Zona Metropolitana es la más industrializada de nuestra área de estudio, con la existencia de la refinería, la central de Las Caletillas y el puerto de Santa Cruz, que tiene un tráfico de buques considerable. La mayor concentración de Pb podría deberse tanto a la explicación ambiental como a la fisiológica.

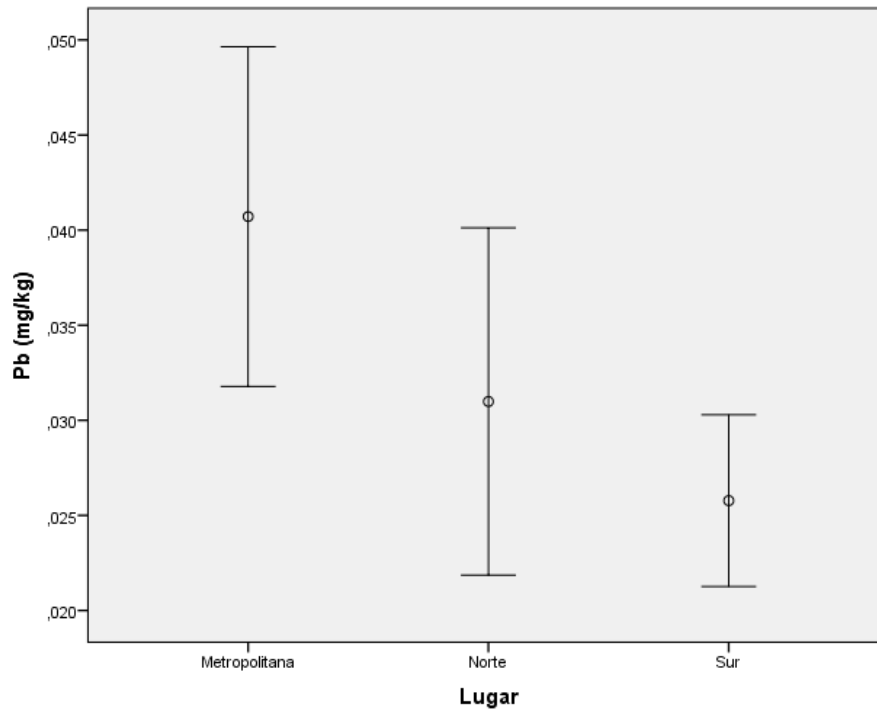
Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020



Gráfica 53: Concentración muscular media de Pb en *Sarpa salpa* en las diferentes zonas de muestreo.

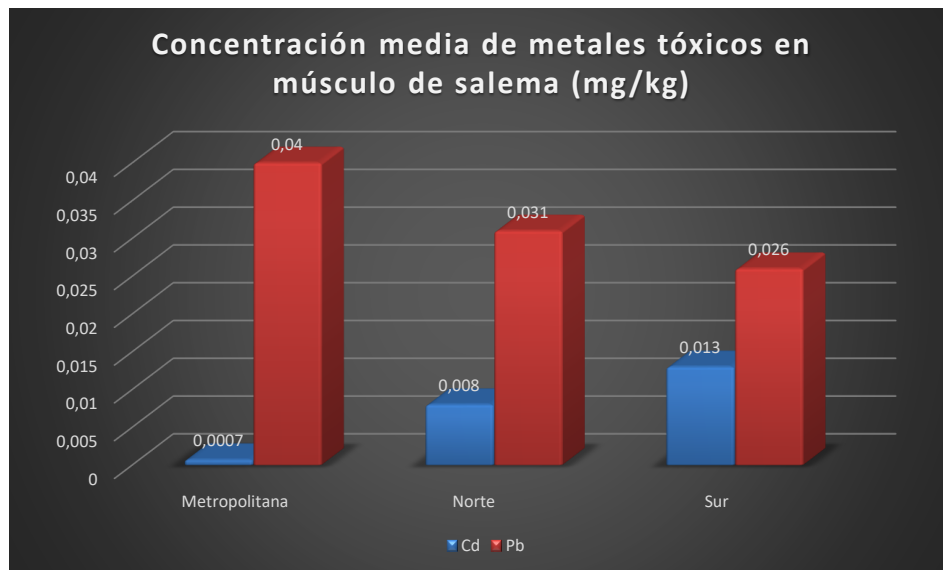
Tabla 38: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Pb | Metropolitana/Sur | Pb | Norte/Sur | Pb |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 26,000 | U de Mann-Whitney | 8,000 | U de Mann-Whitney | 40,000 |
| W de Wilcoxon | 81,000 | W de Wilcoxon | 63,000 | W de Wilcoxon | 95,000 |
| Z | -1,814 | Z | -3,175 | Z | -,756 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,070 | Sig. asintót. (bilateral) | ,001 | Sig. asintót. (bilateral) | ,450 |

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Concentraciones medias de metales tóxicos el tejido muscular de salema

La gráfica 59 muestra las concentraciones por zonas en tejido muscular de salema. Se puede observar que en los lugares donde la concentración de Cd es menor la de Pb está por encima y viceversa, lo que no significa que exista correlación, ya que pueden estar influyendo factores ambientales o fisiológicos debido a otras variables como el nivel de contaminación ambiental o la talla de los ejemplares.



Gráfica 54: Concentración media de Cd y Pb en el tejido muscular de salema en diferentes zonas.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

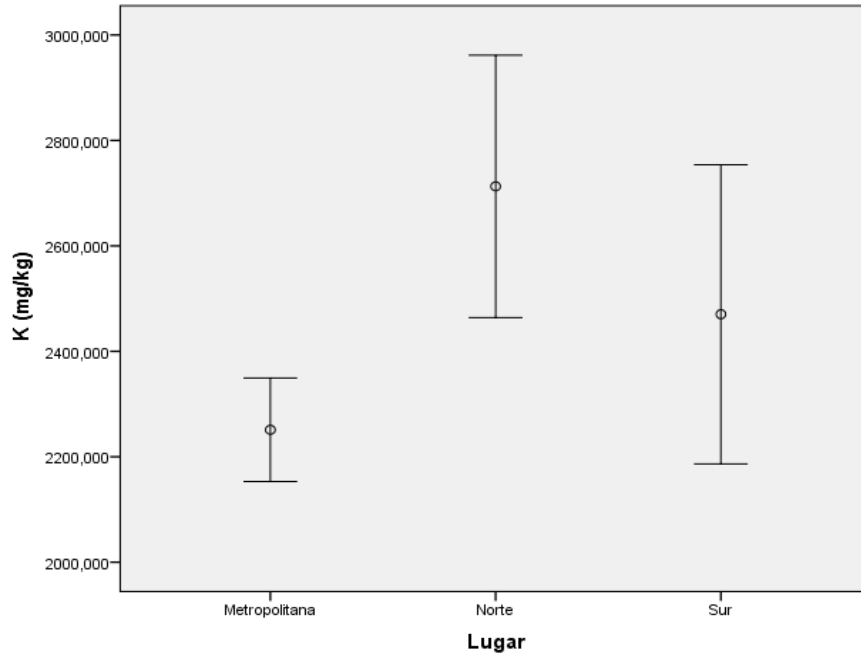
Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

MACRONUTRIENTES

• **Potasio**

La prueba HSD Tukey (tabla 39) muestra que existen diferencias significativas para la concentración de K entre las zonas Metropolitana y Sur, pero a su vez estas no se diferencian estadísticamente de la Zona Norte (gráfica 60).



Gráfica 60: Concentración muscular media de K en *Sarpa salpa* en las diferentes zonas de muestreo.

Tabla 398: HSD Tukey para K.

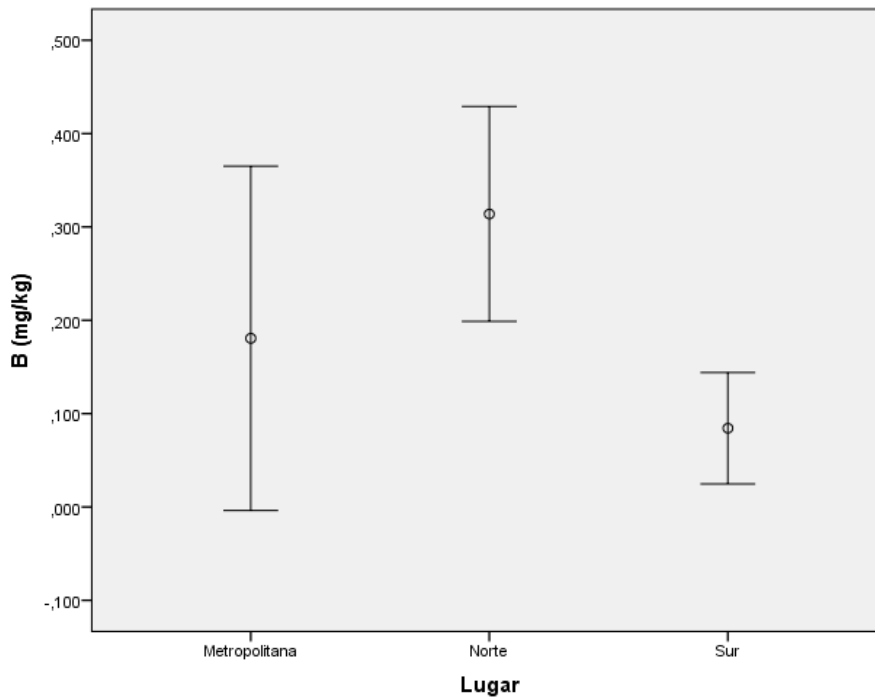
| Lu | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | |
|---------------|----|------------------------------|------------|
| | | 1 | 2 |
| Metropolitana | 10 | 2251,15923 | |
| Sur | 10 | 2470,29169 | 2470,29169 |
| Norte | 10 | | 2712,89443 |
| Sig. | | ,281 | ,215 |

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

METALES ESENCIALES Y TRAZAS

• **Boro**

La U de Mann-Whitney (tabla 40) indica que se establecen diferencias significativas entre las tres zonas en cuanto a concentración de boro. En la Zona Norte se observa una cantidad más elevada que en el Sur; Anaga tiene una alta variabilidad en cuanto a concentración media de los individuos (gráfica 61).



Gráfica 55: Concentración muscular media de B en *Sarpa salpa* en las diferentes zonas de muestreo.

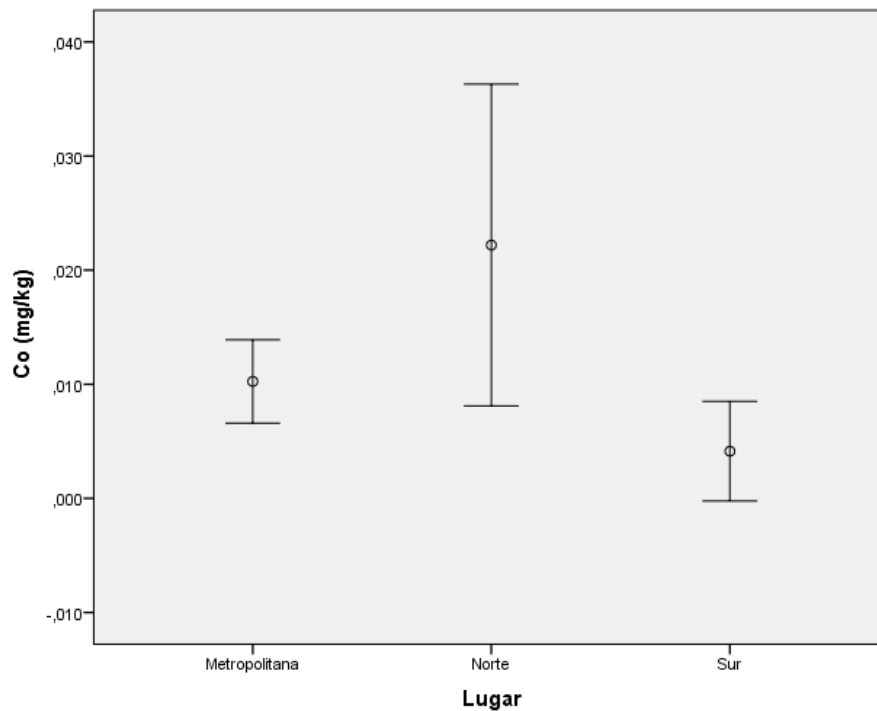
Tabla 40: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | B | Metropolitana/Sur | B | Norte/Sur | B |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 11,000 | U de Mann-Whitney | 21,000 | U de Mann-Whitney | 6,000 |
| W de Wilcoxon | 66,000 | W de Wilcoxon | 76,000 | W de Wilcoxon | 61,000 |
| Z | -2,948 | Z | -2,192 | Z | -3,326 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,003 | Sig. asintót. (bilateral) | ,028 | Sig. asintót. (bilateral) | ,001 |

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

• **Cobalto**

La U de Mann-Whitney (tabla 41) indica que se establecen dos subgrupos, que presentan concentraciones de cobalto diferente estadísticamente hablando. El primer subgrupo está formado por la Zona Sur, que se diferencia significativamente del otro subgrupo, compuesto por las zonas Metropolitana y Norte; gráficamente se observa que el Norte presenta una alta variabilidad en los datos (gráfica 62).



Gráfica 56: Concentración muscular media de Co en *Sarpa salpa* en las diferentes zonas de muestreo.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020

Tabla 41: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Co | Metropolitana/Sur | Co | Norte/Sur | Co |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 32,000 | U de Mann-Whitney | 19,500 | U de Mann-Whitney | 11,000 |
| W de Wilcoxon | 87,000 | W de Wilcoxon | 74,500 | W de Wilcoxon | 66,000 |
| Z | -1,361 | Z | -2,337 | Z | -2,971 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,174 | Sig. asintót. (bilateral) | ,019 | Sig. asintót. (bilateral) | ,003 |

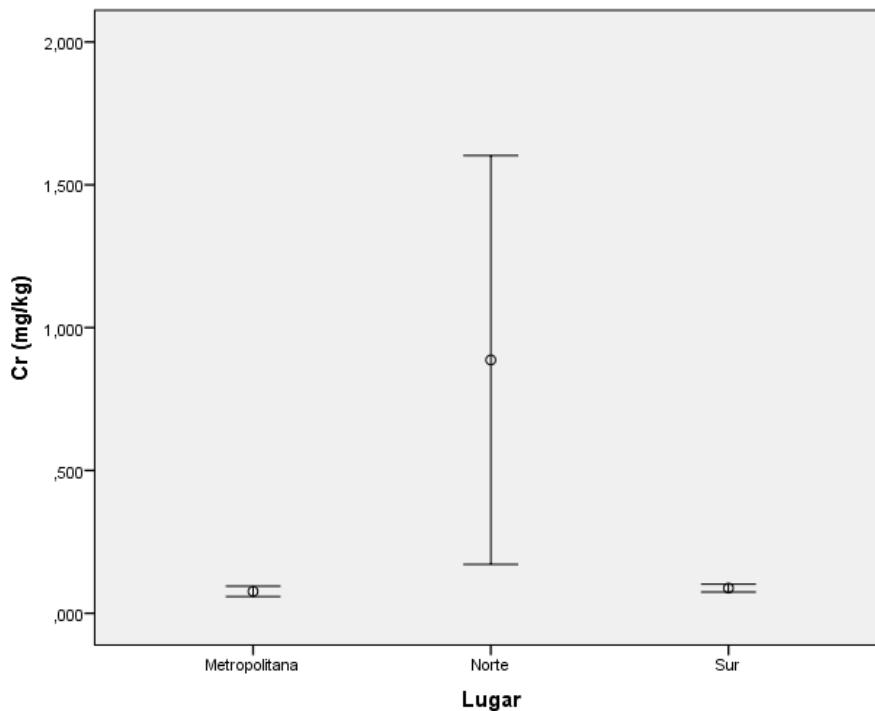
Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

• **Cromo**

La U de Mann-Whitney (tabla 42) indica que se establecen dos subgrupos, que presentan concentraciones de cromo diferentes estadísticamente hablando. El primer subgrupo está formado por la Zona Norte, que se diferencia significativamente del otro subgrupo, compuesto por las zonas Metropolitana y Sur; gráficamente se observa que el Norte presenta la mayor concentración de Cr con respecto a los ejemplares de las otras dos zonas (gráfica 63).



Gráfica 57: Concentración muscular media de Cr en *Sarpa salpa* en las diferentes zonas de muestreo.

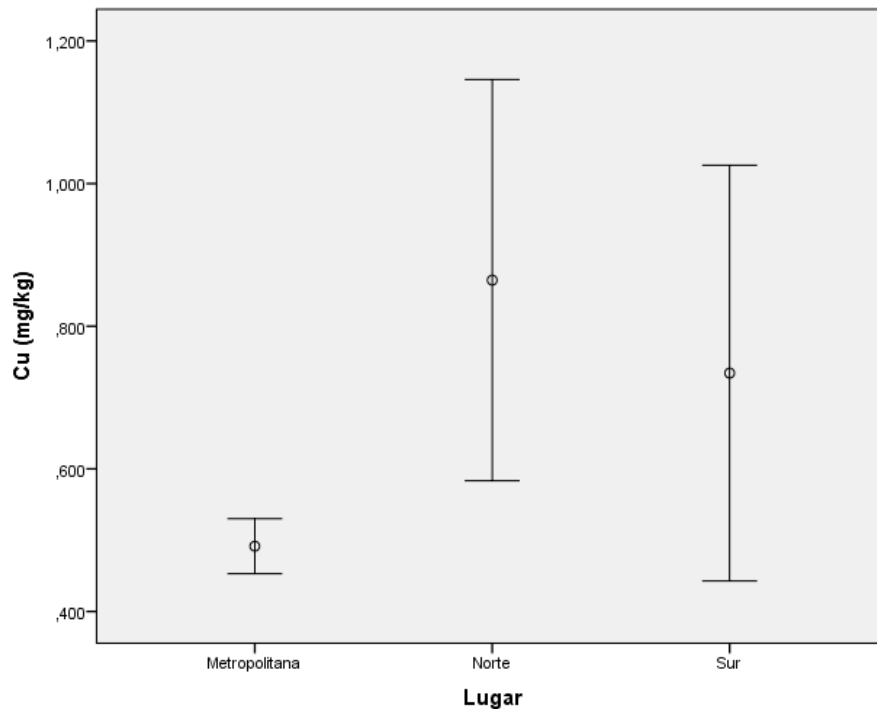
| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Tabla 429: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Cr | Metropolitana/Sur | Cr | Norte/Sur | Cr |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 9,000 | U de Mann-Whitney | 32,000 | U de Mann-Whitney | 11,000 |
| W de Wilcoxon | 64,000 | W de Wilcoxon | 87,000 | W de Wilcoxon | 66,000 |
| Z | -3,099 | Z | -1,361 | Z | -2,948 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,002 | Sig. asintót. (bilateral) | ,174 | Sig. asintót. (bilateral) | ,003 |

• **Cobre**

La U de Mann-Whitney (tabla 43) indica que se establecen dos subgrupos, que presentan concentraciones de cobre diferentes estadísticamente hablando. El primer subgrupo lo conforma la Zona Metropolitana, que se diferencia significativamente del otro subgrupo, compuesto por las zonas Norte y Sur (gráfica 64).



Gráfica 58: Concentración muscular media de Cu en *Sarpa salpa* en las diferentes zonas de muestreo.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

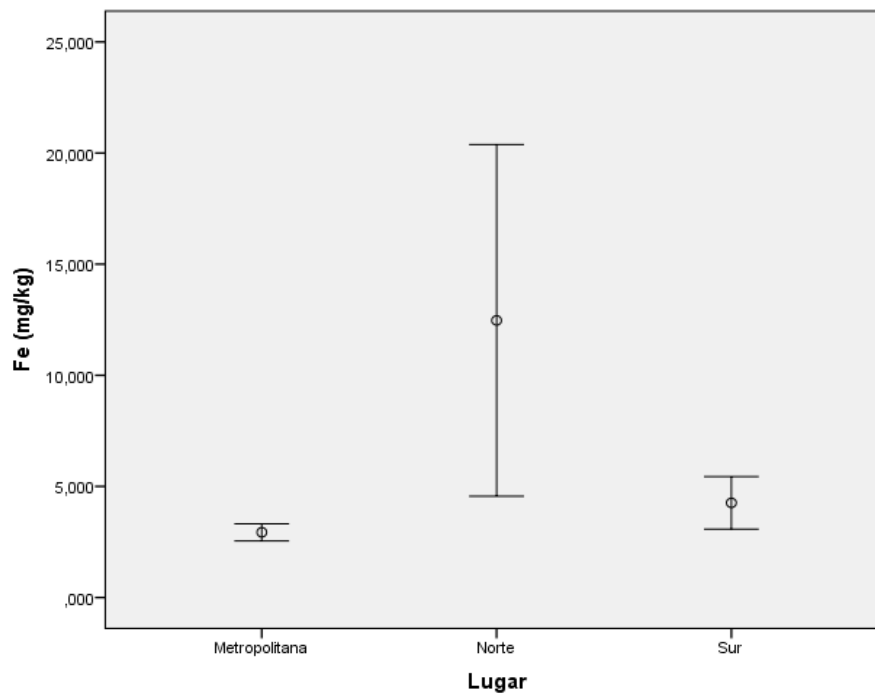
2020

Tabla 43: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Cu | Metropolitana/Sur | Cu | Norte/Sur | Cu |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 9,000 | U de Mann-Whitney | 18,000 | U de Mann-Whitney | 35,000 |
| W de Wilcoxon | 64,000 | W de Wilcoxon | 73,000 | W de Wilcoxon | 90,000 |
| Z | -3,099 | Z | -2,419 | Z | -1,134 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,002 | Sig. asintót. (bilateral) | ,016 | Sig. asintót. (bilateral) | ,257 |

• Hierro

La U de Mann-Whitney (tabla 44) indica que se establecen dos subgrupos, que presentan concentraciones de hierro diferentes estadísticamente hablando. El primer subgrupo está formado por la Zona Norte, que se diferencia significativamente del otro subgrupo, compuesto por las zonas Metropolitana y Sur; gráficamente se observa que el Norte presenta una alta variabilidad en los datos y que es la que mayor concentración en hierro presenta (gráfica 65).



Gráfica 59: Concentración muscular media de Fe en *Sarpa salpa* en las diferentes zonas de muestreo.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

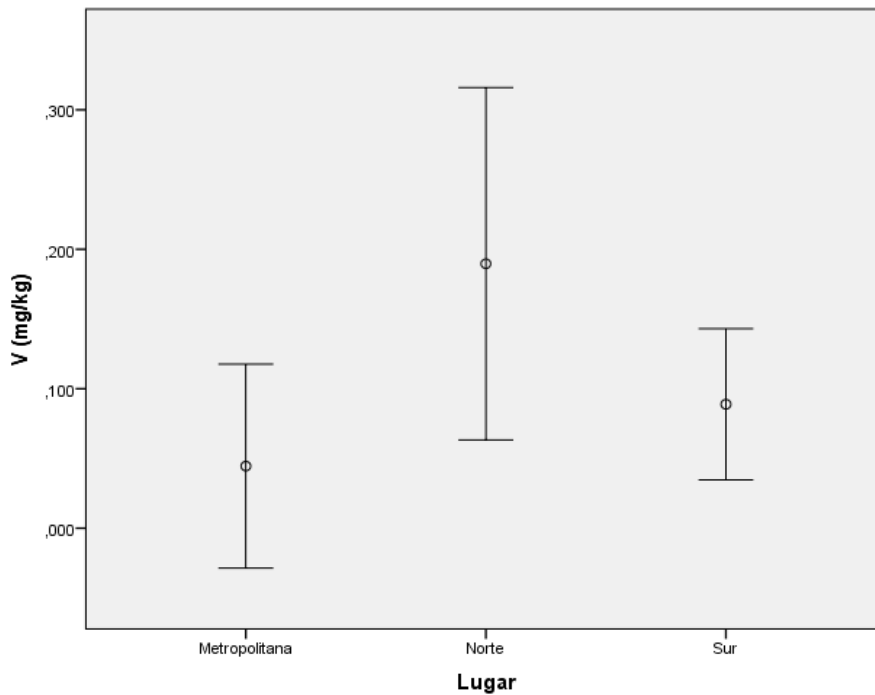
2020

Tabla 44: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Fe | Metropolitana/Sur | Fe | Norte/Sur | Fe |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 21,000 | U de Mann-Whitney | 24,000 | U de Mann-Whitney | 24,000 |
| W de Wilcoxon | 76,000 | W de Wilcoxon | 79,000 | W de Wilcoxon | 79,000 |
| Z | -2,192 | Z | -1,965 | Z | -1,965 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,028 | Sig. asintót. (bilateral) | ,049 | Sig. asintót. (bilateral) | ,049 |

• **Vanadio**

La U de Mann-Whitney (tabla 45) indica que se establecen dos subgrupos, que presentan concentraciones de vanadio diferentes estadísticamente hablando. El primer subgrupo está formado por la Zona Metropolitana, que se diferencia significativamente del otro subgrupo, compuesto por las zonas Norte y Sur; gráficamente se observa que el Norte presenta una alta variabilidad en los datos y que es la que mayor concentración en vanadio presenta (gráfica 66).



Gráfica 60: Concentración muscular media de V en *Sarpa salpa* en las diferentes zonas de muestreo.

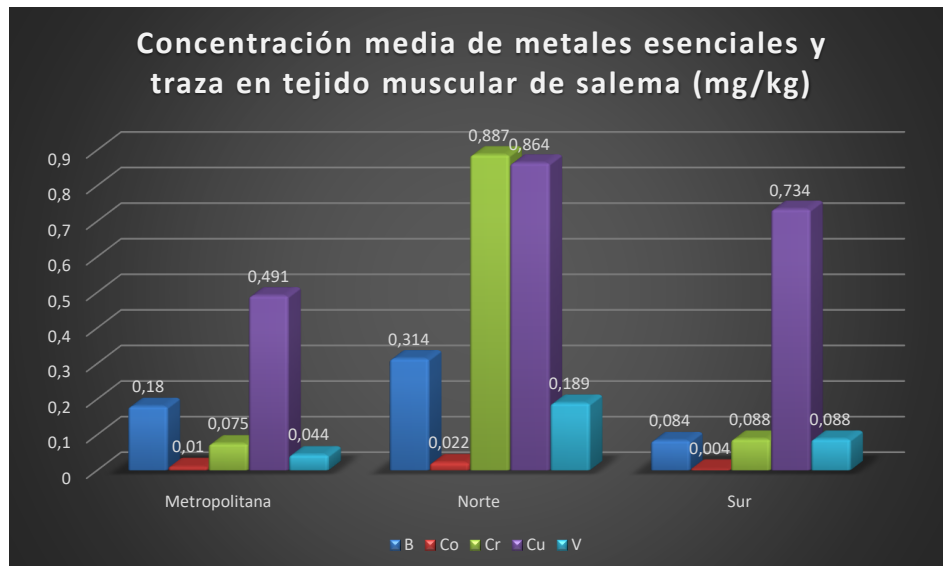
| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Tabla 45: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | V | Metropolitana/Sur | V | Norte/Sur | V |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 24,000 | U de Mann-Whitney | 25,000 | U de Mann-Whitney | 35,000 |
| W de Wilcoxon | 79,000 | W de Wilcoxon | 80,000 | W de Wilcoxon | 90,000 |
| Z | -2,151 | Z | -2,019 | Z | -1,143 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,031 | Sig. asintót. (bilateral) | ,043 | Sig. asintót. (bilateral) | ,253 |

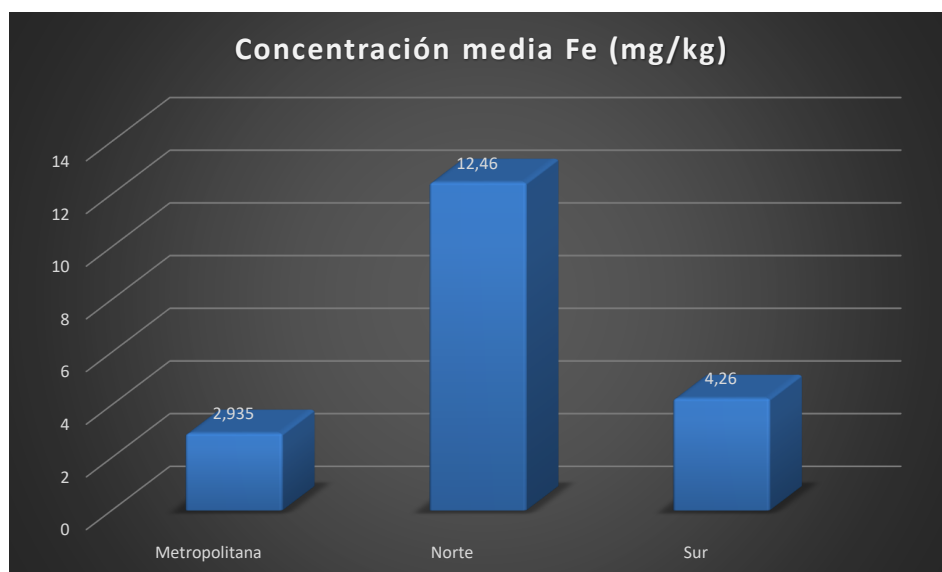
Concentraciones medias de metales traza y esenciales en el tejido muscular de salemá

Se puede observar, en cuanto a la concentración media de metales esenciales y traza en tejido muscular de salemá (gráfica 67), que existe una tendencia: a mayor concentración de Fe (gráfica 68), también existe una mayor concentración de B, Cu y Cr y V. El Co no parece seguir ningún patrón y es el metal que en menor concentración se encuentra en todas las zonas. Existe un patrón general de existir más concentración de todos los metales en la Zona Norte.



Gráfica 61: Concentración media de metales traza y esenciales en el tejido muscular de salemá en diferentes zonas.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |



Gráfica 62: Concentración media de Fe en el tejido muscular de salema en diferentes zonas.

Vieja (*Sparisoma cretense*)

La tabla 46 contiene las medias metálicas y desviaciones estándar en tejido muscular determinadas en los ejemplares de vieja capturados en las tres zonas:

Tabla 46: Concentraciones medias \pm desviación estándar en vieja por zona (mg/kg) en tejido muscular.

| Metal/Spp | N | Media \pm *desvest | Metal/Spp | N | Media \pm *desvest |
|-----------------|----|----------------------|-----------------|----|----------------------|
| Metropolitana | 10 | 1,13 \pm 0,46 | Metropolitana | 10 | 0,19 \pm 0,09 |
| Al Norte | 10 | 1,43 \pm 0,90 | Li Norte | 10 | 0,31 \pm 0,24 |
| Sur | 10 | 1,66 \pm 1,09 | Sur | 10 | 0,22 \pm 0,13 |
| Metropolitana | 10 | 0,06 \pm 0,03 | Metropolitana | 10 | 289 \pm 20,41 |
| B Norte | 10 | 0,18 \pm 0,11 | Mg Norte | 10 | 323 \pm 177 |
| Sur | 10 | 0,08 \pm 0,04 | Sur | 10 | 388 \pm 187 |
| Metropolitana | 10 | 0,21 \pm 0,15 | Metropolitana | 10 | 69,69 \pm 217,60 |
| Ba Norte | 10 | 0,48 \pm 0,47 | Mn Norte | 10 | 0,72 \pm 0,46 |
| Sur | 10 | 0,07 \pm 0,03 | Sur | 10 | 0,57 \pm 0,35 |
| Metropolitana | 10 | 2189 \pm 760 | Metropolitana | 10 | 0,015 \pm 0,003 |
| Ca Norte | 10 | 3412 \pm 2271 | Mo Norte | 10 | 0,013 \pm 0,005 |
| Sur | 10 | 2175 \pm 1226 | Sur | 10 | 0,013 \pm 0,002 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020

| | | | | | | | |
|-----------|---------------|----|-------------|-----------|---------------|----|-----------|
| Cd | Metropolitana | 10 | <0,001 | Na | Metropolitana | 10 | 701±60,60 |
| | Norte | 10 | <0,001 | | Norte | 10 | 966±427 |
| | Sur | 10 | <0,001 | | Sur | 10 | 826±272 |
| Co | Metropolitana | 10 | 0,04±0,07 | Ni | Metropolitana | 10 | 0,04±0,05 |
| | Norte | 10 | 0,006±0,004 | | Norte | 10 | 0,04±0,03 |
| | Sur | 10 | 0,003±0,004 | | Sur | 10 | 0,02±0,01 |
| Cr | Metropolitana | 10 | 0,15±0,27 | Pb | Metropolitana | 10 | 0,02±0,04 |
| | Norte | 10 | 0,13±0,11 | | Norte | 10 | 0,02±0,01 |
| | Sur | 10 | 0,07±0,020 | | Sur | 10 | 0,02±0,01 |
| Cu | Metropolitana | 10 | 0,41±0,09 | Sr | Metropolitana | 10 | 1,19±2,07 |
| | Norte | 10 | 0,61±0,25 | | Norte | 10 | 0,32±1,00 |
| | Sur | 10 | 0,42±0,97 | | Sur | 10 | 1,22±1,61 |
| Fe | Metropolitana | 10 | 2,20±0,90 | V | Metropolitana | 10 | 0,16±0,19 |
| | Norte | 10 | 2,67±1,37 | | Norte | 10 | 0,05±0,09 |
| | Sur | 10 | 2,78±1,56 | | Sur | 10 | 0,03±0,06 |
| K | Metropolitana | 10 | 2223±64 | Zn | Metropolitana | 10 | 3,43±0,33 |
| | Norte | 10 | 2627±386 | | Norte | 10 | 2,87±1,11 |
| | Sur | 10 | 2565±240 | | Sur | 10 | 3,08±0,28 |

Resultado = <0,001: por debajo del límite de detección.

* Desvest: desviación estándar (mg/kg).

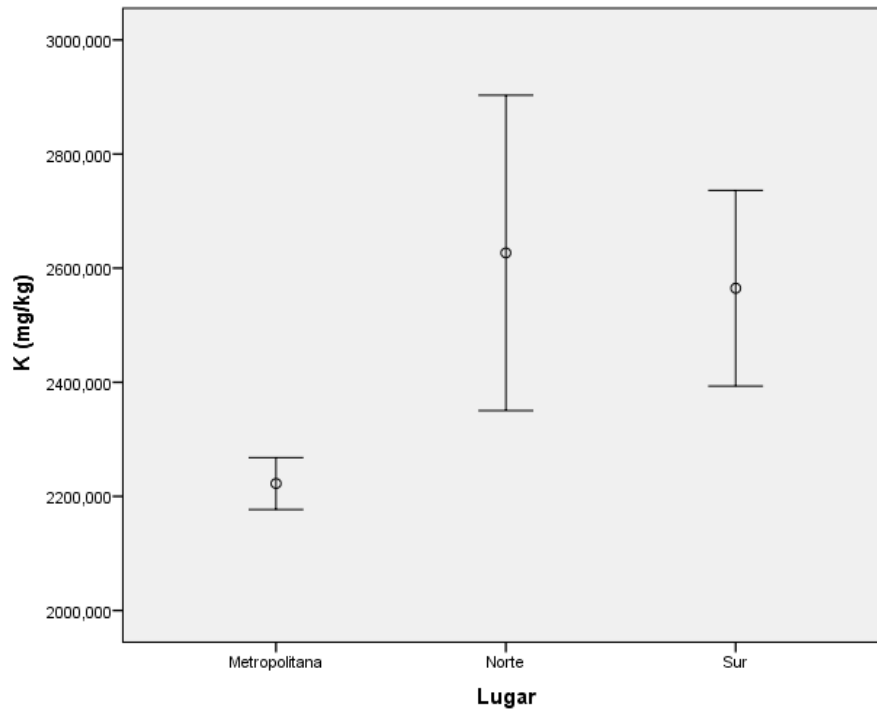
MACRONUTRIENTES

• **Potasio**

La U de Mann-Whitney (tabla 47) establece dos subgrupos en cuanto a la concentración de potasio: el primer subgrupo está conformado por los ejemplares de la Zona Metropolitana, que presentan diferencias significativas con respecto al otro subgrupo, donde se incluyen los ejemplares procedentes de las zonas Norte y Sur (gráfica 69).

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020



Gráfica 639: Concentración muscular media de K en *Sparisoma cretense* en las diferentes zonas de muestreo.

Tabla 47: U de Mann-Whitney.

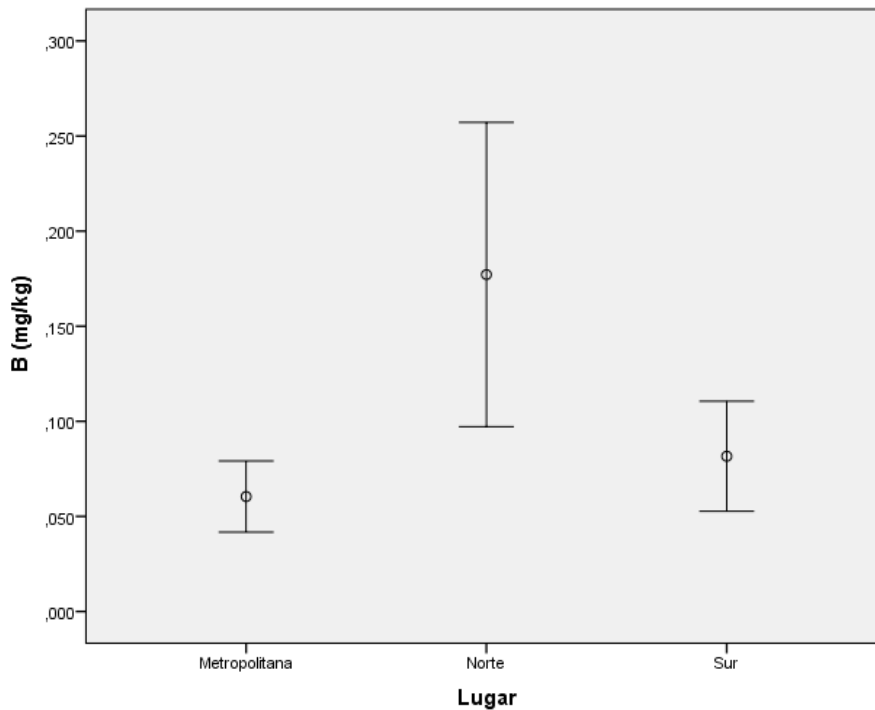
| Metropolitana/Norte | K | Metropolitana/Sur | K | Norte/Sur | K |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 10,000 | U de Mann-Whitney | 3,000 | U de Mann-Whitney | 42,000 |
| W de Wilcoxon | 65,000 | W de Wilcoxon | 58,000 | W de Wilcoxon | 97,000 |
| Z | -3,024 | Z | -3,553 | Z | -,605 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,002 | Sig. asintót. (bilateral) | ,000 | Sig. asintót. (bilateral) | ,545 |

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

METALES ESENCIALES Y TRAZA

• **Boro**

La U de Mann-Whitney (tabla 48) establece dos subgrupos en cuanto a la concentración de boro: el primer subgrupo está formado por los individuos de la Zona Norte, que presenta diferencias significativas con respecto al otro subgrupo, que lo componen los individuos de las zonas Sur y Metropolitana (gráfica 70).



Gráfica 70: Concentración muscular media de B en *Sparisoma cretense* en las diferentes zonas de muestreo.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

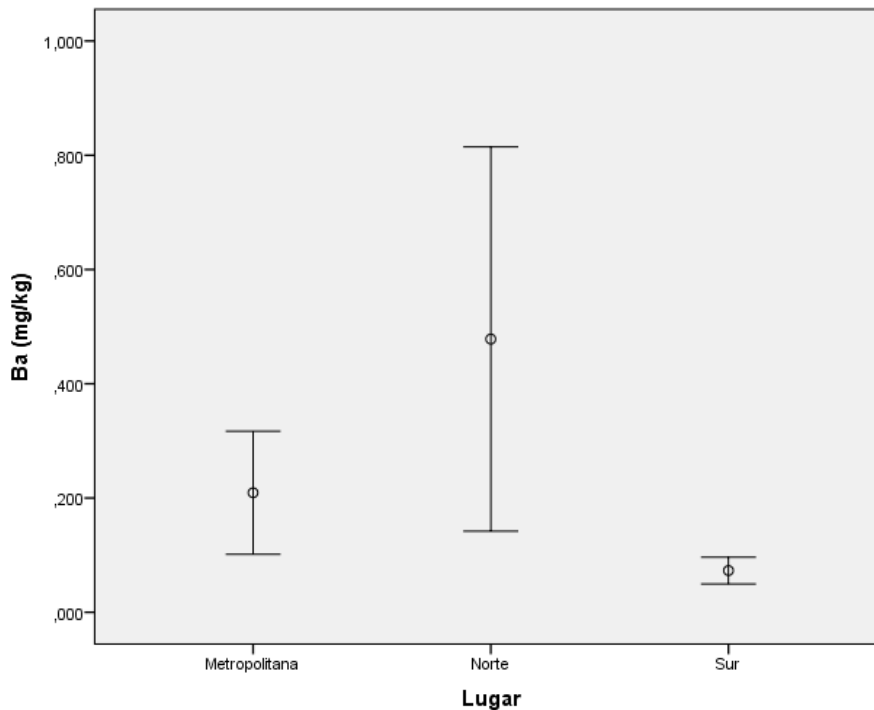
2020

Tabla 4810: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | B | Metropolitana/Sur | B | Norte/Sur | B |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 14,000 | U de Mann-Whitney | 28,000 | U de Mann-Whitney | 20,000 |
| W de Wilcoxon | 69,000 | W de Wilcoxon | 83,000 | W de Wilcoxon | 75,000 |
| Z | -2,721 | Z | -1,663 | Z | -2,268 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,007 | Sig. asintót. (bilateral) | ,096 | Sig. asintót. (bilateral) | ,023 |

• **Bario**

La U de Mann-Whitney (tabla 49) establece dos subgrupos de individuos en cuanto a la concentración de bario: el primer subgrupo, compuesto por los ejemplares de la Zona Sur, presenta diferencias significativas con respecto al otro subgrupo, compuesto por las zonas Norte y Metropolitana (gráfica 71).



Gráfica 64: Concentración muscular media de Ba en *Sparisoma cretense* en las diferentes zonas de muestreo.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

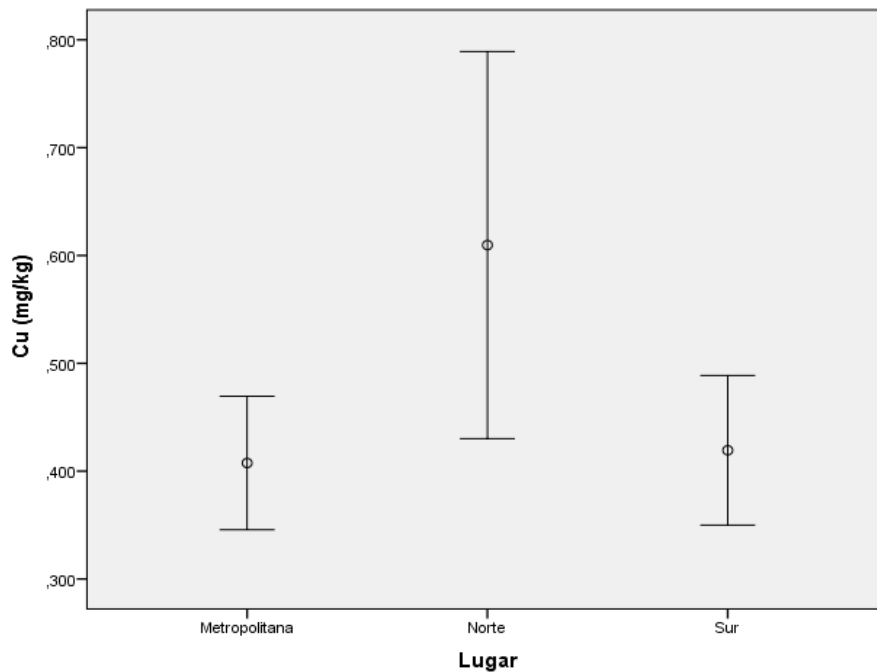
2020

Tabla 4911: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Ba | Metropolitana/Sur | Ba | Norte/Sur | Ba |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 34,000 | U de Mann-Whitney | 15,000 | U de Mann-Whitney | 16,000 |
| W de Wilcoxon | 89,000 | W de Wilcoxon | 70,000 | W de Wilcoxon | 71,000 |
| Z | -1,209 | Z | -2,646 | Z | -2,570 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,226 | Sig. asintót. (bilateral) | ,008 | Sig. asintót. (bilateral) | ,010 |

• **Cobre**

La prueba HSD Tukey (tabla 50) muestra la existencia de dos subgrupos en cuanto a concentración de cobre: el primer subgrupo está compuesto por los ejemplares de pescado de la Zona Norte, que se diferencian estadísticamente del segundo subgrupo, formado por los individuos de las zonas Metropolitana y Sur, cuyas concentraciones tisulares de Cu son menores (gráfica 72).



Gráfica 65: Concentración muscular media de Cu en *Sparisoma cretense* en las diferentes zonas de muestreo.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

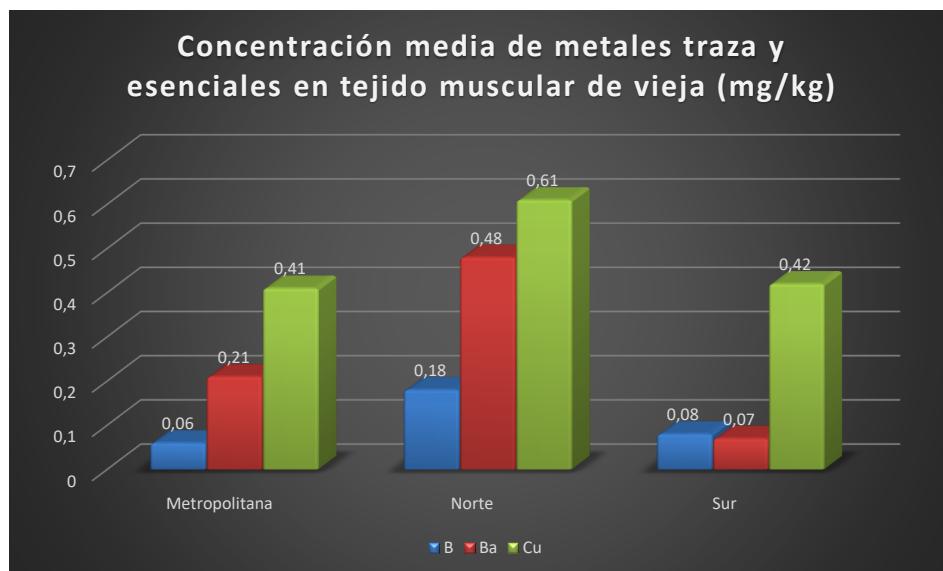
2020

Tabla 50: HSD Tukey para Cu.

| Lu | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | |
|---------------|----|------------------------------|--------|
| | | 1 | 2 |
| Metropolitana | 10 | ,40756 | |
| Sur | 10 | ,41931 | |
| Norte | 10 | | ,60963 |
| Sig. | | ,986 | 1,000 |

Concentraciones medias de metales traza y esenciales en el tejido muscular de vieja

La gráfica 73 expone los metales traza y esenciales en tejido muscular de *Sparisoma cretense* para los que ha habido diferencias significativas. Se observa que en las zonas Metropolitana y Sur el B y el Ba guardan cierta relación proporcional, en el Sur los contenidos de este metal son similares, y en los ejemplares de la Zona Norte también se encuentra la mayor concentración de metales traza.



Gráfica 66: Concentración media de macronutrientes en el tejido muscular de vieja en diferentes zonas.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Cabrilla (*Serranus atricauda*)

La tabla 51 contiene las medias metálicas y desviaciones estándar determinadas en tejido muscular en los ejemplares de cabrilla capturados en las tres zonas:

Tabla 5112: Concentraciones medias \pm desviación estándar en cabrilla por zona (mg/kg) en tejido muscular.

| Metal/Spp | N | Media \pm *desvest | Metal/Spp | N | Media \pm *desvest | | | | | |
|-----------|---------------|----------------------|-----------|---------------|----------------------|-------------------|-----------|-------------------|----|------------------|
| | Metropolitana | 10 | | Metropolitana | 10 | 0,89 \pm 0,45 | | Metropolitana | 10 | 0,27 \pm 0,12 |
| Al | Norte | 10 | | Norte | 10 | 1,24 \pm 0,63 | Li | Norte | 10 | 0,35 \pm 0,19 |
| | Sur | 10 | | Sur | 10 | 1,20 \pm 1,65 | | Sur | 10 | 0,27 \pm 0,10 |
| | | Metropolitana | 10 | | Metropolitana | 10 | | 0,06 \pm 0,05 | | Metropolitana |
| B | Norte | 10 | | Norte | 10 | 0,08 \pm 0,03 | Mg | Norte | 10 | 311 \pm 14 |
| | Sur | 10 | | Sur | 10 | 0,11 \pm 0,04 | | Sur | 10 | 333 \pm 23 |
| | | Metropolitana | 10 | | Metropolitana | 10 | | 0,08 \pm 0,04 | | Metropolitana |
| Ba | Norte | 10 | | Norte | 10 | 0,17 \pm 0,04 | Mn | Norte | 10 | 0,31 \pm 0,10 |
| | Sur | 10 | | Sur | 10 | 0,08 \pm 0,02 | | Sur | 10 | 67,85 \pm 144 |
| | | Metropolitana | 10 | | Metropolitana | 10 | | 3478 \pm 1335 | | Metropolitana |
| Ca | Norte | 10 | | Norte | 10 | 4352 \pm 1143 | Mo | Norte | 10 | 0,01 \pm 0,004 |
| | Sur | 10 | | Sur | 10 | 3978 \pm 1225 | | Sur | 10 | 0,01 \pm 0,002 |
| | | Metropolitana | 10 | | Metropolitana | 10 | | 0,006 \pm 0,005 | | Metropolitana |
| Cd | Norte | 10 | | Norte | 10 | 0,003 \pm 0,002 | Na | Norte | 10 | 605 \pm 105 |
| | Sur | 10 | | Sur | 10 | 0,006 \pm 0,001 | | Sur | 10 | 893 \pm 125 |
| | | Metropolitana | 10 | | Metropolitana | 10 | | <0,001 | | Metropolitana |
| Co | Norte | 10 | | Norte | 10 | <0,001 | Ni | Norte | 10 | 0,05 \pm 0,02 |
| | Sur | 10 | | Sur | 10 | <0,001 | | Sur | 10 | 0,02 \pm 0,01 |
| | | Metropolitana | 10 | | Metropolitana | 10 | | 0,09 \pm 0,03 | | Metropolitana |
| Cr | Norte | 10 | | Norte | 10 | 0,33 \pm 0,08 | Pb | Norte | 10 | 0,02 \pm 0,007 |
| | Sur | 10 | | Sur | 10 | 0,10 \pm 0,04 | | Sur | 10 | 0,02 \pm 0,003 |
| | | Metropolitana | 10 | | Metropolitana | 10 | | 0,52 \pm 0,15 | | Metropolitana |
| Cu | Norte | 10 | | Norte | 10 | 0,88 \pm 0,23 | Sr | Norte | 10 | <0,001 |
| | Sur | 10 | | Sur | 10 | 0,61 \pm 0,11 | | Sur | 10 | <0,001 |
| | | Metropolitana | 10 | | Metropolitana | 10 | | 2,58 \pm 0,61 | | Metropolitana |
| Fe | Norte | 10 | | Norte | 10 | 3,32 \pm 0,71 | V | Norte | 10 | 0,017 \pm 0,02 |
| | Sur | 10 | | Sur | 10 | 3,45 \pm 1,03 | | Sur | 10 | 0,016 \pm 0,03 |
| | | Metropolitana | 10 | | Metropolitana | 10 | | 2463 \pm 319 | | Metropolitana |
| K | Norte | 10 | | Norte | 10 | 3090 \pm 151 | Zn | Norte | 10 | 4,79 \pm 0,60 |
| | Sur | 10 | | Sur | 10 | 2502 \pm 112 | | Sur | 10 | 4,01 \pm 0,22 |

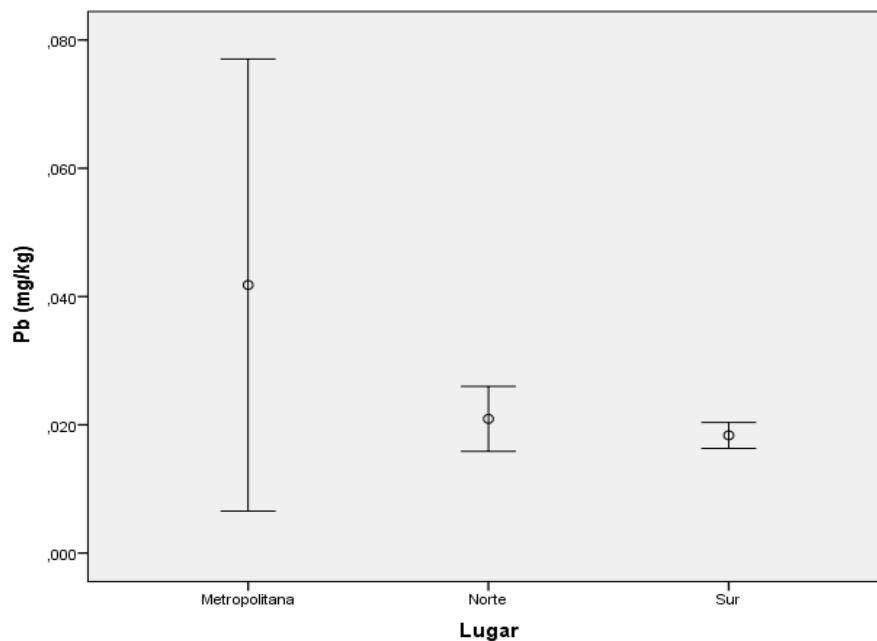
Resultado = <0,001: por debajo del límite de detección.

* Desvest: desviación estándar (mg/kg).

METALES TÓXICOS

• **Plomo**

La U de Mann-Whitney (tabla 52) fija la existencia de dos subgrupos, que se diferencian estadísticamente entre sí. El primer subgrupo, compuesto por la Zona Metropolitana, se diferencia significativamente en cuanto a su concentración de Pb respecto al segundo subgrupo, formado por las zonas Norte y Sur, donde las concentraciones medias de este metal son menores (gráfica 74). Cabe destacar que, al contrario que lo que sucedía con la salema, los ejemplares de cabrilla son del mismo tamaño medio en todas las zonas. No obstante, la concentración de Pb en los ejemplares de la Zona Metropolitana es mayor, aunque existe una gran variabilidad de los datos, por lo que no se puede concluir solidamente que la presencia del Pb en los ejemplares de cabrilla de la Zona Metropolitana se deba a la contaminación marina de esta área, y menos cuando no se han dado diferencias significativas en cuanto a la concentración para otros metales tóxicos en el tejido muscular.



Gráfica 674: Concentración muscular media de Pb en *Serranus atricauda* en las diferentes zonas de muestreo.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

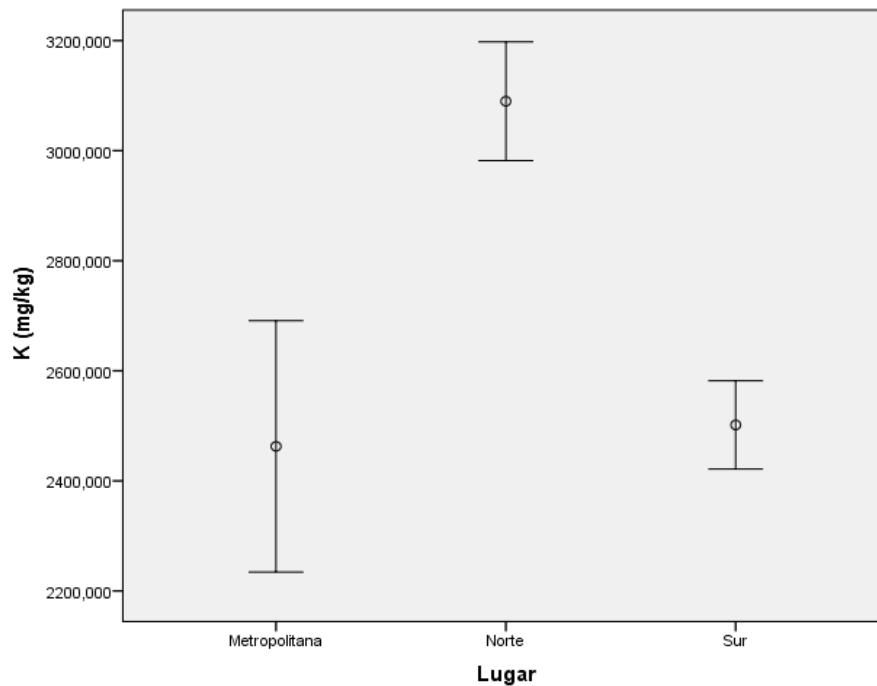
Tabla 5213: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Pb | Metropolitana/Sur | Pb | Norte/Sur | Pb |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 20,000 | U de Mann-Whitney | 5,000 | U de Mann-Whitney | 40,000 |
| W de Wilcoxon | 75,000 | W de Wilcoxon | 60,000 | W de Wilcoxon | 95,000 |
| Z | -2,268 | Z | -3,402 | Z | -,756 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,023 | Sig. asintót. (bilateral) | ,001 | Sig. asintót. (bilateral) | ,450 |

MACRONUTRIENTES

- Potasio

La U de Mann-Whitney (tabla 53) establece dos subgrupos de zonas, que se diferencian significativamente. El primer subgrupo, compuesto por la Zona Norte, se diferencia estadísticamente de las zonas Sur y Metropolitana, donde la concentración de K es menor (gráfica 75).



Gráfica 68: Concentración muscular media de K en *Serranus atricauda* en las diferentes zonas de muestreo.

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

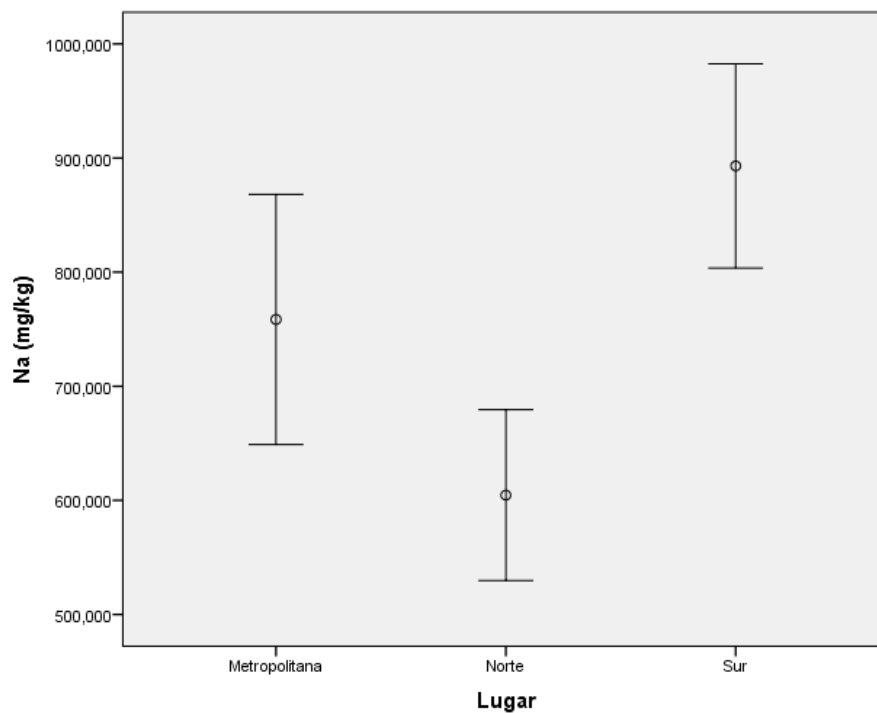
2020

Tabla 14: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | K | Metropolitana/Sur | K | Norte/Sur | K |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 2,000 | U de Mann-Whitney | 41,000 | U de Mann-Whitney | ,000 |
| W de Wilcoxon | 57,000 | W de Wilcoxon | 96,000 | W de Wilcoxon | 55,000 |
| Z | -3,628 | Z | -,680 | Z | -3,780 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,000 | Sig. asintót. (bilateral) | ,496 | Sig. asintót. (bilateral) | ,000 |

• **Sodio**

La U de Mann-Whitney (tabla 54) indica la existencia de diferencias significativas entre las zonas Norte y Sur en cuanto a concentración de Na, aunque ninguna de las dos se diferencia estadísticamente de la Zona Metropolitana (gráfica 76).



Gráfica 69: Concentración muscular media de Na en *Serranus atricauda* en las diferentes zonas de muestreo.

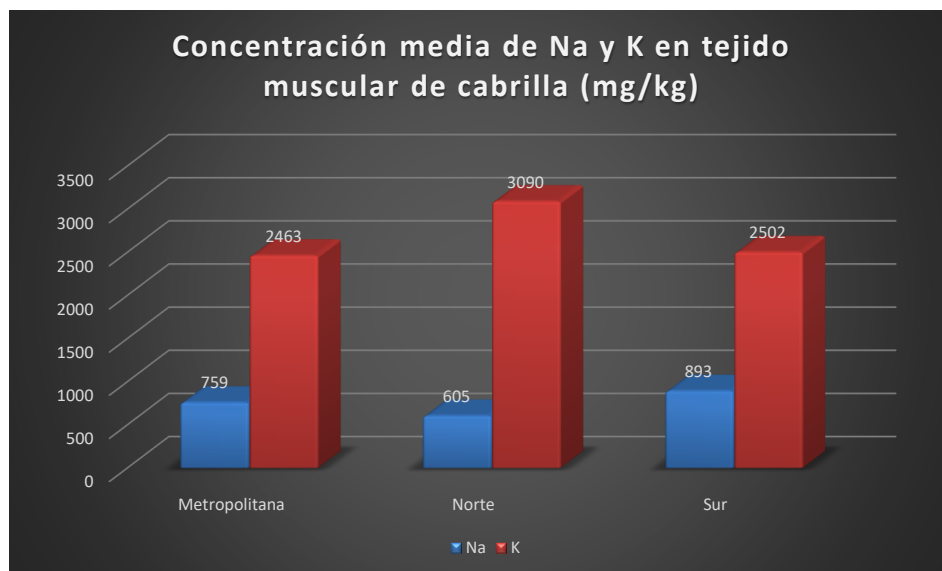
| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Tabla 5154: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Na | Metropolitana/Sur | Na | Norte/Sur | Na |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 24,000 | U de Mann-Whitney | 24,000 | U de Mann-Whitney | 4,000 |
| W de Wilcoxon | 79,000 | W de Wilcoxon | 79,000 | W de Wilcoxon | 59,000 |
| Z | -1,965 | Z | -1,965 | Z | -3,477 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,049 | Sig. asintót. (bilateral) | ,049 | Sig. asintót. (bilateral) | ,001 |

Concentraciones medias de macronutrientes en el tejido muscular de cabrilla

En la especie *Serranus atricauda* los datos obtenidos para Na y K (gráfica 77) guardan una relación proporcional entre ellos en todas las zonas de aproximadamente 1 Na por cada 3 K, siendo esta proporción mayor en el Norte del orden de 1:5. Es lógica esta proporción, dado que el Na y el K intervienen en numerosos procesos metabólicos; tal y como se expuso en la exposición de cada metal, estos metales intervienen juntos en la bomba Na⁺/K⁺ ATPasa, para la regulación y mantenimiento de la membrana plasmática, entre otros procesos metabólicos.

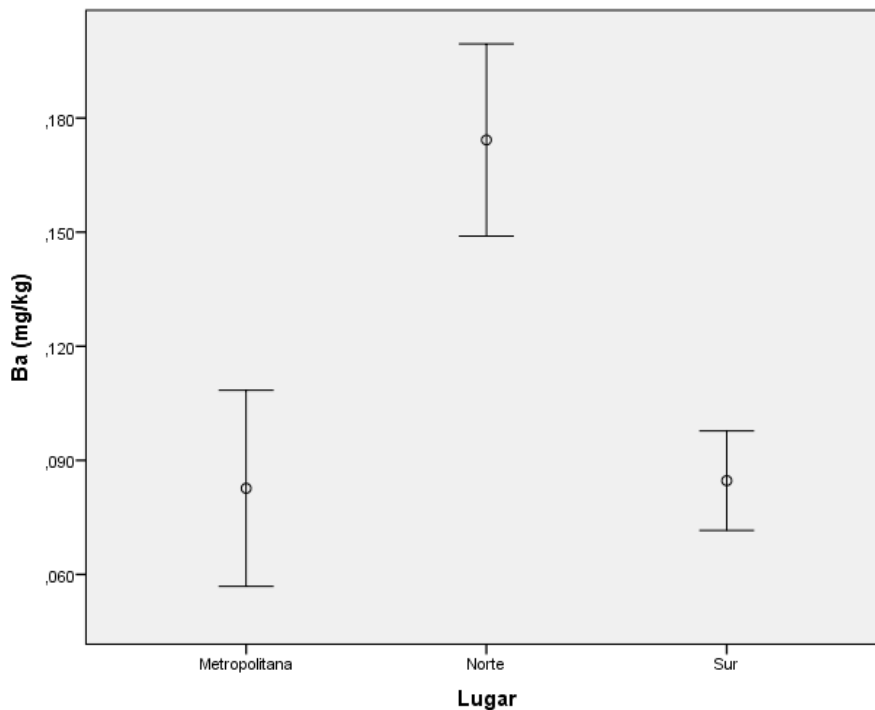


Gráfica 707: Concentración media de Na y K en el tejido muscular de cabrilla en diferentes zonas.

METALES ESENCIALES Y TRAZA

• **Bario**

La U de Mann-Whitney (tabla 55) indica la existencia de dos subgrupos, que se diferencian estadísticamente entre sí: el primero, compuesto por la Zona Norte, contiene más concentración media de Ba, diferenciándose significativamente del otro subgrupo, compuesto por las zonas Metropolitana y Sur (gráfica 78).



Gráfica 71: Concentración muscular media de Ba en *Serranus atricauda* en las diferentes zonas de muestreo.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

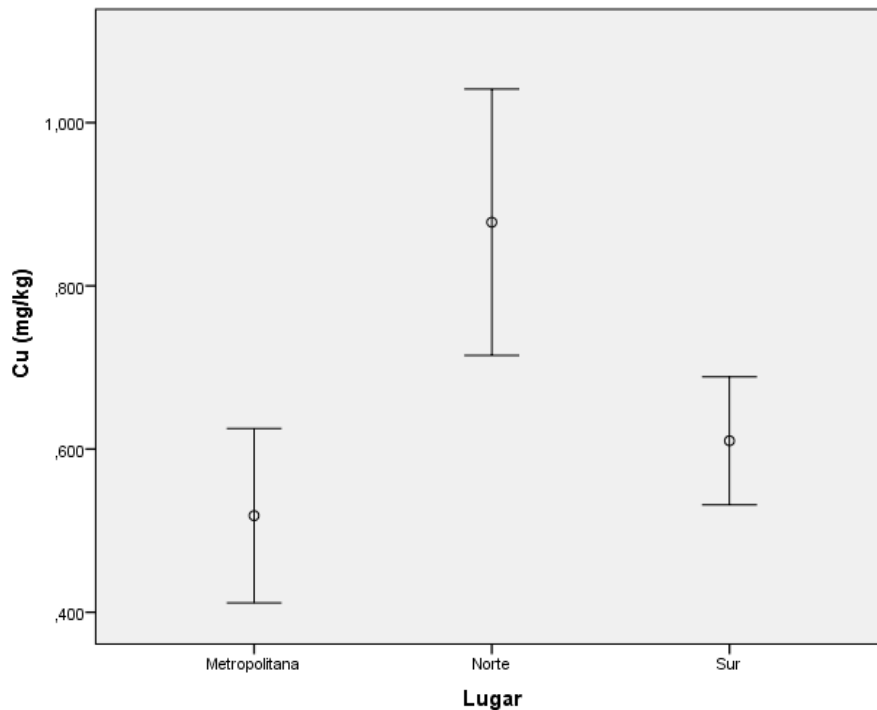
2020

Tabla 55: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Ba | Metropolitana/Sur | Ba | Norte/Sur | Ba |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 4,000 | U de Mann-Whitney | 37,000 | U de Mann-Whitney | 2,000 |
| W de Wilcoxon | 59,000 | W de Wilcoxon | 92,000 | W de Wilcoxon | 57,000 |
| Z | -3,477 | Z | -,983 | Z | -3,628 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,001 | Sig. asintót. (bilateral) | ,326 | Sig. asintót. (bilateral) | ,000 |

• **Cobre**

La HSD Tukey (tabla 56) establece dos subgrupos, que se diferencian estadísticamente. El primer subgrupo, compuesto por la Zona Norte, contiene la mayor cantidad de cobre, diferenciándose significativamente de las zonas Metropolitana y Sur, que forman parte del segundo subgrupo (gráfica 79).



Gráfica 72: Concentración muscular media de Cu en *Serranus atricauda* en las diferentes zonas de muestreo.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

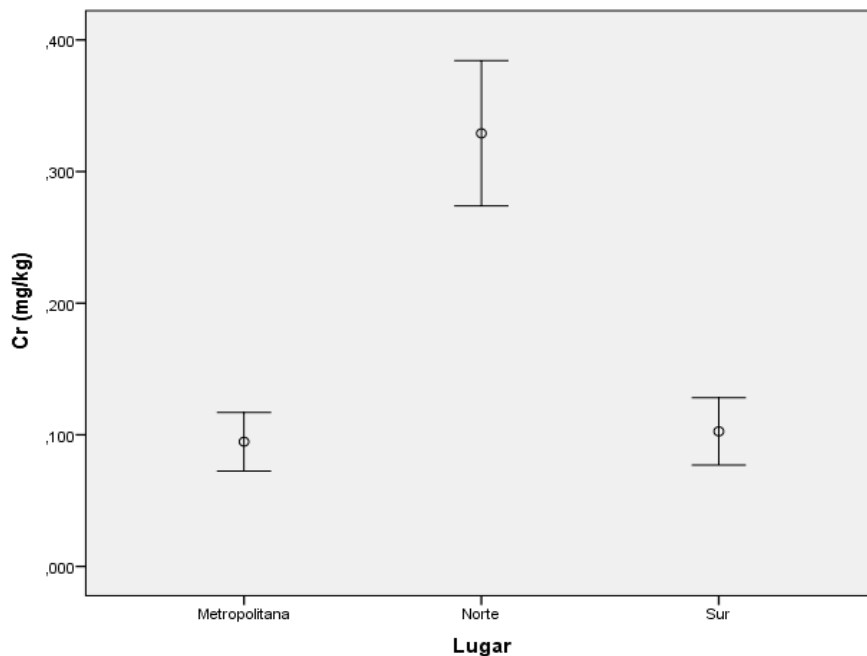
2020

Tabla 56: HSD Tukey para Cu.

| Lu | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | |
|---------------|----|------------------------------|--------|
| | | 1 | 2 |
| Metropolitana | 10 | ,51842 | |
| Sur | 10 | ,61013 | |
| Norte | 10 | | ,87796 |
| Sig. | | ,458 | 1,000 |

• **Cromo**

La HSD Tukey (tabla 57) fija dos subgrupos, que se diferencian estadísticamente. El primer subgrupo, compuesto por la Zona Norte, contiene la mayor cantidad de Cr, diferenciándose significativamente de las zonas Metropolitana y Sur, que forman parte del segundo subgrupo (gráfica 80).



Gráfica 80: Concentración muscular media de Cr en *Serranus atricauda* en las diferentes zonas de muestreo.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

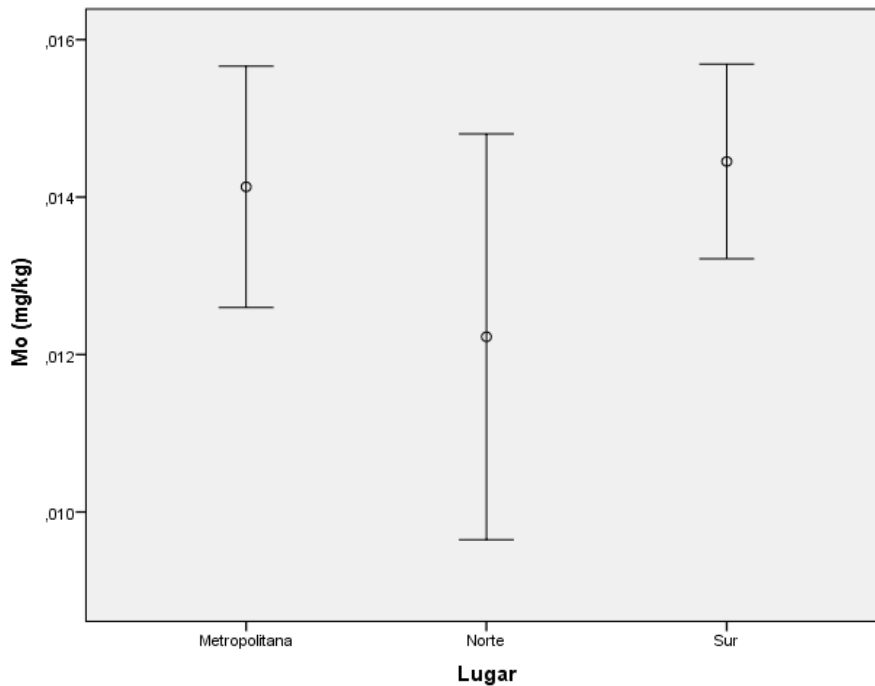
2020

Tabla 57: HSD Tukey para Cr.

| Lu | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | |
|---------------|----|------------------------------|--------|
| | | 1 | 2 |
| Metropolitana | 10 | ,09475 | |
| Sur | 10 | ,10260 | |
| Norte | 10 | | ,32906 |
| Sig. | | ,940 | 1,000 |

• **Molibdeno**

La U de Mann-Whitney (tabla 58) establece dos subgrupos, que se diferencian estadísticamente. El primer subgrupo, compuesto por la Zona Norte, contiene la mayor cantidad de Mo, diferenciándose significativamente de las zonas Metropolitana y Sur, que forman parte del segundo subgrupo (gráfica 81).



Gráfica 73: Concentración muscular media de Mo en *Serranus atricauda* en las diferentes zonas de muestreo.

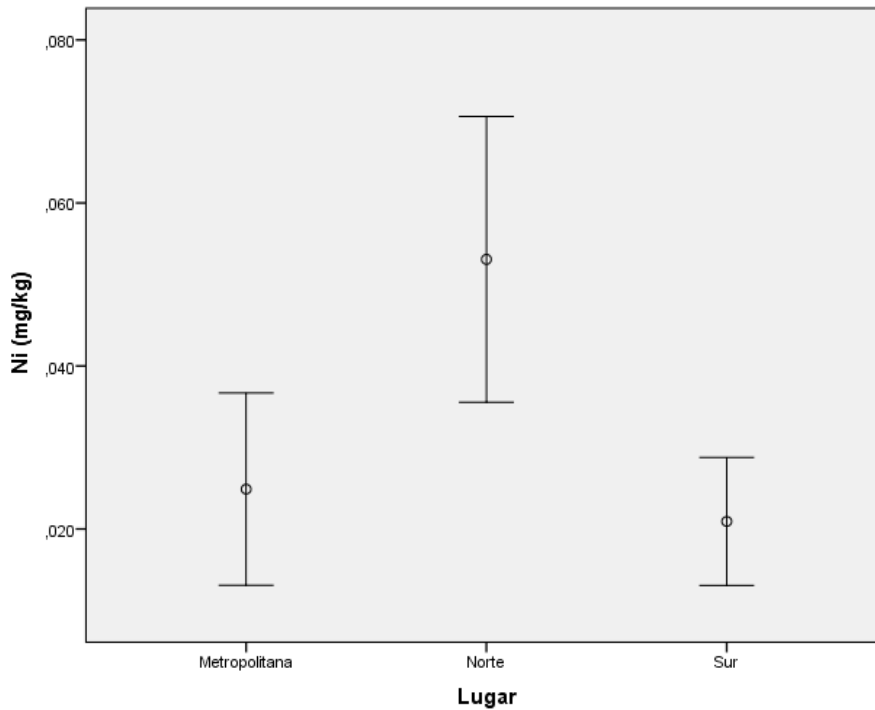
| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Tabla 16: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Mo | Metropolitana/Sur | Mo | Norte/Sur | Mo |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 19,000 | U de Mann-Whitney | 43,000 | U de Mann-Whitney | 16,000 |
| W de Wilcoxon | 74,000 | W de Wilcoxon | 98,000 | W de Wilcoxon | 71,000 |
| Z | -2,343 | Z | -,529 | Z | -2,570 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,019 | Sig. asintót. (bilateral) | ,597 | Sig. asintót. (bilateral) | ,010 |

• Níquel

La U de Mann-Whitney (tabla 59) fija dos subgrupos, que se diferencian estadísticamente. El primer subgrupo, compuesto por la Zona Norte, contiene la mayor cantidad de Ni, diferenciándose significativamente de las zonas Metropolitana y Sur, que forman parte del segundo subgrupo (gráfica 82).



Gráfica 74: Concentración muscular media de Ni en *Serranus atricauda* en las diferentes zonas de muestreo.

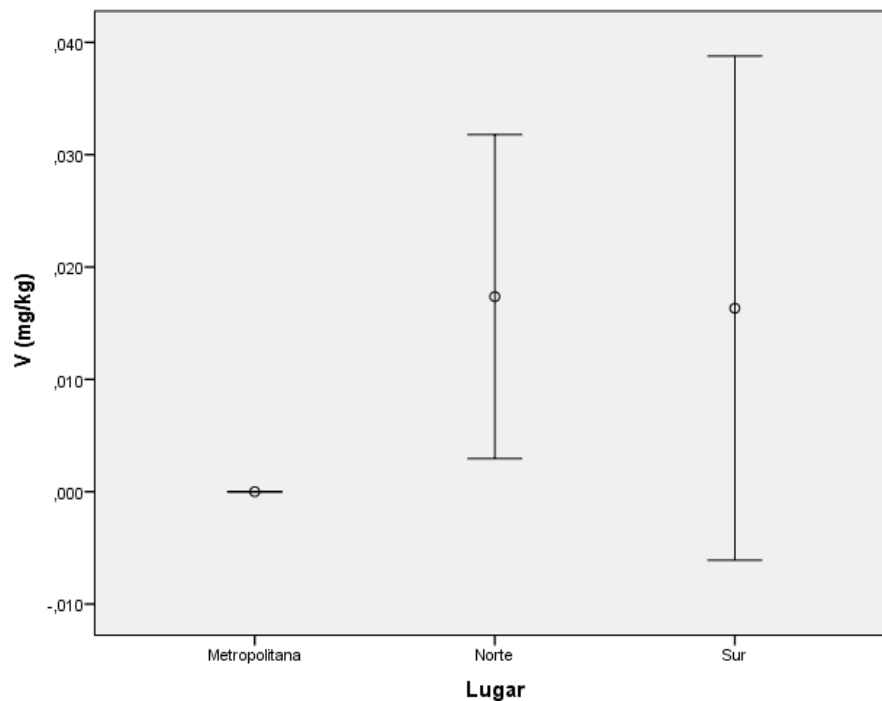
| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Tabla 5917: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Ni | Metropolitana/Sur | Ni | Norte/Sur | Ni |
|---------------------------|--------|---------------------------|---------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 12,000 | U de Mann-Whitney | 45,000 | U de Mann-Whitney | 9,000 |
| W de Wilcoxon | 67,000 | W de Wilcoxon | 100,000 | W de Wilcoxon | 64,000 |
| Z | -2,873 | Z | -,378 | Z | -3,099 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,004 | Sig. asintót. (bilateral) | ,705 | Sig. asintót. (bilateral) | ,002 |

• Vanadio

La U de Mann-Whitney (tabla 60) indica que existen diferencias significativas para la concentración de V entre las zonas Metropolitana y Norte, pero estas no tienen diferencias significativas con la Zona Sur. Esto podría deberse a la alta desviación estándar de los datos de la Zona Sur para la concentración de este metal (gráfica 83).



Gráfica 75: Concentración muscular media de V en *Serranus atricauda* en las diferentes zonas de muestreo.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

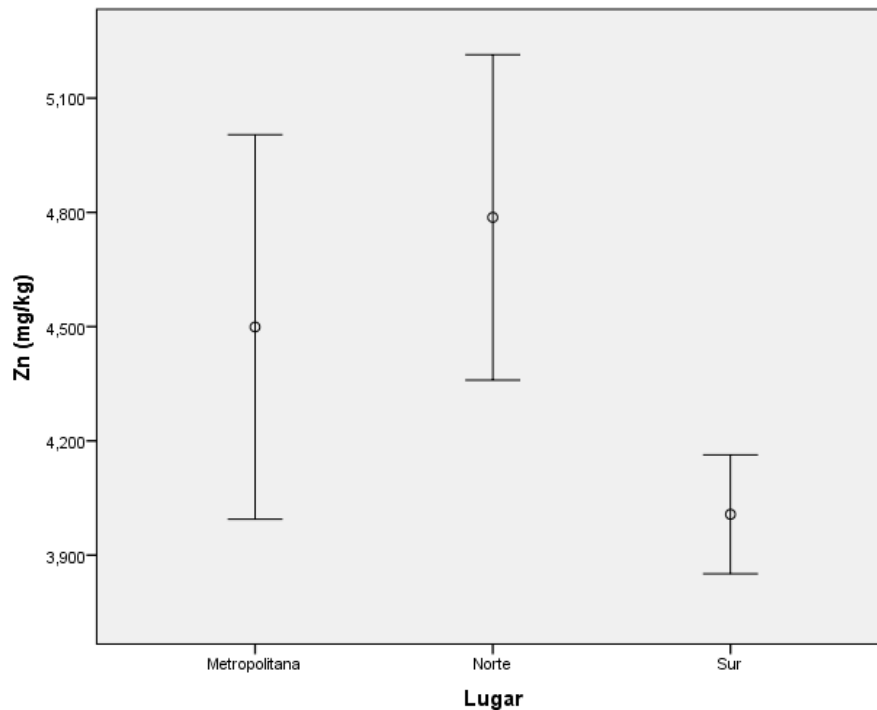
2020

Tabla 60: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | V | Metropolitana/Sur | V | Norte/Sur | V |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 20,000 | U de Mann-Whitney | 35,000 | U de Mann-Whitney | 40,000 |
| W de Wilcoxon | 75,000 | W de Wilcoxon | 90,000 | W de Wilcoxon | 95,000 |
| Z | -2,796 | Z | -1,824 | Z | -,827 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,005 | Sig. asintót. (bilateral) | ,068 | Sig. asintót. (bilateral) | ,408 |

• **Zinc**

La HSD Tukey (tabla 61) nos muestra que existen diferencias significativas para la concentración de Zn entre las zonas Sur y Norte, pero estas no tienen diferencias significativas con la Zona Metropolitana. Esto podría deberse a la alta desviación estándar de los datos de la Zona Sur para la concentración de este metal (gráfica 84).



Gráfica 76: Concentración muscular media de Zn en *Serranus atricauda* en las diferentes zonas de muestreo.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020

Tabla 61: HSD Tukey para Zn.

| Lu | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | |
|---------------|----|------------------------------|---------|
| | | 1 | 2 |
| Sur | 10 | 4,00722 | |
| Metropolitana | 10 | 4,49912 | 4,49912 |
| Norte | 10 | | 4,78687 |
| Sig. | | ,130 | ,479 |

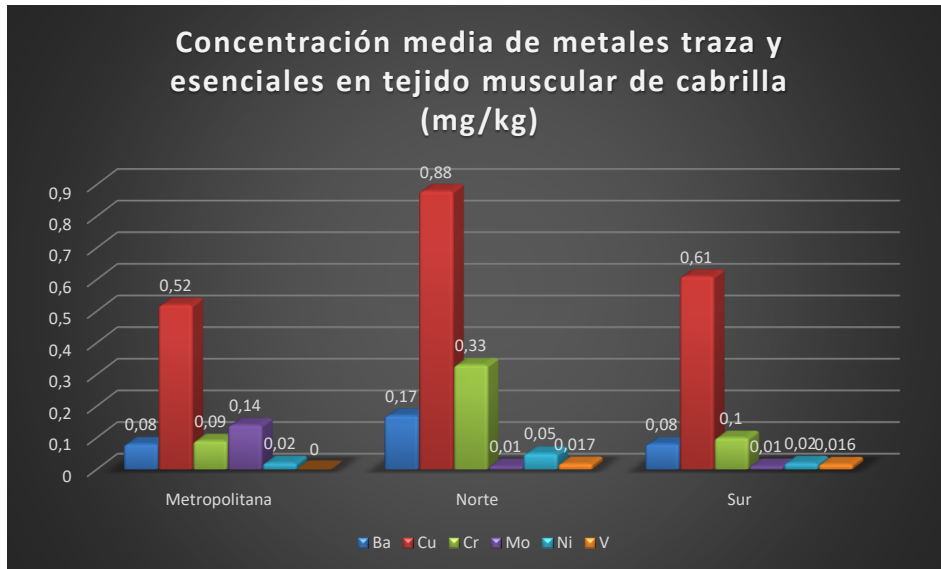
Concentraciones medias de metales traza y esenciales en el tejido muscular de cabrilla

La gráfica 85 muestra la concentración de los metales traza y esenciales para los que ha existido diferencia significativa entre zonas en tejido muscular de cabrilla. Se puede interpretar que en los lugares en los que hay mayor contenido de Zn (gráfica 86) también existen mayores contenidos de cobre y cromo, manteniéndose proporciones positivas en todos los metales; los ejemplares de la Zona Norte tienen la mayor concentración acumulada de este tipo de metales.

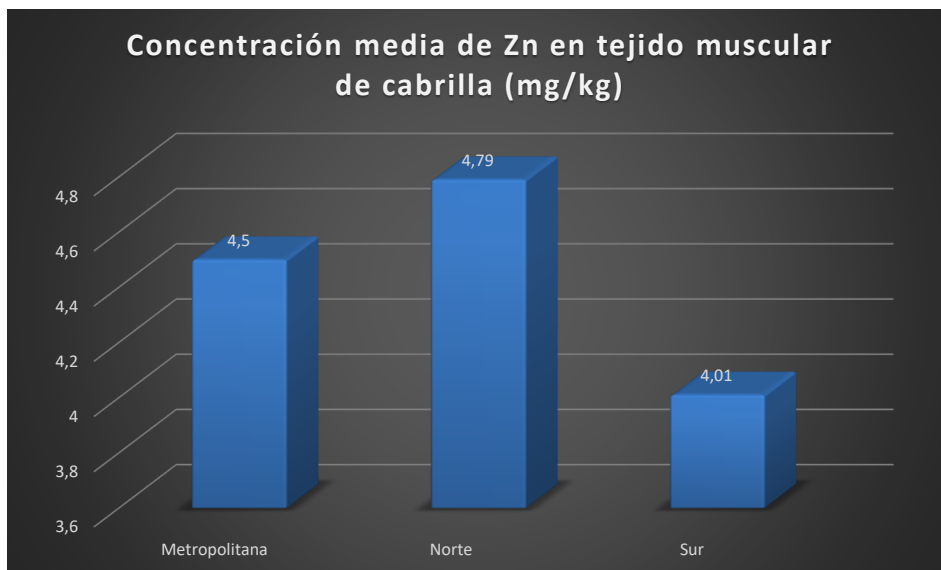
Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |



Gráfica 77: Concentración media de metales traza y esenciales en el tejido muscular de cabrilla en diferentes zonas.



Gráfica 78: Concentración media de zinc en el tejido muscular de cabrilla en diferentes zonas.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

6.4.2. Estudio en tejido hepático

Salema (*Sarpa salpa*)

La tabla 62 contiene las medias metálicas y desviaciones estándar en tejido hepático determinadas en los ejemplares de salema capturados en las tres zonas:

Tabla 62: Concentraciones medias \pm desviación estándar en salema por zona (mg/kg) en tejido hepático.

| Metal/Spp | N | Media \pm *desvest | Metal/Spp | N | Media \pm *desvest |
|-----------------|----|-----------------------|-----------------|----|-----------------------|
| Metropolitana | 10 | 57,731 \pm 30,642 | Metropolitana | 10 | 2,045 \pm 1,12 |
| Al Norte | 10 | 23,070 \pm 19,206 | Li Norte | 10 | 2,788 \pm 3,153 |
| Sur | 10 | 27,747 \pm 24,369 | Sur | 10 | 2,291 \pm 1,313 |
| Metropolitana | 10 | 5,519 \pm 8,633 | Metropolitana | 10 | 408,709 \pm 325,437 |
| B Norte | 10 | 1,288 \pm 0,577 | Mg Norte | 10 | 417,287 \pm 251,524 |
| Sur | 10 | 1,620 \pm 1,048 | Sur | 10 | 280,727 \pm 202,441 |
| Metropolitana | 10 | 3,691 \pm 2,409 | Metropolitana | 10 | 1,983 \pm 2,649 |
| Ba Norte | 10 | 0,773 \pm 0,658 | Mn Norte | 10 | 1,097 \pm 0,707 |
| Sur | 10 | 0,343 \pm 0,179 | Sur | 10 | 1,046 \pm 0,821 |
| Metropolitana | 10 | 1229 \pm 2650 | Metropolitana | 10 | 0,404 \pm 0,423 |
| Ca Norte | 10 | 559 \pm 679 | Mo Norte | 10 | 0,270 \pm 0,157 |
| Sur | 10 | 179 \pm 114 | Sur | 10 | 0,503 \pm 0,608 |
| Metropolitana | 10 | 0,654 \pm 0,579 | Metropolitana | 10 | 2643 \pm 2220 |
| Cd Norte | 10 | 0,802 \pm 0,543 | Na Norte | 10 | 2975 \pm 1273 |
| Sur | 10 | 2,735 \pm 2,897 | Sur | 10 | 2127 \pm 1517 |
| Metropolitana | 10 | 0,429 \pm 0,297 | Metropolitana | 10 | 0,654 \pm 1,244 |
| Co Norte | 10 | 0,509 \pm 0,224 | Ni Norte | 10 | 0,498 \pm 0,313 |
| Sur | 10 | 0,309 \pm 0,267 | Sur | 10 | 0,192 \pm 0,115 |
| Metropolitana | 10 | <0,001 | Metropolitana | 10 | 0,831 \pm 0,845 |
| Cr Norte | 10 | 0,416 \pm 0,942 | Pb Norte | 10 | 0,171 \pm 0,107 |
| Sur | 10 | 0,123 \pm 0,087 | Sur | 10 | 0,292 \pm 0,334 |
| Metropolitana | 10 | 86,970 \pm 112,439 | Metropolitana | 10 | 6,445 \pm 11,976 |
| Cu Norte | 10 | 29,785 \pm 64,104 | Sr Norte | 10 | 2,787 \pm 1,876 |
| Sur | 10 | 24,28 \pm 19,129 | Sur | 10 | 1,249 \pm 0,732 |
| Metropolitana | 10 | 301,389 \pm 180,926 | Metropolitana | 10 | 2,347 \pm 2,140 |
| Fe Norte | 10 | 135,563 \pm 68,999 | V Norte | 10 | 0,613 \pm 1,082 |
| Sur | 10 | 228,042 \pm 166,269 | Sur | 10 | 2,238 \pm 2,321 |
| Metropolitana | 10 | 3768 \pm 3169 | Metropolitana | 10 | 77,938 \pm 72,010 |
| K Norte | 10 | 3471 \pm 1858 | Zn Norte | 10 | 38,194 \pm 32,123 |
| Sur | 10 | 2738 \pm 2391 | Sur | 10 | 113,002 \pm 105,160 |

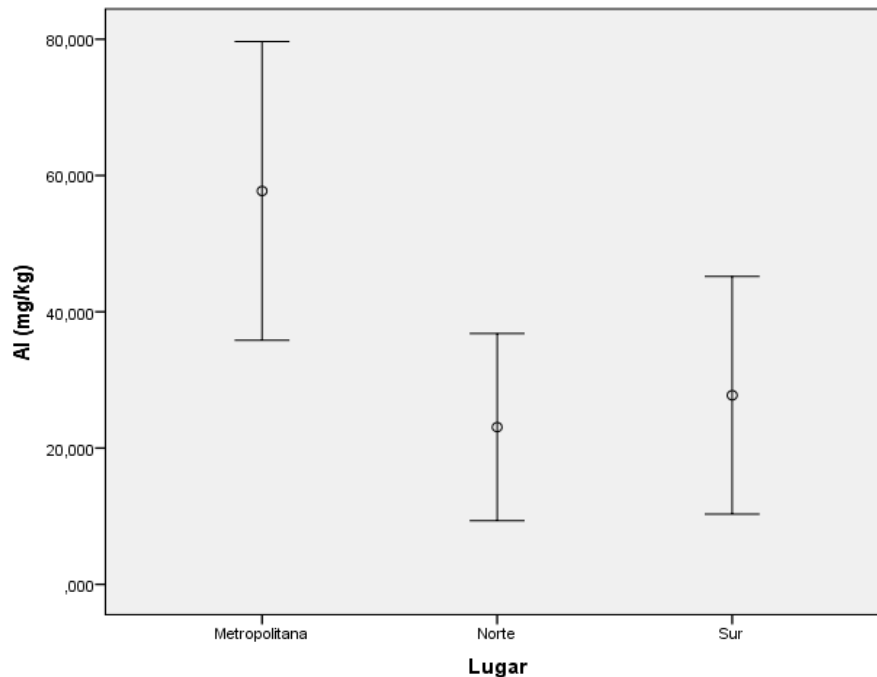
Resultado = <0,001: por debajo del límite de detección.
 * Desvest: desviación estándar (mg/kg).

METALES TÓXICOS

• Aluminio

La U de Mann-Whitney (tabla 63) indica que existen diferencias significativas entre la Zona Metropolitana y la Sur. Ambas zonas no presentan diferencias estadísticas en cuanto a concentración de aluminio con respecto al Norte (gráfica 87).

En peces, la concentración tisular de aluminio está relacionada con la calidad del agua (*e. g.*, pH y cantidad de carbono orgánico). En la trucha de arroyo, se ha visto que el tejido muscular acumula menos aluminio que otros tejidos (Buckler DR *et al.*, 1995), situación que se cumple en nuestra especie de estudio, donde no existen diferencias significativas en la concentración de Al en músculo por zonas. Sin embargo, sí que se registran mayores concentraciones en el hígado en la Zona Metropolitana, coincidiendo además con que es la zona más industrializada.



Gráfica 79: Concentración hepática media de Al en *Sarpa salpa* en las diferentes zonas de muestreo.

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

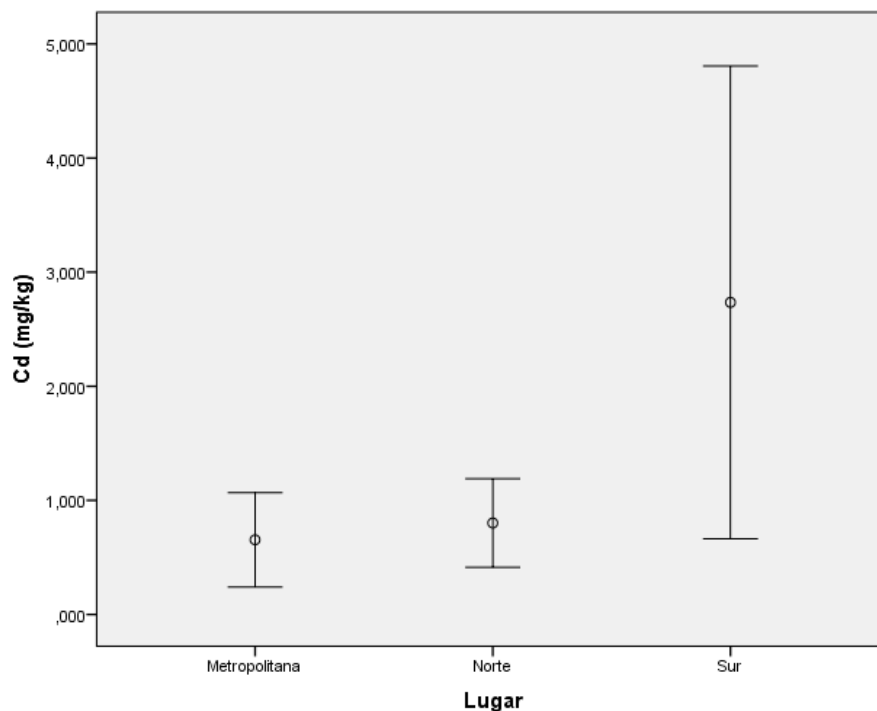
2020

Tabla 6183: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Al | Metropolitana/Sur | Al | Norte/Sur | Al |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 26,000 | U de Mann-Whitney | 16,000 | U de Mann-Whitney | 49,000 |
| W de Wilcoxon | 81,000 | W de Wilcoxon | 71,000 | W de Wilcoxon | 104,000 |
| Z | -1,814 | Z | -2,570 | Z | -,076 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,070 | Sig. asintót. (bilateral) | ,010 | Sig. asintót. (bilateral) | ,940 |

• **Cadmio**

La U de Mann-Whitney (tabla 64) nos muestra que existen diferencias significativas entre la Zona Metropolitana y la Sur. Ambas zonas no presentan diferencias estadísticas en cuanto concentración de aluminio con respecto al Norte, que presenta una alta variabilidad debido a la desviación estándar (gráfica 88).



Gráfica 80: Concentración hepática media de Cd en *Sarpa salpa* en las diferentes zonas de muestreo.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020

Tabla 64: U de Mann-Whitney.

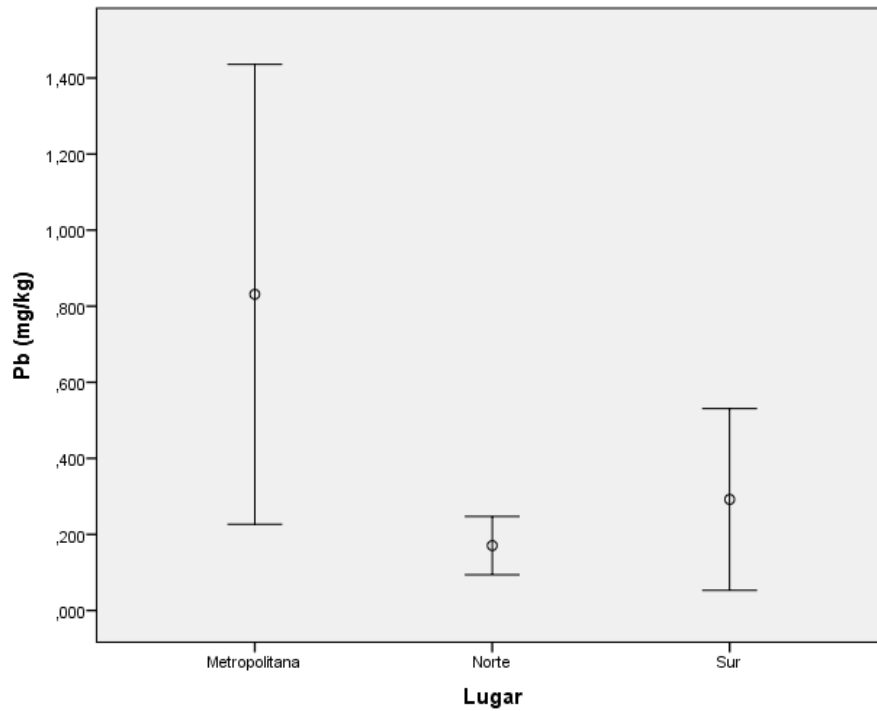
| Metropolitana/Norte | Cd | Metropolitana/Sur | Cd | Norte/Sur | Cd |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 33,000 | U de Mann-Whitney | 16,000 | U de Mann-Whitney | 24,000 |
| W de Wilcoxon | 88,000 | W de Wilcoxon | 71,000 | W de Wilcoxon | 79,000 |
| Z | -1,285 | Z | -2,570 | Z | -1,965 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,199 | Sig. asintót. (bilateral) | ,010 | Sig. asintót. (bilateral) | ,049 |

• **Plomo**

La U de Mann-Whitney (tabla 65) establece dos subgrupos. El primero, en el que la concentración de plomo es mayor, es la Zona Metropolitana, que se diferencia estadísticamente de las zonas Norte y Sur, que forman parte del segundo subgrupo (gráfica 89). En los ejemplares de salemá, la cantidad de Pb acumulado en el tejido hepático es mucho mayor en la Zona Metropolitana, en contraposición a lo que ocurría en el tejido muscular de esta misma especie en dicha zona. El hígado, al tratarse de un órgano diana en cuanto a acumulación de metales tóxicos, sí refleja un pico mayor en las muestras de hígado de salemá de la zona más industrializada.

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020



Gráfica 819: Concentración hepática media de Pb en *Sarpa salpa* en las diferentes zonas de muestreo.

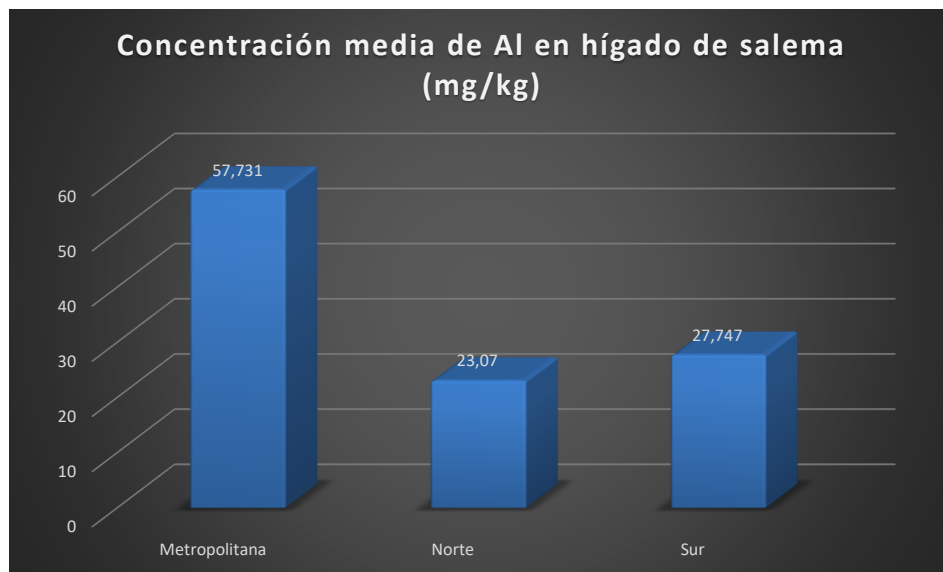
Tabla 65: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Pb | Metropolitana/Sur | Pb | Norte/Sur | Pb |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 3,000 | U de Mann-Whitney | 15,000 | U de Mann-Whitney | 32,000 |
| W de Wilcoxon | 58,000 | W de Wilcoxon | 70,000 | W de Wilcoxon | 87,000 |
| Z | -3,553 | Z | -2,646 | Z | -1,361 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,000 | Sig. asintót. (bilateral) | ,008 | Sig. asintót. (bilateral) | ,174 |

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Concentraciones medias de metales tóxicos en el tejido hepático de salema

Las gráficas 90 y 91 presentan las concentraciones de metales tóxicos en tejido hepático de salema por zonas. Mientras que el Al y el Pb se encuentran en mayor proporción en la Zona Metropolitana, la cantidad de Cd es mayor en la Zona Sur, siendo los hígados de la Zona Norte los que menos concentración de metales tóxicos acumulados contienen en la salema.

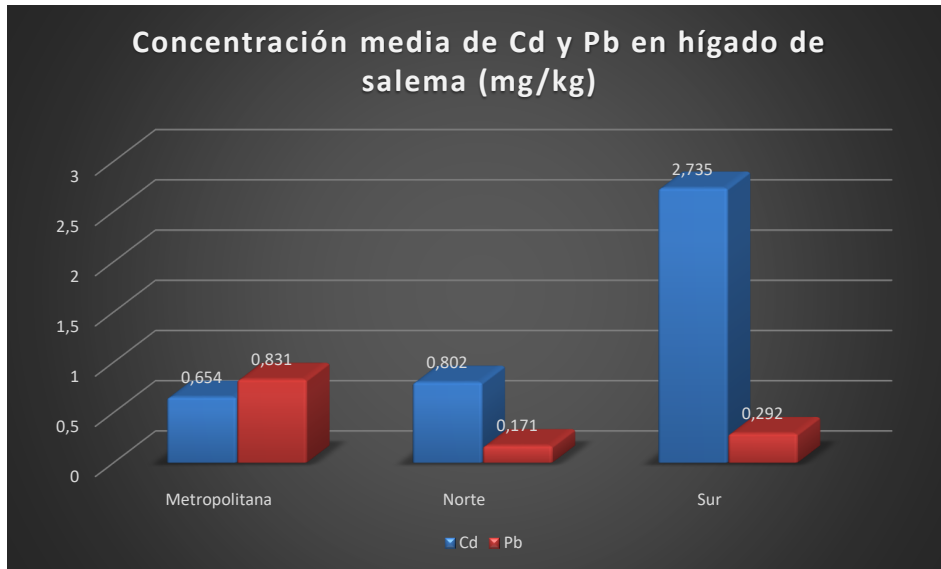


Gráfica 90: Concentración media de Al en el tejido hepático de salema en diferentes zonas.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |



Gráfica 821: Concentración media de Cd y Pb en el tejido hepático de salema en diferentes zonas.

METALES ESENCIALES Y TRAZAS

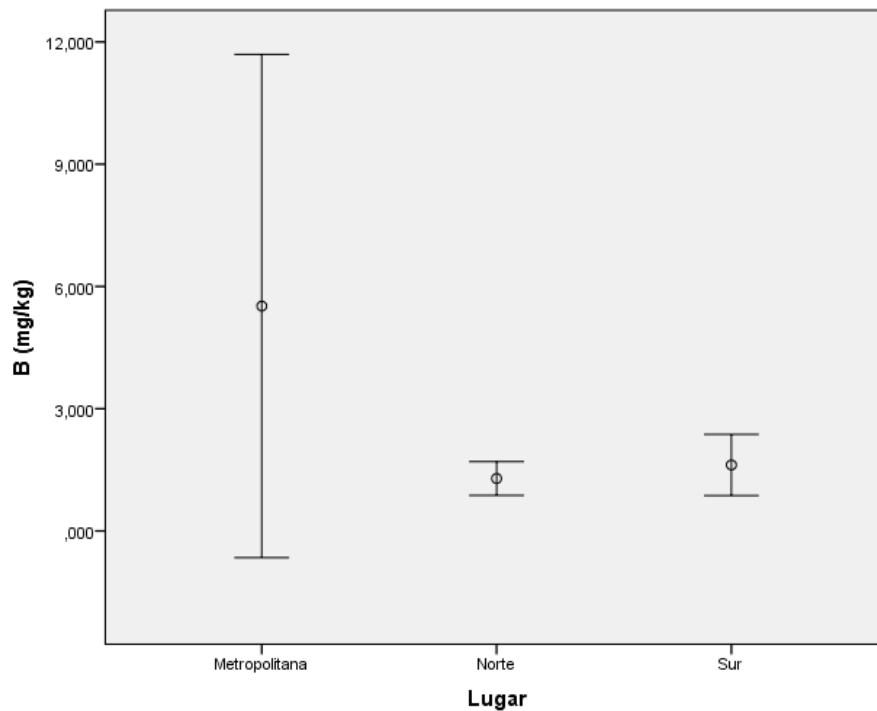
• Boro

La U de Mann-Whitney (tabla 66) establece dos subgrupos para la concentración de boro en diversos lugares. El primer subgrupo lo compone la Zona Metropolitana, que se diferencia significativamente del segundo subgrupo, que lo componen las zonas Norte y Sur. Cabe destacar que la concentración de boro muscular en los ejemplares del Norte es la mayor en comparación con las otras dos zonas. No obstante, cuando se estudia la concentración de B en tejido hepático, se observa que los ejemplares de la Zona Norte contienen la menor concentración.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020



Gráfica 832: Concentración hepática media de B en *Sarpa salpa* en las diferentes zonas de muestreo.

Tabla 66: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | B | Metropolitana/Sur | B | Norte/Sur | B |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 9,000 | U de Mann-Whitney | 17,000 | U de Mann-Whitney | 37,000 |
| W de Wilcoxon | 64,000 | W de Wilcoxon | 72,000 | W de Wilcoxon | 92,000 |
| Z | -3,099 | Z | -2,495 | Z | -,983 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,002 | Sig. asintót. (bilateral) | ,013 | Sig. asintót. (bilateral) | ,326 |

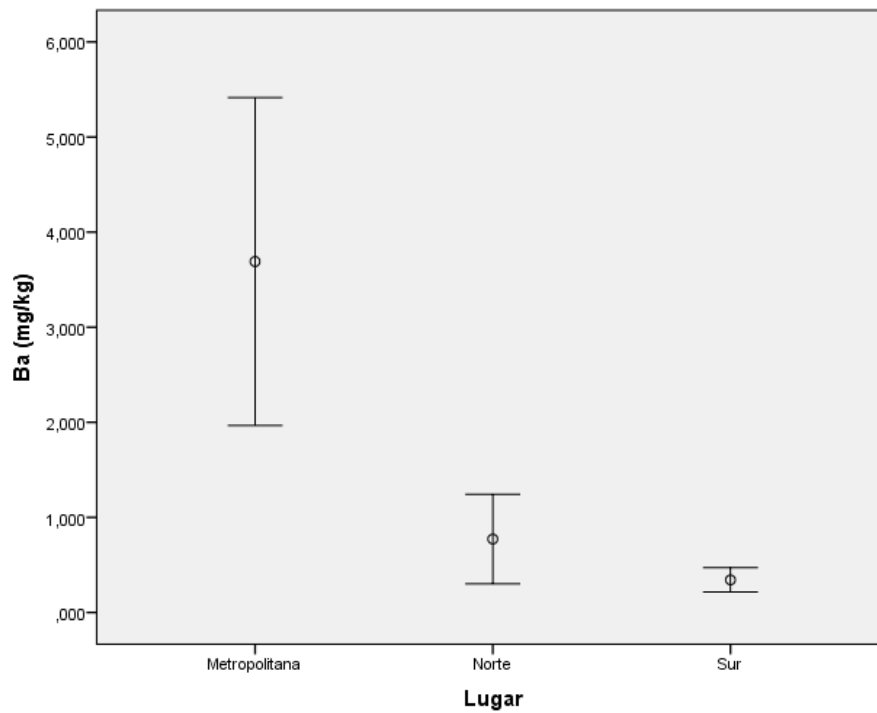
• **Bario**

La U de Mann-Whitney (tabla 67) establece dos subgrupos para la concentración de este metal en tejido hepático en diferentes zonas. El primer subgrupo, que lo forma la Zona Metropolitana, se diferencia del segundo subgrupo, formado por las zonas Norte y Sur (gráfica 93).

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020



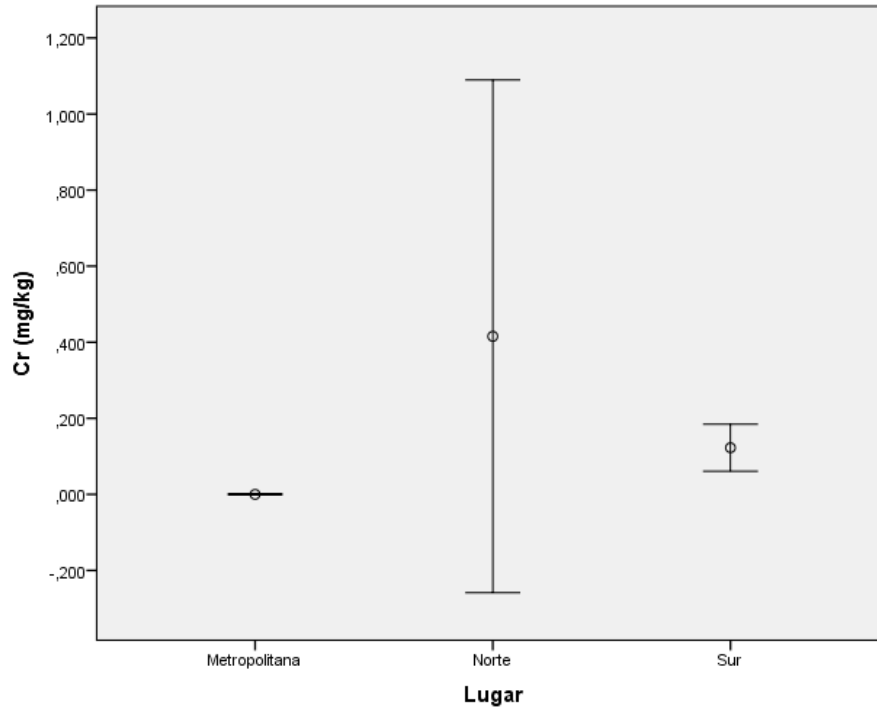
Gráfica 84: Concentración hepática media de Ba en *Sarpa salpa* en las diferentes zonas de muestreo.

Tabla 67: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Ba | Metropolitana/Sur | Ba | Norte/Sur | Ba |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 2,000 | U de Mann-Whitney | ,000 | U de Mann-Whitney | 32,000 |
| W de Wilcoxon | 57,000 | W de Wilcoxon | 55,000 | W de Wilcoxon | 87,000 |
| Z | -3,628 | Z | -3,780 | Z | -1,361 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,000 | Sig. asintót. (bilateral) | ,000 | Sig. asintót. (bilateral) | ,174 |

• Cromo

La U de Mann-Whitney (tabla 68) establece que las concentraciones de cromo en tejido hepático se diferencian significativamente en las zonas Metropolitana y Sur, pero estas no se diferencian con la de la Zona Norte. Esto se produce debido a la alta desviación estándar en los ejemplares de la Zona Norte (gráfica 94).



Gráfica 854: Concentración hepática media de Cr en *Sarpa salpa* en las diferentes zonas de muestreo.

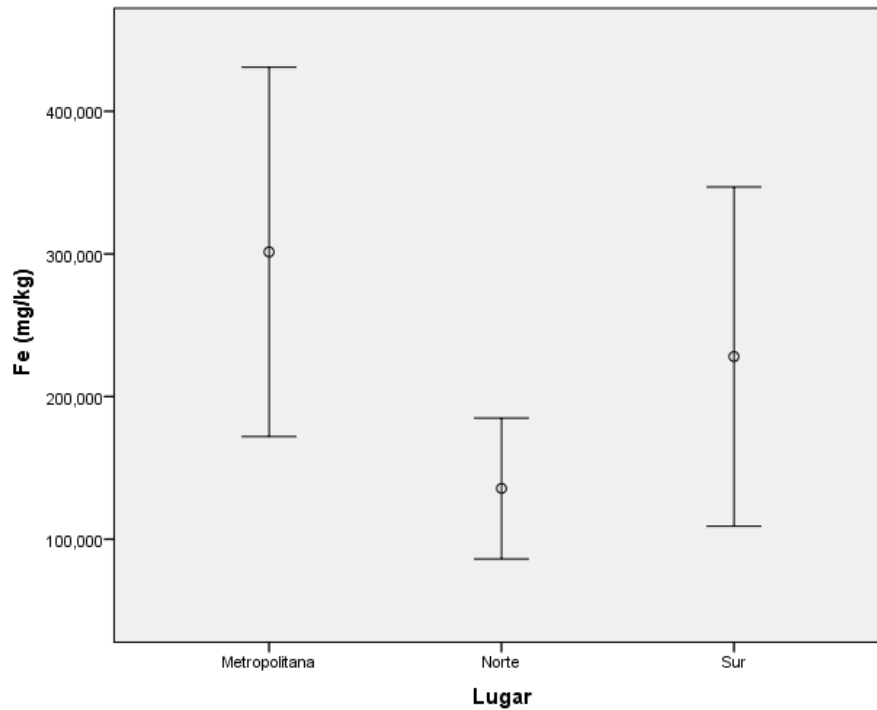
Tabla 68: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Cr | Metropolitana/Sur | Cr | Norte/Sur | Cr |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 35,000 | U de Mann-Whitney | 10,000 | U de Mann-Whitney | 37,000 |
| W de Wilcoxon | 90,000 | W de Wilcoxon | 65,000 | W de Wilcoxon | 92,000 |
| Z | -1,824 | Z | -3,413 | Z | -1,030 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,068 | Sig. asintót. (bilateral) | ,001 | Sig. asintót. (bilateral) | ,303 |

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

• Hierro

La U de Mann-Whitney (tabla 69) fija que existen diferencias significativas para la concentración de hierro entre la zona Metropolitana y la Norte, pero ambas no se diferencian en cuanto a concentración de este metal con la Zona Sur (gráfica 95).



Gráfica 86: Concentración hepática media de Fe en *Sarpa salpa* en las diferentes zonas de muestreo.

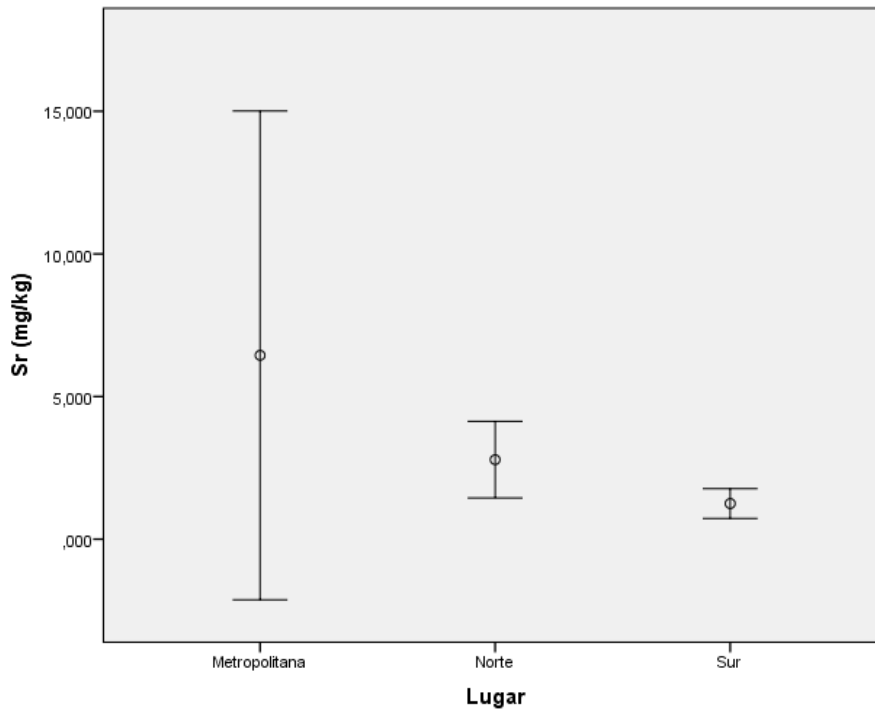
Tabla 6919: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Fe | Metropolitana/Sur | Fe | Norte/Sur | Fe |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 10,000 | U de Mann-Whitney | 35,000 | U de Mann-Whitney | 30,000 |
| W de Wilcoxon | 65,000 | W de Wilcoxon | 90,000 | W de Wilcoxon | 85,000 |
| Z | -3,024 | Z | -1,134 | Z | -1,512 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,002 | Sig. asintót. (bilateral) | ,257 | Sig. asintót. (bilateral) | ,131 |

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

• **Estroncio**

La U de Mann-Whitney (tabla 70) establece dos subgrupos para la concentración de estroncio en tejido hepático. El primer subgrupo está compuesto por la Zona Metropolitana, aunque cabe destacar que los datos de esta área tienen una alta desviación estándar, diferenciándose significativamente de las zonas Norte y Sur, que componen el segundo subgrupo (gráfica 96).



Gráfica 87: Concentración hepática media de Sr en *Sarpa salpa* en las diferentes zonas de muestreo.

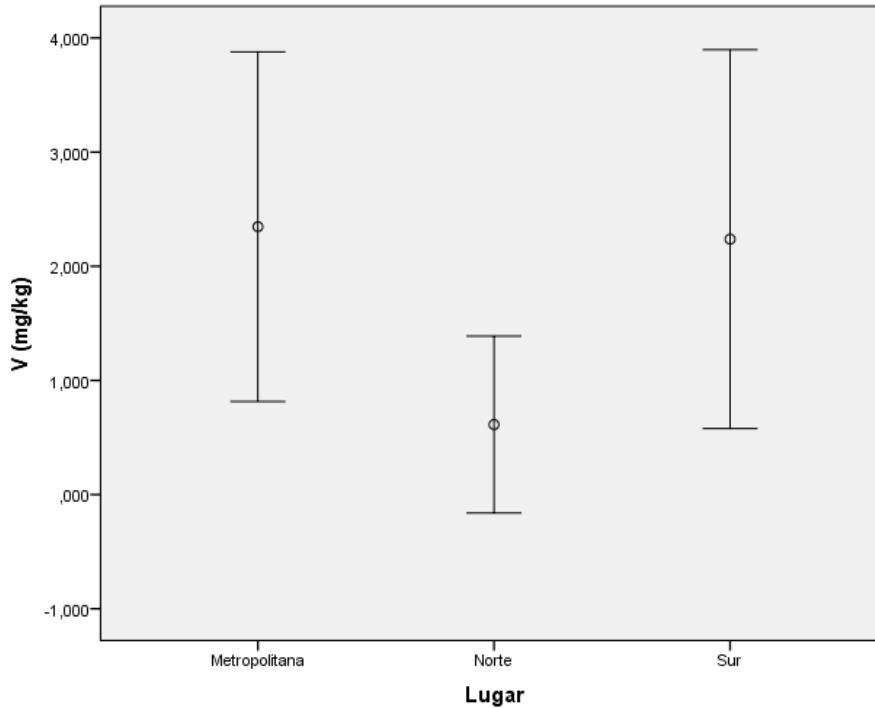
Tabla 70: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Sr | Metropolitana/Sur | Sr | Norte/Sur | Sr |
|---------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 46,000 | U de Mann-Whitney | 19,000 | U de Mann-Whitney | 46,000 |
| W de Wilcoxon | 101,000 | W de Wilcoxon | 74,000 | W de Wilcoxon | 101,000 |
| Z | -,302 | Z | -,2,343 | Z | -,302 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,762 | Sig. asintót. (bilateral) | ,019 | Sig. asintót. (bilateral) | ,762 |

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

• Vanadio

La U de Mann-Whitney (tabla 71) nos indica que existen diferencias significativas para la concentración de vanadio en hígado entre los individuos de las zonas Norte y Sur, pero a su vez estos no se diferencian estadísticamente de los individuos de la Zona Metropolitana (gráfica 97).



Gráfica 88: Concentración hepática media de V en *Sarpa salpa* en las diferentes zonas de muestreo.

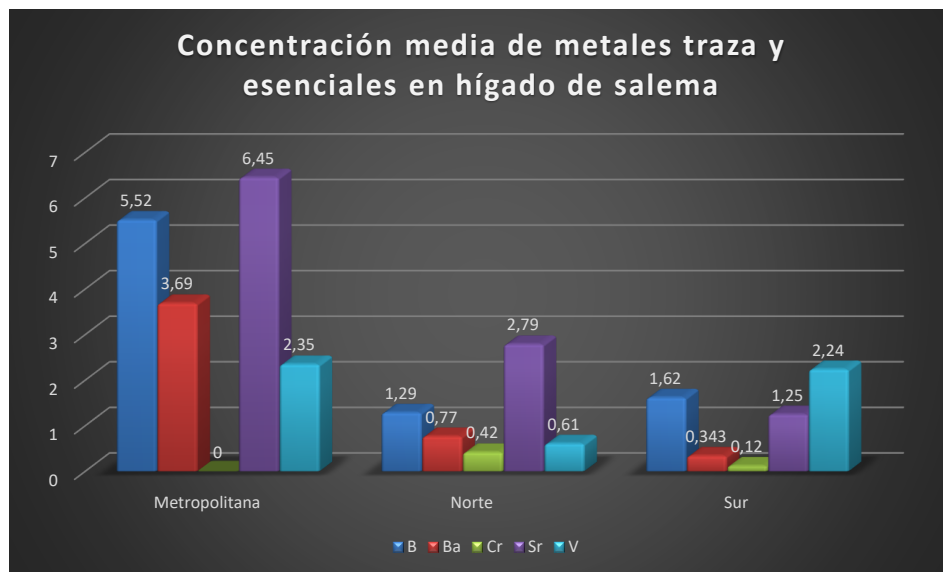
Tabla 7120: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Sr | Metropolitana/Sur | Sr | Norte/Sur | Sr |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 24,000 | U de Mann-Whitney | 42,000 | U de Mann-Whitney | 19,000 |
| W de Wilcoxon | 79,000 | W de Wilcoxon | 97,000 | W de Wilcoxon | 74,000 |
| Z | -2,031 | Z | -,605 | Z | -2,375 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,042 | Sig. asintót. (bilateral) | ,545 | Sig. asintót. (bilateral) | ,018 |

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Concentraciones medias de metales traza y esenciales en el tejido hepático de salema

Si se observan las concentraciones de todos los metales traza y esenciales para los que han existido diferencias significativas, se puede comprobar que todos se encuentran en mayor abundancia en la Zona Metropolitana, seguida de la Zona Norte y con menor concentración en la Zona Sur, excepto el Cr, que sigue un patrón contrario (gráficas 98 y 99).

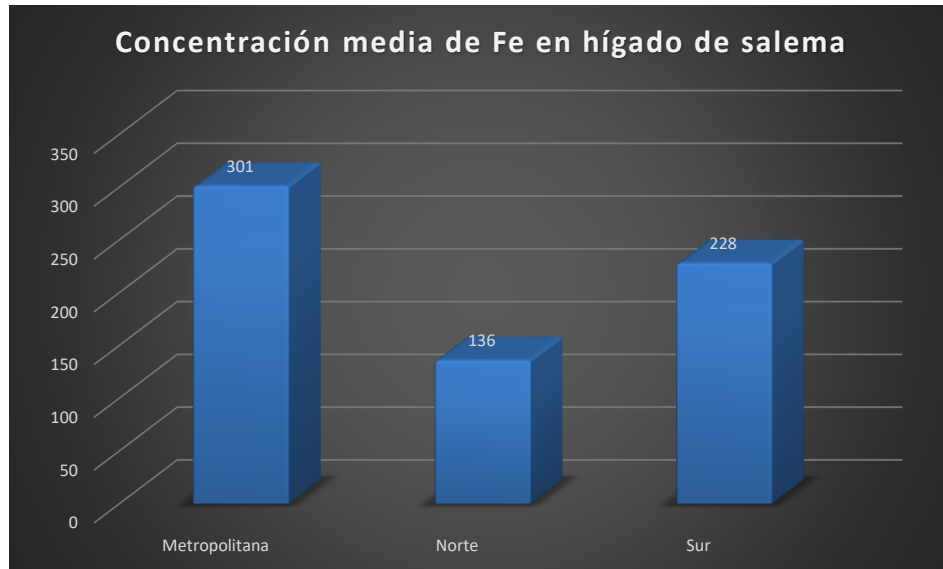


Gráfica 89: Concentración media de metales traza y esenciales en el tejido hepático de salema en diferentes zonas.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |



Gráfica 90: Concentración media de Fe en el tejido hepático de salemá en diferentes zonas.

Vieja (*Sparisoma cretense*)

La tabla 72 contiene las medias metálicas y desviaciones estándar en tejido hepático determinadas en los ejemplares de vieja capturados en las tres zonas:

Tabla 72: Concentraciones medias \pm desviación estándar en vieja por zona (mg/kg) en tejido hepático.

| Metal/Spp | N | Media \pm *desvest | Metal/Spp | N | Media \pm *desvest |
|-----------------|----|----------------------|-----------------|----|----------------------|
| Metropolitana | 10 | 56,67 \pm 29,83 | Metropolitana | 10 | 4,92 \pm 5,36 |
| Al Norte | 10 | 44,65 \pm 23,77 | Li Norte | 10 | 2,68 \pm 2,43 |
| Sur | 10 | 12,18 \pm 6,06 | Sur | 10 | 2,72 \pm 2,09 |
| Metropolitana | 10 | 1,33 \pm 0,92 | Metropolitana | 10 | 250 \pm 139 |
| B Norte | 10 | 1,89 \pm 0,59 | Mg Norte | 10 | 720 \pm 750 |
| Sur | 10 | 0,45 \pm 0,19 | Sur | 10 | 157 \pm 93 |
| Metropolitana | 10 | 4,48 \pm 5,58 | Metropolitana | 10 | 1,75 \pm 1,43 |
| Ba Norte | 10 | 1,14 \pm 0,99 | Mn Norte | 10 | 3,81 \pm 2,89 |
| Sur | 10 | 0,20 \pm 0,13 | Sur | 10 | 0,41 \pm 0,38 |
| Metropolitana | 10 | 1021 \pm 1587 | Metropolitana | 10 | 0,25 \pm 0,13 |
| Ca Norte | 10 | 1086 \pm 1060 | Mo Norte | 10 | 0,26 \pm 0,15 |
| Sur | 10 | 75 \pm 74 | Sur | 10 | 0,12 \pm 0,09 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020

| | | | | | | | |
|-----------|---------------|----|------------|-----------|---------------|----|-------------|
| Cd | Metropolitana | 10 | 0,06±0,07 | Na | Metropolitana | 10 | 1888±509 |
| | Norte | 10 | 0,29±0,73 | | Norte | 10 | 2873±1023 |
| | Sur | 10 | 0,01±0,01 | | Sur | 10 | 712±328 |
| Co | Metropolitana | 10 | 0,10±0,09 | Ni | Metropolitana | 10 | 0,44±0,23 |
| | Norte | 10 | 0,24±0,24 | | Norte | 10 | 0,34±0,17 |
| | Sur | 10 | 0,02±0,01 | | Sur | 10 | 0,13±0,10 |
| Cr | Metropolitana | 10 | 1,31±4,15 | Pb | Metropolitana | 10 | 0,50±0,46 |
| | Norte | 10 | 0,06±0,10 | | Norte | 10 | 0,17±0,09 |
| | Sur | 10 | 0,004±0,01 | | Sur | 10 | 0,05±0,02 |
| Cu | Metropolitana | 10 | 7,01±3,07 | Sr | Metropolitana | 10 | 4,63±5,99 |
| | Norte | 10 | 5,08±2,49 | | Norte | 10 | 6,46±4,75 |
| | Sur | 10 | 1,76±0,81 | | Sur | 10 | 0,52±0,47 |
| Fe | Metropolitana | 10 | 101±141 | V | Metropolitana | 10 | 0,69±1,01 |
| | Norte | 10 | 133±48 | | Norte | 10 | 0,59±0,93 |
| | Sur | 10 | 28±17 | | Sur | 10 | 0,31±0,74 |
| K | Metropolitana | 10 | 3129±668 | Zn | Metropolitana | 10 | 27,04±14,58 |
| | Norte | 10 | 3508±1400 | | Norte | 10 | 22,51±8,67 |
| | Sur | 10 | 874±467 | | Sur | 10 | 9,13±5,12 |

Resultado = <0,001: por debajo del límite de detección.

* Desvest: desviación estándar (mg/kg).

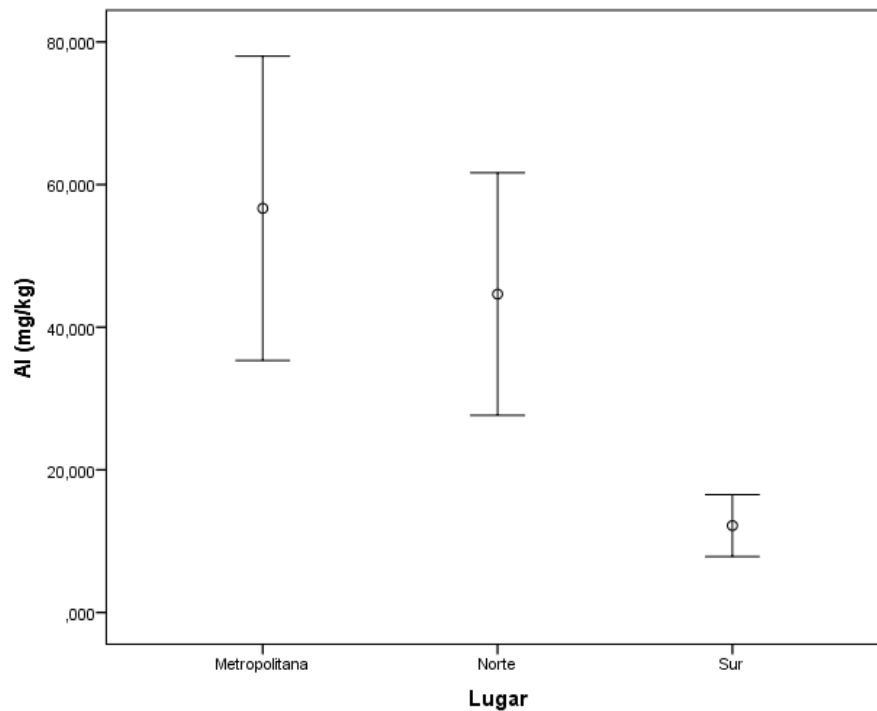
METALES TÓXICOS

- **Aluminio**

La U de Mann-Whitney (tabla 73) nos muestra dos subgrupos, que se diferencian significativamente entre sí. El primer subgrupo, compuesto por los ejemplares de la Zona Sur, contiene menos concentración de Al que los individuos del segundo subgrupo, de las zonas Metropolitana y Norte (gráfica 100).

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020



Gráfica 100: Concentración hepática media de Al en *Sparisoma cretense* en las diferentes zonas de muestreo.

Tabla 21: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Al | Metropolitana/Sur | Al | Norte/Sur | Al |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 39,000 | U de Mann-Whitney | 2,000 | U de Mann-Whitney | 6,000 |
| W de Wilcoxon | 94,000 | W de Wilcoxon | 57,000 | W de Wilcoxon | 61,000 |
| Z | -,832 | Z | -3,628 | Z | -3,326 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,406 | Sig. asintót. (bilateral) | ,000 | Sig. asintót. (bilateral) | ,001 |

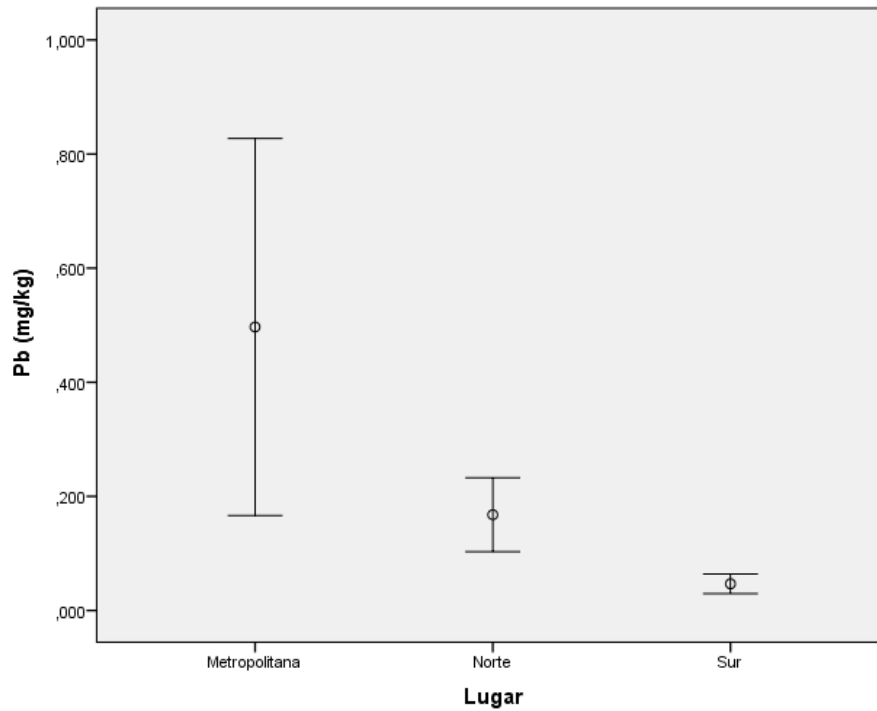
• Plomo

La U de Mann-Whitney (tabla 74) establece diferencias significativas para la concentración de Pb en todas las zonas de estudio: existe una concentración media mayor en los individuos de la Zona Metropolitana, aunque hay una alta desviación estándar en los datos; siguen los individuos del Norte y por último los individuos del Sur, que son los que menos metal acumulan (gráfica 101).

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020



Gráfica 91: Concentración hepática media de Pb en *Sparisoma cretense* en las diferentes zonas de muestreo.

Tabla 74: U de Mann-Whitney.

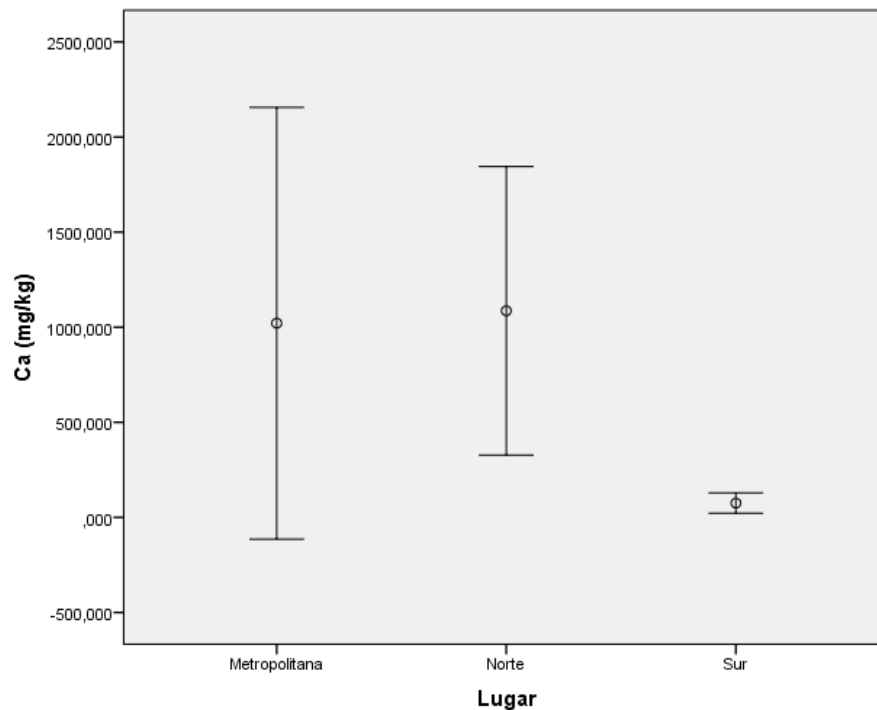
| Metropolitana/Norte | Pb | Metropolitana/Sur | Pb | Norte/Sur | Pb |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 11,000 | U de Mann-Whitney | ,000 | U de Mann-Whitney | 4,000 |
| W de Wilcoxon | 66,000 | W de Wilcoxon | 55,000 | W de Wilcoxon | 59,000 |
| Z | -2,948 | Z | -3,780 | Z | -3,477 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,003 | Sig. asintót. (bilateral) | ,000 | Sig. asintót. (bilateral) | ,001 |

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

MACRONUTRIENTES

• **Calcio**

La U de Mann-Whitney (tabla 75) fija dos subgrupos, que se diferencian significativamente entre sí. El primer subgrupo, compuesto por los ejemplares de la Zona Sur, contiene menos concentración de Ca que los individuos del segundo subgrupo, de las zonas Metropolitana y Norte (gráfica 102).



Gráfica 92: Concentración hepática media de Ca en *Sparisoma cretense* en las diferentes zonas de muestreo.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

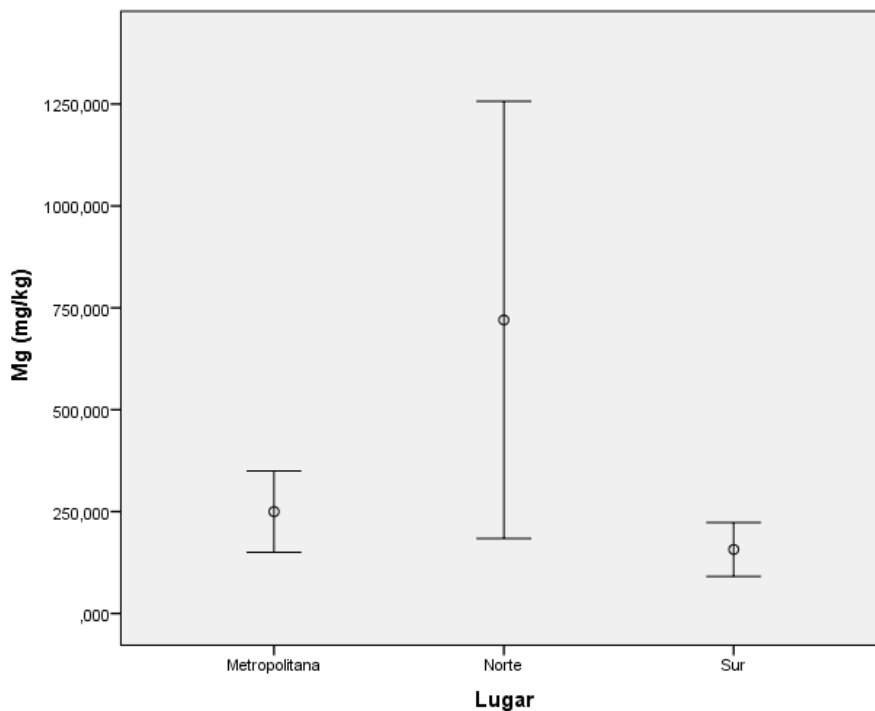
2020

Tabla 75: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Ca | Metropolitana/Sur | Ca | Norte/Sur | Ca |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 32,000 | U de Mann-Whitney | 16,000 | U de Mann-Whitney | 2,000 |
| W de Wilcoxon | 87,000 | W de Wilcoxon | 71,000 | W de Wilcoxon | 57,000 |
| Z | -1,361 | Z | -2,574 | Z | -3,630 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,174 | Sig. asintót. (bilateral) | ,010 | Sig. asintót. (bilateral) | ,000 |

• **Magnesio**

La U de Mann-Whitney (tabla 76) presenta dos subgrupos, que se diferencian significativamente entre sí. El primer subgrupo está compuesto por los ejemplares de la Zona Norte, que contienen mayor concentración media de Mg, aunque con una gran desviación estándar en los datos, que los individuos del segundo subgrupo, de las zonas Metropolitana y Sur (gráfica 103).



Gráfica 93: Concentración hepática media de Mg en *Sparisoma cretense* en las diferentes zonas de muestreo.

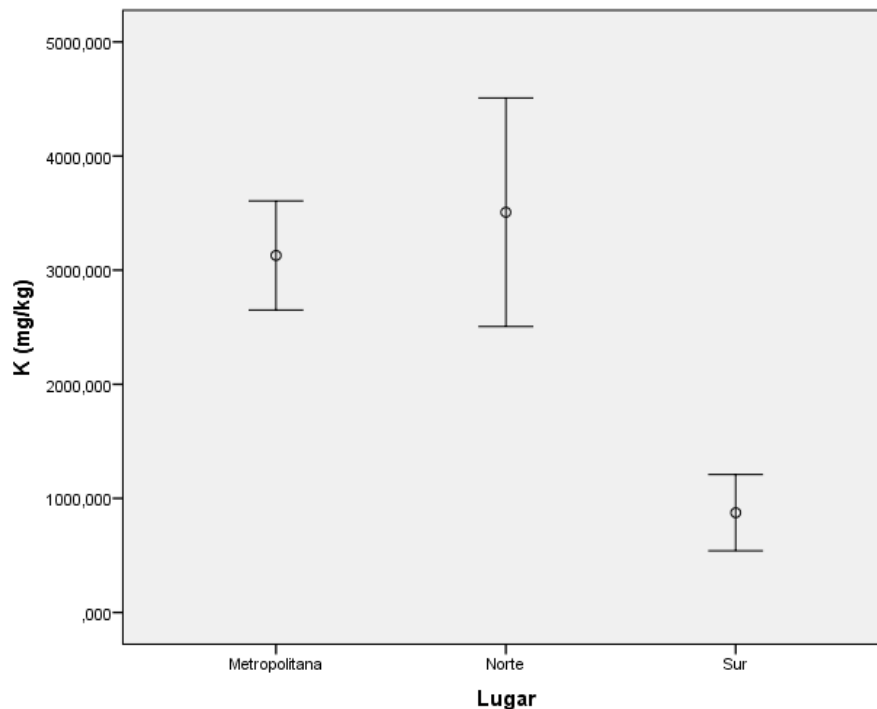
| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Tabla 76: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Mg | Metropolitana/Sur | Mg | Norte/Sur | Mg |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 13,000 | U de Mann-Whitney | 28,000 | U de Mann-Whitney | 4,000 |
| W de Wilcoxon | 68,000 | W de Wilcoxon | 83,000 | W de Wilcoxon | 59,000 |
| Z | -2,797 | Z | -1,663 | Z | -3,477 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,005 | Sig. asintót. (bilateral) | ,096 | Sig. asintót. (bilateral) | 0,001 |

• **Potasio**

La U de Mann-Whitney (tabla 77) fija dos subgrupos, que se diferencian significativamente entre sí. El primer subgrupo está compuesto por los ejemplares de la Zona Sur, que contienen menor concentración media de K que los individuos del segundo subgrupo, de las zonas Metropolitana y Norte (gráfica 104).



Gráfica 94: Concentración hepática media de K en *Sparisoma cretense* en las diferentes zonas de muestreo.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

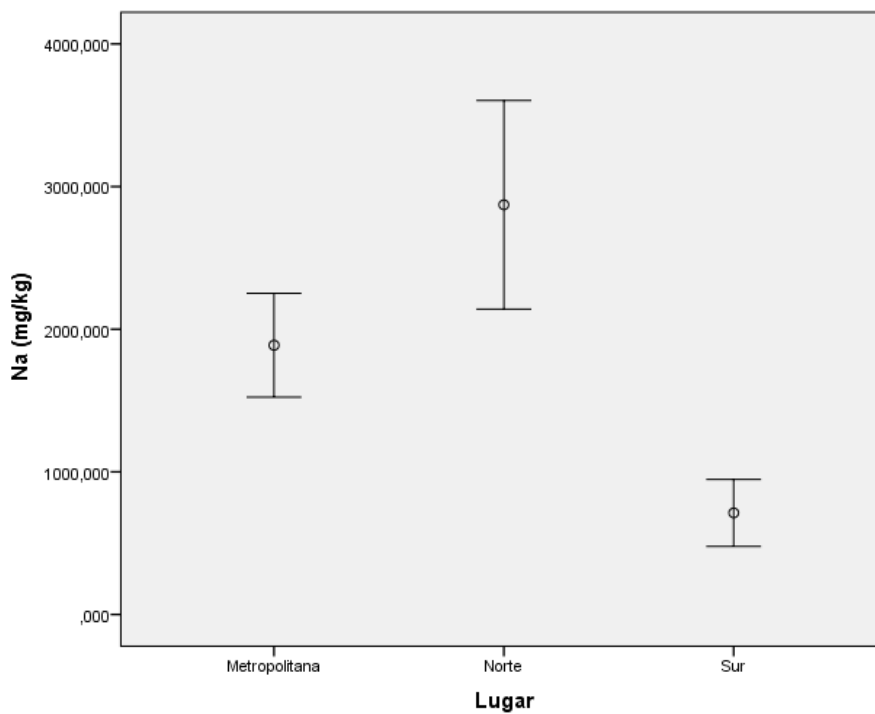
2020

Tabla 7722: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | K | Metropolitana/Sur | K | Norte/Sur | K |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 42,000 | U de Mann-Whitney | ,000 | U de Mann-Whitney | ,000 |
| W de Wilcoxon | 97,000 | W de Wilcoxon | 55,000 | W de Wilcoxon | 55,000 |
| Z | -,605 | Z | -3,780 | Z | -3,780 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,545 | Sig. asintót. (bilateral) | ,000 | Sig. asintót. (bilateral) | ,000 |

• **Sodio**

La U de Mann-Whitney (Tabla 78) establece diferencias significativas para la concentración de Na en todas las zonas de estudio: existe una concentración media mayor en los individuos de la Zona Norte, seguida por los individuos de la Zona Metropolitana y por último los individuos del Sur, que son los que menos metal acumulan (gráfica 105).



Gráfica 955: Concentración hepática media de Na en *Sparisoma cretense* en las diferentes zonas de muestreo.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

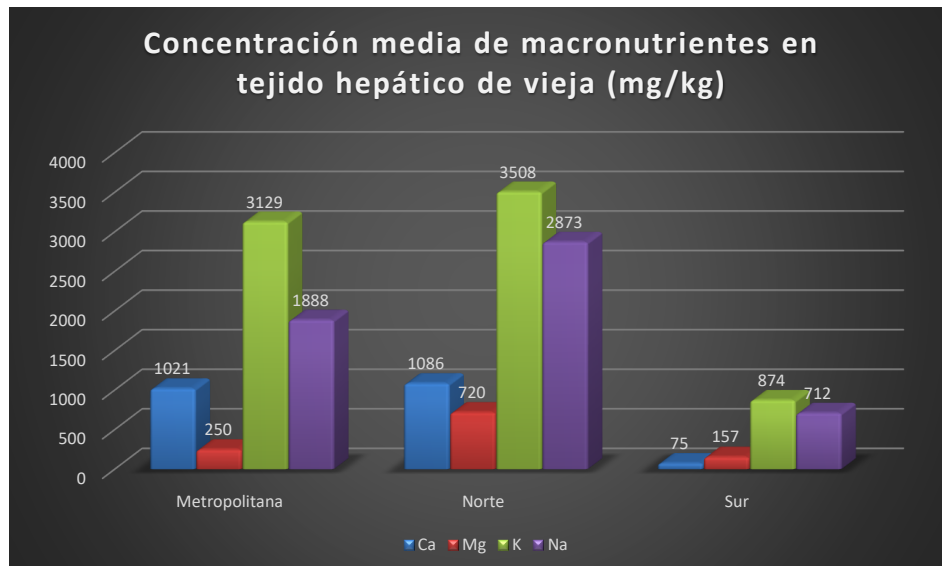
| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Tabla 7823: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Na | Metropolitana/Sur | Na | Norte/Sur | Na |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 21,000 | U de Mann-Whitney | ,000 | U de Mann-Whitney | ,000 |
| W de Wilcoxon | 76,000 | W de Wilcoxon | 55,000 | W de Wilcoxon | 55,000 |
| Z | -2,192 | Z | -3,780 | Z | -3,780 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,028 | Sig. asintót. (bilateral) | ,000 | Sig. asintót. (bilateral) | ,000 |

Concentraciones de macronutrientes en el tejido hepático de vieja

La gráfica 106 expone la relación entre macronutrientes para los que han existido diferencias significativas en cuanto a la concentración por zonas en tejido hepático de vieja. Tal y como se puede observar, los ejemplares de la Zona Sur contienen la menor concentración media de estos metales, mientras que los de la Zona Metropolitana tienen la mayor concentración media de macronutrientes. Se puede apreciar que entre metales guardan una relación proporcional y que las gráficas para la concentración de macronutrientes entre las zonas Metropolitana y Norte muy similares entre sí.



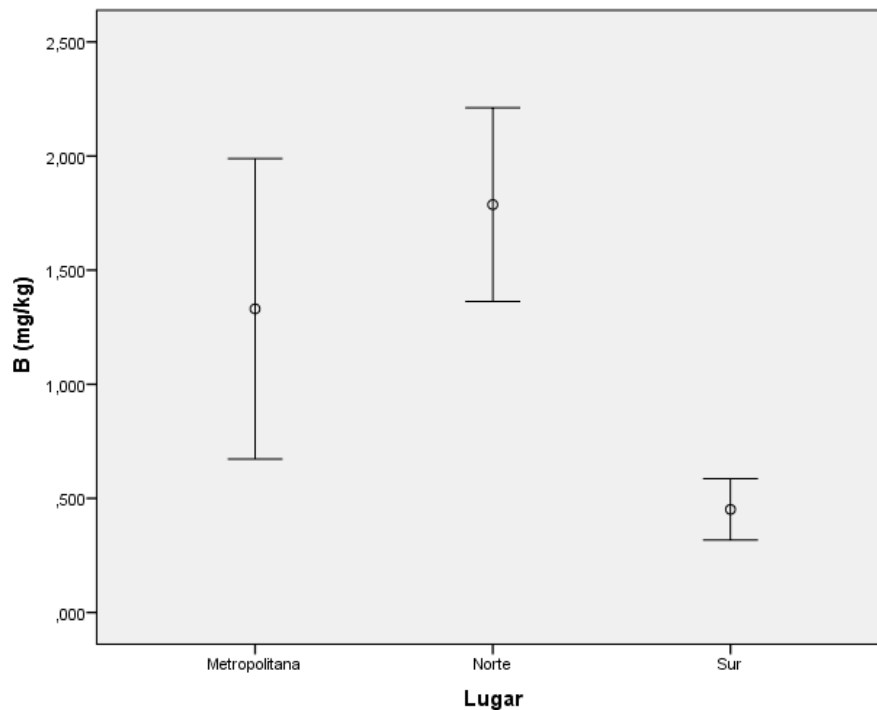
Gráfica 96: Concentración media de macronutrientes en el tejido hepático de vieja en diferentes zonas.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

METALES ESENCIALES Y TRAZAS

• **Boro**

La U de Mann-Whitney (tabla 79) fija dos subgrupos, que se diferencian significativamente entre sí. El primer subgrupo, compuesto por los ejemplares de la Zona Sur, contienen menos concentración de B que los individuos del segundo subgrupo, de las zonas Metropolitana y Norte (gráfica 107).



Gráfica 97: Concentración hepática media de B en *Sparisoma cretense* en las diferentes zonas de muestreo.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

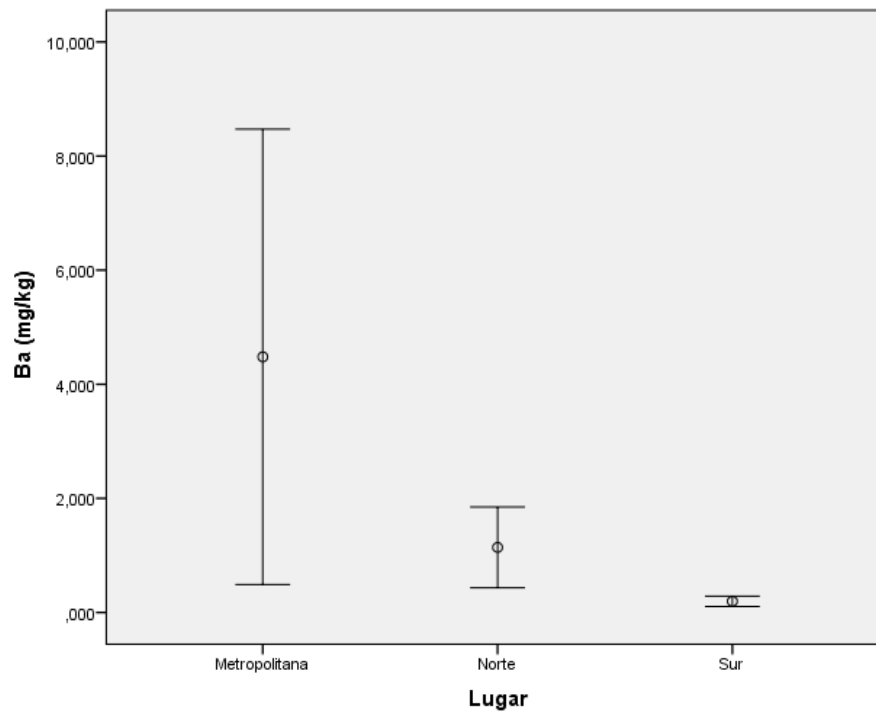
2020

Tabla 79: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | B | Metropolitana/Sur | B | Norte/Sur | B |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 31,000 | U de Mann-Whitney | 12,000 | U de Mann-Whitney | 1,000 |
| W de Wilcoxon | 86,000 | W de Wilcoxon | 67,000 | W de Wilcoxon | 56,000 |
| Z | -1,436 | Z | -2,873 | Z | -3,704 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,151 | Sig. asintót. (bilateral) | ,004 | Sig. asintót. (bilateral) | ,000 |

• **Bario**

La U de Mann-Whitney (tabla 80) establece diferencias significativas para la concentración de Ba en todas las zonas de estudio: existe una concentración media mayor en los individuos de la Zona Metropolitana, aunque con alta desviación estándar, seguida por los individuos de la Zona Norte y por último los individuos del Sur, que son los que menos metal acumulan (gráfica 108).



Gráfica 98: Concentración hepática media de Ba en *Sparisoma cretense* en las diferentes zonas de muestreo.

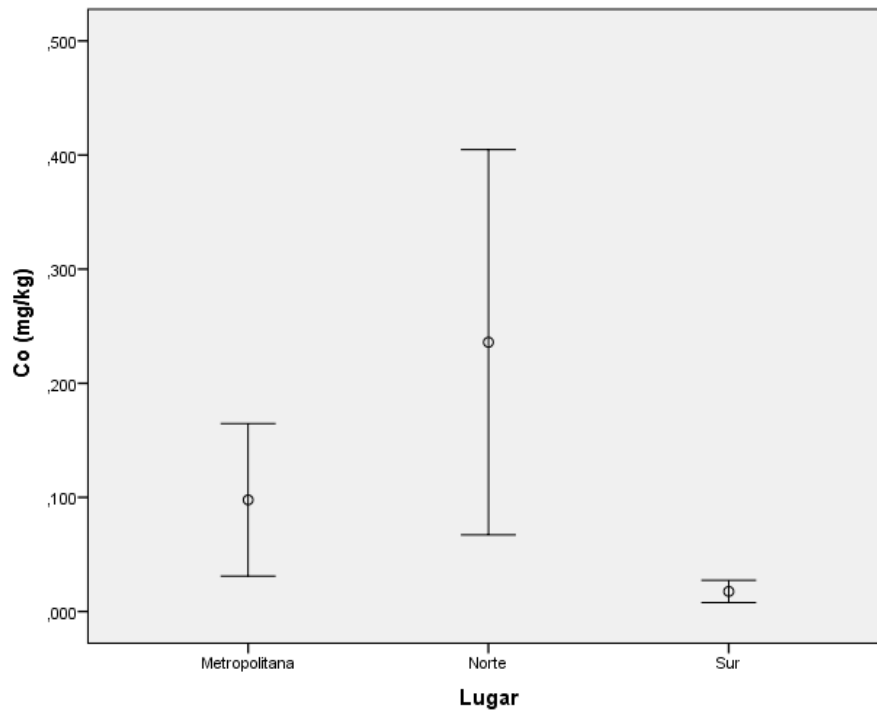
| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Tabla 80: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Ba | Metropolitana/Sur | Ba | Norte/Sur | Ba |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 11,000 | U de Mann-Whitney | ,000 | U de Mann-Whitney | 2,000 |
| W de Wilcoxon | 66,000 | W de Wilcoxon | 55,000 | W de Wilcoxon | 57,000 |
| Z | -2,948 | Z | -3,780 | Z | -3,628 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,003 | Sig. asintót. (bilateral) | ,000 | Sig. asintót. (bilateral) | ,000 |

• Cobalto

La U de Mann-Whitney (tabla 81) indica la existencia de diferencias estadísticas para la concentración media de Co entre los individuos de las zonas Norte y Sur, aunque estos no se diferencian significativamente de los individuos de la Zona Metropolitana (gráfica 109).



Gráfica 999: Concentración hepática media de Co en *Sparisoma cretense* en las diferentes zonas de muestreo.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

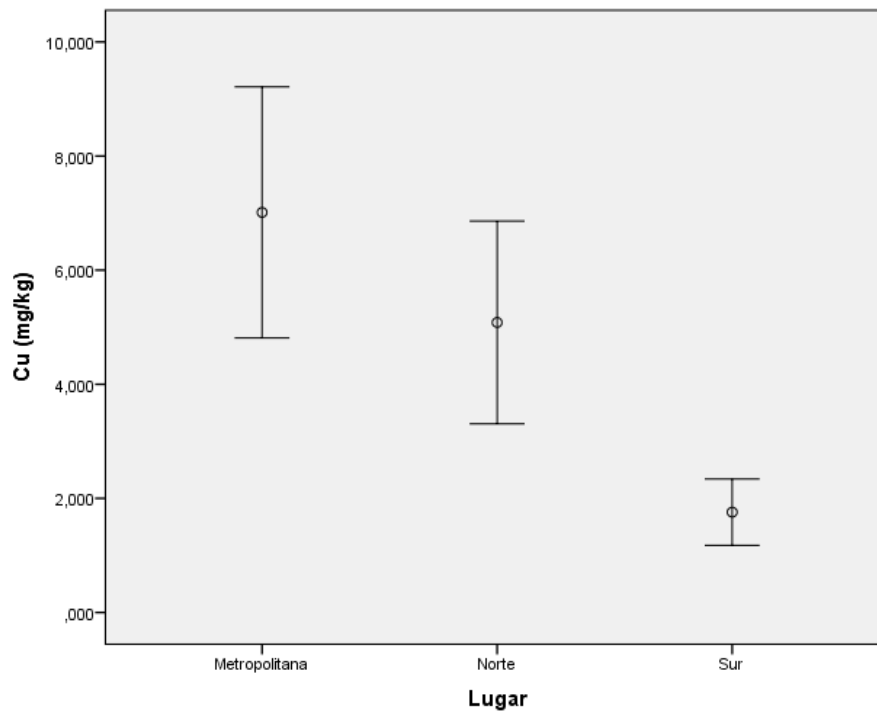
2020

Tabla 81: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Co | Metropolitana/Sur | Co | Norte/Sur | Co |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 36,000 | U de Mann-Whitney | 34,000 | U de Mann-Whitney | 8,500 |
| W de Wilcoxon | 91,000 | W de Wilcoxon | 89,000 | W de Wilcoxon | 63,500 |
| Z | -1,066 | Z | -1,236 | Z | -3,149 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,286 | Sig. asintót. (bilateral) | ,217 | Sig. asintót. (bilateral) | ,002 |

• **Cobre**

La U de Mann-Whitney (tabla 82) fija dos subgrupos, que se diferencian significativamente entre sí. El primer subgrupo está compuesto por los ejemplares de la Zona Sur, que contienen menos concentración de Cu que los individuos del segundo subgrupo, de las zonas Metropolitana y Norte, que no se diferencian estadísticamente entre sí (gráfica 110).



Gráfica 100: Concentración hepática media de Cu en *Sparisoma cretense* en las diferentes zonas de muestreo.

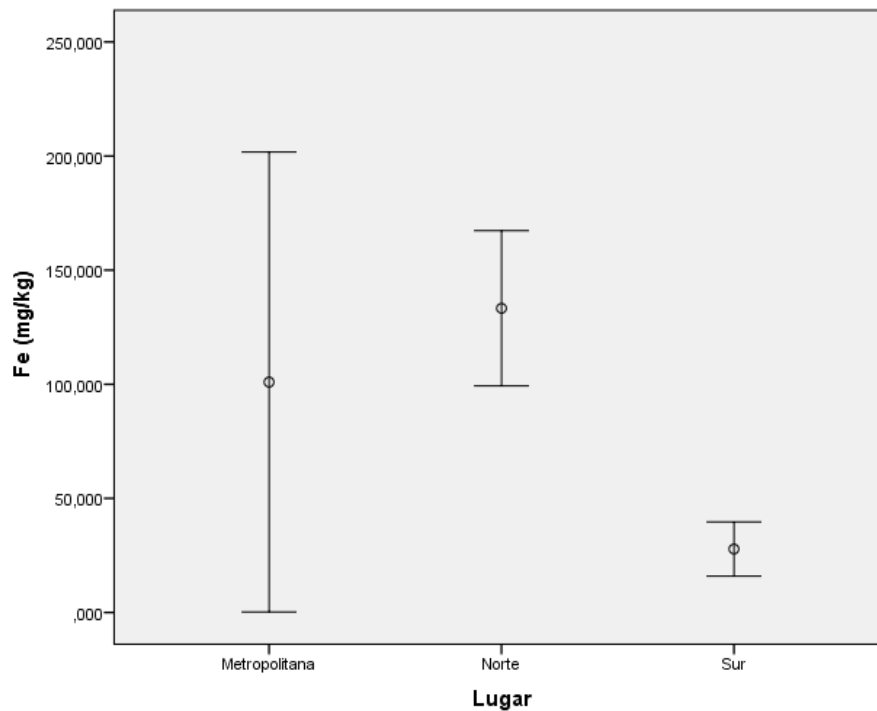
| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Tabla 24: U de Mann-Whitney

| Metropolitana/Norte | Cu | Metropolitana/Sur | Cu | Norte/Sur | Cu |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 31,000 | U de Mann-Whitney | 1,000 | U de Mann-Whitney | 8,000 |
| W de Wilcoxon | 86,000 | W de Wilcoxon | 56,000 | W de Wilcoxon | 63,000 |
| Z | -1,436 | Z | -3,704 | Z | -3,175 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,151 | Sig. asintót. (bilateral) | ,000 | Sig. asintót. (bilateral) | ,001 |

• Hierro

La U de Mann-Whitney (tabla 83) nos muestra diferencias significativas para la concentración de Fe en todas las zonas de estudio: existe una concentración media mayor en los individuos de la Zona Metropolitana, aunque con alta desviación estándar, seguida por los individuos de la Zona Norte y por último los individuos del Sur, que son los que menos metal acumulan (gráfica 111).



Gráfica 101: Concentración hepática media de Fe en *Sparisoma cretense* en las diferentes zonas de muestreo.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

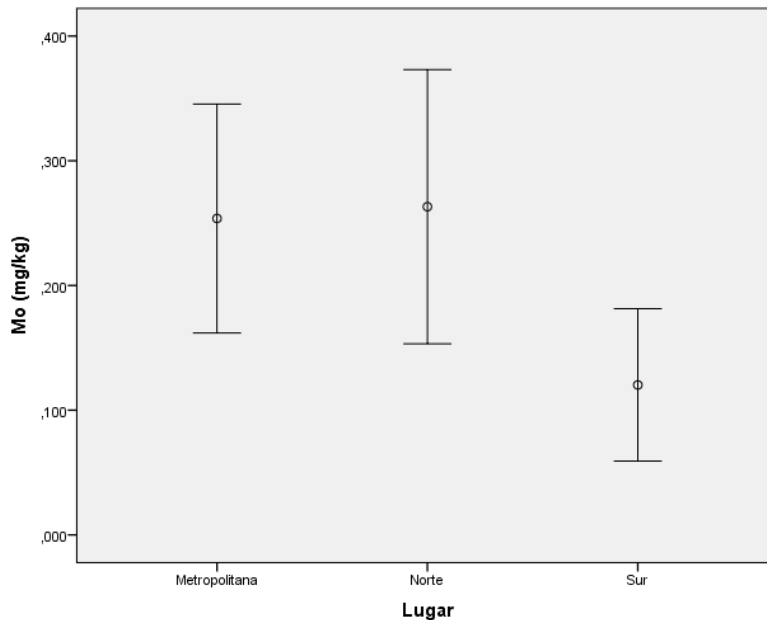
2020

Tabla 83: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Fe | Metropolitana/Sur | Fe | Norte/Sur | Fe |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 17,000 | U de Mann-Whitney | 17,000 | U de Mann-Whitney | 1,000 |
| W de Wilcoxon | 72,000 | W de Wilcoxon | 72,000 | W de Wilcoxon | 56,000 |
| Z | -2,495 | Z | -2,495 | Z | -3,704 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,013 | Sig. asintót. (bilateral) | ,013 | Sig. asintót. (bilateral) | ,000 |

• **Molibdeno**

La HSD Tukey para Mo (tabla 84) indica la existencia de diferencias estadísticas para la concentración media de Mo entre los individuos de las zonas Norte y Sur, aunque estos no se diferencian significativamente de los individuos de la Zona Metropolitana (gráfica 112).



Gráfica 102: Concentración hepática media de Mo en *Sparisoma cretense* en las diferentes zonas de muestreo.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020

Tabla 84: HSD Tukey para Mo.

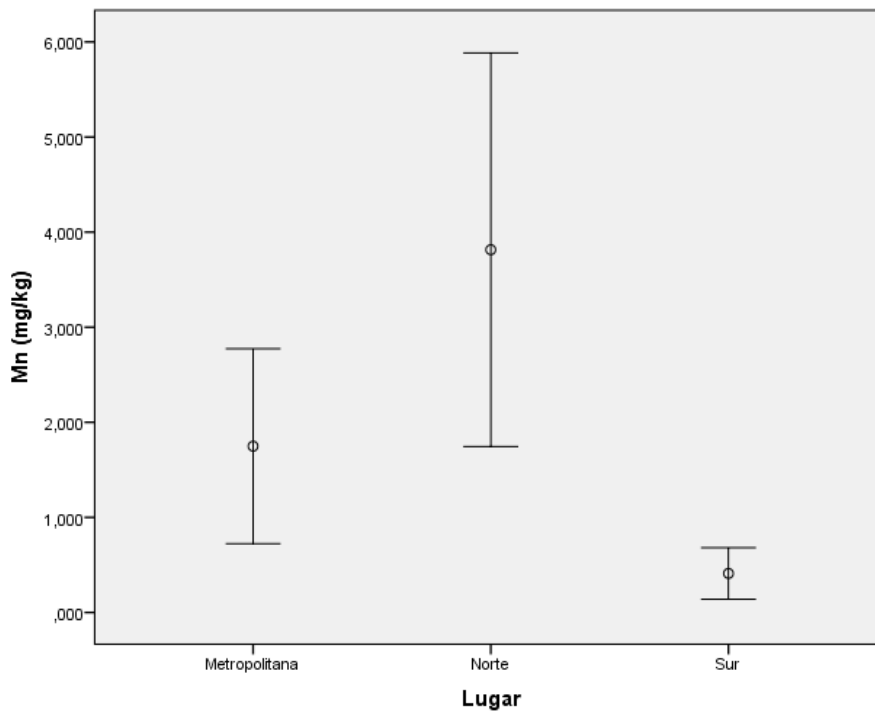
| Lu | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | |
|---------------|----|------------------------------|--------|
| | | 1 | 2 |
| Sur | 10 | ,12025 | |
| Metropolitana | 10 | ,25371 | ,25371 |
| Norte | 10 | | ,26316 |
| Sig. | | ,062 | ,985 |

• **Manganeso**

La U de Mann-Whitney (tabla 85) establece dos subgrupos, que se diferencian significativamente entre sí. El primer subgrupo está compuesto por los ejemplares de la Zona Sur, que contienen menor concentración media de Mn que los individuos del segundo subgrupo, de las zonas Metropolitana y Norte (gráfica 113).

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020



Gráfica 103: Concentración hepática media de Mn en *Sparisoma cretense* en las diferentes zonas de muestreo.

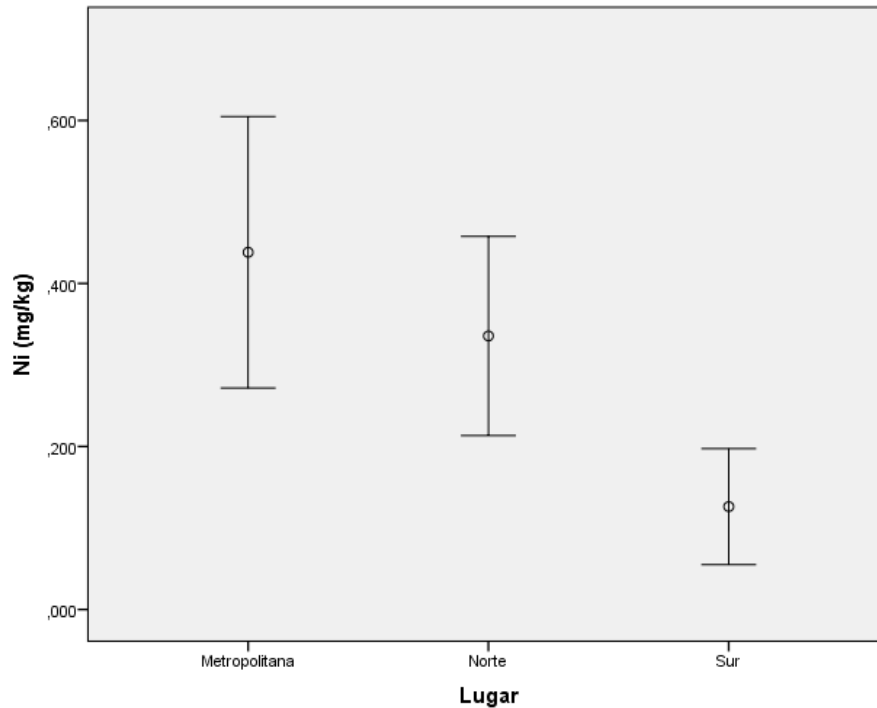
Tabla 85: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Mn | Metropolitana/Sur | Mn | Norte/Sur | Mn |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 25,000 | U de Mann-Whitney | 8,500 | U de Mann-Whitney | 2,000 |
| W de Wilcoxon | 80,000 | W de Wilcoxon | 63,500 | W de Wilcoxon | 57,000 |
| Z | -1,890 | Z | -3,149 | Z | -3,634 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,059 | Sig. asintót. (bilateral) | ,002 | Sig. asintót. (bilateral) | ,000 |

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

• **Níquel**

La U de Mann-Whitney (tabla 86) fija dos subgrupos, que se diferencian significativamente entre sí. El primer subgrupo está compuesto por los ejemplares de la Zona Sur, que contienen menor concentración media de Mn que los individuos del segundo subgrupo, de las zonas Metropolitana y Norte (gráfica 114).



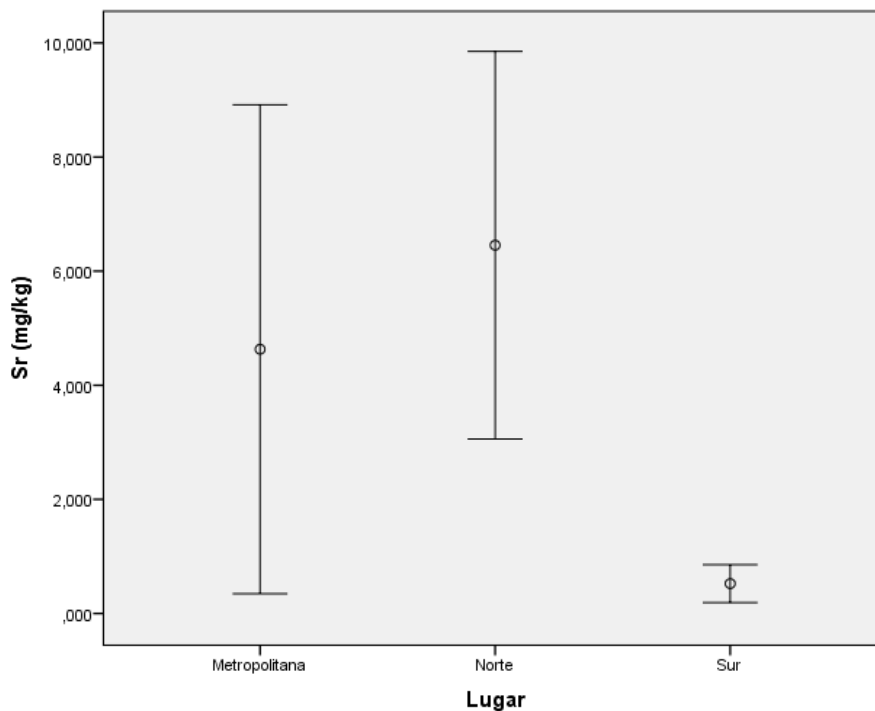
Gráfica 104: Concentración hepática media de Ni en *Sparisoma cretense* en las diferentes zonas de muestreo.

Tabla 86: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Ni | Metropolitana/Sur | Ni | Norte/Sur | Ni |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 39,000 | U de Mann-Whitney | 7,000 | U de Mann-Whitney | 13,000 |
| W de Wilcoxon | 94,000 | W de Wilcoxon | 62,000 | W de Wilcoxon | 68,000 |
| Z | -,832 | Z | -3,250 | Z | -2,797 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,406 | Sig. asintót. (bilateral) | ,001 | Sig. asintót. (bilateral) | ,005 |

• **Estroncio**

La U de Mann-Whitney (tabla 87) establece dos subgrupos, que se diferencian significativamente entre sí. El primer subgrupo está compuesto por los ejemplares de la Zona Sur, que contienen menor concentración media de Sr que los individuos del segundo subgrupo, de las zonas Metropolitana y Norte, estos últimos con grandes desviaciones estándar en los datos (gráfica 115).



Gráfica 105: Concentración hepática media de Sr en *Sparisoma cretense* en las diferentes zonas de muestreo.

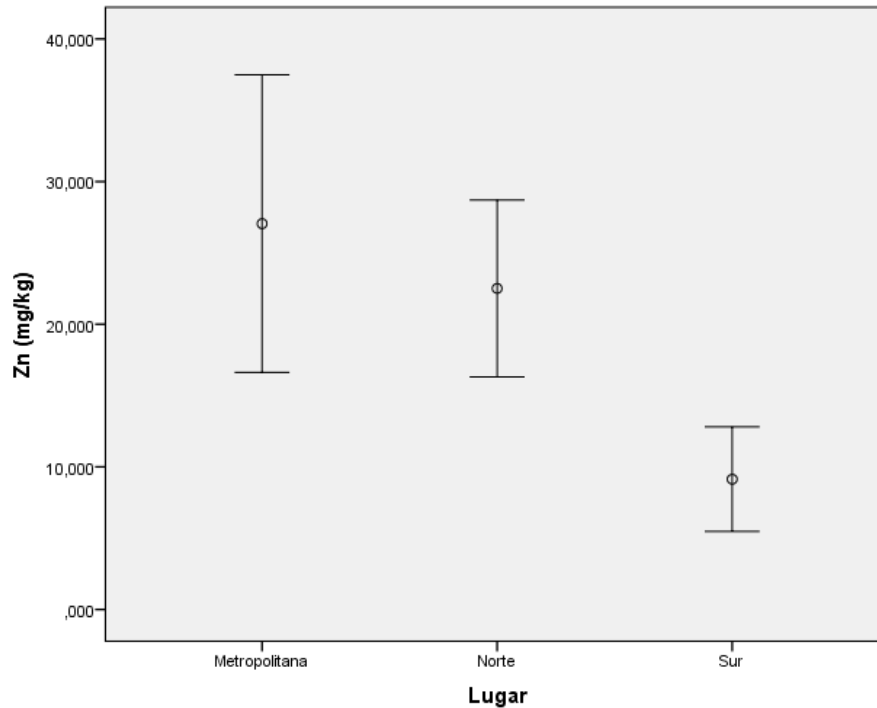
Tabla 87: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Sr | Metropolitana/Sur | Sr | Norte/Sur | Sr |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 31,000 | U de Mann-Whitney | 6,000 | U de Mann-Whitney | 2,000 |
| W de Wilcoxon | 86,000 | W de Wilcoxon | 61,000 | W de Wilcoxon | 57,000 |
| Z | -1,436 | Z | -3,326 | Z | -3,628 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,151 | Sig. asintót. (bilateral) | ,001 | Sig. asintót. (bilateral) | ,000 |

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

• Zinc

La U de Mann-Whitney (tabla 88) nos presenta dos subgrupos, que se diferencian significativamente entre sí. El primer subgrupo está compuesto por los ejemplares de la Zona Sur, que contienen menor concentración media de Zn que los individuos del segundo subgrupo, de las zonas Metropolitana y Norte (gráfica 116).



Gráfica 106: Concentración hepática media de Zn en *Sparisoma cretense* en las diferentes zonas de muestreo.

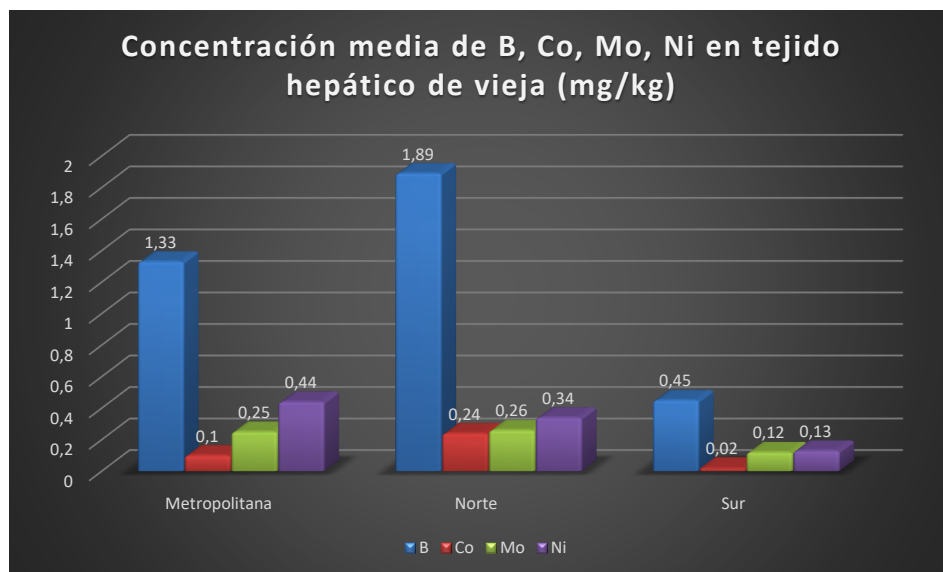
Tabla 88: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Zn | Metropolitana/Sur | Zn | Norte/Sur | Zn |
|---------------------------|--------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|
| U de Mann-Whitney | 44,000 | U de Mann-Whitney | 2,000 | U de Mann-Whitney | 8,000 |
| W de Wilcoxon | 99,000 | W de Wilcoxon | 57,000 | W de Wilcoxon | 63,000 |
| Z | -,454 | Z | -,3,628 | Z | -,3,175 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,650 | Sig. asintót. (bilateral) | ,000 | Sig. asintót. (bilateral) | ,001 |

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

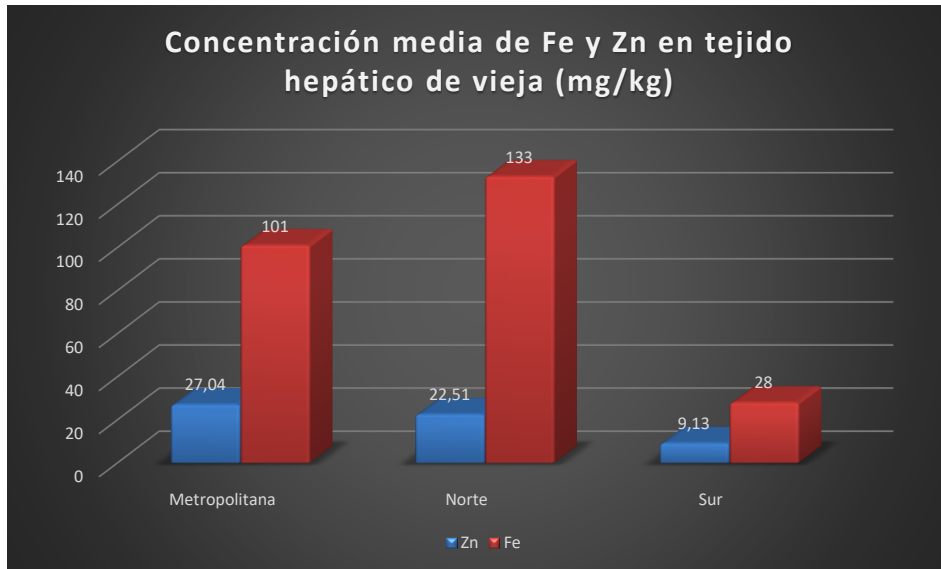
Concentraciones medias de metales traza y esenciales en el tejido hepático de vieja

Los metales traza y esenciales para los que han existido diferencias significativas denotaban muchas cantidades medias diferentes, por lo que se han representado en tres gráficas para una mejor interpretación de los datos, dado que existen diversos patrones entre todos los metales pero se guarda una relación proporcional entre ellos (gráficas 117-119).

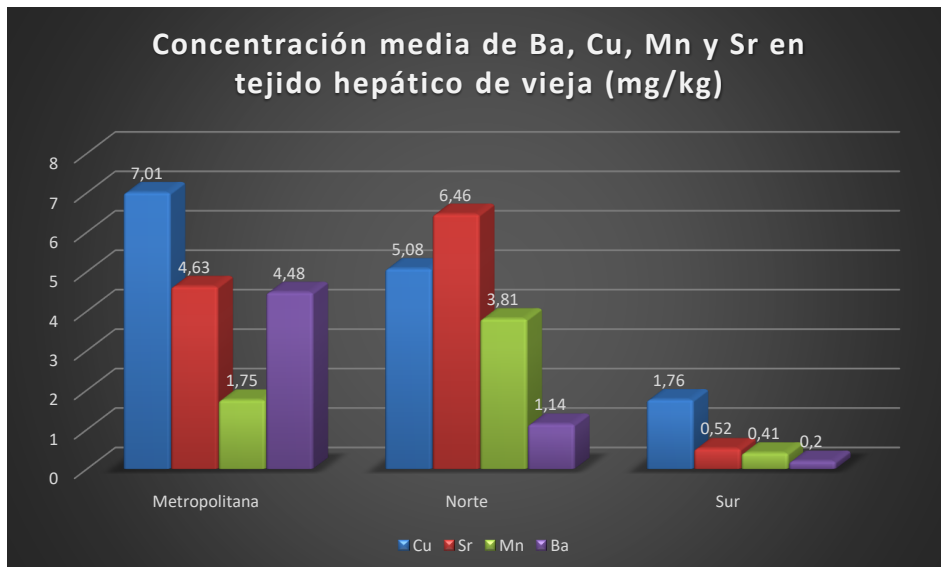


Gráfica 107: Concentración media de B, Co, Mo y Ni en el tejido hepático de vieja en diferentes zonas.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |



Gráfica 1088: Concentración media de Zn y Fe en el tejido hepático de vieja en diferentes zonas.



Gráfica 1099: Concentración media de Ba, Cu, Mn y Sr en el tejido hepático de vieja en diferentes zonas.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Cabrilla (*Serranus atricauda*)

La tabla 89 contiene las medias metálicas y desviaciones estándar en tejido hepático determinadas en los ejemplares de cabrilla capturados en las tres zonas:

Tabla 25: Concentraciones medias \pm desviación estándar en cabrilla por zona (mg/kg) en tejido hepático.

| Metal/Spp | N | Media \pm *desvest | Metal/Spp | N | Media \pm *desvest | | |
|-----------|---------------|----------------------|-------------------|---------------|----------------------|-------------------|-------------------|
| | Metropolitana | 10 | 35,97 \pm 46,11 | Metropolitana | 10 | 3,79 \pm 4,74 | |
| Al | Norte | 10 | 43,96 \pm 29,30 | Li | Norte | 10 | 6,99 \pm 3,79 |
| | Sur | 10 | 15,12 \pm 10,31 | | Sur | 10 | 2,40 \pm 1,25 |
| | Metropolitana | 10 | 1,17 \pm 1,12 | Metropolitana | 10 | 340 \pm 249 | |
| B | Norte | 10 | 0,55 \pm 0,18 | Mg | Norte | 10 | 293 \pm 86 |
| | Sur | 10 | 1,03 \pm 0,47 | | Sur | 10 | 346 \pm 154 |
| | Metropolitana | 10 | 0,62 \pm 0,51 | Metropolitana | 10 | 2,03 \pm 2,11 | |
| Ba | Norte | 10 | 2,76 \pm 2,93 | Mn | Norte | 10 | 1,57 \pm 0,61 |
| | Sur | 10 | 0,51 \pm 0,23 | | Sur | 10 | 1,57 \pm 0,88 |
| | Metropolitana | 10 | 446 \pm 676 | Metropolitana | 10 | 0,21 \pm 0,20 | |
| Ca | Norte | 10 | 403 \pm 246 | Mo | Norte | 10 | 0,14 \pm 0,02 |
| | Sur | 10 | 428 \pm 234 | | Sur | 10 | 0,24 \pm 0,12 |
| | Metropolitana | 10 | 1,19 \pm 1,12 | Metropolitana | 10 | 1725 \pm 845 | |
| Cd | Norte | 10 | 1,51 \pm 0,84 | Na | Norte | 10 | 1429 \pm 270 |
| | Sur | 10 | 0,65 \pm 0,38 | | Sur | 10 | 2009 \pm 844 |
| | Metropolitana | 10 | 0,08 \pm 0,02 | Metropolitana | 10 | 0,37 \pm 0,88 | |
| Co | Norte | 10 | 0,01 \pm 0,01 | Ni | Norte | 10 | 0,29 \pm 0,13 |
| | Sur | 10 | 0,03 \pm 0,06 | | Sur | 10 | 0,06 \pm 0,09 |
| | Metropolitana | 10 | 0,08 \pm 0,17 | Metropolitana | 10 | 0,16 \pm 0,12 | |
| Cr | Norte | 10 | 0,76 \pm 0,26 | Pb | Norte | 10 | 0,23 \pm 0,14 |
| | Sur | 10 | 0,01 \pm 0,05 | | Sur | 10 | 0,10 \pm 0,07 |
| | Metropolitana | 10 | 4,80 \pm 3,07 | Metropolitana | 10 | 3,85 \pm 5,21 | |
| Cu | Norte | 10 | 4,47 \pm 1,67 | Sr | Norte | 10 | 3,17 \pm 1,87 |
| | Sur | 10 | 3,91 \pm 1,91 | | Sur | 10 | 3,08 \pm 2,01 |
| | Metropolitana | 10 | 145 \pm 198 | Metropolitana | 10 | 0,11 \pm 0,20 | |
| Fe | Norte | 10 | 127 \pm 44 | V | Norte | 10 | 0,36 \pm 0,27 |
| | Sur | 10 | 129 \pm 92 | | Sur | 10 | 0,41 \pm 0,80 |
| | Metropolitana | 10 | 3509 \pm 3048 | Metropolitana | 10 | 30,48 \pm 20,92 | |
| K | Norte | 10 | 2360 \pm 319 | Zn | Norte | 10 | 23,27 \pm 1,86 |
| | Sur | 10 | 3486 \pm 1931 | | Sur | 10 | 29,59 \pm 12,44 |

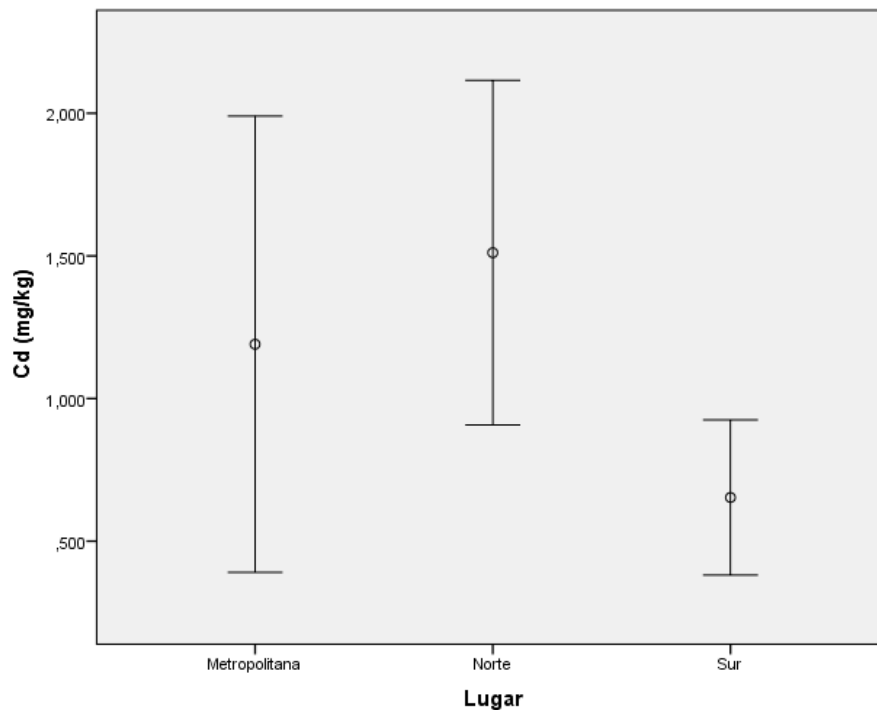
Resultado = <0,001: por debajo del límite de detección.

* Desvest: desviación estándar (mg/kg).

METALES TÓXICOS

• **Cadmio**

La U de Mann-Whitney (tabla 90) nos muestra que existen diferencias significativas para la concentración media de Cd entre los individuos de la zona Norte y el Sur, pero estas concentraciones no se diferencian estadísticamente de los individuos de la Zona Metropolitana (gráfica 120).



Gráfica 110: Concentración hepática media de Cd en *Serranus atricauda* en las diferentes zonas de muestreo.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

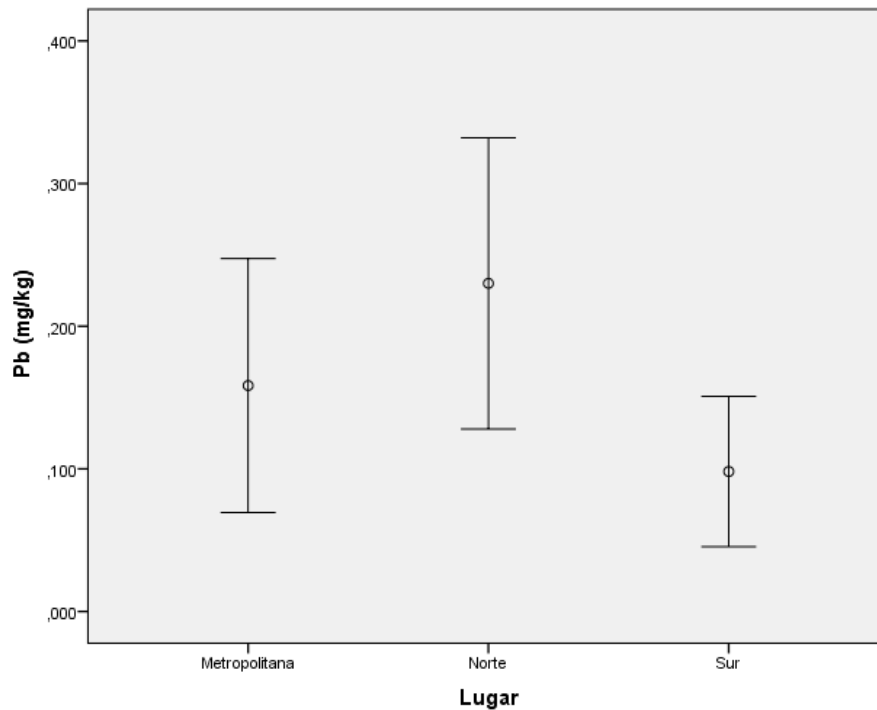
2020

Tabla 90: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Cd | Metropolitana/Sur | Cd | Norte/Sur | Cd |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 33,000 | U de Mann-Whitney | 32,000 | U de Mann-Whitney | 10,000 |
| W de Wilcoxon | 88,000 | W de Wilcoxon | 87,000 | W de Wilcoxon | 65,000 |
| Z | -1,285 | Z | -1,361 | Z | -3,024 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,199 | Sig. asintót. (bilateral) | ,174 | Sig. asintót. (bilateral) | ,002 |

• **Plomo**

La U de Mann-Whitney (tabla 91) establece que existen diferencias significativas para la concentración media de Pb entre los individuos de la zona Norte y el Sur, pero estas concentraciones no se diferencian estadísticamente de los individuos de la Zona Metropolitana (gráfica 121).



Gráfica 111: Concentración hepática media de Pb en *Serranus atricauda* en las diferentes zonas de muestreo.

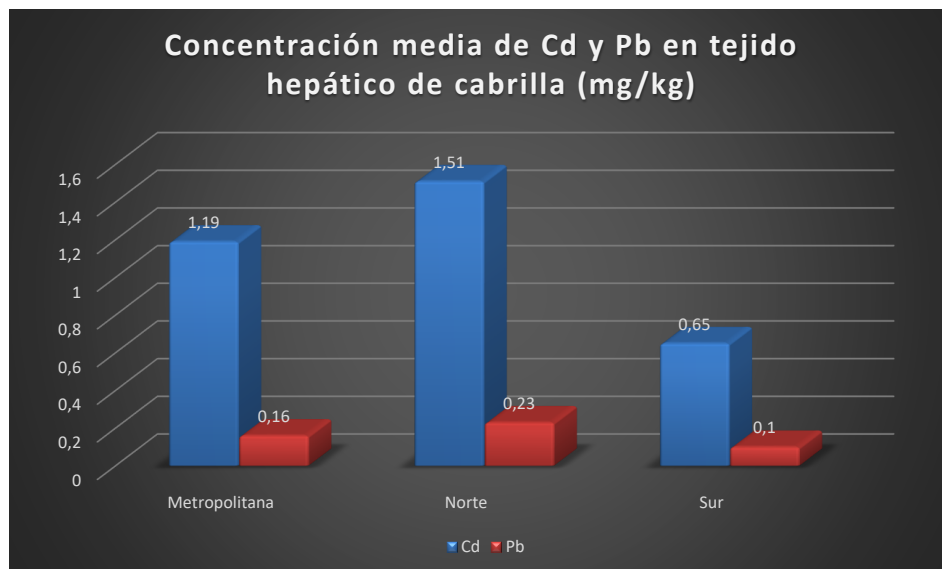
| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Tabla 91: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Pb | Metropolitana/Sur | Pb | Norte/Sur | Pb |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 35,000 | U de Mann-Whitney | 35,000 | U de Mann-Whitney | 14,000 |
| W de Wilcoxon | 90,000 | W de Wilcoxon | 90,000 | W de Wilcoxon | 69,000 |
| Z | -1,134 | Z | -1,134 | Z | -2,721 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,257 | Sig. asintót. (bilateral) | ,257 | Sig. asintót. (bilateral) | ,007 |

Concentraciones medias de metales tóxicos en el tejido hepático de cabrilla

La gráfica 122 expone la concentración hepática de Cd y Pb por zonas. Se puede observar en este caso que los hígados de esta especie en la Zona Norte son los que más concentración media acumulan de Cd y Pb, mientras que los tejidos hepáticos del Sur son los que menos acumulan; todos guardan una proporción de 7:1 entre Cd y Pb.



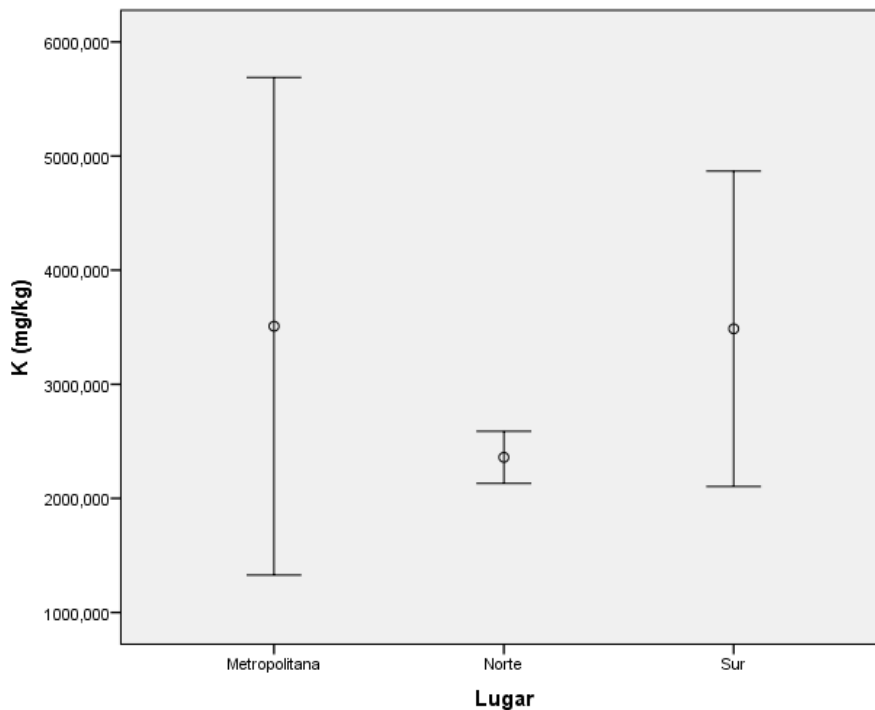
Gráfica 112: Concentración media de Cd y Pb en el tejido hepático de cabrilla en diferentes zonas.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

MACRONUTRIENTES

• **Potasio**

La U de Mann-Whitney (tabla 92) fija la existencia de diferencias significativas para la concentración media de K entre los individuos de las zonas Norte y Sur, pero estas concentraciones no se diferencian estadísticamente de los individuos de la Zona Metropolitana (gráfica 123).



Gráfica 113: Concentración hepática media de K en *Serranus atricauda* en las diferentes zonas de muestreo.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

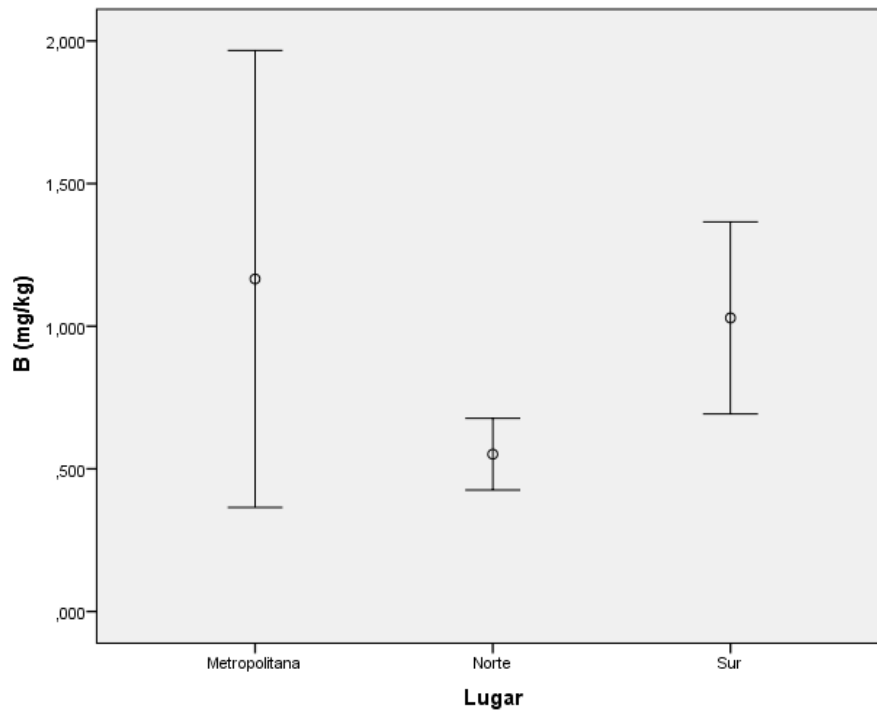
Tabla 92: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | K | Metropolitana/Sur | K | Norte/Sur | K |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 37,000 | U de Mann-Whitney | 39,000 | U de Mann-Whitney | 13,000 |
| W de Wilcoxon | 92,000 | W de Wilcoxon | 94,000 | W de Wilcoxon | 68,000 |
| Z | -,983 | Z | -,832 | Z | -,2797 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,326 | Sig. asintót. (bilateral) | ,406 | Sig. asintót. (bilateral) | ,005 |

METALES ESENCIALES Y TRAZAS

- **Boro**

La U de Mann-Whitney (tabla 93) establece que existen diferencias significativas para la concentración media de Pb entre los individuos de las zonas Norte y Sur, pero estas concentraciones no se diferencian estadísticamente de los individuos de la Zona Metropolitana (gráfica 124).



Gráfica 114: Concentración hepática media de B en *Serranus atricauda* en las diferentes zonas de muestreo.

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

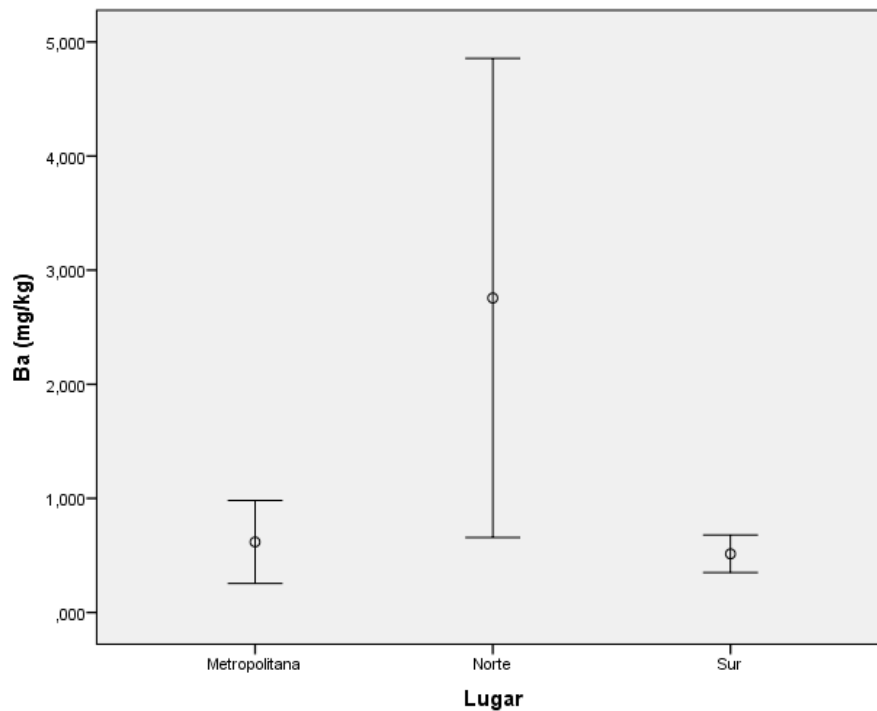
2020

Tabla 93: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | B | Metropolitana/Sur | B | Norte/Sur | B |
|---------------------------|--------|---------------------------|---------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 26,000 | U de Mann-Whitney | 49,000 | U de Mann-Whitney | 18,000 |
| W de Wilcoxon | 81,000 | W de Wilcoxon | 104,000 | W de Wilcoxon | 73,000 |
| Z | -1,815 | Z | -,076 | Z | -2,419 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,070 | Sig. asintót. (bilateral) | ,940 | Sig. asintót. (bilateral) | ,016 |

• **Bario**

La U de Mann-Whitney (tabla 94) nos presenta dos subgrupos, que se diferencian estadísticamente. El primer subgrupo, compuesto por la Zona Norte, contiene la mayor cantidad de Ba, aunque con alta desviación estándar, diferenciándose significativamente de las zonas Metropolitana y Sur, que forman el segundo subgrupo (gráfica 125).



Gráfica 1155: Concentración hepática media de Ba en *Serranus atricauda* en las diferentes zonas de muestreo.

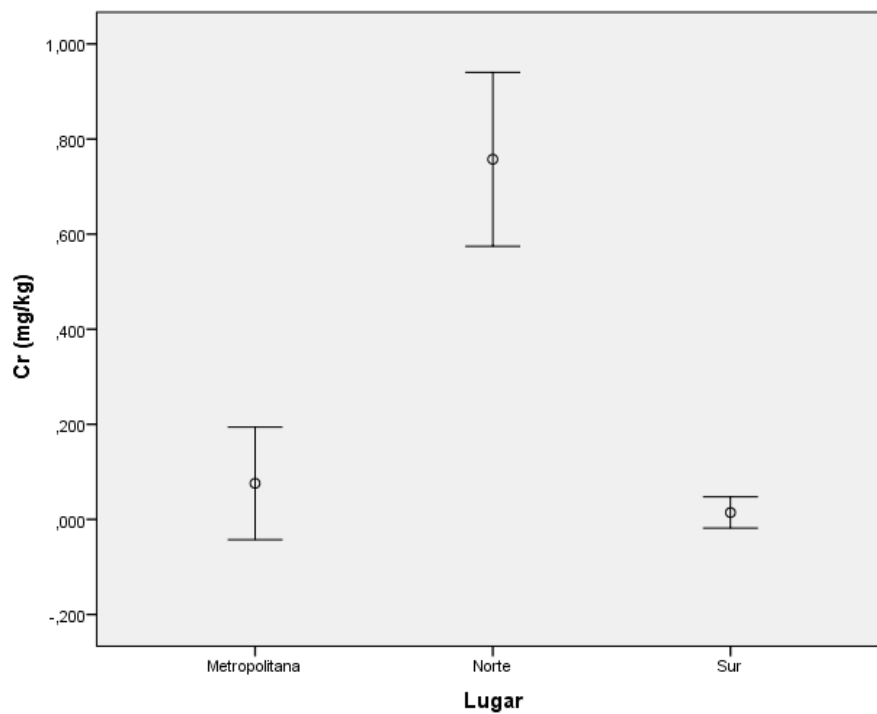
| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Tabla 9426: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Ba | Metropolitana/Sur | Ba | Norte/Sur | Ba |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 19,000 | U de Mann-Whitney | 43,000 | U de Mann-Whitney | 11,000 |
| W de Wilcoxon | 74,000 | W de Wilcoxon | 98,000 | W de Wilcoxon | 66,000 |
| Z | -2,344 | Z | -,529 | Z | -2,948 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,019 | Sig. asintót. (bilateral) | ,597 | Sig. asintót. (bilateral) | ,003 |

• Cromo

La U de Mann-Whitney (tabla 95) fija dos subgrupos, que se diferencian estadísticamente. El primer subgrupo, compuesto por la Zona Norte, contiene la mayor cantidad de Cr, aunque con una desviación estándar alta, y se diferencia significativamente de las concentraciones halladas en los ejemplares de las zonas Metropolitana y Sur (gráfica 116).



Gráfica 116: Concentración hepática media de Cr en *Serranus atricauda* en las diferentes zonas de muestreo.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

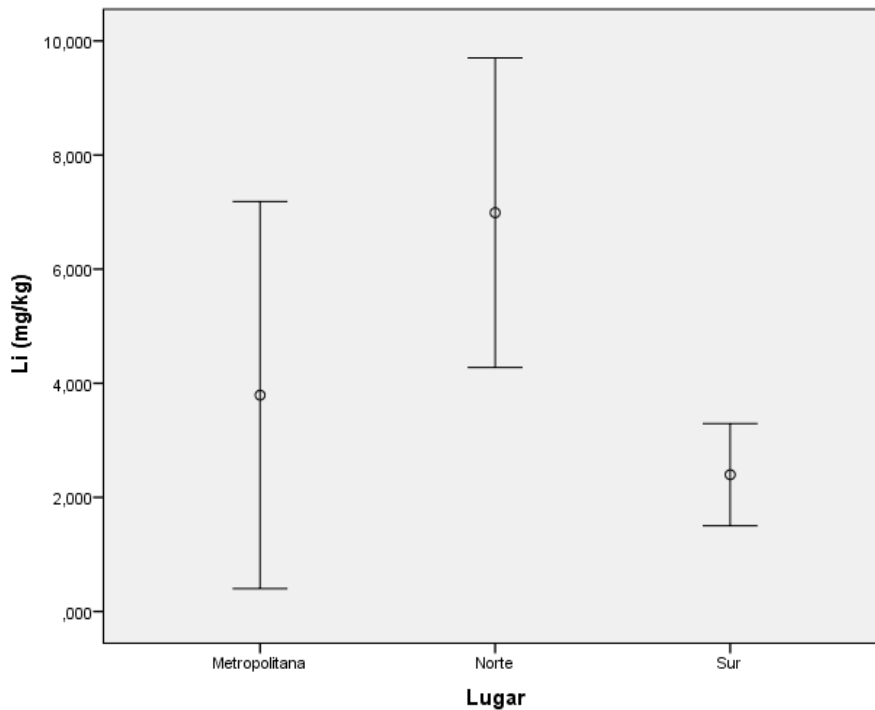
2020

Tabla 9527: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Cr | Metropolitana/Sur | Cr | Norte/Sur | Cr |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 1,000 | U de Mann-Whitney | 44,000 | U de Mann-Whitney | ,000 |
| W de Wilcoxon | 56,000 | W de Wilcoxon | 99,000 | W de Wilcoxon | 55,000 |
| Z | -3,827 | Z | -,730 | Z | -3,963 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,000 | Sig. asintót. (bilateral) | ,466 | Sig. asintót. (bilateral) | ,000 |

• **Litio**

La U de Mann-Whitney (tabla 96) establece dos subgrupos, que se diferencian estadísticamente. El primer subgrupo, compuesto por los ejemplares de la Zona Norte, contienen la mayor cantidad de Li y se diferencian significativamente de los ejemplares de las zonas Metropolitana y Sur (gráfica 127).



Gráfica 117: Concentración hepática media de Li en *Serranus atricauda* en las diferentes zonas de muestreo.

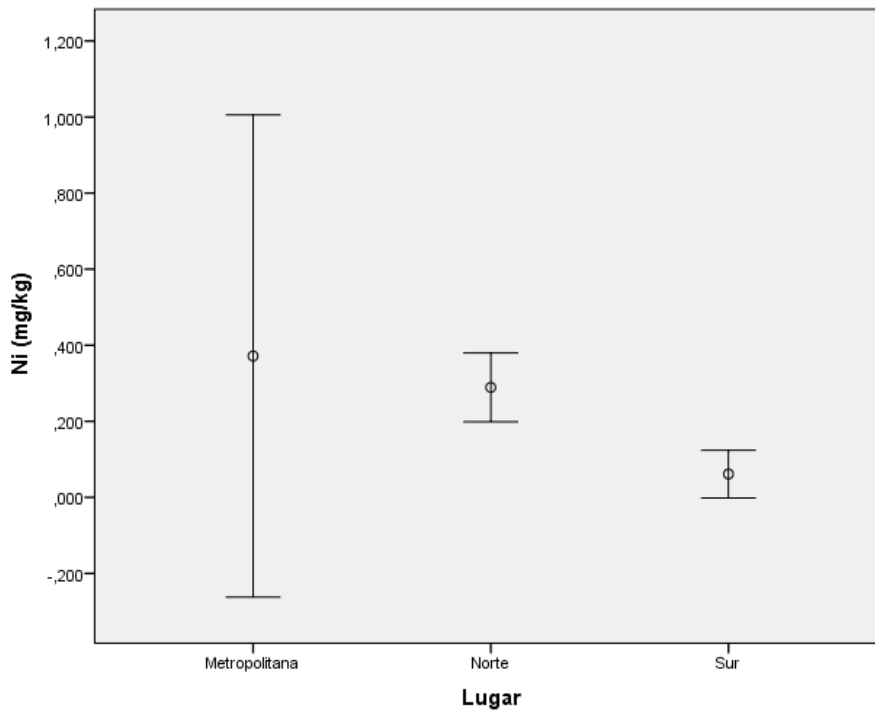
| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Tabla 9628: U de Mann-Whitney.

| Metropolitana/Norte | Li | Metropolitana/Sur | Li | Norte/Sur | Li |
|---------------------------|--------|---------------------------|---------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 21,000 | U de Mann-Whitney | 48,000 | U de Mann-Whitney | 8,000 |
| W de Wilcoxon | 76,000 | W de Wilcoxon | 103,000 | W de Wilcoxon | 63,000 |
| Z | -2,193 | Z | -,151 | Z | -3,175 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,028 | Sig. asintót. (bilateral) | ,880 | Sig. asintót. (bilateral) | ,001 |

• Níquel

La U de Mann-Whitney (tabla 97) muestra la existencia de diferencias significativas para la concentración media de Ni entre los individuos de las zonas Norte y Sur, pero estas concentraciones no se diferencian estadísticamente de los individuos de la Zona Metropolitana (gráfica 128).



Gráfica 1188: Concentración hepática media de Ni en *Serranus atricauda* en las diferentes zonas de muestreo.

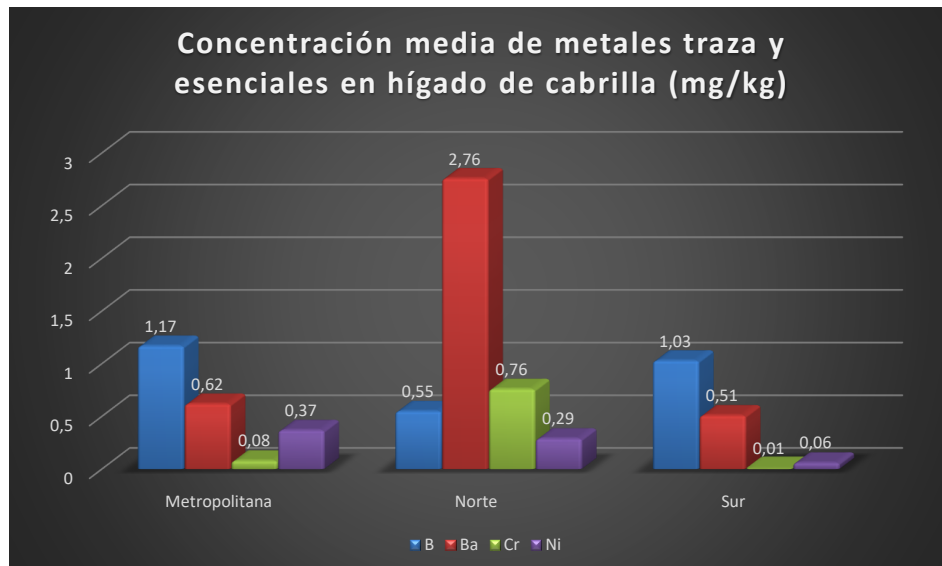
| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Tabla 97: U de Mann-Whitney.

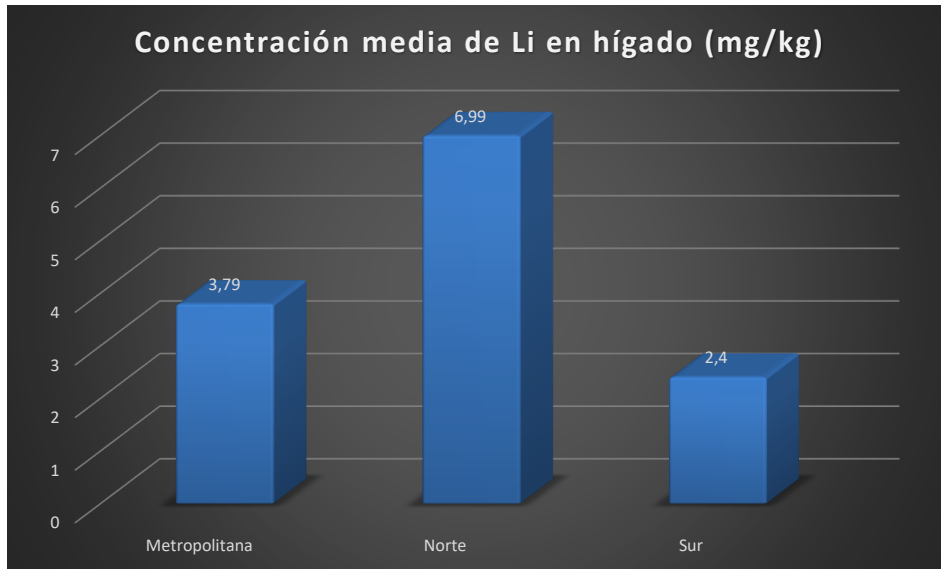
| Metropolitana/Norte | Ni | Metropolitana/Sur | Ni | Norte/Sur | Ni |
|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| U de Mann-Whitney | 26,000 | U de Mann-Whitney | 42,000 | U de Mann-Whitney | 7,000 |
| W de Wilcoxon | 81,000 | W de Wilcoxon | 97,000 | W de Wilcoxon | 62,000 |
| Z | -1,839 | Z | -,683 | Z | -3,294 |
| Sig. asintót. (bilateral) | ,066 | Sig. asintót. (bilateral) | ,495 | Sig. asintót. (bilateral) | ,001 |

Concentraciones medias de metales traza y esenciales en el tejido hepático de cabrilla

Los metales traza y esenciales en hígado de cabrilla (B, Li, Ba y Cr) se encuentran en mayor concentración media en los ejemplares de la Zona Norte y menor concentración media en los ejemplares de la Zona Sur, mientras que el Ni se encuentra en mayor concentración en los ejemplares de la Zona Metropolitana, aunque estas concentraciones son estadísticamente similares a las de las zonas Norte y Sur (gráficas 129 y 130).



Gráfica 119: Concentración media de metales traza y esenciales en el tejido hepático de cabrilla en diferentes zonas.



Gráfica 120: Concentración media de Li en el tejido hepático de cabrilla en diferentes zonas.

6.5. Estudio de correlaciones entre la longitud y el contenido metálico en todas las especies en conjunto

6.5.1. Tejido muscular

Se ha determinado la existencia de correlaciones entre la longitud de los ejemplares de las tres especies y el contenido metálico. Para ello se ha utilizado la prueba de correlación de Spearman, comparando todas las concentraciones metálicas frente a la longitud de los ejemplares, lo que ha permitido obtener correlaciones significativas positivas para B, Cd, Fe y K. Es decir, existe una tendencia de que, a medida que aumenta el tamaño de los individuos, aumenta la concentración de estos metales por acumulación en los tejidos. Esto apunta a que hay cierta tendencia de estos metales a ser más abundantes conforme aumenta el tamaño del ejemplar. La tabla 98 resume los coeficientes de correlación, nivel de significación bilateral y número de ejemplares analizados.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Tabla 98: Correlaciones de longitud frente a concentración metálica.

| | | B (mg/kg) | Cd (mg/kg) | Fe (mg/kg) | K (mg/kg) |
|--------------------------|--------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| Longitud estándar | Correlación de Spearman | 0,235* | 0,237* | 0,353** | 0,258* |
| | Sig. Bilateral | 0,026 | 0,024 | 0,001 | 0,014 |
| | N | 90 | 90 | 90 | 90 |

* Correlación significativa a nivel bilateral (0,05).

** Correlación significativa a nivel bilateral (0,01).

6.5.2. Tejido hepático

No existen correlaciones para la longitud frente a la concentración metálica en el tejido hepático.

6.6. Estudio de correlaciones entre metales pesados tóxicos y otro tipo de metales en diferentes especies

6.6.1. Estudio en músculo

No existen correlaciones entre la concentración de metales pesados tóxicos frente al resto de los metales en el tejido muscular.

6.6.2. Estudio en hígado

- **Aluminio**

No se han determinado correlaciones estadísticamente significativas entre la concentración metálica de aluminio y otros metales en el tejido hepático.

- **Cadmio**

Se ha determinado la existencia de correlaciones entre la concentración de cadmio de los ejemplares de las tres especies y el contenido metálico. Para ello se ha utilizado la prueba de correlación de Spearman, comparando todas las concentraciones metálicas frente a la concentración de cadmio de los ejemplares; así, se han obtenido correlaciones significativas positivas para Mo y Zn. Es decir, existe una tendencia de que, a mayor concentración de cadmio en tejido hepático, también aumenta la concentración de estos metales correlacionados. Cabe recordar que el Zn y el Cd son metales divalentes que pueden competir entre sí; un eventual aumento de concentración de Cd podría disminuir la concentración de Zn.

Tabla 99: Coeficientes de correlación de Spearman para Cd vs. otros metales en tejido muscular.

| | | Mo | Zn |
|----|----------------|--------|--------|
| Cd | C. de Spearman | ,399** | ,602** |
| | Sig. Bilateral | ,000 | ,000 |
| | N | 90 | 90 |

• **Plomo**

Se ha determinado la existencia de correlaciones entre la concentración de plomo de los ejemplares de las tres especies y el contenido metálico. Para ello se ha utilizado la prueba de correlación de Spearman, comparando todas las concentraciones metálicas frente a la concentración de cadmio de los ejemplares. Se han obtenido correlaciones significativas positivas para Ca, Fe, Mo, Ni, Sr y Zn. Es decir, existe una tendencia de que, a mayor concentración de Pb en tejido hepático, aumenta la concentración de los metales correlacionados.

Tabla 100: Coeficientes de correlación de Spearman para Pb vs. otros metales en tejido hepático.

| | | Ca | Fe | Mo | Sr | Zn |
|----|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Pb | C. de Spearman | ,346** | ,542** | ,507** | ,444** | ,579** |
| | Sig. Bilateral | ,001 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 |
| | N | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 |

7. Comparación con otros autores

METALES PESADOS TÓXICOS

• **Aluminio**

La tabla 101 expone resultados obtenidos por otros autores que han realizado estudios de contenidos de Al en peces de Canarias. Se observa como la media de concentración para el aluminio en nuestros ejemplares de estudio es de media más baja que la de otros estudios realizados en las Islas Canarias.

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020

Tabla 10129: Comparación con otros autores para el contenido de Al en diversas especies de las Islas Canarias.

| Especie | Tejido | [Al] mg/kg | Referencia |
|---------------------------------|---------------|-------------------|------------------------------|
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 1,45±0,78 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 1,45±0,86 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Músculo | 1,11±1,02 | Nuestro estudio |
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 2,86 ± 2,23 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Chelon labrosus</i> | Músculo | 2,84 ± 2,69 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 2,36 ± 1,55 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Músculo | 2,98±2,48 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 36,98±28,55 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 37,83±28,78 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Hígado | 31,69±33,35 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Hígado | 17,65±12,37 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 17,60±8,92 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Chelon labrosus</i> | Hígado | 21,99±8,65 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 7,61±3,70 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |

En el tejido muscular se puede observar que nuestro estudio arroja resultados medios menores para la concentración de aluminio en peces con respecto a otros autores; en un principio cabría esperar que ocurriera lo mismo en el hígado. Sin embargo, esto no sucede, ya que cuando se hace la comparación con el hígado las concentraciones medias de Al en nuestro estudio son mayores que las de los resultados obtenidos por otros autores, y la concentración de Al en nuestro estudio para la vieja es notablemente mayor. Cabe destacar que las muestras de Afonso fueron recolectadas antes de 2014, y en una isla diferente, por lo que puede estar influyendo la especie de la que se trata, el tamaño de los ejemplares, la zona de pesca y el tiempo en el que fueron capturados los ejemplares.

- **Cadmio**

La tabla 102 expone resultados obtenidos por otros autores que han realizado estudios de contenidos de Cd en peces de Canarias.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020

Tabla 30: Comparación con otros autores para el contenido de Cd en diversas especies de las Islas Canarias.

| Especie | Tejido | [Cd] mg/kg | Referencia |
|---------------------------------|---------|---------------|------------------------------------|
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 0,007±0,01 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | <0,001 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Músculo | 0,004±0,004 | Nuestro estudio |
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 0,0021±0,0009 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Chelon labrosus</i> | Músculo | 0,0020±0,0009 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 0,0015±0,0005 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Músculo | 0,0025±0,0014 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Bodianus scrofa</i> | Músculo | 0,0079±0,0058 | Lozano <i>et al.</i> , 2009 |
| <i>Mycteroperca fusca</i> | Músculo | 0,0107±0,0079 | Lozano <i>et al.</i> , 2009 |
| <i>Centroscymnus</i> | Músculo | 0,0602±0,0725 | Lozano <i>et al.</i> , 2009 |
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 0,07±0,02 | Díaz <i>et al.</i> , 1994 |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 0,77±0,03 | Díaz <i>et al.</i> , 1994 |
| <i>Boops</i> | Músculo | 0,08±0,03 | G.-Montelongo <i>et al.</i> , 1994 |
| <i>Mullus surmuletus</i> | Músculo | 0,09±0,03 | G.-Montelongo <i>et al.</i> , 1994 |
| <i>Serranus cabrilla</i> | Músculo | 0,34 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Serranus scriba</i> | Músculo | 0,34 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 0,24 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Hígado | 2,67±2,32 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 1,28±0,71 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Chelon labrosus</i> | Hígado | 0,30±0,19 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 0,07±0,09 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Bodianus scrofa</i> | Hígado | 1,854 ± 1,11 | Lozano <i>et al.</i> , 2009 |
| <i>Mycteroperca fusca</i> | Hígado | 0,65 ± 0,92 | Lozano <i>et al.</i> , 2009 |
| <i>Centroscymnus</i> | Hígado | 3,26 ± 4,25 | Lozano <i>et al.</i> , 2009 |
| <i>Serranus cabrilla</i> | Hígado | 4,08 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Serranus scriba</i> | Hígado | 0,25 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 0,58 | El-Said and Youssef, 2009 |

En el tejido muscular se puede observar que las concentraciones medias son similares a las obtenidas por otros autores. Cabe destacar que en el presente estudio la concentración de Cd en *Sparisoma cretense* dio un valor por debajo del límite de detección. No obstante, Afonso *et al.* (2017a, 2017b) obtuvieron un valor de 0,0015 mg/kg de Cd en esta especie, un valor muy cercano a 0 y el valor más pequeño de las especies estudiadas, al igual que ocurre en el presente estudio. Por otra parte, los autores que publicaron en 2009 y 1994 obtuvieron datos con mayor concentración de

Cd; esto puede ocurrir debido a la poca tendencia de acumulación y permanencia de cadmio en tejido muscular (Lozano *et al.*, 2009). Hipotéticamente es probable que las concentraciones de Cd en el medio marino canario fueran mayores hace 10 años que actualmente, ya que los picos pueden deberse a exposiciones recientes.

En el tejido hepático se pueden observar concentraciones similares para el Cd en *Sarpa salpa* en el presente estudio comparando con Afonso *et al.* (2017). Por otra parte, los resultados de Lozano *et al.* (2009) no arrojan grandes diferencias a pesar de tratarse de otras especies. Dada la naturaleza acumulativa del Cd en el hígado, esto puede denotar que la cantidad de este metal en el medio natural ha sido estable a lo largo de los últimos 25 años.

- **Plomo**

La tabla 103 expone resultados obtenidos por otros autores que han realizado estudios de contenidos de Pb en peces de Canarias.

Tabla 103: Comparación con otros autores para el contenido de Pb en diversas especies de las Islas Canarias.

| Especie | Tejido | [Pb] mg/kg | Referencia |
|---------------------------------|---------------|-------------------|------------------------------|
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 0,032±0,012 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 0,021±0,007 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Músculo | 0,027±0,030 | Nuestro estudio |
| <i>Bodianus scrofa</i> | Músculo | 0,047 ±0,036 | Lozano <i>et al.</i> , 2009 |
| <i>Mycteroperca fusca</i> | Músculo | 0,0657 ± 0,1049 | Lozano <i>et al.</i> , 2009 |
| <i>Centroscymnus coelolepis</i> | Músculo | 0,051 ± 0,033 | Lozano <i>et al.</i> , 2009 |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Músculo | 0,017±0,011 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 0,029±0,012 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Chelon labrosus</i> | Músculo | 0,025±0,014 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 0,023±0,012 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 0,43±0,59 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 0,34±0,33 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Hígado | 0,16±0,13 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Hígado | 0,21±0,26 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 0,90±0,43 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Chelon labrosus</i> | Hígado | 0,67±0,40 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 0,17±0,12 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Bodianus scrofa</i> | Hígado | 0,173±0,283 | Lozano <i>et al.</i> , 2009 |
| <i>Mycteroperca fusca</i> | Hígado | 0,109±0,135 | Lozano <i>et al.</i> , 2009 |
| <i>Centroscymnus coelolepis</i> | Hígado | 0,096±0,106 | Lozano <i>et al.</i> , 2009 |

En el tejido muscular se puede observar que las concentraciones medias son similares a las obtenidas por otros autores, tanto en *Sparisoma cretense* como en *Sarpa salpa*. Los resultados son similares a los obtenidos por Afonso *et al.* (2017a, 2017b); en cuanto a la comparación con Lozano *et al.* (2009), a pesar de tratarse de especies diferentes, las concentraciones son similares en todos los peces, dado que el el Pb tiene tendencia acumulativa en otros órganos diferentes del tejido muscular como las víseras y los huesos.

Por el contrario, en el tejido hepático de las especies del presente estudio la concentración media de plomo es notablemente mayor cuando se trata de la especie *Sarpa salpa*, y menor en comparación con *Sparisoma cretense*. En cuanto a las concentraciones de Pb, varían entre 0,096-0,43 mg/kg de peso corporal en el tejido hepático, con valores medios mayores que las concentraciones del tejido muscular, pero encontrándose ambos sin grandes oscilaciones entre datos.

MACRONUTRIENTES

- **Calcio**

La tabla 104 expone resultados obtenidos por otros autores que han realizado estudios de contenidos de Ca en peces de Canarias.

Tabla 104: Comparación con otros autores para el contenido de Ca en diversas especies de las Islas Canarias.

| Especie | Tejido | [Ca] mg/kg | Referencia |
|---------------------------------|---------------|-------------------|------------------------------|
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 2254±1591 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 2592±1611 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Músculo | 3936±1248 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Músculo | 169,30±85,87 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 225,38±79,26 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Chelon labrosus</i> | Músculo | 76,14±37,55 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 105,29±58,19 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 656±1588 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 728±1163 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Hígado | 426±421 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Hígado | 174,79±84,86 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 217,60±198,97 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Chelon labrosus</i> | Hígado | 196,22±149,87 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 380,49±369,79 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |

En el caso de las concentraciones medias de Ca, en el presente estudio se han obtenido unas concentraciones medias significativamente mayores tanto en hígado como en músculo de las especies de estudio; sin embargo, cabe destacar que en el caso de los resultados de *Sarpa salpa* en Afonso *et al.* (2017a, 2017b), la concentración muscular de Ca es mayor que en el hígado. En el presente estudio todas las concentraciones medias de Ca son mayores en tejido muscular y menores en el tejido hepático. Llama la atención la gran cantidad de Ca que se encuentra en ambos órganos en comparación con los peces de la isla de Gran Canaria. Este fenómeno puede deberse al tiempo o lugar de extracción de los ejemplares, o a condiciones fisiológicas, ya que el Ca está ligado a numerosos procesos metabólicos y estructurales indispensables para la vida, y en principio no parece que la gran concentración de calcio del presente estudio dependa de la especie estudiada.

- **Magnesio**

La tabla 105 expone resultados obtenidos por otros autores que han realizado estudios de contenidos de Mg en peces de Canarias.

Tabla 105: Comparación con otros autores para el contenido de Mg en diversas especies de las Islas Canarias.

| Especie | Tejido | [Mg] mg/kg | Referencia |
|---------------------------------|---------------|-------------------|------------------------------|
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 335±164 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 333±150 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Músculo | 324±41 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Músculo | 283,61±30,94 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 332,95±64,92 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Chelon labrosus</i> | Músculo | 268,01±42,27 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 281,89±30,15 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 368,90±263,16 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 375,74±496,02 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Hígado | 326,28±171,69 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Hígado | 236,98±47,84 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 272,93±98,11 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Chelon labrosus</i> | Hígado | 199,32±62,00 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 209,52±107,44 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |

En el caso de la concentración de Mg, cabe destacar que en el presente estudio no existían diferencias significativas para la concentración entre hígado y músculo. Los datos obtenidos de Afonso y colaboradores en 2017 no solo muestran contenidos similares en Mg, sino que además no existen diferencias significativas para la concentración en ambos tejidos; en este caso se observa que la concentración de magnesio es constante y estable en estos estudios, tratándose de un macronutriente que interviene de manera activa en el metabolismo y que está relacionado con la homeostasis de Ca.

- **Potasio**

La tabla 106 expone resultados obtenidos por otros autores que han realizado estudios de contenidos de K en peces de Canarias. Se observa como la media de concentración para el aluminio es más baja que otros estudios realizados en las Islas Canarias.

Tabla 31: Comparación con otros autores para el contenido de K en diversas especies de las Islas Canarias.

| Especie | Tejido | [K] mg/kg | Referencia |
|---------------------------------|---------------|------------------|------------------------------|
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 2478±359 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 2471±313 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Músculo | 2684±357 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Músculo | 2076,49±666,24 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 1627,29±362,16 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Chelon labrosus</i> | Músculo | 2024,63±600,23 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 2054,02±541,55 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 3326±2481 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 2504±1488 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Hígado | 3118±2091 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Hígado | 2361,23±500,74 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 2836,17±907,23 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Chelon labrosus</i> | Hígado | 1945,44±545,79 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 1362,47±511,04 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |

En el caso de la concentración de K, cabe destacar que en el presente estudio no existían diferencias significativas para la concentración entre hígado y músculo. Los datos obtenidos de Afonso *et al.* (2017a, 2017b) no solo muestran contenidos similares en K, sino que además no existen diferencias significativas para la concentración en ambos

tejidos ni entre especies, por lo que corroboran los resultados obtenidos por nuestro estudio, siendo los resultados esperados al tratarse de un macronutriente que, junto con el sodio y los demás macronutrientes, intervienen en numerosos procesos metabólicos.

- **Sodio**

La tabla 107 presenta los resultados obtenidos por otros autores que han realizado estudios de contenido de Na en peces de Canarias.

Tabla 107: Comparación con otros autores para el contenido de Na en diversas especies de las Islas Canarias.

| Especie | Tejido | [Na] mg/kg | Referencia |
|---------------------------------|---------------|-------------------|------------------------------|
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 875±364 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 831±304 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Músculo | 752±172 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Músculo | 495,46±105,32 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 532,09±106,89 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Chelon labrosus</i> | Músculo | 460,67±92,40 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 488,12±79,16 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 2581±1695 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 1824±1116 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Hígado | 1721±724 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Hígado | 1547,68±381,03 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 2039,83±511,97 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Chelon labrosus</i> | Hígado | 1200,41±348,61 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 708,38±252,99 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |

En el caso de la concentración media de Na tanto en tejido muscular como en tejido hepático, las concentraciones medias son mayores en las especies del actual estudio en comparación con los estudios de Afonso *et al.* (2017a, 2017b). No obstante, si comparamos entre especies y órganos encontramos que las concentraciones guardan cierta proporcionalidad en todos los estudios, aunque las concentraciones varían en un amplio rango de una especie a otra y, tratándose de un macronutriente, es posible que sufra oscilaciones en todos los órganos debido a su gran presencia en los tejidos de los animales.

METALES TRAZA Y ESENCIALES

- **Boro**

La tabla 108 expone resultados obtenidos por otros autores que han realizado estudios de contenidos de B en peces de Canarias.

Tabla 108: Comparación con otros autores para el contenido de B en diversas especies de las Islas Canarias.

| Especie | Tejido | [B] mg/kg | Referencia |
|---------------------------------|---------------|------------------|------------------------------|
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 0,19±0,20 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 0,10±0,09 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Músculo | 0,08±0,04 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Músculo | 0,16±0,07 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 0,28±0,15 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Chelon labrosus</i> | Músculo | 0,24±0,09 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 0,16±0,09 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 2,81±5,23 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 1,19±0,84 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Hígado | 0,92±0,73 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Hígado | 0,96±0,48 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 3,41±1,81 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Chelon labrosus</i> | Hígado | 1,56±0,82 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 0,62±0,35 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |

En el tejido muscular de la presente tesis doctoral se observan unas medias para la concentración de B menores que las de los estudios realizados por Afonso *et al.* (2017a, 2017b). En el hígado de *Sarpa salpa*, se observa una menor concentración de B en las muestras del presente estudio en comparación con Afonso *et al.* (2017a, 2017b), fenómeno que no ocurre con *Sparisoma cretense*, cuya media para el B es mayor en la presente tesis. Cabe destacar que en los resultados de otros autores existe una tendencia a medias de mayor valor para la concentración de este metal.

• **Bario**

La tabla 109 expone resultados obtenidos por otros autores que han realizado estudios de contenidos de Ba en peces de Canarias.

Tabla 10329: Comparación con otros autores para el contenido de Ba en diversas especies de las Islas Canarias.

| Especie | Tejido | [Ba] mg/kg | Referencia |
|---------------------------------|---------------|-------------------|------------------------------|
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 0,18±0,22 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 0,23±0,05 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Músculo | 0,11±0,53 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Músculo | 0,094±0,089 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 0,066±0,044 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Chelon labrosus</i> | Músculo | 0,150±0,132 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 0,084±0,110 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 1,60±2,06 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 1,94±3,67 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Hígado | 1,30±1,96 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Hígado | 0,34±0,33 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 0,24±0,24 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Chelon labrosus</i> | Hígado | 0,41±0,25 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 0,16±0,13 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |

En el caso de la concentración media de Ba tanto en tejido muscular como en tejido hepático las concentraciones medias son mayores en las especies del actual estudio en comparación con Afonso *et al.* (2017a, 2017b). Ya se observó que este metal traza variaba tanto por especie como por lugar. Por el contrario, en este caso parece influir el tiempo y el lugar donde fueron extraídas las especies de estudio; se debe tener en cuenta que las muestras de Afonso son más antiguas y fueron obtenidas en las costas de la isla de Gran Canaria.

• Cobalto

La tabla 110 expone resultados obtenidos por otros autores que han realizado estudios de contenidos de Co en peces de Canarias.

Tabla 11033: Comparación con otros autores para el contenido de Co en diversas especies de las Islas Canarias.

| Especie | Tejido | [Co] mg/kg | Referencia |
|---------------------------------|---------|---------------|------------------------------|
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 0,012±0,01 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 0,014±0,04 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Músculo | <0,001 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Músculo | 0,0062±0,0024 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 0,0057±0,0021 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Chelon labrosus</i> | Músculo | 0,0068±0,0026 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 0,0048±0,0011 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Serranus cabrilla</i> | Músculo | 0,21 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Serranus scriba</i> | Músculo | 0,43 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 0,08 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 0,42±0,27 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 0,12±0,17 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Hígado | 0,14±0,04 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Hígado | 0,14±0,05 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 0,34±0,16 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Chelon labrosus</i> | Hígado | 0,30±0,11 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 0,05±0,03 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Serranus cabrilla</i> | Músculo | 6,76 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Serranus scriba</i> | Músculo | 0,19 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 0,37 | El-Said and Youssef, 2009 |

Los resultados de medias musculares en el presente estudio para la concentración de Co son mayores que en estudios de otros autores. No obstante, en el hígado del presente estudio, la concentración media en *Sarpa salpa* es mayor, aunque la tendencia entre todas las especies se encuentra en el intervalo de 0,10 a 0,45 mg de Co hepático/ kg, no habiendo una gran variación y siendo este metal estable en las especies, zona y tiempo de muestreo.

• Cromo

En la tabla 111 se presentan los resultados obtenidos por otros autores que han realizado estudios de contenidos de Cr en peces de Canarias.

Tabla 111: Comparación con otros autores para el contenido de Cr en diversas especies de las Islas Canarias.

| Especie | Tejido | [Cr] mg/kg | Referencia |
|---------------------------------|---------|------------|------------------------------|
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 0,35±0,68 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 0,12±0,16 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Músculo | 0,18±0,12 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Músculo | 0,18±0,15 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 0,11±0,07 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Chelon labrosus</i> | Músculo | 0,12±0,08 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 0,13±0,11 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Serranus cabrilla</i> | Músculo | 0,36 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Serranus scriba</i> | Músculo | <0,001 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 0,22 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Hígado | 0,30±0,32 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 0,28±0,27 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Chelon labrosus</i> | Hígado | 0,26±0,28 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 0,15±0,12 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Serranus cabrilla</i> | Hígado | 0,17 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Serranus scriba</i> | Hígado | 1,05 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 0,54 | El-Said and Youssef, 2009 |

En el caso de las concentraciones medias de Cr, tanto en hígado como en músculo las concentraciones son similares, con un rango de 0,1 a 0,50 mg de Cr/kg. La *Sarpa salpa* del presente estudio contiene una media metálica tres veces mayor que la de los resultados obtenidos por Afonso en 2017. No obstante, se debe destacar la alta desviación estándar existente para la concentración de este metal en los ejemplares de *Sarpa salpa* recolectados para el presente estudio, ocurriendo algo similar con el hígado de *Sparisoma cretense*; si se obvian estas desviaciones estándar ocasionadas por algunos ejemplares, los contenidos metálicos son similares. Los datos obtenidos en el mar Mediterráneo son similares a los de las Canarias, excepto *Serranus scriba*, para el que se obtuvo una alta concentración de cromo el hígado; en el músculo fue indetectable.

• **Cobre**

La tabla 112 expone resultados obtenidos por otros autores que han realizado estudios de contenidos de Cu en peces de Canarias.

Tabla 112: Comparación con otros autores para el contenido de Cu en diversas especies de las Islas Canarias.

| Especie | Tejido | [Cu] mg/kg | Referencia |
|---------------------------------|---------|---------------|--|
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 0,70±0,35 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 0,48±0,18 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Músculo | 0,67±0,23 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Músculo | 0,57±0,33 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 0,50±0,30 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Chelon labrosus</i> | Músculo | 0,63±0,28 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 0,37±0,28 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 1,2±0,8 | Díaz <i>et al.</i> , 1994 |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 1,6±1,1 | Díaz <i>et al.</i> , 1994 |
| <i>Boops boops</i> | Músculo | 1,56±1,63 | García-Montelongo <i>et al.</i> , 1994 |
| <i>Mullus surmuletus</i> | Músculo | 1,89±1,33 | García-Montelongo <i>et al.</i> , 1994 |
| <i>Serranus cabrilla</i> | Músculo | 0,36 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Serranus scriba</i> | Músculo | <0,001 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 0,22 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 47,01±78,38 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 4,62±3,15 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Hígado | 0,67±0,23 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Hígado | 23,66±10,25 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 14,05±11,96 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Chelon labrosus</i> | Hígado | 223,63±172,98 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 3,05±2,35 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Serranus cabrilla</i> | Hígado | 0,36 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Serranus scriba</i> | Hígado | <0,001 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 0,22 | El-Said and Youssef, 2009 |

Para el caso de las concentraciones medias de Cu en tejido muscular, estas son similares a las medias obtenidas por Afonso en 2017. Por el contrario, las concentraciones medias de este metal son mucho menores en comparación con estudios anteriores. Sin embargo, en el tejido hepático las concentraciones obtenidas en el presente estudio denotan en general una tendencia a la baja comparándolas con el resto de los estudios, excepto en la especie *Sarpa salpa*, en la cual se encuentra una

concentración metálica mayor en la presente tesis. La concentración de este metal parece estar influida por el lugar y el tiempo en el que fueron recolectadas dichas especies. También se debe tener en cuenta el antagonismo metabólico de este metal con el Cd, Fe, Mo y Zn, por lo que la concentración de estos metales puede influir en la cantidad de Cu presente (Hill y Matrone, 1970); de hecho, en cuanto a concentración muscular de Cu en todos los ejemplares de todos los estudios comparados, incluido el presente estudio, los ejemplares que tienen mayor concentración de Cu también tienen mayor concentración de Fe. En el hígado también ocurre la mayoría de las veces, si bien no en todos los ejemplares, aunque se guarda una proporcionalidad entre metales.

• **Hierro**

La tabla 113 presenta los resultados obtenidos por otros autores que han realizado estudios de contenidos de Fe en peces de Canarias.

Tabla 113: Comparación con otros autores para el contenido de Fe en diversas especies de las Islas Canarias.

| Especie | Tejido | [Fe] mg/kg | Referencia |
|---------------------------------|---------|---------------|--|
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 6,55±7,57 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 2,55±1,29 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Músculo | 3,11±0,87 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Músculo | 5,52±2,46 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 5,43±2,26 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Chelon labrosus</i> | Músculo | 7,98±3,01 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 2,21±0,88 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 6,54±2,15 | Díaz <i>et al.</i> , 1994 |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 9,41±4,31 | Díaz <i>et al.</i> , 1994 |
| <i>Boops boops</i> | Músculo | 7,84±7,80 | García-Montelongo <i>et al.</i> , 1994 |
| <i>Mullus surmuletus</i> | Músculo | 8,99±4,69 | García-Montelongo <i>et al.</i> , 1994 |
| <i>Serranus cabrilla</i> | Músculo | 4,82 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Serranus scriba</i> | Músculo | 5,86 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 3,92 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 221,66±158,04 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 87,35±94,65 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Hígado | 133,82±124,24 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Hígado | 87,78±73,55 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 532,78±295,63 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Chelon labrosus</i> | Hígado | 252,35±123,39 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 30,12±21,62 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |

| | | | |
|---------------------------|--------|------|---------------------------|
| <i>Serranus scriba</i> | Hígado | 9,25 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 9,68 | El-Said and Youssef, 2009 |

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran similitudes en concentración de Fe en tejido muscular con otros estudios, aunque los resultados para *Sparisoma cretense* obtenidos por Díaz *et al.* (1994) muestran concentraciones mayores; sin embargo, la tendencia es la similitud incluso manteniéndose las proporciones en cuanto a concentración si se comparan los presentes resultados con Afonso *et al.* (2017a, 2017b). En el caso del hígado los resultados medios obtenidos por otros autores son mayores que los del estudio actual; no obstante, se cumple que el contenido metálico en *Sparisoma cretense* es significativamente menor que el contenido de Fe en *Sarpa salpa* para ambos estudios. Además, parece existir una tendencia que apunta a que, a medida que la concentración de Fe es mayor, también lo es la de Cu, por lo que la concentración de este metal puede deberse a la zona de extracción y al año en los cuales se obtuvieron las muestras, y a la influencia de otros metales y la especie de la que se trate. Las concentraciones de Fe obtenidas en ejemplares de la costa mediterránea fueron mayores que la del presente estudio. No obstante, en el hígado las medias para la concentración de este metal fueron mucho menores.

- **Litio**

La tabla 114 muestra los resultados obtenidos por otros autores que han realizado estudios de contenidos de Li en peces de Canarias.

Tabla 114: Comparación con otros autores para el contenido de Li en diversas especies de las Islas Canarias.

| Especie | Tejido | [Li] mg/kg | Referencia |
|---------------------------------|---------------|-------------------|------------------------------|
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 0,29±0,18 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 0,24±0,17 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Músculo | 0,30±0,14 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Músculo | 0,30±0,15 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 0,42±0,24 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Chelon labrosus</i> | Músculo | 0,36±0,15 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 0,42±0,19 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 2,37±2,03 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 3,44±3,64 | Nuestro estudio |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020

| | | | |
|---------------------------------|--------|-----------|------------------------------|
| <i>Serranus atricauda</i> | Hígado | 4,39±3,97 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Hígado | 2,82±1,87 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 2,12±1,30 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Chelon labrosus</i> | Hígado | 1,28±0,91 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 0,69±0,49 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |

En tejido muscular los valores medios son generalmente menores para las mismas especies de estudio comparando con los resultados de Afonso en 2017; sin embargo, si apuntamos a una comparación entre todas las especies, se aprecia que los contenidos metálicos son similares.

En el tejido hepático los resultados de contenido medio de Li para *Sarpa salpa* son similares en el presente estudio y en el de Afonso *et al.* (2017a, 2017b); no obstante, en *Sparisoma cretense* la concentración de Li es cinco veces mayor en comparación con otros resultados.

• **Manganeso**

La tabla 115 expone resultados obtenidos por otros autores que han realizado estudios de contenidos de Mn en peces de Canarias.

Tabla 34: Comparación con otros autores para el contenido de Mn en diversas especies de las Islas Canarias.

| Especie | Tejido | [Mn] mg/kg | Referencia |
|---------------------------------|---------------|-------------------|------------------------------|
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 0,42±0,36 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 0,72±0,36 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Músculo | 0,72±0,40 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Músculo | 0,095±0,045 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 0,16±0,10 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Chelon labrosus</i> | Músculo | 0,10±0,05 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 0,09±0,03 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Serranus cabrilla</i> | Músculo | 0,41 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Serranus scriba</i> | Músculo | 0,58 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 0,24 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 1,38±1,65 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 1,99±2,30 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Hígado | 1,72±1,34 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Hígado | 1,39±0,33 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020

| | | | |
|---------------------------|--------|-----------|--|
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 1,02±0,28 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Chelon labrosus</i> | Hígado | 1,41±0,85 | Afonso <i>et al.</i> , 2017 ^a |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 1,23±0,50 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Serranus cabrilla</i> | Hígado | <0,001 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Serranus scriba</i> | Hígado | 1,16 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 0,89 | El-Said and Youssef, 2009 |

Las medias obtenidas en tejido muscular son significativamente mayores en general que las medias musculares obtenidas por Afonso *et al.* (2017a, 2017b). Esto no ocurre en las medias obtenidas en tejido hepático para el Mn, donde las concentraciones son similares en ambos estudios. En las costas del Mediterráneo las medias hepáticas son similares a nuestros estudios, aunque en *Serranus cabrilla* la concentración de Mn se encuentra por debajo del límite de detección. En el tejido muscular las medias de Mn de los ejemplares del Mediterráneo son notablemente menores que los estudios realizados en las Islas Canarias.

• **Molibdeno**

La tabla 116 expone los resultados obtenidos por otros autores que han realizado estudios de contenidos de Mo en peces de Canarias.

Tabla 35: Comparación con otros autores para el contenido de Mo en diversas especies de las Islas Canarias.

| Especie | Tejido | [Mo] mg/kg | Referencia |
|-----------------------------|---------------|-------------------|------------------------------|
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 0,016±0,0037 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 0,014±0,003 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Músculo | 0,014±0,003 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus s. cadenati</i> | Músculo | 0,0041±0,0017 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 0,0037±0,0016 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Chelon labrosus</i> | Músculo | 0,0047±0,0015 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 0,0036±0,0016 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 0,39±0,43 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 0,21±0,14 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Hígado | 0,20±0,14 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus s. cadenati</i> | Hígado | 0,20±0,07 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 0,46±0,15 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Chelon labrosus</i> | Hígado | 0,81±0,34 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 0,28±0,17 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |

Las medias obtenidas en tejido muscular son mayores en general que las medias musculares obtenidas por Afonso y colaboradores en 2017. Esto no ocurre en las medias obtenidas en tejido hepático para el Mn, donde las concentraciones son similares en ambos estudios.

- **Níquel**

En la tabla 117 se presentan los resultados obtenidos por otros autores que han realizado estudios de contenidos de Ni en peces de Canarias.

Tabla 117: Comparación con otros autores para el contenido de Ni en diversas especies de las Islas Canarias.

| Especie | Tejido | [Ni] mg/kg | Referencia |
|---------------------------------|---------------|-------------------|--|
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 0,12±0,32 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 0,03±0,04 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Músculo | 0,03±0,02 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Músculo | 0,052±0,054 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 0,027±0,020 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Chelon labrosus</i> | Músculo | 0,040±0,024 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 0,029±0,022 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 0,70±0,17 | Díaz <i>et al.</i> , 1994 |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 0,71±0,22 | Díaz <i>et al.</i> , 1994 |
| <i>Boops boops</i> | Músculo | 0,62±0,20 | García-Montelongo <i>et al.</i> , 1994 |
| <i>Mullus surmuletus</i> | Músculo | 0,54±0,18 | García-Montelongo <i>et al.</i> , 1994 |
| <i>Serranus cabrilla</i> | Músculo | 1,23 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Serranus scriba</i> | Músculo | 1,52 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 1,34 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 0,45±0,74 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 0,30±0,22 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Hígado | 0,24±0,52 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Hígado | 0,159±0,16 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 0,163±0,09 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Chelon labrosus</i> | Hígado | 0,77±0,31 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 0,09±0,06 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Serranus cabrilla</i> | Hígado | 3,99 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Serranus scriba</i> | Hígado | 0,14 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 0,46 | El-Said and Youssef, 2009 |

En tejido muscular las medias del presente estudio son similares a las obtenidas por Afonso y colaboradores en 2017 en las costas canarias; no obstante, los resultados de Díaz *et al.* (1994) y García-Montelongo *et al.* (1994) son mucho mayores en cuanto a concentración de Ni, por lo que en los estudios de 25 años atrás las concentraciones de Ni en los ejemplares eran mucho mayores. En el estudio actual la concentración de Ni en hígado es significativamente mayor que la de otros estudios, por lo que se observa una mayor acumulación de este metal en el tejido hepático del estudio actual. En los ejemplares del Mediterráneo las concentraciones del tejido hepático son similares a los estudios de Canarias en general, excepto en *Serranus cabrilla*, cuyos ejemplares contienen una alta concentración de Ni. En cambio, las concentraciones de este metal en el tejido muscular de los ejemplares del mar Mediterráneo son significativamente mayores.

- **Estroncio**

La tabla 118 expone los resultados obtenidos por otros autores que han realizado estudios de contenidos de Sr en peces de Canarias.

Tabla 118: Comparación con otros autores para el contenido de Sr en diversas especies de las Islas Canarias.

| Especie | Tejido | [Sr] mg/kg | Referencia |
|---------------------------------|---------|------------|------------------------------|
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 0,43±1,35 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 0,91±1,62 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Músculo | 0 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Músculo | 0,75±0,46 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 0,69±0,31 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Chelon labrosus</i> | Músculo | 0,33±0,22 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 0,23±0,19 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 3,49±7,12 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 3,87±4,96 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Hígado | 3,37±3,30 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Hígado | 1,01±0,50 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 1,05±0,64 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Chelon labrosus</i> | Hígado | 1,20±0,62 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 1,27±0,93 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |

En el caso de las concentraciones medias de Sr muscular en el presente estudio, la media en *Sarpa salpa* es menor que la concentración media obtenida en 2017 por Afonso y colaboradores; ocurre lo contrario para *Sparisoma cretense*. Sin embargo, las concentraciones se encuentran en un rango de entre 0,23-0,91 mg de Sr/kg de peso corporal.

En el caso del tejido hepático, las concentraciones obtenidas de Sr no se diferenciaban significativamente entre especies, pero los resultados obtenidos en la presente tesis son del orden de tres veces mayores que los obtenidos por Afonso y colaboradores en 2017.

- **Vanadio**

La tabla 119 presenta los resultados obtenidos por otros autores que han realizado estudios de contenidos de V en peces de Canarias.

Tabla 119: Comparación con otros autores para el contenido de V en diversas especies de las Islas Canarias

| Especie | Tejido | [V] mg/kg | Referencia |
|---------------------------------|---------|-------------|------------------------------|
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 0,11±0,14 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 0,08±0,14 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Músculo | 0,01±0,02 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Músculo | 0,022±0,013 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 0,018±0,009 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Chelon labrosus</i> | Músculo | 0,045±0,030 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 0,030±0,030 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 1,73±2,03 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 0,53±0,88 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Hígado | 0,29±0,50 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Hígado | 0,50±0,55 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 4,50±2,98 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Chelon labrosus</i> | Hígado | 2,30±1,25 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 0,26±0,22 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |

Los resultados obtenidos en tejido muscular en el presente estudio para la concentración media de V son similares para la especie *Sarpa salpa*, mientras que en *Sparisoma cretense* la concentración de V es 2,5 veces mayor, ambas especies comparadas con los resultados obtenidos por Afonso y colaboradores en 2017. No

obstante, si se observan los resultados generales en tejido muscular, se deduce que los valores son similares entre especies variando en un rango de 0,010-0,11 mg de V/kg.

En los resultados obtenidos en tejido hepático la concentración de V en *Sarpa salpa* es menor que en los resultados obtenidos por Afonso y colaboradores en 2017; este fenómeno ocurre al contrario para el caso de *Sparisoma cretense*.

- **Zinc**

En la tabla 120 podemos observar las concentraciones de Zn obtenidos por otros autores que han realizado estudios en peces de Canarias.

Tabla 36: Comparación con otros autores para el contenido de Zn en diversas especies de las Islas Canarias

| Especie | Tejido | [Zn] mg/kg | Referencia |
|---------------------------------|---------|--------------|--|
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 16,33±6,34 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 3,13±0,71 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Músculo | 4,43±0,62 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Músculo | 4,51±2,42 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 10,18±2,96 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Chelon labrosus</i> | Músculo | 3,25±1,80 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 2,43±0,37 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Sarpa salpa</i> | Músculo | 6,17±1,35 | Díaz <i>et al.</i> , 1994 |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 5,26±5,26 | Díaz <i>et al.</i> , 1994 |
| <i>Boops boops</i> | Músculo | 6,11±2,59 | García-Montelongo <i>et al.</i> , 1994 |
| <i>Mullus surmuletus</i> | Músculo | 5,51±2,37 | García-Montelongo <i>et al.</i> , 1994 |
| <i>Serranus cabrilla</i> | Músculo | 8,54 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Serranus scriba</i> | Músculo | 7,25 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Músculo | 5,96 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 76,38±79,55 | Nuestro estudio |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 19,56±12,54 | Nuestro estudio |
| <i>Serranus atricauda</i> | Hígado | 27,78±13,98 | Nuestro estudio |
| <i>Diplodus sargus cadenati</i> | Hígado | 82,96±23,19 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sarpa salpa</i> | Hígado | 114,60±63,68 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Chelon labrosus</i> | Hígado | 49,61±16,08 | Afonso <i>et al.</i> , 2017a |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 16,21±8,03 | Afonso <i>et al.</i> , 2017b |
| <i>Serranus cabrilla</i> | Hígado | 238 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Serranus scriba</i> | Hígado | 23,80 | El-Said and Youssef, 2009 |
| <i>Sparisoma cretense</i> | Hígado | 35,44 | El-Said and Youssef, 2009 |

Los datos resultados obtenidos por Díaz y colaboradores en 1994 son menores en el caso de *Sarpa salpa* y mayores, en el caso de *Sparisoma cretense*, que las determinadas por Afonso en 2017. Las concentraciones de nuestro estudio son mayores para estas mismas especies, pero en todos los estudios realizados por otros autores se mantiene que la media muscular de Zn en *Sarpa salpa* es mayor que en *Sparisoma cretense*.

García-Montelongo en 1994 y Afonso en 2017 y colaboradores de ambos investigadores determinaron en peces de la misma zona (*Boops boops*, *Chelon labrosus*, *Diplodus sargus cadenati* y *Mullus surmuletus*) que las concentraciones medias de Zn en tejido muscular son similares a las determinadas en el presente estudio, por lo que, a pesar de la variación de la concentración de zinc entre especies, se puede deducir que las concentraciones de Zn son estables en el tiempo y en el lugar, por lo que pueden estar influyendo en la concentración de metales el Cd, Fe, Mo y Cu, que son descritos por Hill y Matrone en 1970 como metales antagonistas que pueden influir entre sí.

En el caso del tejido hepático de *Sarpa salpa* en la presente tesis, la concentración de Zn es algo mayor en comparación con los datos de Afonso y colaboradores, y también ocurre algo similar en *Sparisoma cretense*, pero los resultados son similares estadísticamente. Los datos obtenidos de los ejemplares del Mediterráneo son similares a nuestro estudio.

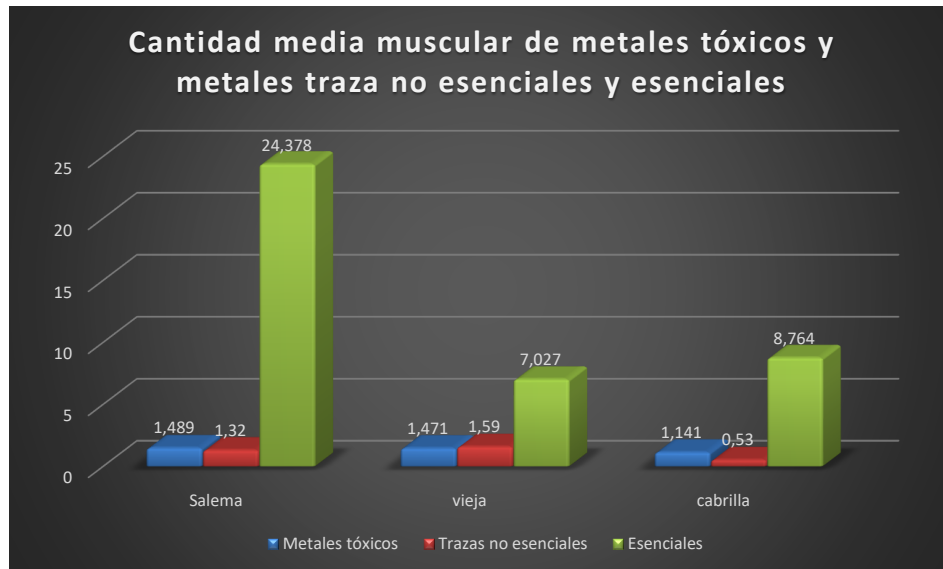
8. Evaluación de la ingesta dietética

8.1. Evaluación nutricional

Evaluando los metales estudiados en el tejido muscular y hepático de las especies de estudio, se han analizado cuantitativamente los metales pesados tóxicos, macroelementos y microelementos esenciales y traza, con el fin concluir los riesgos y beneficios del consumo de los diferentes tejidos de las especies estudiadas. Los macronutrientes han sido eliminados de la representación gráfica dado que al encontrarse presentes en grandes cantidades se haría difícil la interpretación del resto de los datos por un problema de escala, aunque serán descritos detalladamente en el apartado «Análisis de la ingesta dietética». En el caso del tejido muscular (gráfica 131), el consumo de salemá sería el que más metales esenciales aportaría al organismo, en

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

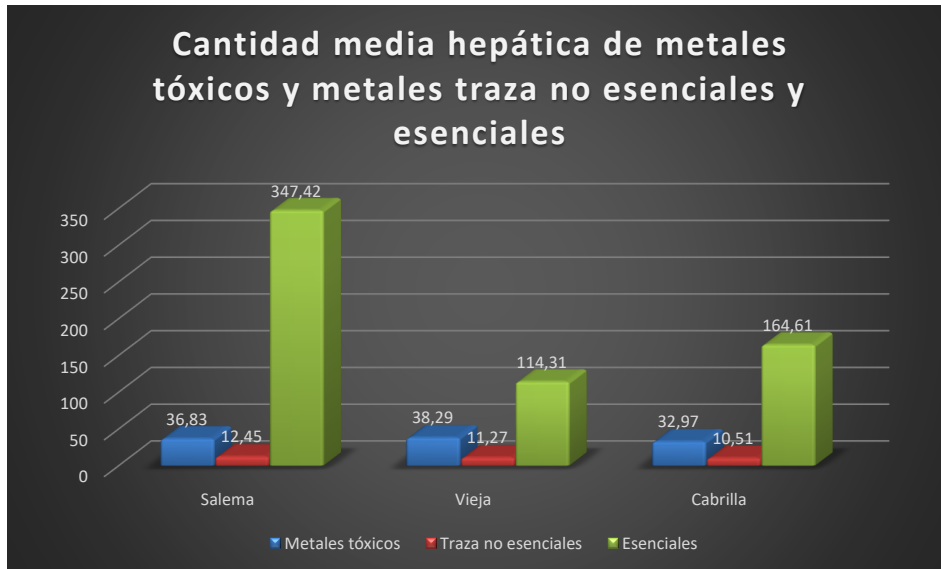
comparación con la carne de vieja y cabrilla; esta última contiene la menor cantidad de metales traza no esenciales. En un principio puede parecer que la salema es el pescado más nutritivo en cuanto a esenciales, pero se debe evaluar metal por metal para hacer un análisis más claro y profundo.



Gráfica 121: Cantidad media de metales tóxicos, traza esenciales y no esenciales en tejido muscular.

En cuanto a la concentración media de metales en el tejido hepático (gráfica 132), se observa de nuevo que la salema es la especie que contiene la mayor cantidad de metales traza esenciales, siendo el tejido hepático el órgano más nutritivo en un principio en cuanto a cantidad de metales esenciales; en cuanto a la cantidad acumulada de metales no esenciales y tóxicos, son similares entre las especies.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |



Gráfica 122: Cantidad media de metales tóxicos, traza esenciales y no esenciales en tejido hepático.

A priori, si se realiza una comparación de concentración entre los tejidos hepáticos y musculares de cada especie, se observa que el hígado es el órgano que contiene una mayor cantidad de metales esenciales, lo que podría hacer pensar que este órgano sería muy interesante desde el punto de vista alimentario. Por el contrario, la concentración en metales tóxicos en el tejido hepático supera 35 veces la concentración en el músculo, por lo que el consumo de hígado puede ser potencialmente peligroso. También la concentración de metales traza, que podrían ser potencialmente tóxicos en grandes cantidades, es notablemente superior en el hígado.

8.2. Análisis de la ingesta dietética

El presente estudio de evaluación de la ingesta dietética se ha llevado a cabo teniendo en cuenta un consumo medio diario de tejido hepático o muscular de 250 g como referencia para calcular las ingestas diarias estimadas (IDE) de cada metal obtenidas a partir de los datos de concentración en cada especie.

Para el cálculo de las ingestas diarias recomendadas se utilizaron los índices fijados por la FESNAD.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Para el cálculo de las ingestas admisibles de los metales tóxicos cabe destacar que instituciones como la EFSA, el SCF, la WHO, el IOM, el SCHER, la EPA o la AECOSAN han establecido valores de ingesta tolerable para diferentes metales tóxicos y potencialmente tóxicos (tabla 121).

Por otra parte, se ha calculado la IDE a partir de la recomendación de consumir de tres a cuatro raciones de carne de pescado a la semana sin riesgo para la salud por contaminación de Hg (AESAN, 2020). Como ración se toman de referencia 200 g de tejido muscular, que equivale, si se consumieran cuatro raciones semanales, a una IDE de unos 115 gramos. Aunque no exista recomendación de consumo de tejido hepático, se ha tomado como referencia la ración de 200 g cuatro veces a la semana para hacer una comparación de beneficios y riesgos con el tejido muscular en cada especie según corresponda. Para el cálculo de las ingestas diarias recomendadas o admisibles, se han tomado como referencia personas con un peso corporal medio de 70 kg. En este análisis se muestra detalladamente la IDE y el porcentaje de contribución al índice que corresponda en las tablas 122 y 123 por especie y tejido de estudio.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020

Tabla 37: Valores de ingesta recomendada y valores de ingesta máxima para los diferentes metales.

| Metal | Parámetro | Valor | Referencia |
|-------|-----------|----------------------------|-------------------------|
| Al | TWI | 1 mg de Al/kg Pc/Semana | EFSA, 2011a |
| Cd | | 2,5 µg de Cd/kg Pc/Semana | EFSA, 2011b |
| Pb | TDI | 0,5 µg de Pb/kg de Pc/día | AECOSAN, 2012 |
| B | | 0,17 mg de B/kg de Pc/día | WHO, 2009 |
| Ba | | 0,02 mg de Ba/kg de Pc/día | SCHER, 2012 |
| Cr | | 0,3 mg de Cr/kg Pc/día | EFSA, 2014b |
| Ni | | 2,8 µg de Ni/kg Pc/día | EFSA, 2015b |
| Sr | | 0,13 mg de Sr/kg Pc/día | WHO, 2010 |
| V | | 1,8 mg/día | IOM, 2001 |
| Li | | RfD | 2 µg de Li/kg de Pc/día |
| Ca | IDR | 900-1000 mg/día | FESNAD, 2010 |
| K | | 3100 mg/día | FESNAD, 2010 |
| Mg | | 325 mg/día | FESNAD, 2010 |
| Na | | 1200-1500 mg/día | FESNAD, 2010 |
| Cr | | 35 ♂/25 ♀ µg/día | FESNAD, 2010 |
| Cu | | 1,1 mg/día | FESNAD, 2010 |
| Fe | | 9♂/18♀ mg/día | FESNAD, 2010 |
| Mn | | 2,3♂/1,8♀ mg/día | FESNAD, 2010 |
| Mo | | 45 µg/día | FNB, 2001 |
| Zn | | 9,5♂/7♀ mg/día | FESNAD, 2010 |

* TWI: Tolerable Weekly Intake.
 * TDI: Tolerable Daily Intake.
 * RfD: Reference Dose.
 * IDR: Recommended Daily Intake.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020

Tabla 38: Valores de ingesta diaria estimada (IDE) y porcentajes de contribución de los metales analizados considerando los valores de ingesta recomendada y máxima en tejido muscular.

| Metal | Músculo de <i>Sarpa salpa</i> | | Músculo <i>Sparisoma cretense</i> | | Músculo de <i>Serranus atricauda</i> | |
|----------|-------------------------------|------------------|-----------------------------------|------------------|--------------------------------------|------------------|
| | IDE (mg/día) | Contribución (%) | IDE (mg/día) | Contribución (%) | IDE (mg/día) | Contribución (%) |
| Al | 0,16 | 0,23 | 0,07 | 0,11 | 0,06 | 0,08 |
| Cd | 0,002 | 0,52 | <0,001 | <0,001 | 0,0002 | 0,12 |
| Pb | 0,0004 | 10,52 | 0,0023 | 6,57 | 0,003 | 9,2 |
| Ca | 259 | 27,26 | 298 | 31,38 | 452 | 47,65 |
| K | 285 | 9,2 | 284 | 9,17 | 308 | 9,96 |
| Mg | 39 | 11,89 | 38 | 11,75 | 37,26 | 11,46 |
| Na | 101 | 6,72 | 96 | 6,38 | 86,48 | 5,77 |
| B | 0,02 | 1,14 | 0,012 | 2,19 | 0,009 | 2,74 |
| Ba | 0,02 | 0,14 | 0,027 | 0,19 | 0,023 | 0,09 |
| Co | 0,001 | n/a | 0,001 | n/a | n/a | n/a |
| Cr (IDR) | 0,04 | 114 ♂/ 160 ♀ | 0,01 | 39,4 ♂/ 55,2 ♀ | 0,021 | 76,8 ♂/82,8 ♀ |
| Cr (TDI) | 0,04 | 0,19 | 0,01 | 0,06 | 0,021 | 0,06 |
| Cu | 0,08 | 7,53 | 0,06 | 5,01 | 0,08 | 7,11 |
| Fe | 0,75 | 8,37 ♂/ 4,1 ♀ | 0,29 | 3,27 ♂/1,63 ♀ | 0,36 | 3,96 ♂/ 1,9 ♀ |
| Li | 0,034 | 23,98 | 0,03 | 19,72 | 0,035 | 24,64 |
| Mn | 0,05 | 2,1 ♂/ 2,81 ♀ | 0,08 | 3,6 ♂/ 4,6 ♀ | 0,08 | 3,6 ♂/ 4,6 ♀ |
| Mo | 0,002 | 4,08 | 0,002 | 4,09 | 0,002 | 4,08 |
| Ni | 0,01 | 7,04 | 0,004 | 1,88 | 0,004 | 1,88 |
| Sr | 0,05 | 0,56 | 0,10 | 1,11 | 0,13 | 0,66 |
| V | 0,013 | 0,72 | 0,01 | 0,52 | 0,001 | 0,76 |
| Zn | 1,88 | 19,75 ♂/ 26,81 ♀ | 0,36 | 3,77 ♂/5,12 ♀ | 0,51 | 5,36 ♂/ 7,29 ♀ |

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Estudio del contenido de metales pesados tóxicos, trazas, esenciales y macronutrientes en peces de la costa de Tenerife

2020

Tabla 39: Valores de ingesta diaria estimada (IDE) y porcentajes de contribución de los metales analizados considerando los valores de ingesta recomendada y máxima en tejido hepático.

| Metal | Hígado de <i>Sarpa salpa</i> | | Hígado <i>Sparisoma cretense</i> | | Hígado de <i>Serranus atricauda</i> | |
|----------|------------------------------|------------------|----------------------------------|------------------|-------------------------------------|------------------|
| | IDE (mg/día) | Contribución (%) | IDE (mg/día) | Contribución (%) | IDE (mg/día) | Contribución (%) |
| Al | 1,96 | 2,80 | 3,35 | 6,21 | 3,64 | 5,10 |
| Cd | 0,16 | 92 | 0,01 | 7,88 | 0,13 | 78 |
| Pb | 0,05 | 141,22 | 0,04 | 111 | 0,018 | 52,57 |
| Ca | 75,44 | 7,94 | 83,72 | 8,81 | 49,22 | 5,15 |
| K | 383 | 12,34 | 288 | 9,28 | 359 | 11,57 |
| Mg | 42,44 | 18,86 | 42,23 | 19,21 | 37,49 | 16,66 |
| Na | 297 | 22,83 | 210 | 16,14 | 198 | 15,23 |
| B | 0,32 | 2,71 | 0,14 | 1,15 | 0,11 | 0,89 |
| Ba | 0,18 | 13,14 | 0,23 | 15,93 | 0,15 | 10,68 |
| Co | 0,05 | n/a | 0,014 | n/a | 0,02 | n/a |
| Cr (IDR) | 0,02 | 58,88 ♂/82,8 ♀ | 0,06 | 150 ♂/212 ♀ | 0,03 | 92 ♂/129 ♀ |
| Cr (TDI) | 0,02 | 0,1 | 0,06 | 0,26 | 0,03 | 0,002 |
| Cu | 5,51 | 500 | 0,53 | 48 | 0,08 | 7 |
| Fe | 25,41 | 281 ♂/141 ♀ | 10 | 111 ♂/56 ♀ | 15,30 | 170 ♂/85 ♀ |
| Li | 0,27 | 195 | 0,40 | 282 | 0,51 | 361 |
| Mn | 0,16 | 6,95 ♂/8,74 ♀ | 0,23 | 10 ♂/13 ♀ | 0,20 | 8,74 ♂/11,04 ♀ |
| Mo | 0,045 | 99,36 | 0,024 | 53,82 | 0,02 | 51,06 |
| Ni | 0,051 | 26,52 | 0,03 | 17,60 | 0,028 | 14,08 |
| Sr | 0,40 | 4,41 | 0,45 | 4,89 | 0,39 | 4,25 |
| V | 0,20 | 11,05 | 0,06 | 3,39 | 0,03 | 1,85 |
| Zn | 8,9 | 93,84 ♂/127 ♀ | 2,55 | 23,68 ♂/32,14 ♀ | 3,19 | 33,63 ♂/45,65 ♀ |

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Metales tóxicos

• Aluminio

La TWI de aluminio es de 1 miligramo por kilo de peso corporal (EFSA, 2011a); por lo tanto, basándonos en los resultados obtenidos para la concentración de este metal y las ingestas diarias estimadas, los niveles de aluminio en el tejido muscular se encuentran en valores muy seguros desde el punto de vista alimentario, dado que una porción de 200 g consumida por una persona de 70 kg contribuye a la TWI < 1 % en las tres especies. Sin embargo, el consumo de la misma cantidad de hígado tiene un aporte menor siempre a un 10 % de la TWI, por lo que el consumo de ambos tejidos se encontraría en valores seguros para el aluminio.

• Cadmio

La EFSA estableció en 2011 una TWI de 2,5 microgramos por kilo de peso corporal, por lo que el consumo diario del tejido muscular de los ejemplares analizados en el presente estudio es seguro para el consumo humano, dado que ninguna de las tres especies sobrepasa el 1 % de la ingesta semanal tolerable. En el hígado, dado que la concentración de este metal es mayor, cabe destacar que en el caso de *Sarpa salpa* y *Serranus atricauda*, la contribución de una sola ración estandarizada a la TWI es del orden de 72 % y el 92 %, respectivamente, por lo que un consumo de hígado de estas especies es potencialmente peligroso para la salud. Por el contrario, una ración de tejido hepático de *Sparisoma cretense* solo contribuye en un 6,21 % a la TWI. Este resultado es curioso dado que este pescado tiene un tamaño de hígado mayor en comparación con otras especies y justamente en el archipiélago canario, en algunos pueblos de tradición pesquera, existe la costumbre de consumir el hígado de esta especie, que se sitúa en valores más o menos seguros en cuanto a concentración de este tóxico.

Si nos remitimos a la legislación vigente, los niveles de cadmio en el músculo están por debajo del contenido máximo permitido basándonos en el Reglamento (CE) 1881/2006 de la Comisión, de 19 de diciembre de 2006, que fija el contenido máximo en los productos alimenticios, estableciendo el límite máximo legal en 0,05 mg de Cd/kg de peso fresco para carnes de pescado. Por otra parte, en el tejido hepático,

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

exceptuando la vieja, se supera unas 18 veces el límite establecido por el reglamento, por lo que la comercialización y el consumo de hígado no estaría permitido al no cumplir la normativa vigente.

- **Plomo**

En el caso del plomo se ha utilizado el índice de TDI que estableció la AECOSAN en 2012, con un valor de 2,5 microgramos por kilo corporal al día. El consumo de una ración de tejido muscular aportaría entre un 5-10 % de la TWI. Sin embargo, el consumo del hígado supera con creces el aporte a la TWI, excepto en el tejido hepático de la cabrilla, cuyo aporte es del 52 %.

La legislación actual indica que los niveles de plomo en músculo están por debajo del contenido máximo permitido, establecido en 0,3 mg/kg (Reglamento [CE] 1881/2006 de la Comisión, de 19 de diciembre de 2006). No obstante, las concentraciones en el hígado se encuentran cerca del límite legal permitido y en algunas muestras se sobrepasa dicho máximo; esas muestras, por tanto, no serían aptas para el consumo humano.

Metales traza o potencialmente tóxicos

- **Boro**

La WHO publicó en 2009 una TDI para el boro de 0,17 miligramos por kilo de peso corporal al día. El consumo de una ración de tejido tanto muscular como hepático se encuentra dentro de los valores seguros y aporta menos del 3 % de la TDI en ambos tejidos dentro de todas las especies.

- **Bario**

La TDI del bario es de 0,02 miligramos por kilo de peso corporal al día. El consumo de ambos tejidos es seguro desde el punto de vista toxicológico; sin embargo, el consumo de una ración de tejido muscular aporta menos del 1 % a la TDI. El consumo de tejido hepático aporta un valor del orden cercano al 15 % a la TDI.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

- **Litio**

Para el litio se establece una dosis de referencia provisional para la exposición crónica con un valor de 2 microgramos de Li por kilo de peso corporal al día. La cantidad de litio en una ración de tejido muscular aporta valores cercanos al 25 % del límite establecido. El consumo de una ración de hígado puede ser peligroso para la salud desde el punto de vista alimentario, dado que la contribución a la RfD sobrepasa el 190 % en prácticamente todas las especies.

- **Níquel**

La TDI establecida para el níquel se sitúa en 2,8 microgramos por kilo de peso corporal al día (EFSA, 2015e). En cuanto al consumo de una ración tanto de hígado como de músculo, calculando la IDE se concluye que los valores son seguros desde el punto de vista alimentario, aunque en la especie *Sarpa salpa*, el aporte es superior en ambos tejidos en comparación con las otras dos especies de estudio.

- **Estroncio**

La TDI para el estroncio es de 0,13 miligramos por kilo de peso corporal al día (WHO, 2010). Siguiendo la línea de este índice, se concluye que el consumo de este metal es seguro en todas las especies y tejidos.

- **Vanadio**

La IOM estableció en 2001 una TDI de 1,8 mg al día. El consumo de una ración tanto de músculo como de hígado de las tres especies se encuentra dentro de los valores seguros.

Macronutrientes

- **Calcio**

El consumo de la IDE de calcio en tejido muscular aporta entre un 25-50 % de la IDR establecida por la FESNAD en 2010, con un valor de 900-1000 mg por día. No obstante, en el tejido hepático los valores quedan por debajo del 10 % del aporte.

- **Potasio**

El aporte de este macronutriente teniendo en cuenta la IDE es cercano al 10 % de la IDR para ambos tejidos en todas las especies; el valor de este IDR es de 3100 miligramos por día (FESNAD, 2010).

- **Magnesio**

El aporte Mg teniendo en cuenta la IDE es cercano al 10 % de la IDR para ambos tejidos en todas las especies; el valor de este IDR es de 325 miligramos por día (FESNAD, 2010).

- **Sodio**

El valor de la IDR para el sodio es de 1200-1500 mg por día; el aporte de este metal por el consumo de una ración es cercano al 10 % de la IDR, variando del 15 al 25 % en el hígado dependiendo de la especie.

Metales esenciales

- **Cromo**

Los índices considerados para el cromo son dos: uno indica la TDI establecida por la EFSA en 2014, con un valor de 0,3 miligramos por kg de peso corporal al día para cromo hexavalente. La IDR es de 35 microgramos diarios para hombres y 25 mg para mujeres de cromo trivalente, puesto que los valores medidos no diferencian entre cromo hexavalente y trivalente; se han contabilizado ambos para cada índice, existiendo una contribución por encima del 100 % en algunos casos en tejido muscular y hepático. Si nos remitimos a los valores de la TDI ambos tejidos tienen una cantidad de Cr por debajo del 1 %, pudiendo ser incluso más bajo si no se cuenta el cromo trivalente. Por lo tanto, analizando este metal desde el punto de vista alimentario, el consumo de carne de ambos tejidos es seguro para la salud.

- **Cobre**

La FESNAD estableció en 2010 una IDR de 1,1 miligramos por día. Cabe destacar que el consumo de una ración aporta un valor cercano al 8 % tanto en tejido muscular como en el hígado, excepto en el hígado de la vieja, que el aporte es de un 48 %, y en el de la

salema, que es del 500 % de la IDR. Este fenómeno se debe a que en varios hígados de estas especies se obtuvieron valores anormales con respecto a la media.

- **Hierro**

Las necesidades nutricionales de Fe son del doble para mujeres que para hombres, por lo que la IDR del Fe es de 18 mg y 9 mg por día, respectivamente (FESNAD, 2010). El consumo de una ración de tejido muscular aporta poca cantidad de hierro a ambos sexos. Sin embargo, la cantidad de Fe aportada por parte del tejido hepático es considerable.

- **Manganeso**

El aporte de Mn en una ración de tejido muscular varía aproximadamente entre un 2-5 % de la IDR, que se establece en 2,3 mg diarios en el caso de los hombres y 1,8 mg diarios en el caso de las mujeres (FESNAD, 2010). Una IDE de hígado nutricionalmente aporta entre un 5-15 % de la ingesta diaria recomendada.

- **Molibdeno**

La IDR del Mo quedó establecida en 2001 por la FNB en 45 microgramos diarios. Desde el punto de vista nutricional, el consumo de una ración de tejido muscular aporta un 4,08 % de la IDR; sin embargo, nutricionalmente una ración de tejido hepático aporta valores por encima del 50 % de la IDR e incluso valores cercanos al 100 % en *Sarpa salpa*.

- **Zinc**

La FESNAD estableció en 2010 una IDR de 9,5 mg día para hombres y 7 mg/día para el caso de las mujeres. Desde el punto de vista nutricional los resultados son variados entre especies y tejido, pero se da que en ambos tejidos de *Sarpa salpa* tienen mayor cantidad de Zn por ración.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

9. Conclusiones

- I. La concentración metálica media es significativamente mayor en el tejido hepático que en el tejido muscular. Excepto el Ca, que arrojó un resultado medio significativamente mayor en el músculo, y el K y el Mg, cuyas concentraciones son estadísticamente similares en ambos tejidos.
- II. Las concentraciones medias de Al, Cd y Pb en tejido muscular se encuentran por debajo de las concentraciones máximas establecidas por la legislación vigente, lo que significa que este tejido es seguro para su consumo alimentario. También, la concentración media de Al en el tejido hepático está por debajo del límite máximo permitido. Sin embargo, el contenido medio de aluminio es 98 veces mayor que en el músculo.
- III. La concentración media de Cd en hígado supera en 18 veces el valor establecido por la legislación vigente para el tejido muscular. Asimismo, la concentración media de Pb en tejido hepático sobrepasa mínimamente el límite máximo establecido para el músculo.
- IV. Las concentraciones medias metálicas en tejido muscular, comparando las tres especies en estudio, han sido significativamente distintas para todos los metales excepto Ba, Li, Mg, Mo y Na, que no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre sí.
- V. Las concentraciones medias metálicas en tejido hepático comparando las tres especies en estudio han resultado significativamente diferentes para todos los metales excepto Al, Ba, Ca, K, Li, Mg, Mn y Sr, que no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre sí.
- VI. Considerando las concentraciones de los metales en el músculo de las especies estudiadas, es la salema la que presenta mayores contenidos de Al, Cd y Pb, seguida de la vieja y la cabrilla. También es la salema la que presenta mayores concentraciones de elementos traza esenciales. Sin embargo, respecto al K y al

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

Ca es la cabrilla la especie que más alta concentración presenta, seguida de la vieja y la salema.

- VII. Teniendo en cuenta las concentraciones de los metales analizados en el hígado, hemos observado que la salema contiene los mayores niveles de Cd, Pb y Na, seguida de la vieja y la cabrilla. Asimismo, el tejido hepático de la salema presenta la mayor concentración de elementos traza esenciales, seguido de la cabrilla y la vieja.
- VIII. Si establecemos una comparación entre la zona de toma de muestras y la concentración de metales en el tejido muscular, se observa que para la salema se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas para los metales B, Cd, Co, Cu, Cr, Fe y Pb. Para la vieja, entre los metales B, Ba, Cu y K y para la cabrilla entre los metales Ba, Cu, Cr, K, Mg, Mo, Na, Ni, Pb y V.
- IX. De la misma manera, una comparación entre la zona de muestreo y la concentración de metales encontrados en el hígado lleva a la salema a diferencias estadísticamente significativas entre los metales Al, B, Ba, Cd, Cr, Fe, Pb y Sr. Asimismo, en la vieja se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre Cd, Cr, Li y V y en la cabrilla, entre B, Ba, Cd, Cr, K, Li, Ni y Pb.
- X. En relación con el músculo, la ingesta de metales tóxicos Al, Cd y Pb no supera las ingestas tolerables. Sin embargo, la ingesta de Pb es considerablemente superior a la de Al y Cd. Asimismo, el aporte a la ingesta de elementos traza esenciales no es alta, exceptuando la ingesta de Cr, Zn y Li.
- XI. Cuando se consume hígado de estos peces, tampoco se superan las ingestas tolerables de Cd. Sin embargo, para el caso del Pb se superan las ingestas para la salema y la vieja.
- XII. En relación con los elementos traza esenciales, el hígado contribuye a la ingesta de forma muy importante, destacando el Fe en las tres especies analizadas y también el Cr en la vieja y la cabrilla.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

- XIII. El tejido hepático de las especies estudiadas presenta concentraciones de elementos esenciales superiores a las del tejido muscular, pero también contiene una gran cantidad de metales tóxicos, por lo que no es recomendable el consumo continuo de este órgano.
- XIV. Considerando las costumbres populares, el consumo ocasional de un hígado de vieja, que puede pesar una media de 10 gramos, aportaría un 0,68 % de la TWI de Cd y un 5,55 % de la IDA de Pb. Como el consumo es ocasional y en poca cantidad, es seguro desde el punto de vista alimentario, pero al incumplir los reglamentos europeos estipulados para la comercialización de este órgano, no se puede permitir su consumo.

10. Bibliografía

- Abbasi, S. A., Nipanay, P. C., Soni, R. (1989). «Environmental status of cobalt and its micro determination with 7-nitroso-8-hydroxyquinoline-5-sulfonic acid in waters, aquatic weeds and animal tissues». *Anal Lett* 22(1): 225-235.
- Abbaspour, N., Hurrel, R., Kelishadi, R. (2014). «Review on iron and its importance for human health». *Journal of Research in Medicinal Sciences* 19(2): 164-174.
- Abbink, W., Kulczykowska, E., Kalamarz, H., Guerreiro, P. M., Flik, G. (2008). «Melatonin synthesis under calcium constraint in gilthead seabream (*Sparus aurata* Linnaeus, 1758)». *Gen Comp End* (1): 94-100.
- Abdel-Baki, A. S., Dkhil, M. A. & Al-Quraishy S (2011). «Bioaccumulation of some heavy metals in tilapia fish relevant to their concentration in water and sediment of Wadi Hanifah, Saudi Arabia». *African Journal of Biotechnology* 10: 2541-2547.
- AESAN (Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición) (2020). «Recomendaciones de consumo de pescado por presencia de mercurio» (*online*). Disponible en http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/publicaciones/seguridad_alimentaria/RECOMENDACIONES_consumo_pescado_MERCURIO_AESAN_WEB.PDF (acceso 19/06/2020).
- Afonso, A. (2014). *Estudio del contenido de metales pesados tóxicos (Cd, Pb), traza y esenciales (Al, B, Ba, Co, Cu, Cr, Fe, Li, Mn, Mo, Ni, Sr, V y Zn), y*

macronutrientes (Ca, K, Mg y Na) en peces litorales de la costa Norte de Gran Canaria. Tesis doctoral. Universidad de La Laguna, España.

- Afonso, A., Gutiérrez, A. J., Lozano, G., González-Weller, D., Rubio, C. *et al.* (2017). «Determination of toxic metals, trace and essential, and macronutrients in *Sarpa salpa* and *Chelon labrosus*: risk assessment for the consumers». *Environ Sci Pollut Res* 24: 10557-10569.
- AFSSA (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments/French Agency for Food Safety) (2008). «Avis du 1er juillet 2008 relatif à la demande d'informations générales Sur la toxicité du Nickel dans la chaîne alimentaire» (only available in French at www.anses.fr, Request no. 2007-SA-0245).
- Ala, A., Walker, A. P., Ashkan, K., Dooley, J. S., & Schilsky, M. L. (2007). «Wilson's disease». *The Lancet*, 369(9559), 397-408.
- Altenhofen, S., Wiprich, M. T., Nery, L. R., Leite, C. E., Vianna, M. R. M. R. & Bonan, C. D. (2017). «Manganese (II) chloride alters behavioral and neurochemical parameters in larvae and adult zebrafish». *Aquatic Toxicology*, 182, 172-183.
- Alvino de La Sota, N., Pacheco Calderón, J., Galli Rigo-Righi, C. (2007). «Diseño de Agentes Antidiabéticos de Vanadio: Desarrollo y Avances Recientes». *Revista de Química* 37-48.
- Arnich, N., Sirot, V., Rivière, G., Jean, J., Noël, L., Guérin, T., Leblanc, J. C. (2012). «Dietary expoSure to trace elements and health risk assessment in the 2nd French Total Diet Study». *Food Chem Tox* 50: 2432-2449.
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) (1997). «Toxicological profile for manganese». Draft for public comment (update), September 1997.
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) (2007). «Toxicological profile for Barium». Department of Health and Human Services, Public Health Service, Atlanta, GA.
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) (2007). «Toxicological profile for Lead». US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Atlanta, GA.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) (2012). «Toxicological profile for Cadmium». US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Atlanta, GA.
- Baran, E. J. (1997). «La Nueva Farmacoterapia Inorgánica. XVII. Compuestos de Vanadio». *Acata Farmacéutica Bonaerense* 16(1): 43-51.
- Barceloux, D. G. (1999). «Cobalt». *Clin Toxicol* 37(2): 201-216.
- Barceloux, D. G. (1999b). «Nickel». *Clin Toxicol* 37(2): 239-258.
- Barreiros, J. P. & Santos, R. S. (1998). «Notes on the food habits and predatory behaviour of the dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces: Serranidae) in the Azores». *Arquipélago. Life and Marine Sciences*, 29-35.
- Bauchot, M. L. and Hureau, J. C. (1986). «Sparidae». In P. J. P. Whitehead, M. L. Bauchot, J. C. Hureau, J. Nielsen and E. Tortonese (eds.), *Fishes of the north-eastern*, 883-907.
- Bauchot, M. L. and Hureau, J. C. (1990). «Sparidae». In J. C. Quéro, J. C. Hureau, C. Karrer, A. Post and L. Saldanha (eds.), *Check-list of the fishes of the eastern tropical Atlantic (CLOFETA)*, vol. 2. JNICT, Lisbon; SEI, Paris; UNESCO, Paris.
- Bauchot, M. L., Hureau, J. C. and Miguel, J. C. (1981). «Sparidae». In W. Fischer, G. Bianchi and W. B. Scott (eds.), *FAO species identification sheets for fishery purposes. Eastern Central Atlantic. (Fishing Areas 34, 47 [in part])*, volume 4. FAO, Rome, var. págs.
- Bernardi, G., Robertson, D. R., Clifton, K. E. & Azzurro, E. (2000). «Molecular systematics, zoogeography, and evolutionary ecology of the Atlantic parrotfish genus *Sparisoma*». *Molecular phylogenetics and Evolution*, 15(2), 292-300.
- Bertello, L. (2015). *Oligoelementos en Medicina*. Editorial Dunken.
- Bhanot, K. K. and Gopalakrishnan, V. (1973). «Priorities in nutritional research for formulating artificial feeds for fishes». *J. Inland Fish Sot India* 5: 162-170.
- Blanco, A. (2006). *Química Biológica*, 8.^a edición. Editorial El Ateneo, Madrid.
- Blumberg, A., Roser, H. W., Zehnder, C., Müller-Brand, J. (1997). «Plasma potassium in patients with terminal renal failure during and after haemodialysis;

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

- relationship with dialytic potassium removal and total body potassium». *Nephrology Dialysis Transplantation* 12(8): 1629-1634.
- Boalt, E., Miller, A. and Dahlgren, H. (2013). «Distribution of cadmium, mercury, and lead in different body parts of Baltic herring (*Clupea harengus*) and perch (*Perca fluviatilis*): Implications for environmental status assessments». *Estonian Journal of Ecology* 63(1): 39-52.
- Bohnsack, J. A. (1990). *The Potential of Marine Fishery Reserves for Reef Fish Management in the US Southern Atlantic*. NOAA tech. Memo NMFS-SEFC-261, Miami.
- Boivin, G. y Cournot, G. (2002). «Manifestaciones óseas y articulares de las intoxicaciones metálicas y metaloideas». *EMC-Aparato Locomotor*, 35(1), 1-9.
- Bondy, S. C. (2010). «The neurotoxicity of environmental aluminum is still an issue». *Neurotoxicology* 31: 575-581.
- Bowen, H. J. M. (1956). «Strontium and barium in sea water and marine organisms». *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 35(3), 451-460.
- Bruland, K. (2013). «Values for the SAFe and North Atlantic GEOTRACES Reference Samples».
- Buckler, D. R., Cleveland, L., Little, E. E. *et al.* (1995). «Survival, sublethal responses, and tissue residues of Atlantic salmon exposed to acidic pH and aluminum». *Aquat Toxicol* 31: 203-216.
- Bullock, A. E. and Monod, T. (1997). «Myologie céphalique de deux poissons perroquets (Teleostei: Scaridae)». *Cybium* 21(2): 173-199.
- Burger, J., Gochfeld, M. (2005). «Heavy metals in commercial fish in New Jersey». *Environmental Research* 99(3): 403-412.
- Burton, R. F. (1996). «The dependence of normal arterial blood pH on sodium concentration in teleost fish». *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Pharmacology, Toxicology and Endocrinology* 114(2): 111-116.
- Bury, N. R., Walker, P. A. and Glover, C. N. (2003). «Nutritive metal uptake in teleost fish». *Journal of Experimental Biology* 206: 11-23.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

- Bury, N. & Grosell, M. (2003). «Iron acquisition by teleost fish». *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 135(2), 97-105.
- Butterwick, L., De Oude, N., Raymond, K. (1989). «Safety assessment of boron in aquatic and terrestrial environments». *Ecotox Environ Safe* 17: 339-371.
- Calvino Casilda, V., Perozo Rondón, E., Ferrera Escudero, S., Ávila Rey, M., López Peinado, A. J., Aranda, M. (2005). «Enseñanza de las Ciencias: El indiscutible descubridor del Vanadio, el español Andrés Manuel del Río». *Revista 100cias@UNED* 8: 140-143.
- Canpolat, Ö. & Çalta, M. (2003). «Heavy metals in some tissues and organs of Capoeta capoeta umbla (Heckel, 1843) fish species in relation to body size, age, sex and seasons». *Fresenius Environmental Bulletin*, 12(9), 961-966.
- Cary, E. E. (1982). «Chromium in air, soil and natural waters». In S. Lang (ed.), *Topics in environmental health 5: Biological and environmental aspects of chromium*. Elsevier Biomedical Press, New York, 49-64.
- Casares Rivas, M. M., Izquierdo Vílchez, R., Osorio López, M. J., Albendín García, L., Fernández Castillo, R. (2015). «Diabetes: Vanadio como agente hipoglucemiante». *Paraninfo Digital: Monográficos de Investigación en Salud* 22: 1-5.
- Chale, F. M. M. (2002). «Trace metal concentrations in water, sediments and fish tissue from lake Tanganyika». *Sci Total Environ* 299: 115-121.
- Chowdhury M. J., Blust, R. (2002). «Bioavailability of waterborne strontium to the common carp, *Cyprinus carpio*, in complexing environments». *Aquat Toxicol* 58: 215-227.
- Chowdhury, M. J. & Blust, R. (2011). «Strontium». In *Fish Physiology*, vol. 31. Academic Press, 351-390.
- Choy, E. H. S., Scott, D. L., Kingsley, G. H., Thomas, A., Murphy, A. G. U., Staimos, N., Panayi, G. S. (2001). «Control of rheumatoid arthritis by oral tolerance». *Arthritis & Rheumatism* 44(9): 1993-1997.

- Citak, D. and Tuzen, M. (2010). «A novel preconcentration procedure using cloud point extraction for determination of lead, cobalt and copper in water and food samples using flame atomic absorption spectrometry». *Food Chem Toxicol* 48: 1399-1404.
- Coğun, H. Y., Yüzereroğlu, T. A., Firat, O., Gök, G., Kargin, F. (2006). «Metal concentrations in fish species from the northeast Mediterranean Sea». *Environ Monit Asses* 121: 431-438.
- Cronan, D. S. (1977). «Deep-sea nodules: distribution and geochemistry». In G. P. Glasby (ed.), *Marine manganese deposits*. Elsevier, Amsterdam, 11-44.
- Cuberos, E., Rodríguez, A. & Prieto, E. (2009). «Niveles de cromo y alteraciones de salud en una población expuesta a las actividades de curtiembres en Bogotá, Colombia». *Revista de Salud Pública*, 11(2), 278-289.
- Dalton, D. A., Russell, S. A., Evans, H. J. (1988). «Nickel as a micronutrient element for plants». *BioFactors* 1(1): 6-11.
- Das, K. K., Das, S. N. & Dhundasi, S. A. (2008). «Nickel, its adverse health effects & oxidative stress». *Indian journal of medical research*, 128(4), 412.
- Davies, N. W., Standen, N. B., Stanfield, P. R. (1991). «ATP-dependent potassium channels of muscle cells: Their properties, regulation, and possible functions». *Journal of Bioenergetics and Biomembranes* 23(4): 509-535.
- Daviglus, M., Sheeshka, J., Murkin, E. (2002). «Health benefits from eating fish». *Comments Toxicol* 8: 345-374.
- Davis, G. K., Mertz, W. (1987) «Copper». En W. Mertz (ed.), *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*, 5.^a edición, volumen 1. Academic Press Inc, Estados Unidos.
- De Conto Cinier, C., Petit-Ramel, M., Faure, R., Garin, D. & Bouvet, Y. (1999). «Kinetics of cadmium accumulation and elimination in carp *Cyprinus carpio* tissues». *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Pharmacology, Toxicology and Endocrinology*, 122(3), 345-352.
- De Sousa, E. A., Luz, C. C., De Carvalho, D. P., Dorea, C. C., De Holanda, I. B. B., Manzatto, Â. G., Bastos, W. R. (2016). «Chromium distribution in an

- Amazonian river exposed to tannery effluent». *Environmental Science and Pollution Research* 23(21): 22019-22026.
- Del Ramo, J., Torreblanca, A. y Díaz Mayans, J. (1993). «Toxicidad de los metales». En A. Mas, J. M. Azque (eds.), *Metales en sistemas biológicos*. PPU, Barcelona, España, 143-162.
- Devirian, T. A., Volpe, S. L. (2003). «The Physiological Effects of Dietary Boron». *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 43(2): 219-231.
- Díaz, C., Galindo, F., García-Montelongo, F. (1994). «Distribution of metals in some fishes of Santa Cruz de Tenerife, Canary Islands». *Bull Environ Contam Toxicol* 52: 374-381. DOI: 10.1007/BF00197824.
- Długaszek, M., Koczyński, K. (2014). «Correlations Between Elements in the Fur of Wild Animals». *Bull Environ Contam Toxicol* 93: 25-30.
- Domingo, J. L. (2007). «Omega-3 fatty acids and the benefits of fish consumption: it's all that glitters gold?». *Environ Int* 33(7): 933-938.
- Doréa, J. G. (2008). «Persistent, bioaccumulative and toxic substances in fish: human health considerations». *Sci Total Environ* 400 (1-3): 93-114.
- EFSA (European Food Safety Authority) (2009). «Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to magnesium and electrolyte balance (ID 238), energy-yielding metabolism (ID 240, 247, 248), neurotransmission and muscle contraction including heart muscle (ID 241, 242), cell division (ID 365), maintenance of bone (ID 239), maintenance of teeth (ID 239), blood coagulation (ID 357) and protein synthesis (ID 364) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006». *EFSA Journal* 7(9): 1216.
- EFSA (European Food Safety Authority) (2009). «Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain». *EFSA Journal* 980: 1-139
- EFSA (European Food Safety Authority) (2010). «Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM)». *EFSA Journal* 8(4): 1570 (151 pp.).
- EFSA (European Food Safety Authority) (2011a). «Statement on the evaluation on a new study related to the bioavailability of aluminium in food». *EFSA Journal* 9(5): 2157.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

- EFSA (European Food Safety Authority) (2011b). «Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Statement on tolerable weekly intake for cadmium». *EFSA Journal* 9(2): 1975.
- EFSA (European Food Safety Authority) (2013a). «Scientific Opinion on Dietary Reference Values for molybdenum». *EFSA Journal* 11(8): 3333.
- EFSA (European Food Safety Authority) (2013b). «Technical Report: Dietary exposure to aluminium-containing food additives». Supporting Publications EN411.
- EFSA (European Food Safety Authority) (2014a). «Scientific Opinion on Dietary Reference Values for zinc». *EFSA Journal* 12(10): 3844.
- EFSA (European Food Safety Authority) (2014b). «Scientific Opinion on Dietary Reference Values for chromium». *EFSA Journal* 12(10): 3845.
- EFSA (European Food Safety Authority) (2015a). «Scientific Opinion on Dietary Reference Values for iron. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA)». *EFSA Journal* 13(10): 4254.
- EFSA (European Food Safety Authority) (2015b). «Scientific opinion on the risks to public health related to the presence of nickel in food and drinking water». *EFSA Journal* 13(2): 4002-4204.
- El-Said, G. F. & Youssef, D. H. (2009). «Accumulation of some trace metals and fluoride in economically important fish species from coastal waters of Alexandria, Egypt during summer 2006». *Egypt J Aquat Res*, 35(1), 21-41.
- EPA (US Environmental Protection Agency) (1980). Ambient water quality criteria for chromium. Washington, DC: Office of Water Regulations and Standards, Criteria and Standards Division, U.S. EPA440580035.
- EPA (US Environmental Protection Agency) (1984). Health assessment document for chromium. Research Triangle Park, NC: Environmental Assessment and Criteria Office, U.S. EPA600883014F.
- EPA (US Environmental Protection Agency) (2008). Provisional Peer Reviewed Toxicity Values for Lithium (CASRN 7439-93-2).
http://hhprt.vt.gov/issue_papers/Lithium.pdf.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

- Erramouspe, B. (2012). «Determinación de ferritina sérica». *Hematología*, 16(2), 122-123.
- Establier, R. (1975). «Contenido de mercurio en anguilas (*Anguilla anguilla*) de la desembocadura del río Guadalquivir y esteros de las salinas de la zona de Cádiz». *Investigación Pesquera* 39 (1): 249-255.
- FAO (2010). «The international fish trade and world fisheries».
http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/newsroom/docs/fact_sheet_fish_trade_en.pdf.
- FAO (2018). «The State of World Fisheries and Aquaculture».
<http://www.fao.org/3/ca0191en/ca0191en.pdf>.
- Farkas, A., Salanki, J., Specziar, A. (2002). «Relation between growth and the heavy metal concentration in organs of bream, *Abramis brama* L. populating Lake Balaton». *Arch Environ Contam Tox* 43(2): 236-243.
- Fawcett, J. P., Farquhar, S. J., Thou, T. *et al.* (1997). «Oral vanadyl sulphate does not affect blood cells, viscosity or biochemistry in humans». *Pharmacol Toxicol* 80: 202-206.
- FESNAD (2010). «Ingestas Dietéticas de Referencia (IDR) para la Población Española, 2010». *Act Diet* 14(4): 196-197.
- Fielder, D. S., Bardsley, W. J., Allan, G. L. (2001). «Survival and growth of Australian snapper, *Pagrus auratus*, in saline groundwater from inland New South Wales, Australia». *Aquaculture* 201: 73-90.
- Filazi, A., Bazcaya, R., Kum, C., Hismio Gullari, S. E. (2003). «Metal concentrations in tissues of the black sea fish *Mugil auratus* from Sinop-Icliman, Turkey». *Hum Exp Toxicol* 22: 85-87.
- Fisher, S. W., Stromberg, P., Bruner, K. A. and Boulet, L. D. (1991). «Molluscicidal activity of potassium to the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*: toxicity and mode of action». *Aquatic Toxicology* 20: 219-234.
- Flik, G., Verboost, P. M. & Wendelaar Bonga, S. E. (1995). «Calcium transport processes in fishes». In C. M. Wood & T. J. Shuttleworth (eds.), *Cellular and Molecular Approaches to Fish Ionic Regulation*. Academic Press, San Diego, 350.

- Flora, S. J. S., Mehta, A., Satsangi, K., Kannan, G. H., Gupta, M. (2003). «Aluminum-induced oxidative stress in rat brain: response to combined administration of citric acid and HEDTA». *Comp. Biochem. Physiol C* 134: 319-328.
- FNB/IOM (2001). *Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc (2000). A Report of the Panel on Micronutrients, subcommittees on upper reference levels of nutrients and of interpretation and uses of dietary reference intakes, and the standing committee on the scientific evaluation of dietary reference intakes.* Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academy Press, Washington, DC, 510-520.
- Fournier, P.-G., Govers, T. R. (2003). «Contamination by nickel, copper and zinc during the handling of euro coins». *Contact Dermatitis* 48: 181-188.
- Fowler, B. A. (2009). «Monitoring of human populations for early markers of cadmium toxicity: A review». *Toxicology and Applied Pharmacology* 238(3): 294-300.
- Franca, S., Vinagre, C., Cacador, I., Cabral, H. N. (2005). «Heavy metal concentrations in sediment, invertebrates and fish in three saltmarsh areas subjected to different pollution loads in the Tagus Estuary (Portugal)». *Mar Pollut Bull* 50: 993-1018.
- Galar-Martínez, M., Gómez-Olivá, L. M., Amaya-Chávez, A., Razo-Estrada, A. C., García Medina, S. (2010). «Oxidative stress induced on *Cyprinus carpio* by contaminants present in the water and sediment of Madín reservoir». *J Environ Sci Heal A* 45: 875-882.
- García, J. O., Tortajada, J. F., Conesa, A. C., & Castell, J. G. (2005). «Neurotóxicos medioambientales (y II). Metales: efectos adversos en el sistema nervioso fetal y posnatal». *Acta Pediatr Esp*, 63, 182-192.
- García-Díaz, M., González, J. A., Lorente, M. J. & Tuset, V. M. (2006). «Spawning season, maturity sizes, and fecundity in blacktail comber (*Serranus atricauda*) (Serranidae) from the eastern-central Atlantic». *Fishery Bulletin*, 104(2), 159-166.
- García-Medina, S., Razo-Estrada, A. C., Gómez-Olivá, L. M., Amaya-Chávez, A., Madrigal-Bujaidar, E., Galar-Martínez, M. (2010). «Aluminum-induced

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

- oxidative stress in lymphocytes of common carp (*Cyprinus carpio*)». *Fish Physiol Biochem* 36: 875-882.
- García-Montelongo, F., Díaz, C., Galindo, L., Larrechi, M.S. and Rius, X. (1994). «Heavy metals in three fish species from the coastal waters of Santa Cruz de Tenerife (Canary Islands)». *Sci Mar* 58(3): 179-183
- Gehlen, M., Beck, L., Calas, G., Flank, A. M., Van Bennekom, A. J., Van Beusekom, J. E. E. (2002). «Unraveling the atomic structure of biogenic silica: evidence of the structural association of Al and Si in diatom frustules». *Geochim Cosmochim Acta* 66 (9): 1604-1609.
- Ghosh, S. R. (1975). «Preliminary observation on the effect of cobalt on the Survival and growth of *Mugil parsia*». *Bamidgeh* 27: 110-111.
- Godt, J., Scheidig, F., Grosse-Siestrup, C., Esche, V., Brandenburg, P., Reich, A., Groneberg, D. A. (2006). «The toxicity of cadmium and resulting hazards for human health». *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*. 1: 22.
- Gonçalves, P. P., Silva, V. S. (2007). «Does neurotransmission impairment accompany aluminium neurotoxicity?». *Journal Inorg Biochem* 101: 1291-1338.
- Gonneea, M. E., Cohen, A. L., DeCarlo, T. M. & Charette, M. A. (2017). «Relationship between water and aragonite barium concentrations in aquaria reared juvenile corals». *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 209, 123-134.
- González, F. J., Somoza, L., Lunar, R., Martínez-Frías, J., Martín Rubí, J. A. & Díaz del Río, V. (2010). «Nódulos de hierro-manganeso: el nuevo descubrimiento del Golfo de Cádiz». *Boletín Geológico y Minero*, 117, 491-497.
- González-Weller, D., Gutiérrez, A. J., Rubio, C., Revert, C., Hardisson, A. (2010). «Dietary Intake of Aluminum in a Spanish Population (Canary Islands)». *J Agric Food Chem* 58: 10452-10457.
- González-Weller, D., Rubio, C., Gutiérrez, A. J., González, G. L., Caballero Mesa, J. M., Revert Gironés, C., Burgos Ojeda, A., Hardisson, A. (2013). «Dietary intake of barium, bismuth, chromium, lithium, and strontium in a Spanish population (Canary Islands, Spain)». *Food Chem Toxicol* 62: 856-868.

- Goyer, R. A. (1997). «Toxic and essential metal interactions». *Annual Review of Nutrition* 17: 37-50.
- Graudal, N., Jürgens, G., Baslund, B., Alderman, M. H. (2014). «Compared with Usual Sodium Intake, Low- and Excessive-Sodium Diets Are Associated with Increased Mortality: A Meta-Analysis». *American Journal of Hypertension* 27(9): 1129-1137.
- Greger, J. L., Sutherland, J. E. (1997). «Aluminum exposure and metabolism». *Crit Rev Clin Lab Sci* 34(5): 439-474.
- Groth III, E. (2010). «Ranking the contributions of commercial fish and shellfish varieties to mercury exposure in the United States: implications for risk communication». *Environ Res* 110: 226-236.
- Guidetti, P. & Boero, F. (2002). «Spatio-temporal variability in abundance of the parrotfish, *Sparisoma cretense*, in SE Apulia (SE Italy, Mediterranean Sea)». *Italian Journal of Zoology*, 69(3), 229-232.
- Gurzau, E. S., Neagu, C., Gurzau, A. E. (2003). «Essential metals – Case study on iron». *Ecotoxicology and Environmental Safety* 56(1): 190-200.
- Habashi, F. (1997). *Handbook of Extractive Metallurgy*. Wiley-VCH, Quebec.
- Halliwell, D., Turoczy, N. and Stagnitti F. (2000). «Lead concentrations in *Eucalyptus* sp. in a small coastal town». *B Environ Contam Tox* 65: 583-590.
- Hamilton, S. J. and Buhl, K. J. (1990). «Acute toxicity of boron, molybdenum and selenium to fry of Chinook salmon and coho salmon». *Arch Environ Contam Tox* 19: 366-373.
- Hamilton, H. (1995). «The thermal cycling behaviour of lithium titanate». *J Nucl Mater*, 219, 274-283.
- Hardisson, A. (1984). *Niveles de concentración de metales pesados (Hg, Zn, Cd, Pb, Cu, Fe) en especies marinas de interés bromatológico*. Tesis doctoral. Universidad de La Laguna.
- Hardisson, A., Revert, C., González-Weller, D., Gutiérrez, A., Paz, S., Rubio, C. (2017). «Aluminium Exposure Through the Diet». *HSOA Journal of Food Science and Nutrition* 3: 1-10.

- Harris, W. R., Messori, L. (2002). «A comparative study of aluminum (III), gallium (III), indium (III), and thallium (III) binding to human serum transferrin». *Coord Chem Rev* 228: 237-262.
- Heemstra, P. C. & Randall, J. E. (1993). *FAO species catalogue vol. 16 groupers of the world (family serranidae, subfamily epinephelinae): An annotated and illustrated catalogue of the grouper, rockcod, hind, coral grouper, and lyretail species known to date*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Hill, C. H. and Matrone, G. (1970). «Chemical parameters in the study of in vivo and in vitro interactions of transition elements». *Fed Proc* 29: 1474-1481.
- Holmes, W. N. H., Donaldson, E. M. (1969). «The body compartments and the distribution of electrolytes». In W. S. Hoar, D. J. Randall (eds.), *Fish Physiology*, vol. 1. Academic Press, London, 1-89.
- Hurley, S. W., Johnson, A. K. (2015). «The biopsychology of salt hunger and sodium deficiency». *European Journal of Physiology* 467(3): 445-456.
- IARC (International Agency for Research on Cancer) (1990). *IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Volume 49: Chromium, nickel and welding*. International Agency for Research on Cancer, World Health Organization, Lyon, France, 257-445.
- Ibáñez, E., Herrero, M. (2017). *Las algas que comemos*. CSIC. Catarata, España.
- Ibs, K. H., Rink, L. (2003). «Zinc-Altered Immune function». *The Journal of Nutrition* 133(5): 1452S-1456S.
- IOM (Institute of Medicine) (2001). *Food and Nutrition Board of the Institute of Medicine of the National Academies. Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc*. National Academy Press, Washington, USA.
- IRIS (US Environmental Protection Agency) (2002). «Strontium». Integrated Risk Information System. U.S., Environmental Protection Agency, Washington, DC.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

- IRIS (US Environmental Protection Agency) (2006). «Barium». Integrated Risk Information System. U.S., Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- IRIS (US Environmental Protection Agency) (2012). «Vanadium pentoxide». Integrated Risk Information System. U.S., Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) (1995). «Nomenclature in Evaluation of Analytical Methods including Detection and Quantification Capabilities». *Pure and Applied Chemistry* 67: 1699-1723.
- Jadot, C., Donnay, A., Acolas, M. L., Cornet, Y., Anras, M. L. B. (2006). «Activity patterns, home-range size, and habitat utilization of *Sarpa Salpa* (Teleostei: Sparidae) in the Mediterranean Sea». *ICES Journal of Marine Science* 63: 128-139.
- Jain, R. & Tiwari, A. (2018). «Boron: a dietary mineral for human health». *Al-Azhar Assiut Medical Journal*, 16(1), 96.
- Jamieson-Hanes, J. H., Shrimpton, H. K., Veeramani, H., Ptacek, C. J., Lanzirrotti, A., Newville, M., Blowes, D. W. (2017). «Evaluating zinc isotope fractionation under sulfate reducing conditions using a flow-through cell and in situ XAS analysis». *Geochimica et Cosmochimica Acta* 203: 1-14.
- Janssen, J. (2000). «Toxicity of Co 2+: implications for lateral line studies». *Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology*, 186(10), 957-960.
- Jeandel, C., Tachikawa, K., Bory, A., Dehairs, C. (2000). «Biogenic barium in suspended and trapped material as a tracer of export production in the tropical NE Atlantic (EUMELI sites)». *Marine Chemistry* 71: 125-142.
- Kampfenkel, K., Van Montagu, Inze, D. (1995). «Effects of Iron Excess on *Nicotiana glumbaginifolia* Plants (Implications to Oxidative Stress)». *Plant Physiology* 107: 725-735.
- Katz, S. A. (1991). «The Analytical Biochemistry of Chromium». *Environmental Health Perspectives* 92: 13-16.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

- Kidd, P. S., Castro, C. B., Lestón, M. G. & Monterroso, C. (2007). «Aplicación de plantas hiperacumuladoras de níquel en la fitoextracción natural: el género *Alyssum* L.». *Revista Ecosistemas*, 16(2).
- Krezel, A., Maret, W. (2016). «The biological inorganic chemistry of zinc ions». *Archives of Biochemistry and Biophysics* 61: 3-19.
- Kuykendal, J. R., Kerger, B. D., Jarvi, E. J., Cobett, G. E., Paustenbach, D. J. (1996). «Measurement of DNA-protein cross-links in human leukocytes following acute ingestion of chromium in drinking water». *Carcinogenesis* 17: 1971-1977.
- Kwon, B., Ha, N., Jung, J., Kim, P. G., Kho, Y., Choi, K. & Ji, K. (2016). «Effects of Barium Chloride ExpoSure on Hormones and Genes of the Hypothalamic–Pituitary–Gonad Axis, and Reproduction of Zebrafish (*Danio rerio*)». *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 96(3), 341-346.
- Labropoulou, M. & Eleftheriou, A. (1997). «The foraging ecology of two pairs of congeneric demersal fish species: importance of morphological characteristics in prey selection». *Journal of Fish Biology*, 50(2), 324-340.
- LaVigne, M., Grottoli, A. G., Palardy, J. E. & Sherrell, R. M. (2016). «Multi-colony calibrations of coral Ba/Ca with a contemporaneous in situ seawater barium record». *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 179, 203-216.
- Lide, D. R. (2008). *CRC handbook of chemistry and physics*. 88.^a edición. CRC Press, Boca Raton, FL, 4-40, 4-90, 4-92, 4-98.
- Lippmann, M. (ed.) (2000). *Environmental toxicants: human exposures and their health effects*. John Wiley & Sons.
- Liu, J., Qu, W., Kadiiska, M. B. (2009). «Role of oxidative stress in cadmium toxicity and carcinogenesis». *Toxicology and Applied Pharmacology* 238(3): 209-214.
- Lozano, G., Brito, A., Hardisson, A., Gutiérrez, A., González-Weller, D., Lozano, I. J. (2009). «Content of Lead and Cadmium in Barred Hogfish, *Bodianus scrofa*, Island Grouper, *Mycteroperca fusca*, and Portuguese Dogfish, *Centroscymnus coelolepis*, from Canary Islands, Spain». *Bull Environ Contam Toxicol* 83: 591-594.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

- LPI (Linus Pauling Institute) (2020a). Centro de Información de Micronutrientes. Minerales. Calcio (*online*). Disponible en <http://lpi.oregonstate.edu/es/mic/minerales/calcio> (acceso 09/05/2020).
- LPI (Linus Pauling Institute) (2020b). Centro de Información de Micronutrientes. Minerales. Magnesio (*online*). Disponible en <http://lpi.oregonstate.edu/es/mic/minerales/magnesio> (acceso 09/05/2020).
- LPI (Linus Pauling Institute) (2020c). Centro de Información de Micronutrientes. Minerales. Potasio (*online*). Disponible en <http://lpi.oregonstate.edu/es/mic/minerales/potasio> (acceso 09/05/2020).
- LPI (Linus Pauling Institute) (2020d). Centro de Información de Micronutrientes. Minerales. Sodio (*online*). Disponible en <http://lpi.oregonstate.edu/es/mic/minerales/sodio> (acceso 09/05/2020).
- LPI (Linus Pauling Institute) (2020e). Centro de Información de Micronutrientes. Minerales. Cromo (*online*). Disponible en <http://lpi.oregonstate.edu/es/mic/minerales/cromo> (acceso 19/05/2020).
- LPI (Linus Pauling Institute) (2020f). Centro de Información de Micronutrientes. Minerales. Cobre (*online*). Disponible en <http://lpi.oregonstate.edu/es/mic/minerales/cobre> (acceso 19/05/2020).
- LPI (Linus Pauling Institute) (2020g). Centro de Información de Micronutrientes. Minerales. Zinc (*online*). Disponible en <http://lpi.oregonstate.edu/es/mic/minerales/zince> (acceso 19/05/2020).
- Malhotra, I., Gopinath, S., Janga, K. C., Greenberg, S., Sharma, S. K., Tarkovsky, R. (2014). «Unpredictable Nature of Tolvaptan in Treatment of Hypervolemic hyponatremia: Case Review on Role of Vaptans». *Case Reports in Endocrinology*. DOI: 10.1155/2014/807054.
- Maraver, F., Vitoria, I., Ferreira-Pêgo, C., Armijo, F. & Salas-Salvadó, J. (2015). «Magnesio en el agua de consumo público y aguas minerales naturales en España y su contribución en cubrir las necesidades nutricionales». *Nutrición Hospitalaria*, 31 (n.º 5), 2297-2312.
- Mármol, F. (2006). «Litio: 55 años de historia en el tratamiento del trastorno bipolar». *Medicina clínica*, 127(5), 189-195.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

- Martorell, I., Perelló, G., Martí-Cid, R., Llobet, J. M., Castell, V., Domingo, L. J. (2001). «Human exposure to arsenic, cadmium, mercury, and lead from foods in Catalonia, Spain: Temporal trend». *Biol Trace Elem* 14(3): 309-322.
- McGeer, J. C., Brix, K. V., Skeaff, J. M. *et al.* (2003). «Inverse relationship between bioconcentration factor and exposure concentration for metals: implications for hazard assessment of metals in the aquatic environment». *Environ Toxicol Chem* 22(5): 1017-1037.
- Méndez-Villamil Mata, M. (2001). *Estudio del ciclo biológico de la salema Sarpa salpa (Linnaeus, 1758) en aguas de Gran Canaria*. Tesis doctoral. ULPGC, España.
- Mendoza-Rodríguez, R. (2009). «Toxicidad aguda del sulfato de cobre en postlarvas de camarón *cryphiops caementarius*». *Archivos de zootecnia*, 58(221), 103-110.
- Menéndez, A. M., Weisstaub, A., Montemerlo, H., Alloatti, S., Guidoni, M. E., Rusi, F. & de Portela, M. L. (2008). «Relación entre las cantidades de cobre y zinc administradas a pacientes graves con nutrición parenteral total y los niveles de cobre y zinc en plasma y eritrocitos». *Nutrición Hospitalaria*, 23(4), 373-382.
- Middag, R., Van Slooten, C., De Baar, H. J. W., Laan, P. (2011). «Dissolved aluminium in the Southern Ocean». *Deep-Sea Research II* 58: 2647-2660.
- Miner, S. (1969). *Air pollution aspects of barium and its compounds*. Litton Systems, Inc Contract No Ph-22-68-25, 69, Bethesda, MD.
- Mishra, A. K. and Mohanty, B. (2008). «Acute toxicity impacts of hexavalent chromium on behavior and histopathology of gill, kidney and liver of the freshwater fish, *Channa punctatus* (Bloch)». *Environ Tox and Pharm* 26(2): 136-141.
- Mishra, V. K., Kim, K. H., Kang, C. H. and Choi, K. C. (2004). «Wintertime sources and distribution of airborne lead in Korea». *Atmos Environ* 38: 2653-2664.
- Moll, R., Davis, B. (2017). «Iron, vitamin B12 and folate». *Medicine* 45(4): 198-203.
- Moore, J. A. (1995). «An assessment of lithium using the IEHR evaluative process for assessing human developmental and reproductive toxicity of agents». *Reprod Toxicol* 9(2): 175-210.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

- Morato, T., Santos, R. S. & Andrade, J. P. (2000). «Feeding habits, seasonal and ontogenetic diet shift of blacktail comber, *Serranus atricauda* (Pisces: Serranidae), from the Azores, north-eastern Atlantic». *Fisheries Research*, 49(1), 51-59.
- Morris, C. M., Candy, J. M., Oakley, A. E. *et al.* (1989). «Comparison of the regional distribution of transferrin receptors and aluminium in the forebrain of chronic renal dialysis patients». *J Neurol Sci* 94: 295-306.
- Mycroft, R. H., Mitchell, D. C. and Kay, J. (2000). «An evaluation of statistical procedures for comparing and individual performance with that group of control». *Cognitive Neuropsychology* 19(4): 291-299.
- Ng, A., Patterson, C. C. (1982). «Changes of lead and barium with time in California offshore basin sediments». *Geochim Cosmochim Acta* 46: 2307-2321.
- Nielsen, F.H. (1994). «Biochemical and physiologic consequences of boron deprivation in humans». *Environmental Health Perspectives* 102(Supl 7): 59-63.
- Nishi, Y. (1996). «Zinc and growth». *Journal of the American College of Nutrition* 15(4): 340-344.
- Nishijo, M., Nakagawa, H., Suwazono, Y., Nogawa, K. & Kido, T. (2017). «Causes of death in patients with Itai-itai disease suffering from severe chronic cadmium poisoning: a nested case-control analysis of a follow-up study in Japan». *BMJ open*, 7(7), e015694.
- Nogawa, K., Y, Suwazono (2011). «Itai-Itai Disease». *Encyclopedia of Environmental Health*, 308-314.
- Nriagu, J. O., Pacyna, J. M. (1988). «Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals». *Nature* 333: 134-139.
- NTP (National Toxicology Program) (1994). «Toxicology and carcinogenesis studies of barium chloride dehydrate-(CAS No 10326-27-9) in F344/N rats and B6C3F1 mice». TR432.
- NTP (National Toxicology Program) (2008). «NTP technical report on the toxicology and carcinogenesis studies of sodium dichromate dihydrate (CAS No. 7789-12-

- o) in F344/N rats and B6C3F1 mice (drinking water studies)». NTP TR 546, Washington, DC. http://ntp.niehs.nih.gov/files/546_web_FINAL.pdf.
- Orians, K. J., Bruland, K. W. (1985). «Dissolved aluminum in the Central North Pacific». *Nat* 316 (6027): 427-429.
- Palaniappan, R., Muthulingam, M. (2016). «Impact of Heavy Metal, Chromium on Protein Metabolism in Brain and Muscle of Freshwater Fish, *Channa striatus* (BLOCH)». *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 5(7): 638-647.
- Panfil, J., Darnaude, A. M., Vigliola, L., Jacquart, A., Labonne, M. & Gilles, S. (2015). «Experimental evidence of complex relationships between the ambient salinity and the strontium signature of fish otoliths». *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 467, 65-70.
- Papanikolaou, G., Pantopoulos, K. (2005). «Iron metabolism and toxicity». *Toxicology and Applied Pharmacology* 202(2): 199-211.
- Payne, J. F., Andrews, C., Fancey, L., French, B., Lee, K. (2011). «Risks to fish associated with barium in drilling fluids and produced water: a chronic toxicity study with cunner (*Tautoglabrus adspersus*)». In K. Lee, J. Neff (eds.), *Produced Water: Environmental Risks and Advances in Mitigation Technologies*. Springer, New York, 401-417.
- Paz, S. (2018). *Determinación de metales y elementos trazas en algas: Evaluación nutricional y toxicológica*. Tesis doctoral. Universidad de La Laguna, España.
- Paz, S., Rubio, C., Frías, I., Gutiérrez, A. J., González-Weller, D., Revert, C., Hardisson, A. (2018b). «Metal Concentrations in Wild-Harvested Phaeophyta Seaweed from the Atlantic Ocean (Canary Islands, Spain)». *Journal of Food Protection* 81(7): 1165-1170.
- Pelayo de Tomás, J. M., Novoa-Parra, C. & Gómez-Barbero, P. (2017). «Toxicidad por cobalto después de la revisión a una artroplastia total de cadera posterior a fractura de cabeza cerámica». *Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología*, 61(3), 203-207.

- Pérez López, M., Alonso, J., Novoa-Valinas, M. C. and Melgar, M. J. (2003). «Assessment of Heavy Metal Contamination of Seawater and Marine Limpet, *Patella vulgata* L., from Northwest Spain». *Journal Environ Sci Heal A - Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering*, A38(12): 2845-2856.
- Perrault, J. R., Buchweitz, J. P. & Lehner, A. F. (2014). «Essential, trace and toxic element concentrations in the liver of the world's largest bony fish, the ocean sunfish (*Mola mola*)». *Marine pollution bulletin*, 79(1-2), 348-353.
- Pierron, F., Normandeau, E., Defo, M. A., Campbell, P. G., Bernatchez, L. and Couture, P. (2011). «Effects of chronic metal exposure on wild fish populations revealed by high through put cDNA sequencing». *Ecotoxicology* 20: 1388-1399.
- Pintaeva, E. Ts., Bazarsadueva, S. V., Radnaeva, L. D., Pertov, E. A. & Smirnova, O. G. (2011). «Content and character of metal accumulation in fish of the Kichera River (a tributary of Lake of Baikal)». *Contemporary Problems of Ecology* 4: 64-68.
- Pitt, R., Field, R., Lalor, M. *et al.* (1995). «Urban stormwater toxic pollutants: Assessment, sources, and treatability». *Water Environ Res* 67(3): 260-275.
- Prasad, A. S. (1988). «Zinc in growth and development and spectrum of human zinc deficiency». *Journal of the American College of Nutrition* 7(5): 377-384.
- Prasad, A. S. (2009). «Impact of the Discovery of Human Zinc Deficiency on Health». *Journal of the American College of Nutrition* 28(3): 257-265.
- Quignard, J. P. and Pras, A. (1986). «Scaridae». In P. J. P. Whitehead, M. L. Bauchot, J. C. Hureau, J. Nielsen and E. Tortonese (eds.), *Fishes of the north-eastern Atlantic and the Mediterranean*, vol. 2. UNESCO, Paris, 943-944.
- Real Decreto 560/1995, de 7 de abril, por el que se establecen las tallas mínimas de determinadas especies pesqueras. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 84.
- Reginster, J. Y., Seeman, E., De Vernejoul, M. C., Adami, S., Compston, J., Phenekos, C. & Sorensen, O. H. (2005). «Strontium ranelate reduces the risk of nonvertebral fractures in postmenopausal women with osteoporosis: Treatment

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

of Peripheral Osteoporosis (TROPOS) study». *The journal of clinical endocrinology & metabolism*, 90(5), 2816-2822.

Reglamento (CE) n.º 1881/2006 de la Comisión, de 19 de diciembre de 2006, por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. *Diario Oficial de la Unión Europea*. L 364/5. 20.12.2006.

Reglamento (CE) n.º 333/2007 de la Comisión, de 28 de marzo de 2007, por el que se establecen los métodos de muestreo y análisis para el control oficial de los niveles de plomo, cadmio, mercurio, estaño inorgánico, 3-MCPD y benzo(a)pireno en los productos alimenticios. *Diario Oficial de la Unión Europea*. L 88/29. 29.3.2007.

Reglamento (CE) n.º 420/2011 de la Comisión, de 29 de abril de 2011, que modifica el Reglamento (CE) n.º 1881/2006, por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. *Diario Oficial de la Unión Europea*. L 111/3. 30.4.2011.

Reglamento (CE) n.º 629/2008 de la Comisión, de 2 de julio de 2008, que modifica el Reglamento (CE) n.º 1881/2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. *Diario Oficial de la Unión Europea*. L 173/6. 3.7.2008.

Regoli, L., Van Tilborg, W., Heijerick, D., Stubblefield, W. & Carey, S. (2012). «The bioconcentration and bioaccumulation factors for molybdenum in the aquatic environment from natural environmental concentrations up to the toxicity boundary». *Science of the total environment*, 435, 96-106.

Reilly, C. (2002). *Metal Contamination of Food*, 3.^a edición. Blackwell Science Ltd., USA.

Robertson, D. R., Warner, R. R. (1978). «Sexual patterns in the labroid fishes of the western Caribbean. II. The parrotfishes (Scaridae)». *Smithsonian Control Zool* 255: 1-26.

Rodríguez-Jiménez, T. J., Ojeda-Barrios, D. L., Blanco-Macías, F., Valdez-Cepeda, R. D., Parra-Quezada, R. (2014) «Ureasa y níquel en la fisiología de las plantas». *Revista Chapingo Serie Horticultura* 22(2): 69-81.

- Rona, P. (2003). «Resources of the sea floor». *Science* 299: 673-674.
- Rowe, R.I. & Eckhert, C.D. (1999). «Boron is required for zebrafish embryogenesis». *Journal of experimental biology*, 202(12), 1649-1654.
- Rubio, C., González Weller, D., Martín-Izquierdo, R. E., Revert, C., Rodríguez, I., Hardisson, A. (2007). «El zinc: oligoelemento esencial». *Nutrición Hospitalaria* 22(1): 101-107.
- Rubio, C., Napoleone, G., Luis-González, G., Gutiérrez, A. J., González-Weller, D., Hardisson, A., Revert, C. (2017a). «Metals in edible seaweed». *Chemosphere* 173: 572-579.
- Rubio, C., Paz, S., Ojeda, I., Gutiérrez, A. J., González-Weller, D., Hardisson, A., Revert, C. (2017b). «Dietary Intake of Metals from Fresh Cage-Reared Hens' Eggs in Tenerife, Canary Islands». *Journal of Food Quality*.
<http://doi.org/10.1155/2017/5972153>.
- Rubio, C., Paz, S., Tius, E., Hardisson, A., Gutiérrez, A. J., González-Weller, D., Caballero, J. M., Revert, C. (2018). «Metal Contents in the Most Widely Consumed Commercial Preparations of Four Different Medicinal Plants (Aloe, Senna, Ginseng, and Ginkgo) from Europe». *Biological Trace Element Research*. <http://doi.org/10.1007/s12011-018-1329-7>.
- Ruusunen, M., Puolanne, E. (2005). «Reducing sodium intake from meat products». *Meat Science* 70(3): 531-541.
- Saiyed, S. M., Yokel, R. A. (2005). «Aluminum content of some foods and food products in the USA, with aluminum food additives». *Food Addit Contam* 22(3): 234-244.
- Sangiuliano, D., Rubio, C., Gutiérrez, A. J., González-Weller, D., Revert, C., Hardisson, A., Zanardi, E., Paz, S. (2017). «Metal Concentrations in Samples of Frozen Cephalopods (Cuttlefish, Octopus, Squid, and Shortfin Squid): An Evaluation of Dietary Intake». *Journal of Food Protection* 80(11): 1867-1871.
- Sanín, L. H., González-Cossío, T., Romieu, I. & Hernández-Avila, M. (1998). «Acumulación de plomo en hueso y sus efectos en la salud». *Salud pública de México*, 40(4), 359-368.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

- Santana, A. T. & Castro, J. J. (2007). «Variaciones en la reproducción y crecimiento de la cabrilla (*Serranus atricauda*) en aguas de Canarias». *Vector Plus*, 29, 57-67.
- Santos, M. N., Monteiro, C. C. & Lassère, G. (1995). «A four years overview of the fish assemblages and yield on two artificial reef systems off Algarve (south Portugal)». In *Proceedings of the 30th European Marine Biological Symposium*, Southampton, UK, 345-352.
- Satarug, S., Garrett, S. H., Sens, M. A. and Sens, D. A. (2010). «Cadmium, environmental expoSure, and health outcomes». *Environ Health Perspect* 118: 182-190.
- SCF (Scientific Committee for Food) (1993). 31st series of reports of the Scientific Committee for Food. Nutrient and energy intakes for the European Community. Commission of the European Communities, Luxembourg.
- SCF (Scientific Committee for Food) (1998). «Opinion of the Scientific Committee for Food on “Substances for nutritional purposes which have been proposed for use in the manufacture of foods for particular nutritional purposes” ».
- SCF (Scientific Committee on Food) (2000). «Opinion of the Scientific Committee on Food on the Tolerable Upper Intake Level of Molybdenum». European Commission, Health and Consumer Protection Directorate – General, Final 28 November 2000, 1-15.
- SCHER (Scientific Committee on Health and Environmental Risk) (2012). «Assessment of the Tolerable Daily Intake of Barium. European Commission». <http://doi.org/10.2772/49651>.
- Schmidt, J. A., Andren, A. W. (1984). «Deposition of airborne metals into the Great Lakes: An evaluation of past and present estimates». *Adv Environ Sci Technol* 14: 81-103.
- Seelig, M. S. (1989). «Cardiovascular consequences of magnesium deficiency and loss: pathogenesis, prevalence and manifestations magnesium and chloride loss in refractory potassium repletion». *Am J Cardiol* 63: 46-216.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

- Sepe, A., Ciaralli, L., Ciprotti, M. *et al.* (2003). «Determination of cadmium, chromium, lead and vanadium in six fish species from the Adriatic Sea». *Food Addit Contam* 20(6): 543-552.
- Siebert, C., Nägler, T. F., Von Blanckenburg, F. and Kramers, J. D. (2003). «Molybdenum isotope records as a potential new proxy for paleoceanography». *Earth Planet Sci Lett* 211: 159-171.
- Sjögren, B., Iregren, A., Elinder, C. G., Yokel, R. A. (2007). «Chapter 17: Aluminum». In G. F. Nordberg, B. A. Fowler, M. Nordberg, L. Friberg (eds.), *Handbook on the Toxicology of Metals*, 3.^a edición. Academic Press, Amsterdam.
- Soylak, M., Saracoglu, S., Divrikli, U., Elci, L. (2001). «Copper and zinc concentrations of serum samples of healthy people living in Tokat, Turkey». *Trace Elem Electrolytes* 18: 47-50.
- Spry, D. J., Wiener, J. G. (1991). «Metal bioavailability and toxicity to fish in low-alkalinity lakes». *Environ Pollut* 71: 243-304.
- Steffens, W. (1989). *Principles of Fish Nutrition*. Ellis Horwood, Chichester, 384.
- Storelli, M. M. (2008). «Potential human health risks from metals (Hg, Cd, and Pb) and polychlorinated biphenyls (PCBs) via seafood consumption: estimation of target hazard quotients (THQs) and toxic equivalents (TEQs)». *Food Chem Toxicol* 46: 2782-2788.
- Tang, D., Morel, F. M. (2006). «Distinguishing between cellular and Fe-oxide-associated trace elements in phytoplankton». *Mar Chem* 98: 18-30.
- Tapiero, H., Tew, K. D. (2003). «Trace elements in human physiology and pathology: zinc and metallothioneins». *Biomedicine & Pharmacotherapy* 57(9): 399-411.
- Taylor, D., Maddock, B. G. & Mance, G. (1985). «The acute toxicity of nine 'grey list' metals (arsenic, boron, chromium, copper, lead, nickel, tin, vanadium and zinc) to two marine fish species: dab (*Limanda limanda*) and grey mullet (*Chelon labrosus*)». *Aquatic Toxicology*, 7(3), 135-144
- Thompson, S. E., Burton, C. A., Quinn, D. J. *et al.* (1972). *Concentration factors of chemical elements in edible aquatic organisms*. Lawrence Livermore Laboratory, Bio-Medical Division, University of California, Livermore, CA.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

- Tokur, B., Korkmaz, K. (2007). «The effects of an iron-catalyzed oxidation system on lipids and proteins of dark muscle fish». *Food Chem* 104(2): 754-760.
- Tortajada, I., J. F., i Castell, J. G., Andreu, J. L., i Domínguez, F. G., García, J. O., Tornero, O. B. & Conesa, A. C. (2001). «Enfermedades asociadas a la polución atmosférica por combustibles fósiles. Aspectos pediátricos». *Rev Esp Pediatr*, 57(3), 213-225.
- Tortonese, E. (1986). «Serranidae». *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean*, 2, 780-792.
- Tsui, P. T., McCart, P. J. (1981). «Chlorinated hydrocarbon residues and heavy metals in several fish species from the Cold Lake area in Alberta, Canada». *Intern J Environ Anal Chem* 10: 277-285.
- Türkmen, M., Türkmen, A., Tepe, Y., Ateş, A., Gökkuş, K. (2008). «Determination of metal contaminations in sea foods from Marmara, Aegean and Mediterranean seas: Twelve fish species». *Food Chemistry* 108 (2): 794-800.
- Türkmen, M., Türkmen, A., Tepe, Y., Tore, Y. & Ates, A. (2009). «Determination of metals in fish species from Aegean and Mediterranean seas». *Food Chemistry* 113(1): 233-237.
- Tuset, V. M., González, J. A., García-Díaz, M. M. & Santana, J. I. (1996). Feeding habits of *Serranus cabrilla* (Serranidae) in the Canary Islands. *Cybium (Paris)*, 20(2), 161-167.
- Tuya, F., Ortega-Borges, L., Sánchez-Jerez, P. & Haroun, R. J. (2006). «Effect of fishing pressure on the spatio-temporal variability of the parrotfish, *Sparisoma cretense* (Pisces: Scaridae), across the Canarian Archipelago (eastern Atlantic)». *Fisheries Research*, 77(1), 24-33.
- Tuzen, M., Saygi, K. O., Soylak, M. (2008). «Solid phase extraction of heavy metal ions in environmental samples on multiwalled carbon nanotubes». *J Hazard Mater* 152: 632-639.
- USGS (2008). «Cadmium». Mineral commodity summaries, U.S. Geological Survey. <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/cadmium/mcs-2008-cadmi.pdf>.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

- Uysal, K., Yetek, İ., Bülbül, M., Tunca, E. & Kavasoglu, M. (2017). «Investigation of the effects of boron on some enzyme activities and lipid peroxidation of Common carp (*Cyprinus carpio*)». *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17(2), 245-249.
- Vahter, M., Berglung, M., Nermell, B., Akesson, A. (1996). «Bioavailability of cadmium from shellfish and mixed diet in women». *Toxicol Appl Pharmacol* 136: 332-341.
- Valko, M., Leibfritz, D., Moncol, J., Cronin, M. T. D., Mazur, M., Telser, J. (2007). «Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease». *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology* 39(1): 44-84.
- Van der Walt, B. A., Beckley, L. E. (1997). «Age and growth of *Sarpa Salpa* (Pisces: Sparidae) off the east coast of South Africa». *Fis Res* 31: 241-248.
- Van Zinderen Bakker, Jaworski, J. F. (1980). *Effects of vanadium in the Canadian environment*. National Research Council Canada, Associate Committee Scientific Criteria for Environmental Quality, Ottawa, Canada, 1-94.
- Vega, R., Zamorano, J., Encina, F. & Mardones, A. (2015). «Efecto del calcio sobre la toxicidad aguda de aluminio en alevines de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) expuestos en aguas de diferente pH». *Lat Am J Aquat Res*, 43(2).
- Vieira, C., Morais, S., Ramos, S., Delerue-Matos, C. and Oliveira, M. B. (2011). «Mercury, cadmium, lead and arsenic levels in three pelagic fish species from the Atlantic Ocean: Intra- and inter-specific variability and human health risks for consumption». *Food Chem Toxicol* 49(4): 923-932.
- Viñas, M. & Flores, M. (2010). El bajo consumo de hierro, calcio y cinc tiene relación con valores elevados de plomo sanguíneo en mujeres embarazadas. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, 16(3), 128-136.
- Walter, P. B., Knutson, M. D., Paler-Martínez, A., Lee, S., Xu, Y., Viteri, F. E., Ames, B. N. (2002). «Iron deficiency and iron excess damage mitochondria and mitochondrial DNA in rats». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99(4): 2264-2269.

- Weaver, C. M. (2001). «Calcium». In B. A. Bowman and R. M. Russell (eds.), *Present knowledge in nutrition*, 8.^a edición. ILSI Press, Washington, DC, 273-280.
- Weaver, C. M., Peacock, M., Martin, B. R., Plawecki, K. L., McCabe, G. P. (1996). «Calcium retention estimated from indicators of skeletal status in adolescent girls and young women». *Am J Clin Nutr* 64: 67-70.
- WHO (World Health Organization) (1993). «Evaluation of certain additives and contaminants». Forty-first report of the joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Who Technical Report Series 837, Geneva, Switzerland.
- WHO (World Health Organization) (2005). «Nickel in drinking water, background document for development of WHO Guidelines for Drinking Water Quality (WHO/SDE/WSH/05.08/55)». Geneva, Switzerland.
- World Health Organization. (2009). *Boron in drinking-water: Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality* (No. WHO/HSE/WSH/09.01/2). World Health Organization.
- WHO (World Health Organization) (2010). «Strontium and strontium compound». Concise International Chemical Assessment Document. 77: 1-63.
- WHO (World Health Organization) (2011a). «Molybdenum in Drinking-water». Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. Rev. 1.
- WHO (World Health Organization) (2011b). «Manganese in Drinking-water». Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. Rev.1.
- WHO (World Health Organization) (1993). «Guidelines for Drinking-water Quality». World Health Organization (WHO/HSE/WSH/09.01/2). Geneva.
- Wim, V., Issabelle, S., Stefan, D., John, V. (2007). «Consumer perception versus scientific evidence of farmed and wild fish: exploratory insights for Belgium». *Aquacult Int* 15: 121-136.
- Wojciak, R. W. (2014). «The assessment of the food restrictions on the iron status in animal models and human anorexia». *Trace Elements and Electrolytes* 31(3): 108-115.

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |

- WoRMS Editorial Board (2014). *World Register of Marine Species*. Available from <http://www.marinespecies.org> at VLIZ.
- Yamada, Y., Okamura, A., Tanaka, S., Utoh, T., Horie, N., Mikawa, N. y Oka, H. P. (2002). «The roles of bone and muscle as phosphorus reservoirs during the sexual maturation of female Japanese eels, *Anguilla japonica* Temminck and Schlegel (Anguilliformes)». *Fish Physiol. Biochem.* 24: 327-334.
- Yan, Y., Shapiro, J. I. (2016). «The physiological and clinical importance of sodium potassium ATPase in cardiovascular diseases». *Current Opinion in Pharmacology* 27: 43-49.
- Yilmaz, A. B., Yilmaz, L. (2007). «Influences of sex and seasons on levelsof heavy metals in tissues of green tiger shrimp (*Penaeussemisulcatus*de Hann, 1884)». *Food Chem* 101: 1664-1669.
- Zhou, Y., Wei, F., Zhang, W., Guo, Z. & Zhang, L. (2018). «Copper bioaccumulation and biokinetic modeling in marine herbivorous fish *Siganus oramin*». *Aquatic toxicology*, 196, 61-69.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3123562 Código de verificación: K2Uh4Hki

| | |
|--|----------------------------|
| Firmado por: ALBERTO SANTIAGO GUTIERREZ RAVELO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | Fecha: 21/12/2020 01:25:48 |
| Ángel José Gutiérrez Fernández UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 07:50:00 |
| Arturo Hardisson de la Torre UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 21/12/2020 09:12:49 |
| María de las Maravillas Aguiar Aguiar UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA | 11/03/2021 09:00:53 |