

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE VETERINARIA

ESTUDIO DE NIVELES DE CADMIO EN MÚSCULO DE PESCADILLA (*Cynoscion guatucupa*) Y CORVINA (*Micropogonias furnieri*) COMERCIALIZADOS EN EL DEPARTAMENTO DE MONTEVIDEO, URUGUAY

por

María Jimena MATOS
María Pía RESTUCCIA
Ana María SIQUEIRA

TESIS DE GRADO presentada como uno de los requisitos para obtener el título de Doctor en Ciencias Veterinarias
Orientación: Higiene, Inspección, Control, y Tecnología de los productos de origen animal.

MODALIDAD: Trabajo Experimental

MONTEVIDEO
URUGUAY
2019

PÁGINA DE APROBACIÓN

Tesis de grado aprobada por:

Presidente de mesa:

Dra. Cristina Friss de Kereki

Segundo miembro (Tutor):

Dr. José Pedro Dragonetti

Tercer miembro:

I.A. Natalia Pastorino

Fecha:

06 de Noviembre de 2019

Autores:

María Jimena Matos Baño

Ana María Siqueira Rodriguez

María Pía Restuccia Barreiro

AGRADECIMIENTOS

A nuestro tutor Dr.José Pedro Dragonetti por su tiempo y ayuda brindada

A el laboratorio físico-químico de Bromatología de la IM, sus funcionarios, inspectores, Dr.Gustavo Lancibidad, Ing.Alimentaria Natalia Pastorino, y Q.F Sebastián Mondutey.

A Rosina y Alejandra de Biblioteca de Facultad de Veterinaria.

A nuestras familias y amigos.

A la UDELAR por darnos la oportunidad de realizar una carrera terciaria.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|-------------------------------------|
| PÁGINA DE APROBACIÓN | 1 |
| AGRADECIMIENTOS..... | 2 |
| ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS..... | 4 |
| 1. RESUMEN | 5 |
| 2. SUMMARY | 6 |
| 3. INTRODUCCIÓN Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA. | 7 |
| 3.1 Los metales pesados..... | 7 |
| 3.1.1 Contaminación del medio acuático | 8 |
| 3.1.2 El Cadmio..... | 9 |
| 3.1.3 El Cadmio en el ambiente | 9 |
| 3.1.4 Principales usos del Cadmio..... | 11 |
| 3.1.5 Cómo se contaminan los alimentos..... | 12 |
| 3.1.6 Impacto del consumo de Cadmio en la salud humana | 13 |
| 3.1.7 El Cadmio en Uruguay | 15 |
| 3.2- Especies seleccionadas para el presente estudio..... | 15 |
| 3.2.1 Corvina (<i>Micropogonias furnieri</i>) | 15 |
| 3.2.2 Pescadilla (<i>Cynoscion guatucupa</i>)..... | 18 |
| 3.3 Alimentos contaminados..... | 19 |
| 3.4 Niveles de Cd permitidos para consumo humano en músculo de pescado | 20 |
| 3.5 Situación de la pesca en Uruguay | 24 |
| 4. HIPÓTESIS..... | 26 |
| 5. OBJETIVOS | Error! Bookmark not defined. |
| 6. MATERIALES Y MÉTODOS | 28 |
| 6.1 Diseño de muestreo | 28 |
| 6.2 Obtención y preparación de las muestras..... | 28 |
| 6.3 Procesamiento de las muestras..... | 29 |
| 7. RESULTADOS..... | 31 |
| 8. DISCUSIÓN..... | 35 |
| 9. CONCLUSIONES | 39 |
| 10. BIBLIOGRAFÍA | 40 |

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Imagen de un ejemplar de corvina rubia (<i>Micropogonias furnieri</i>)..... | 16 |
| Figura 2: Imagen de un ejemplar de pescadilla calada (<i>Cynosción guatucupa</i>)..... | 18 |
| Tabla 1: Niveles de Cd permitidos para el consumo humano en pescado según el Reglamento Bromatológico Nacional (Decreto 315/94)..... | 21 |
| Tabla 2: Contenido máximo de Cd en pescado y productos de la pesca según el Reglamento técnico Mercosur expresados en miligramos por kilo..... | 21 |
| Tabla 3: Contenido máximo de Cd en productos de la pesca según el REGLAMENTO (CE) N°1881/2006, expresados en miligramos por kilo..... | 22 |
| Tabla 4: Contenidos máximos de Cd en pescados y mariscos según el REGLAMENTO (UE) N° 488/2014, expresados en miligramos por kilo..... | 23 |
| Tabla 5: Resultados de Cd obtenidos para <i>Micropogonias furnieri</i> , expresados en miligramos por kilo..... | 31 |
| Tabla 6: Resultados de Cd obtenidos para <i>Cynosción guatucupa</i> , expresados en miligramos por kilo..... | 33 |

1. RESUMEN

El objetivo del estudio fue detectar y cuantificar la concentración de Cadmio (Cd) en músculo de dos especies de peces costeros de consumo frecuente en la población de Montevideo tales como corvina rubia (*Micropogonias furnieri*) y pescadilla (*Cynoscion guatucupa*), durante el segundo semestre del año 2013. Se analizaron 33 muestras de corvina y 32 muestras de pescadilla mediante la técnica de espectrofotometría de absorción atómica. Las concentraciones medidas indicaron que por éste método en el 27,3% de las muestras analizadas de corvina no se detectaron niveles de Cd y en el 57,6% los valores fueron menores a 0,0125 mg/kg. El 15,15% de las muestras de corvina arrojaron valores por encima de 0,012 mg/kg, siendo el valor máximo detectado el de 0,0379 mg/kg para el 3,03% de las muestras. En el caso de la pescadilla no se detectó Cd en el 37,5% de las muestras, mientras que en el 62,5% se obtuvieron niveles por debajo de 0,012 mg/kg. Se concluye que los diferentes hábitos alimentarios que presentan ambas especies influyen en la acumulación de Cd en el músculo y que los niveles presentes en las muestras estudiadas no representan un peligro para la salud humana, ya que no superan los límites permitidos para el consumo humano tanto en Uruguay como internacionalmente, el cual es de 0,05 mg/kg.

PALABRAS CLAVE: cadmio, corvina, pescadilla, metales pesados.

2. SUMMARY

The objective of this study was to detect and quantify the concentration of Cadmium (Cd) in muscle of two species of coastal fish of frequent consumption in the population of Montevideo such as corvina rubia (*Micropogonias furnieri*) and pescadilla (*Cynoscion guatucupa*), during the second semester 2013. We analyzed 33 samples of corvina and 32 samples of pescadilla by the atomic absorption spectrophotometry technique. The measured concentrations indicated that by this method in 27.3% of the samples analyzed from corvina, Cd levels were not detected and in 57.6% the values were less than 0.0125 mg / kg. 15.15% of the corvina samples showed values above 0.012 mg / kg, with the maximum value detected being 0.0379 mg / kg for 3.03% of the samples. In the case of pescadilla, Cd was not detected in 37.5% of the samples, while in 62.5%, levels below 0.012 mg / kg were obtained. It was concluded that the different dietary habits of both species influence the accumulation of Cd in the muscle and that the levels present in the samples studied do not represent a danger to human health, since they do not exceed the limits allowed for human consumption in Uruguay as internationally, which is 0.05 mg / kg.

3. INTRODUCCIÓN Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En las últimas décadas los hábitos alimentarios de las personas se han ido modificando debido a la creciente preocupación por la salud y la calidad de vida. En esa búsqueda de mejorar la dieta se incrementó el consumo de alimentos de alta calidad como el pescado, el cual es una fuente importante de proteínas, minerales esenciales, vitaminas, y ácidos grasos poliinsaturados como omega-3 y omega-6. A pesar de estos beneficios, según el tipo y la frecuencia, el consumo de pescado puede ser perjudicial para la salud debido a que puede potencialmente vehicular contaminantes ambientales del agua, alimentos, y sedimentos, y exponer así a ciertas enfermedades.

3.1 Los metales pesados

El término metal pesado se usa para nombrar metales de alta densidad, número atómico, o peso atómico elevado.

Desde la antigüedad la toxicidad de algunos metales pesados como el plomo y el mercurio son bien conocidas por el ser humano, mientras que el conocimiento de la toxicidad de otros como el cadmio y el talio es más reciente.

Potencialmente todos los metales, sean biológicamente esenciales o no, son tóxicos para los organismos según las características del metal, su toxicidad, la biodisponibilidad, y las características físico-químicas del medio.

La toxicidad de los metales pesados se basa en que estos influyen de diversas formas en los procesos fisiológicos de los organismos. Los metales más peligrosos para toda forma de vida son el mercurio, el cadmio y el plomo (Guevara, 1995 in Boy Mansilla, 2015).

Podemos encontrar muchos de los metales pesados en forma natural en el ambiente. Como consecuencia de la actividad humana, estos pueden verse movilizados o modificados, y convertirse en un problema para los ecosistemas y la salud de los organismos.

Al ser especies químicas no degradables, una vez volcados al medio ambiente, sólo pueden distribuirse entre los entornos aire - agua - suelo, a veces cambiando su estado de oxidación, o incorporarse a los seres vivos (Vullo, 2003).

Los metales pesados se pueden clasificar en dos grupos; oligoelementos o micronutrientes que son necesarios en pequeñas cantidades (cantidades traza) por plantas y animales, pero que pasado cierto umbral se vuelven tóxicos. Es decir, su ausencia causa enfermedades y su exceso intoxicaciones (Guevara, 1995). En este grupo podemos encontrar al Arsénico (As), Boro (B), Cobalto (Co), Molibdeno (Mo), Manganeso (Mn), Selenio (Se), y Zinc (Zn).

El otro grupo está integrado por metales pesados sin función biológica conocida y cuya presencia en determinadas concentraciones en el ambiente y en seres vivos tiene graves consecuencias. Son altamente tóxicos y tienen la propiedad de bioacumularse. Algunos de estos metales son Cadmio (Cd), Mercurio (Hg), Plomo (Pb), Cobre (Cu), Niquel (Ni), Antimonio (Sb), y Bismuto (Bi).

3.1.1 Contaminación del medio acuático

Los metales pesados están presentes de forma natural en el ambiente y alcanzan el medio acuático a través de diversos procesos geoquímicos (Chahid y col, 2012). Al no ser biodegradables, a diferencia de otros contaminantes, sufren un ciclo ecológico en el cual las aguas naturales son las principales vías de distribución, y tienden a formar complejos con arcillas, que luego precipitan al fondo.

Además, como consecuencia del constante crecimiento de las ciudades y de la actividad humana se incrementa la contaminación a través de aguas industriales, agrícolas, y aguas residuales urbanas. Las repercusiones en los diferentes seres vivos son graves debido a los daños a nivel celular por su capacidad para desnaturalizar proteínas. A su vez también pueden ser asimilados por el fitoplancton y organismos filtradores e incorporados a la cadena trófica provocando graves alteraciones ecológicas y biológicas. (Dekker, 1992 in Boy Mansilla, 2015).

Los metales en el ambiente acuático son transportados disueltos en la forma iónica o unidos a complejos orgánicos e inorgánicos, asociados a partículas, retenidos en el sedimento o incorporados a la biota (Corrales, 2013).

Los niveles más elevados de metales pesados suelen observarse en los sedimentos. Los procesos de adsorción y la formación de complejos son responsables de que la mayor parte de los vestigios de metales pesados se acumulen en los sólidos en suspensión, incorporándose rápidamente a los sedimentos. Los metales secuestrados allí quedan biodisponibles por perturbaciones como las que ocurren en zonas portuarias con acciones de dragado (como por ejemplo en el puerto de Montevideo). Es por esto que los sedimentos juegan un papel muy importante en la regulación de la calidad del agua. Por su parte, las aguas intersticiales, en contacto directo con los sedimentos, actúan como fuente de estos contaminantes y en ellas se observan concentraciones intermedias entre las aguas superficiales y los sedimentos.

Como se mencionó anteriormente, las descargas procedentes de la actividad humana juegan un papel importante en la contaminación con metales pesados, y los sistemas costeros y estuarinos son el principal destino de éstas descargas.

Existen tres procesos dinámicos que regulan la toxicidad de los metales; biodisponibilidad, bioacumulación, y biomagnificación (Tagliamonte, 2009).

Biodisponibilidad:

Se refiere a la disponibilidad de un metal en el ambiente para que pueda ser captado por un ser vivo. Es un concepto íntimamente relacionado con las condiciones físico-químicas del ambiente que determinan la forma y la concentración en que un metal se encuentra (soluble o particulada). Se relaciona también con la presencia de otros metales que puedan actuar de forma aditiva, antagónica, o sinérgica, y de la condición fisiológica de los individuos (estadio de vida, tamaño y posición trófica).

Bioacumulación:

La bioacumulación se refiere a la acumulación neta a lo largo del tiempo de una sustancia en un organismo a niveles más elevados que los niveles medioambientales existentes, tanto a partir de fuentes bióticas (otros organismos) como abióticas (suelo, aire, y agua). Se refiere a que los organismos pueden tomar más rápidamente el contaminante que eliminarlo.

Los peces de mayor talla y más longevos son los que acumulan mayores niveles de metales. Esto es importante ya que son los más codiciados para consumo humano.

Biomagnificación:

La biomagnificación es el proceso por el cual un contaminante se va concentrando a medida que avanza en la cadena trófica. Los metales pasan al océano, donde son incorporados por los organismos del fitoplancton. Estos luego son consumidos por el zooplancton, hasta llegar a los peces herbívoros y posteriormente a los peces predadores.

Por lo tanto las especies que se encuentran encima en la cadena acuática son las que pueden mostrar niveles elevados de metales.

3.1.2 El Cadmio

El cadmio (cadmia en latín y en griego kad-meia) significa calamina, nombre que recibía en la antigüedad el carbonato de cinc. Fue descubierto en Alemania en 1817 por Friedrich Stromeyer como una impureza en el carbonato de cinc. Desde esa fecha rara vez se utilizó; hasta hace apenas unos 50-60 años cuando se le encontraron aplicaciones metalúrgicas.

Es un metal no esencial para los organismos y se presenta en la naturaleza tanto por fuente natural como antropogénica. Es raro y poco abundante; en la corteza terrestre ocupa el lugar número 67 en abundancia. Se halla normalmente combinado con otros elementos, como oxígeno, cloro o azufre, plomo, zinc (Foglia, 2008).

Forma parte del grupo 2B de la tabla periódica (Cd, número atómico 48, masa/peso atómica 111,40) (Nava-Ruíz y Méndez-Armenta, 2011). Es de color blanco brillante, dúctil, maleable y resistente a la corrosión.

No se recupera como producto principal de las minas, sino como un subproducto de la extracción y tratamiento metalúrgico de otros metales no ferrosos, principalmente de minerales de zinc. En el proceso hay formación de óxido de cadmio que es un compuesto muy tóxico.

Es uno de los mayores agentes tóxicos asociado a contaminación ambiental debido a su fundición y refinación así como también a sus diversos usos a nivel industrial. Además, cumple con varias de las características que hacen a un tóxico extremadamente peligroso como ser: efectos adversos para el ser humano y el ambiente, capacidad de bioacumulación, persistencia en el ambiente (no degradable), y facilidad de propagación con el viento y los cursos de agua por grandes distancias.

3.1.3 El Cadmio en el ambiente

El cadmio es un elemento relativamente raro en la litosfera. Por afinidad química está presente en la naturaleza como óxidos complejos, sulfuros y carbonatos de zinc, plomo y cobre. Lo podemos encontrar en suelos, rocas, carbón y fertilizantes minerales. También puede ser un producto de varios procesos industriales como minería, producción de petróleo, baterías, pinturas, reactivos nucleares o subproducto en la producción de metales como cobre, plomo, y zinc. Se lo encuentra mayoritariamente formando compuestos químicos con oxígeno, flúor, cloro, y sulfuro.

Se encuentra ampliamente distribuido en la corteza terrestre en una concentración promedio de 0.1 mg/kg. En las rocas sedimentarias las concentraciones son más elevadas; las condiciones ambientales como la erosión causan el transporte de grandes cantidades de cadmio a los océanos cuyo contenido de este metal es alrededor de 0.1 µg/kg. Los sedimentos oceánicos cercanos a las áreas de alta actividad humana pueden contener cadmio en concentraciones muy elevadas, lo cual está asociado con la descarga de desechos biológicos.

La actividad volcánica es la mayor fuente natural de liberación de cadmio a la atmósfera. También puede alcanzarla a partir de la intemperie natural de minerales, incendios forestales, y actividades humanas tales como la minería, la combustión de combustibles, la eliminación de productos que contienen metales y la aplicación de fertilizante de fosfato (Kalicanin 2009).

El cadmio es liberado a la atmósfera, los ambientes acuáticos (agua dulce y agua salada) y los ambientes terrestres, habiendo flujos entre estos sistemas. El cadmio liberado a la atmósfera se puede depositar en la tierra y las aguas, y con el tiempo es eliminado en el medio acuático; los disipadores de largo plazo son sedimentos del fondo del mar y hasta cierto punto vertederos controlados, en los casos en que, debido a sus propiedades físico-químicas, el cadmio está inmovilizado y permanece sin alteración por la actividad antropogénica o natural (climática y geológica) (Osorio Saldívar, 1997).

Una vez emitido a la atmósfera, se transporta en forma de partículas o aerosoles (partículas en las cuales el óxido de cadmio es el constituyente más importante). En la atmósfera el cadmio puede ser transportado a nivel local, nacional, regional o escalas intercontinentales, dependiendo de varios factores como las fuentes naturales y antropogénicas, tamaño de partícula, la altura de los puntos de emisión y la meteorología. El cadmio tiene un tiempo de residencia relativamente corto en la atmósfera (días o semanas), sin embargo, es de considerar que este metal puede ser transportado a grandes distancias.

La concentración media en el ambiente oscila entre 0,0005 y 0,003 µg/m³. Los niveles son generalmente más elevados en las zonas próximas a plantas metalúrgicas. En áreas industriales, la concentración puede oscilar entre 0,01 y 0,06 µg/m³. La exposición al humo del tabaco también aumenta los niveles de cadmio en el ambiente, sobre todo en el interior de los hogares.

Parte del Cadmio atmosférico es depositado en la superficie del agua, y representa el 23% del Cadmio contaminante que llega al agua, es decir, es la vía principal de entrada de cadmio en agua (PNUMA, 2010).

En el suelo, tanto la toxicidad y biodisponibilidad del cadmio están influenciadas por las características del mismo (BCE, 2005), las cuales influyen en su adsorción. En suelos no calcáreos la movilidad de cadmio y la biodisponibilidad es mayor que en los suelos calcáreos (Thornton, 1992, citado por la ATSDR, 1999). El encalado (agregado de calcio y magnesio) de los suelos aumenta el pH, incrementando la adsorción del cadmio en el suelo y reduciendo su biodisponibilidad (Singh, 1994; Thornton 1992, citado por la ATSDR, 1999). La toxicidad en el suelo aumenta cuando la movilidad de cadmio es mayor, es decir, aumenta la toxicidad del suelo con la baja del pH del suelo, o cuando disminuye la materia orgánica del suelo.

La concentración de cadmio en aire de áreas industriales varía de 9,1 a 26,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ frente a 0,0001 a 0.006 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el aire de áreas rurales. El tiempo de permanencia del cadmio en suelos es de hasta 300 años y el 90% permanece sin transformarse. El cadmio llega al suelo de los terrenos agrícolas por deposición aérea (41%), con los fertilizantes fosfatados (54%), por aplicación de abono de estiércol (5%) y frecuentemente por efluentes que contienen residuos líquidos y sólidos de plantas hidrometalúrgicas de cadmio. De menor importancia en contaminación ambiental por cadmio son las partículas de polvo de caucho provenientes de las ruedas de automóvil, de la galvanización con zinc de tuberías, de plásticos que contienen pigmentos coloreados de cadmio y de la industria de cerámica glaseada. Se ha descrito intoxicación por uso doméstico de algunos utensilios bañados en cadmio o por usar cubiertos de plata aleada con cadmio y pinturas a base de cadmio.

Con respecto al ambiente acuático la movilidad del cadmio se ve favorecida por niveles bajos de pH, dureza del agua, de materia suspendida y salinidad. En estos sistemas se absorbe más fácilmente en su forma iónica libre, en la cual generalmente se presenta en los sistemas de agua dulce. Con el aumento de la salinidad el Cd se asocia al cloruro, en aguas marinas casi todo el Cd está formando especies como CdCl^+ , CdCl^2 (cloruro de cadmio), y CdCl^{3-} , mientras que una pequeña parte permanece como Cd^{2+} , que sería la forma más tóxica. Los sedimentos de ambientes acuáticos también pueden ser un lugar de acumulación del Cd.

En el agua la biodisponibilidad de cadmio se reduce a través de absorción de partículas en suspensión y son los responsables biológicos de controlar los niveles más altos de cadmio (ECB, 2005). En los sistemas acuáticos, el cadmio es más fácilmente absorbido por los organismos directamente del agua en su forma iónica libre (AMAP, 1998).

El Cadmio que llega al agua lo hace principalmente a través de los efluentes provenientes de fábricas de electrogalvanizados, de fabricación de subproductos derivados del petróleo, de las curtiembres y de la lixiviación de depósitos mineros. El crecimiento de las ciudades y su consecuente interferencia a través de las actividades industriales provoca cambios en los ecosistemas acuáticos, tanto en su hidrología natural como en los niveles de salinidad, afectando su equilibrio ecológico. Otro factor importante que tiene incidencia en su distribución es el cambio climático que provoca una disminución de los niveles hidrológicos naturales a través del incremento de las temperaturas y la reducción de las precipitaciones, lo que aumenta la concentración de cadmio.

3.1.4 Principales usos del Cadmio

Debido a la elevada producción y al aumento del uso del cadmio en la industria, en las últimas décadas se ha transformado en un serio problema a nivel ambiental.

Las aplicaciones industriales de cadmio incluyen: fabricación de baterías (especialmente en baterías de níquel-cadmio, donde se emplean tres cuartas partes del cadmio producido), en galvanoplastia como recubrimiento, como elemento de aleación con cobre, aluminio, plata, plomo y estaño, y en aleaciones para cojinetes para la industria automotriz (debido a su bajo coeficiente de fricción y muy buena resistencia a la fatiga), también en muchos tipos de soldaduras, en fisión nuclear, en barras de control, en televisores se emplean algunos compuestos fosforescentes, en

semiconductores, como estabilizantes de plásticos como el PVC, como pigmento en pinturas, esmaltes, barniz, plásticos, textiles, vidrios, tintas de impresión, caucho, lacas. En fotografía, litografía y procesos de grabado, en electroplatinado, como “endurecedor” de ruedas y llantas de automóvil, en fabricación de foto -conductores y en células solares fotoeléctricas.

Las principales fuentes de contaminación son: la minero metalúrgica de metales no ferrosos, la metalurgia del hierro y acero, la fabricación de fertilizantes fosfatados y plaguicidas, la incineración de residuos de madera, carbón o plásticos, y la combustión de aceite y gasolina.

El análisis del flujo del comercio y revisión de prácticas de manejo ambientalmente racional de productos conteniendo cadmio, en América Latina y el Caribe, propuesto por PNUMA (2010) enumera varios productos que contienen cadmio. Según este estudio, en el período 2001-2009, los productos con cadmio mayormente comercializados en América Latina son los abonos químicos, fertilizantes y materiales fosfatados. Uruguay figura en tercer lugar como país exportador de estos productos (PNUMA, 2010).

Todos estos usos, sumado a su larga vida media, no permiten el reciclaje (menos del 5% puede ser reciclado). El tiempo del cadmio en suelos es de hasta 300 años y el 90% permanece sin transformarse.

3.1.5 Cómo se contaminan los alimentos

De todos los metales tóxicos que se emiten al medio ambiente, el Cd es uno de los que más tiende a acumularse en los alimentos siendo estos la mayor fuente de cadmio para la población no expuesta ocupacionalmente, ingresando a su organismo a través de la dieta.

Una característica del Cd a diferencia de otros metales es su fácil transferencia del suelo a los vegetales (debido a su similitud con el metal esencial zinc), resultando en un problema si son cultivados en suelos contaminados, regados con agua contaminada por los desechos industriales que son vertidos a los lechos de los ríos y mares, o el empleo de fertilizantes a base de fosfatos que contienen Cd en forma iónica como contaminante natural. Así, es absorbido por las plantas, hortalizas y cereales como el arroz, el trigo y, en menor cantidad el maíz. Las hojas de los vegetales acumulan mayor cantidad que frutos y semillas.

La carne vacuna, de cerdo, ovina, de aves, y equina puede contener cadmio por la presencia de este en forrajes y piensos. Aves y cerdos tienen menor concentración dado la edad temprana de faena. La acumulación se da principalmente en hígado y riñones. (CODEX).

Los sistemas acuáticos representan una fuente de cadmio para el ser humano a través del consumo de peces, crustáceos y moluscos.

La mayoría de la fauna y flora acuática pueden acumular Cadmio en cantidades superiores a los niveles que pueda encontrarse en el agua a través de los procesos de bioacumulación y biomagnificación. Si miramos la cadena trófica, el primer nivel,

el de las algas acuáticas, será el que posea mayor poder de acumulación del metal le siguen después los moluscos y crustáceos, que también tienden a bioacumular Cd. (Madeddu, 2005).

En los peces, los contaminantes químicos se acumulan en función de distintos factores como el grado de contaminación, el tipo de metal y su biodisponibilidad. También varía según la especie, comportamiento, fisiología, hábito alimentario, naturaleza migratoria, entre otros. El ingreso se puede dar de manera directa (agua: branquias) o indirecta (alimentos, sedimentos).

El cadmio en los peces en general tiende a biomagnificarse, pero al parecer depende mucho del ecosistema y de la especie biológica consumida. Respecto a la bioacumulación, la del Cadmio no ocurre en todos los niveles de la cadena trófica.

El grado de acumulación de metales en los peces se atribuye, entre otros, al hábito de alimentación de estos. El Cadmio es difícil de excretar del hígado, por lo que se encuentran mayores niveles en peces de mayor edad. Se sugiere además que los peces bentónicos tienen mayores concentraciones de metales que los que habitan en la columna de agua superior debido al contacto directo con los sedimentos y su mayor absorción de las concentraciones de metales pesados de los depredadores zoobentónicos.

En referencia a la medición de la concentración de metales pesados, es más relevante evaluar los niveles en el hígado debido a que es el principal órgano para detectar procesos de bioacumulación ya que el tejido muscular se caracteriza por rápidos rangos de descontaminación y responde más lentamente a cambios ambientales de estas sustancias (Corrales, 2013).

3.1.6 Impacto del consumo de Cadmio en la salud humana

La exposición al Cadmio de la población generalmente se da por dos vías, una de ellas es la inhalación de partículas. Esto puede darse durante las actividades industriales (exposición laboral), mientras que otra parte de la población de alto riesgo son los fumadores activos y pasivos expuestos al humo del cigarrillo ya que el Cadmio se absorbe fácilmente por los pulmones. La segunda vía es la oral a través de la ingesta de agua y alimentos contaminados.

Respecto a las diferentes franjas etarias; los niños y fetos con bajo contenido de hierro en sus reservas corporales, así como también las personas con trastornos renales y las mujeres con bajo contenido en hierro o deficiencias nutricionales forman parte de la población con mayor riesgo.

El ser humano incorpora al organismo aproximadamente un tercio del cadmio al que está expuesto con los alimentos de origen animal que consume y dos tercios de origen vegetal (Antón y Lizaso, 2001).

La OMS ha establecido una ingesta semanal tolerable provisional (ISTP) para el cadmio en 7µg/kg de peso corporal y el riñón es el órgano diana considerado crítico para controlar su toxicidad en los humanos.

El daño y la severidad de este en personas expuestas al Cadmio dependen del tiempo de exposición, la vía de entrada, y la susceptibilidad del individuo, entre otras.

Una variedad de mecanismos han sido asignados a la toxicidad de los metales pesados, pero con frecuencia están relacionados con la generación de radicales libres y disminución en el funcionamiento de enzimas antioxidantes ocasionando un incremento en el estrés oxidativo celular (Nava-Ruíz y Méndez-Armenta, 2011).

La toxicidad del Cadmio es muy compleja debido a su acción directa sobre los seres vivos a través del bloqueo de actividades biológicas, formando macromoléculas que reemplazan a otros metales que desempeñan un papel importante y produciendo inactivación enzimática (por ejemplo el zinc debido a sus semejanzas químicas). Como consecuencia se forman enlaces entre el metal y los grupos sulfhidrilos de las proteínas, lo que lleva a daños irreversibles.

El cadmio que ingresa a través de los alimentos y agua pasa al torrente sanguíneo por absorción en el tracto gastrointestinal. En condiciones normales, en las que la concentración de cadmio es pequeña, la mayor parte queda retenida en la mucosa intestinal, principalmente unido a la metalotioneína (proteína de bajo peso molecular que transporta el Cd) y es eliminado posteriormente con la descamación de la pared. Cuando la dosis oral de cadmio es elevada, el metal libre atraviesa la mucosa para pasar a la circulación sanguínea, almacenándose en hígado y riñones. Sólo en estos dos órganos se acumula entre el 40 y el 80 % del cadmio presente en el organismo.

En el hígado, se une a la metalotioneína y pequeñas cantidades de ese complejo proteína-cadmio realizan un pasaje del hígado al torrente sanguíneo, para ser transportado a los riñones y filtrado a través de los glomérulos. Posteriormente es reabsorbido y almacenado en las células tubulares renales. Solamente se excreta del 1 al 2 % de cadmio tomado directamente de las fuentes ambientales, lo que provoca una alta acumulación en el tejido de los riñones (acumulación 10.000 veces más alta que en el torrente sanguíneo).

Los trastornos asociados con la cronicidad de la ingesta de cadmio y su acumulación en los órganos incluyen daños renales e hipertensión, así como lesiones óseas, pulmonares y fallas del aparato reproductor.

Los efectos del Cadmio pueden ser divididos en dos categorías:

Agudos: La ingestión de altas dosis es causa de severas irritaciones del estómago, provocando vómitos y diarrea. La inhalación de aire donde el nivel de cadmio es alto (principalmente en trabajadores de fábricas) puede causar severos daños en los pulmones. La fiebre de los vapores de metal (*metal fume fever*) se caracteriza por síntomas equivalentes a los de la gripe con desarrollo en 24 horas de edema pulmonar agudo, que alcanza su máximo en 3 días, y si no sobreviene la muerte por asfixia, el problema puede resolverse en una semana (Katzung, 2001).

Crónicos: Son los que causan mayor preocupación y se dan por exposiciones bajas y a largo plazo. La consecuencia más seria del envenenamiento por cadmio es el cáncer, principalmente causado por inhalación crónica de Cadmio. La Agencia Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC) clasificó los compuestos del Cadmio como cancerígenos para el hombre (Grupo 1). Existen evidencias de la capacidad para inducir cáncer en el aparato reproductor masculino y en el pulmón. También se ha comprobado su relación con el cáncer de mama en mujeres con alto contenido de cadmio en la orina.

En personas que han estado expuestas a un exceso de cadmio en su dieta o por el aire se ha observado daño renal. Esta enfermedad renal normalmente no es mortal, pero puede ocasionar la formación de cálculos. La concentración mínima de Cd que provoca disfunciones renales en el hombre es del orden de 50 mg/kg de peso húmedo en riñón (Nordberg y Nordberg, 2002 in Tagliamonte 2009).

Se pueden observar también daños en el sistema óseo (osteomalacia, osteoporosis) que se manifiestan a través de dolor y debilidad. Otros tejidos también son afectados incluyendo al hígado, los testículos, el sistema inmunológico, el sistema nervioso y la sangre.

Según Méndez Armenta *et al.* el cadmio afecta al sistema nervioso central en niños debido principalmente a que el desarrollo de la barrera hematoencefálica todavía no alcanza su madurez, es posible que pase a través de ella con más facilidad, produciendo cambios neuropatológicos tales como: edema cerebral, hemorragias, y necrosis en corteza parietal, cerebelo, entre otros. Sin embargo, pocos estudios se han realizado para determinar el daño neurológico que puede afectar a los niños.

3.1.7 El Cadmio en Uruguay

Para Uruguay no existe información precisa acerca de qué sectores consumen o producen sustancias con cadmio, ni el cálculo estimado de liberación de cadmio a los compartimentos ambientales, pero sí se tiene conocimiento de que la industria que más introduce metales pesados a los cursos fluviales es la de la galvanoplastia y que esta industria cuenta con varias plantas dentro de Montevideo.

Por otra parte, como se ha mencionado anteriormente otras fuentes industriales de metales pesados son las de la fabricación de fertilizantes que pueden contener cadmio al utilizar como materia prima el fosfato de roca sedimentaria, pudiendo variar su concentración al igual que la de otros oligoelementos dentro de un mismo depósito o yacimiento.

El sistema estuarial del Río de la plata (Uruguay) es el cuerpo receptor final de muchos efluentes urbanos por vía de sistemas de aguas residuales, riachuelos y ríos (Foglia, 2008). En ésta área se encuentran los mayores niveles de metales pesados. Las acciones de dragado del puerto de Montevideo precipitan los sedimentos y con ello los contaminantes presentes se vuelven más pasibles de ser absorbidos por los organismos acuáticos (Viana Matturo, 2011).

3.2- Especies seleccionadas para el presente estudio

3.2.1 Corvina (*Micropogonias furnieri*)

Es un pez óseo perteneciente a la familia de las Sciaenidae.

Comúnmente se denomina a la misma como corvina, corvina blanca o corvina rubia.

Descripción:

Presenta un cuerpo fusiforme, moderadamente elevado, comprimido pero levemente deprimido a la altura de las aletas y una serie de 4 pares de barbas diminutas, que

pasan generalmente desapercibidas. Está cubierto por escamas grandes y fuertes (cicloides). Cabeza grande de boca pequeña, con una leve prominencia de la mandíbula superior, que presenta una serie de tres poros marginales y 5 posteriores y en la mandíbula inferior presenta 5 poros. La característica morfológica de esta familia es la aleta dorsal escindida en dos partes, la primera está compuesta por radios duros solamente y la segunda por un radio duro y los demás blandos. La aleta caudal es truncada y la anal es pequeña con una o dos espinas.



Fig. 1: Imagen de un ejemplar de Corvina Rubia, tomado de DINARA

La coloración en dorso y flancos es amarillo dorado, con estrías oblicuas más oscuras, y vientre blanco. Posee aletas también amarillo dorado, más claras las pectorales y ventrales que las restantes.

Presenta sexos separados sin dimorfismo sexual y fecundación externa. Su longitud media es de 42 cm y los ejemplares de mayor tamaño pueden alcanzar los 63 cm de talla máxima.

Distribución:

Se distribuye ampliamente en el Atlántico central y sudoccidental, desde la península de Yucatán, golfo de México y Antillas (30° latitud Norte), hasta el Golfo de San Matías, Argentina (43° latitud Sur). Las mayores abundancias se localizan al Sur de Cabo Frío en Brasil (latitud 23° Sur) hasta el Golfo de San Matías en Argentina. Se encuentra en gran cantidad en toda la franja costera estuarina argentino-uruguaya (Río de la Plata) ya que utiliza dicho sitio como zona de reproducción, desove, desarrollo de larvas, crías y estadios juveniles.

Es una especie eurihalina, es decir que se adapta a ambientes con diferentes grados de salinidad. Eso explica su presencia dentro del estuario del Río de la Plata cuya salinidad varía entre 2,5 y 32,5 en superficie y 5 a 32,5 desde la superficie hasta el fondo (Guerrero, 1997).

La corvina habita diferentes tipos de hábitats de la costa montevideana, modifica la composición de su dieta en relación a cambios en la abundancia, diversidad, y disponibilidad de las presas en función de distintas condiciones ambientales.

Es una especie demersal (vive en o cerca del fondo) costera, habita en la columna de agua próxima a los sedimentos, hasta los 50 m de profundidad. Forma grandes cardúmenes cercanos al fondo donde sus concentraciones dependen de la época del año y de sus actividades biológicas como el desove y la alimentación. Debido a que los ejemplares adultos presentan una gran adaptación a los cambios de

salinidad y temperatura no solo se encuentran en aguas estuarinas sino que también las encontramos en aguas oceánicas (frente oceánico del Río de la Plata). Los juveniles en cambio prefieren aguas salobres más cálidas y someras (cercanas a la superficie).

Reproducción:

Dentro de la zona común de pesca (ZCP) la reproducción ocurre en dos áreas, la franja costera uruguaya del Río de la Plata entre Punta Piedras y Montevideo y la franja costera argentina al norte de la Bahía de Samborombón, coincidiendo con la posición de la zona frontal conocida como frente de turbidez del estuario (Acha et al. 1999, Vizziano et al. 2002). Las zonas más costeras del Río de la Plata y desembocaduras de ríos y arroyos constituyen áreas de cría (Lasta & Acha 1996, Reta & Martínez 2006). La época de reproducción es entre los meses de setiembre a marzo, con un pico en noviembre-diciembre (Macchi, 1992). La corvina rubia es un desovante múltiple con una fecundidad anual indeterminada, lo que significa que los oocitos maduran constantemente y que cada hembra desova alrededor de 12 camadas por estación reproductiva.

Edad y crecimiento:

Es una especie longeva, se ha reportado una edad máxima de 39 años. Las edades más frecuentes en las capturas comprenden el rango de 2 a 27 años (Cotrina & Carozza 1997). Hay diferencia entre sexos, siendo las hembras mayores que los machos. La corvina presenta un crecimiento rápido en los primeros cuatro años de vida alcanzando en ese período el 60% de su longitud total.

Alimentación:

Sus hábitos alimenticios son bentónicos y ocasionalmente necto-bentónicos. Las presas más frecuentes son los crustáceos, moluscos bivalvos como el mejillón, la almeja; poliquetos y juveniles de peces como la anchoita y lacha. Sin embargo las proporciones, grupos y especies varían de acuerdo a la zona geográfica, tipo de fondo, talla del pez y época del año.

En su etapa juvenil (roncadera) su alimentación es plancto-bentófaga, consume principalmente organismos como crustáceos, moluscos, y poliquetos. Mientras que en su etapa adulta (mingo y corvina) es bentófaga.

Explotación del recurso:

La corvina constituye un recurso pesquero costero tradicional en el Río de la Plata y la ZCP, siendo la primera especie costera en volumen de captura comercial en el Uruguay. Según el decreto 149/997 del Instituto Nacional de Pesca Uruguayo se establece que las medidas de desembarque y de comercialización no sean inferiores a los 32 cm de Lt, permitiéndose un 5% de tolerancia de medidas inferiores a la determinada por la reglamentación.

Se comercializa fresca, entera o en filete. El promedio de captura total anual de los últimos 15 años es de 30.000 Tn y el cupo permitido es de 34.000 Tn por año, según la Resolución N° 1/2000 de la Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo. Por encontrarse dentro de la Zona Común de Pesca es un recurso compartido con la República Argentina siendo capturada tanto por las flotas industriales como artesanales.

3.2.2 Pescadilla (*Cynoscion guatucupa*)

Es también un pez perteneciente a la familia Sciaenidae y se la conoce como pescadilla de calada o pescadilla real.

Descripción:

Presenta un cuerpo fusiforme, alargado con escamas (cicloides), dos aletas dorsales; la primera con radios duros, aleta caudal, y boca hacia adelante con dientes iguales. Tiene un color azulado en el dorso y blanco en la zona ventral.

Presenta sexos separados sin dimorfismo sexual y fecundación externa. La longitud media es de 38 cm y puede alcanzar los 65 cm de talla máxima.



Fig. 2: Imagen de un ejemplar de pescadilla calada, tomado de DINARA

Distribución:

Se localiza en el Atlántico Sudoccidental, desde el litoral de Río de Janeiro en Brasil (latitud 22° Sur) hasta el Golfo de San Matías en Argentina (latitud 43° Sur) tanto en aguas costeras como en la plataforma continental. En la Zona Común de Pesca se encuentra preferentemente en el frente oceánico uruguayo desde la costa hasta profundidades de 130 m. Las mayores concentraciones se encuentran entre La Paloma y el Chuy (República Oriental del Uruguay).

Es una especie demersal-pelágica costera que forma cardúmenes cercanos al fondo con dispersión batimétrica cuando llega la noche. Su distribución presenta segregación entre adultos y juveniles. Es capaz de tolerar amplios rangos de salinidad, incluso aquellos que se presentan en sistemas estuariales como el del Río de la Plata. Los ejemplares adultos prefieren las zonas oceánicas con salinidad no menor de 32 PSU (unidad práctica de salinidad) y temperaturas de fondo entre 11 y 15° C a profundidades de 15 m aproximadamente, mientras que los juveniles se encontraron a mayor profundidad, entre los 20 y los 50m y con temperaturas entre 14 y 15° C.

Alimentación:

Es un predador carnívoro ictiófago y carcinófago que ocupa los niveles de consumidor terciario y cuaternario en la cadena trófica. Sus hábitos alimenticios son necto-bentónicos y su dieta consiste en crustáceos (camarones, peneidos y

anfípodos), peces óseos (anchoita, surel y la anchoa) y moluscos (calamar y calamarete). Presenta canibalismo y predación sobre camarón y langostino, en especial cuando no hay suficiente disponibilidad de anchoita (Cordo, 1986).

La proporción entre los diferentes ítems varía de acuerdo a la talla del ejemplar y la época del año.

Edad, crecimiento:

Es un pez longevo y de crecimiento lento, siendo 20 años la edad máxima observada en muestras provenientes de la ZCP.

En general miden entre 35-45 cms de largo pero pueden alcanzar los 65 cms.

Existe una diferencia batimétrica en la distribución de los individuos por grupo de edad. Los juveniles (0 a 3 años) se encuentran a mayor profundidad mientras que los grupos de edad mayores a 4 años se distribuyen sobre la costa.

Reproducción:

El periodo reproductivo es prolongado, realizando múltiples desoves (Macchi, 1998) y abarca desde octubre hasta principios de abril con un desove parcial en octubre-noviembre y otro de menor importancia en febrero-marzo (Cassia, 1986).

Explotación del recurso:

La pescadilla de calada ocupa el tercer lugar en captura desembarcada en Uruguay siendo considerada la segunda especie en importancia económica entre los recursos demersales costeros de la ZCP después de la corvina (*Micropogonias furnieri*). Es capturada por la flota industrial mediante redes de arrastre de fondo en la modalidad de pareja. Actualmente no existe una flota industrial cuya especie objetivo sea la captura de pescadilla, situación que si se registró hasta el año 2001.

Por disposición del artículo 40 del decreto 149/997 del Instituto Nacional de Pesca que reglamenta la explotación y dominio sobre riquezas de mar las medidas de desembarque y de comercialización no podrán ser inferiores a los 27 cm de LT, permitiéndose un 5% de tolerancia de medidas inferiores a la determinada por la reglamentación.

El promedio de captura total anual de los últimos 15 años es de 10.000 Tn aproximadamente. Se comercializa del mismo modo que la corvina (Cousseau & Perrotta, 2000).

3.3 Alimentos contaminados

Para que un alimento sea apto para el consumo humano debe cumplir con ciertas condiciones de frescura, higiene, y de sanidad. Entre otros, se debe evitar todos aquellos factores agregados o extrínsecos que pueden ser perjudiciales para el consumidor, por ejemplo; contaminantes microbiológicos y contaminantes químicos (metales pesados, pesticidas, petróleo, etc).

El reglamento bromatológico nacional (Decreto N° 315/994), en su punto 1.1.11 define contaminante como "cualquier sustancia indeseable que se encuentre presente en el alimento en el momento del consumo, proveniente de las operaciones efectuadas en el cultivo de vegetales, cría de animales, tratamientos usados en

medicina veterinaria o fitosanitaria, o como resultado de la contaminación del ambiente, o de los equipos de elaboración y/o conservación”.

Según el reglamento 315/993 de la Unión Europea los contaminantes son sustancias que al contrario que los aditivos, no han sido añadidas intencionalmente al alimento en cuestión, pero que sin embargo se encuentran en el mismo como residuo de la producción, de la fabricación, transformación, preparación, tratamiento, acondicionamiento, empaquetado, transporte o almacenamiento de dicho alimento o como consecuencia de la contaminación medioambiental.

El Código Alimentario Argentino, define como alimento contaminado a aquel que contenga agentes vivos (virus, microorganismos o parásitos riesgosos para la salud), sustancias químicas, minerales u orgánicas extrañas a su composición normal sean o no repulsivas o tóxicas), componentes naturales tóxicos en concentración mayor a las permitidas por exigencias reglamentarias. En el Artículo 7° entiende a la expresión intoxicación por alimentos a aquellos procesos patológicos, originados no sólo por alimentos alterados, sino también por la ingestión de productos que, a pesar de presentar apariencia normal, contienen elementos o sustancias nocivas para el organismo, cualquiera sea su origen.

El Codex Alimentarius define contaminante como “cualquier sustancia no añadida intencionalmente al alimento, que está presente en dicho alimento como resultado de la producción (incluidas las operaciones realizadas en agricultura, zootecnia y medicina veterinaria), fabricación, elaboración, preparación, tratamiento, envasado, empaquetado, transporte o almacenamiento de dicho alimento o como resultado de contaminación ambiental. Este término no abarca fragmentos de insectos, pelo de roedores y otras materias extrañas”.

En lo que respecta al contralor de los productos de la pesca en Uruguay, el Decreto 213/997: Control, higiene, y sanidad DINARA: Establece que le compete al INAPE (Instituto nacional de pesca. Autoridad en todo lo relacionado a la pesca) el control de higiene y sanidad de los productos de la pesca y la caza acuática. En su capítulo 1 define:

Peligro: presencia de un agente biológico, químico o físico que resulte perjudicial para la salud humana y que su eliminación o reducción a niveles aceptables resulte esencial para la producción de alimentos pesqueros sanos.

Nocivo: es el pescado o producto pesquero potencialmente peligrosos para la salud pública por contener microorganismos patógenos o sus toxinas, parásitos transmisibles o sustancias tóxicas.

3.4 Niveles de Cd permitidos para consumo humano en músculo de pescado

En Uruguay la regulación alimentaria se rige por el Reglamento Bromatológico Nacional (Decreto 315/94), en su cuerpo dicho reglamento hace referencia al Cadmio en alimentos pero en una forma genérica y no para productos individuales. Para ello, en su punto 1.2.14 establece los siguientes límites para el Cd:

Tabla 1: Niveles de Cadmio permitidos para el consumo humano en pescado según el Reglamento Bromatológico Nacional (Decreto 315/94) expresados en miligramos por kilo.

| Contaminante | Límite máximo (mg/kg) |
|-----------------------------|------------------------------|
| Cadmio (alimentos sólidos) | 0,1 |
| Cadmio (alimentos líquidos) | 0,2 |

mg=miligramo, kg=kilogramo

El Decreto 14/013 sustituye el artículo 1.2.14 del Reglamento Bromatológico Nacional por la resolución 12/011 del grupo mercado común de Mercosur, por la que se aprobó el “Reglamento técnico Mercosur sobre límites máximos de contaminantes inorgánicos en alimentos”. El contenido máximo hace referencia al pescado y productos de la pesca a ser consumidos eviscerados, sin cabeza, y sin tórax cuando corresponda. Si el pescado se consume entero el contenido máximo es para el pescado entero.

Tabla 2: Contenido máximo de Cadmio en pescado y productos de la pesca según el Reglamento técnico Mercosur expresados en miligramos por kilo (mg/kg).

| Alimento | Límite máximo (mg/kg) |
|---|---|
| Pescado crudo, congelado, o refrigerado | 0,05 Con las siguientes excepciones: para bonito, mojarra, anguila, lisa, jurel, emperador, caballa, sardina, atún, y acedía o lenguadillo se establece 0,1. Para melba se establece 0,2, y para anchoa y pez espada 0,3 |
| Moluscos cefalópodos | 2,0 |
| Moluscos bivalvos | 2,0 |
| Crustáceos | 5,0 |

mg=miligramo, kg=kilogramo

En cuanto a la reglamentación en la Unión Europea: El Reglamento 1881/2006 establece los límites máximos para determinados contaminantes en productos alimenticios, y el Reglamento 333/2007 incluye interpretaciones para la aceptación y rechazo de lotes y/o sublotos de productos cuando se efectúa un control oficial.

La normativa en la que se establecen los métodos de muestreo, análisis y criterios aplicables para el control oficial es: REGLAMENTO (CE) N° 333/2007 DE LA COMISIÓN de 28 de marzo de 2007 de los niveles de plomo, cadmio, mercurio, estaño inorgánico, 3-MCPD y benzo(a)pireno en los productos alimenticios.

Tabla 3: Contenido máximo de Cadmio en productos de la pesca según el REGLAMENTO (CE) N°1881/2006 expresados en miligramos por kilo (mg/kg).

| Producto alimenticio | Contenido máximo (mg/kg peso fresco) | Aplicación y restricciones |
|---|--------------------------------------|--|
| 3.2.5. Carne de pescado, excluidas las especies enumeradas en 3.2.6, 3.2.7 y 3.2.8 | 0,050 | Pescado fresco, refrigerado, congelado, filetes y demás carnes de pescado incluso picado. Si el pescado se destina al consumo entero, el límite máximo se refiere al pescado entero. |
| 3.2.6. Carne de los siguientes pescados: acedia o lenguadillo (<i>Dicologlossa cuneata</i>), anguila (<i>Anguilla anguilla</i>), atún (<i>Thunnus species</i> , <i>Euthynnus species</i> , <i>Katsuwonus pelamis</i>), bonito (<i>Sarda sarda</i>), caballa (<i>Scomber species</i>), emperador (<i>Luvarus imperialis</i>), luvaro (<i>Luvarus imperialis</i>), jurel (<i>Trachurus species</i>), lisa (<i>Chelon labrosus</i>), mojarra (<i>Diplodus vulgaris</i>), sardina (<i>Sardina pilchardus</i>), sardina (<i>Sardinops species</i>) | 0,10 | Pescado fresco, refrigerado, congelado, filetes y demás carnes de pescado incluso picado. Si el pescado se destina al consumo entero, el límite máximo se refiere al pescado entero. |
| 3.2.7 Carne de los siguientes pescados : Melva (<i>Auxis species</i>) | 0,20 | Pescado fresco, refrigerado, congelado, filetes y demás carnes de pescado incluso picado |
| 3.2.8 Carne de los siguientes pescados : Anchoa (<i>Engraulis species</i>) Pez espada (<i>Xiphias gladius</i>) | 0,30 | Pescado fresco, refrigerado, congelado, filetes y demás carnes de pescado incluso picado |

| | | |
|--|------|--|
| 3.2.9 Crustáceos: carne de los apéndices y del abdomen. En el caso de los cangrejos y crustáceos similares (Brachyura y Anomura), la carne de los apéndices. | 0,50 | Crustáceos, incluso pelados vivos, frescos, refrigerados, congelados. El cefalotórax de los crustáceos queda excluido de la definición de abdomen. |
| 3.2.10 Moluscos bivalvos | 1,0 | Moluscos bivalvos, incluso separados de las valvas, vivos, frescos, refrigerados, congelados. |
| 3.2.11 Cefalópodos (sin vísceras) | 1,0 | Cefalópodos frescos, refrigerados o congelados, sin vísceras. |

mg=miligramo, kg=kilogramo

El REGLAMENTO (UE) No 488/2014 DE LA COMISIÓN de 12 de mayo de 2014 que modifica el Reglamento (CE) 1881/2006 en lo que respecta al contenido máximo de cadmio en los productos alimenticios. Los contenidos máximos de Cadmio en pescados y mariscos vigente a partir de la publicación del presente reglamento son:

Tabla 4: Contenidos máximos de Cadmio en pescados y mariscos según el REGLAMENTO (UE) N° 488/2014, expresados en miligramos por kilo.

| Producto alimenticio | Contenido máximo (mg/kg peso fresco) |
|--|--------------------------------------|
| 3.2.12 Carne de pescado, excluidas las especies enumeradas en 3.2.13, 3.2.14 y 3.2.15 | 0.050 |
| 3.2.13. Carne de los siguientes pescados: caballa (<i>Scomber species</i>), atún (<i>Thunnus species</i> , <i>Euthynnus species</i> , <i>Katsuwonus pelamis</i>), y bichique (<i>Sicyopterus lagocephalus</i>) | 0.10 |
| 3.2.14. Carne de los siguientes pescados : Melva (<i>Auxis species</i>) | 0.15 |

| | |
|---|------|
| 3.2.15. Carne de los siguientes pescados : Anchoa (<i>Engraulis species</i>) Pez espada (<i>Xiphias gladius</i>), y sardina (<i>Sardina pilchardus</i>) | 0.25 |
| 3.2.16 Crustáceos: carne de los apéndices y del abdomen. En el caso de los cangrejos y crustáceos similares (<i>Brachyura</i> y <i>Anomura</i>), la carne de los apéndices. | 0.50 |
| 3.2.17 Moluscos bivalvos | 1.0 |
| 3.2.18 Cefalópodos (sin vísceras) | 1.0 |

mg=miligramo, kg=kilogramo

Según dictamen adoptado en 2009 por la Comisión Técnica de Contaminantes de la Cadena Alimentaria (Contam) de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) sobre el cadmio en los alimentos en el que estableció una ingesta semanal tolerable (IST) de 2,5 µg/kg de peso corporal para el cadmio.

3.5 Situación de la pesca en Uruguay

El sector pesquero en Uruguay no escapa a las tendencias globales. En 30 años se pasó de una situación donde los recursos pesqueros se encontraban prácticamente vírgenes en la década del 70, a una situación actual donde el 90% de los recursos se considera plenamente explotado o sobreexplotado. Los problemas de contaminación son generalmente localizados y asociados a fuentes puntuales. Los impactos de la contaminación se dan principalmente en los ecosistemas acuáticos.

Algunos ríos y arroyos urbanos de Montevideo, y de varias capitales departamentales presentan algún grado de contaminación, que repercuten negativamente en las comunidades bentónicas y de peces. En el Río de la Plata se han detectado algunos focos puntuales de contaminación ligados generalmente a centros urbanos y puertos.

Las tendencias de los recursos pesqueros siguen en líneas generales el patrón mundial (FAO), con una reducción de las capturas a lo largo del tiempo. Cabe destacar que los recursos pesqueros del Río de la Plata y Frente Marítimo se administran en forma conjunta con Argentina, a través de dos Comisiones binacionales (CARP y CTMFM). La mayor parte de las pesquerías de importancia comercial del área han sido declaradas plenamente explotadas por ambos países, y algunas presentan evidencias de sobreexplotación, como es el caso de la corvina (*Micropogonias furnieri*), la pescadilla de red (*Cynoscion guatucupa*) y la merluza común (*Merluccius hubbsi*). (Uruguay y la convención sobre diversidad biológica: avances y desafíos.2007)

En la reunión regional de las redes panamericanas de inspección, control de calidad, y tecnología de productos pesqueros realizada en Punta del Este, Uruguay, en noviembre del 2006, se trató la modificación en la normativa comunitaria del contenido máximo de Cadmio en anchoita (*Engraulis anchoita*), según un trabajo conjunto realizado entre los servicios de España y Argentina. En dicho trabajo se observó que no hay una influencia ambiental sobre los niveles de cadmio en

anchoita, entendiendo que la alimentación es la principal vía de exposición al metal, lo que constituye una relación indirecta con el ambiente. Dadas las características alimentarias de la anchoita, se observa que los copépodos, su principal alimento, son acumuladores de cadmio.

En base a todo esto se propuso y fue aceptado aumentar el límite máximo permitido para cadmio en todas las especies de anchoa a 0,3 mg/kg, debido a que los niveles presentes en anchoíta son resultado de la combinación entre su dieta y las características inherentes a la especie, considerando que el límite propuesto no constituye un riesgo para la salud humana. Dicho límite es el límite que rige actualmente.

Es importante tener esto en cuenta dado que la anchoita es la especie más abundante en biomasa del Océano Atlántico, y es una especie consumida por la pescadilla y en menor medida por la corvina.

4. HIPÓTESIS

- 1- Hay cadmio en el músculo (filetes) de pescadilla y corvina comercializada en el Departamento de Montevideo.
- 2- Los niveles de Cd presentes en el músculo (filetes) de pescadilla y corvina comercializada en el Departamento de Montevideo, están dentro de los parámetros admitidos para consumo humano.
- 3- Los niveles de Cd varían según los hábitos alimentarios de los peces.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo General

- Determinar la presencia de Cadmio en el músculo de corvina (*Micropogonias furnieri*) y pescadilla calada (*Cynoscion guatucupa*) comercializados en el departamento de Montevideo, Uruguay.

5.2 Objetivos específicos

- Comprobar si los niveles detectados en dichas especies se encuentran dentro del rango aceptado por las normas internacionales para consumo humano.
- Comparar si los niveles encontrados en una especie con respecto a la otra son influidos por sus hábitos alimentarios.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Diseño de muestreo

La selección de las especies se basó en que son dos de las de mayor consumo en la población de Montevideo, y las de mayor captura en la zona de estudio. Las especies seleccionadas para este trabajo fueron corvina (*Micropogonias furnieri*), que representa el principal recurso pesquero de la costa Uruguaya, y pescadilla (*Cynoscion guatucupa*), que es quien ocupa el segundo lugar en importancia. Todos los especímenes provinieron de la costa del departamento de Rocha y Montevideo en Uruguay, incluyendo la bahía de Montevideo, zona que presenta gran afectación ambiental, especialmente en la calidad de los sedimentos.

6.2 Obtención y preparación de las muestras

El experimento se llevó a cabo en el Laboratorio físico-químico de Bromatología (Servicio de Regulación Alimentaria) de la Intendencia de Montevideo. Fueron utilizadas muestras de músculo (filetes sin piel) de pescadilla (*Cynoscion guatucupa*) y corvina (*Micropogonias furnieri*). Las muestras fueron obtenidas de más de 30 puntos de venta de pescado; grandes superficies, ferias barriales, puestos artesanales, pescaderías comerciales, distribuidoras y procesadoras, en el período comprendido entre Abril de 2013 y Diciembre de 2014.

La selección de los lugares de muestreo se realizó al azar mediante sorteo de los lugares de la lista oficial de comercios dedicados a la venta de pescado fresco y congelado del Departamento de Montevideo, Uruguay.



Fig. 3: La misma representa el mapa de Montevideo, extraído de <http://aplusshippingcenter.info/imagen-mapa-de-montevideo.html>

Las muestras se transportaron refrigeradas (0-3°) hasta el laboratorio, donde permanecieron congeladas (0 a -18°) hasta el momento de su procesamiento. En total se utilizaron 33 muestras de filetes de 250 gr de corvina y 32 muestras del mismo peso de filetes de pescadilla.

6.3 Procesamiento de las muestras

6.3.1 Los filetes fueron cortados en pequeños trozos sobre una tabla de polietileno con una cuchilla bien afilada. Una vez culminado se colocaron todos los trozos de una muestra en una procesadora doméstica.

Se extrajo una pequeña cantidad de músculo de la procesadora con una cuchara, la cual fue colocada en un recipiente de polietileno con tapa rosca correctamente identificado. La identificación consta de nombre de la especie tratada, fecha y lugar de recolección.

Con una espátula de metal se sacó una pequeña cantidad de pescado del recipiente de polietileno y se colocó en un papel de aluminio donde se pesaron 2 gr de muestra en la balanza analítica.

6.3.2 Digestión en Microondas Multiwave 3000 Anton Paar:

Se vertió la muestra pesada dentro de un tubo de digestión, en la campana de gases se le agregó 5 ml de Ácido Nítrico (HNO_3) al 10%. Luego se incorporó 1 ml de Peróxido de Hidrógeno (H_2O_2) 200 volúmenes. Usando para estas mediciones pipetas graduadas de 1 y 5 ml. Tapamos los tubos correctamente y los colocamos dentro del carrusel del digestor y este último dentro del digestor. El equipo usado en esta etapa fue un Microondas Multiwave 3000 Anton Paar.

Una vez finalizado el proceso de digestión se liberó la presión dentro de los tubos y se retiraron los tubos del carrusel.

Nuevamente en la campana, con guantes y lentes transferimos el contenido de los tubos con la ayuda de un embudo de vidrio a matraces aforados de 50ml. Usando una piseta se enjuagaron los tubos y sus tapas con agua bi destilada un mínimo de tres veces cada uno y transfiriendo siempre el agua de enjuague a los matraces correspondientes. Corroboramos que no haya quedado restos de muestra en el tubo ni en la tapa del mismo, de ser así seguimos enjuagando hasta que no queden más restos. Por último se enrasaron los matraces aforados con agua bi destilada.

6.3.3 Técnica analítica:

Espectrofotometría de absorción atómica utilizando atomizador electrotérmico (horno de grafito -Horno AS 800, marca Perkin Elmer). El método consiste en la digestión de la muestra por acción de microondas y una mezcla de ácido nítrico (HNO_3) y peróxido de hidrógeno (H_2O_2) dentro de un sistema cerrado (tubo de cuarzo) a alta presión para la descomposición de la materia orgánica. La muestra se diluye con agua bidestilada y la determinación se realiza por absorción atómica con técnica de horno de grafito.

El método de absorción atómica se basa en la absorción de parte de la radiación emitida por una fuente monocromática específica para el metal a determinar el cual

es atomizado por tubo de grafito para que el mismo se encuentre al momento de la medida en su estado fundamental (gaseoso).

Fue utilizado un Espectrofotómetro de Absorción Atómica Aanalyst 400, marca Perkin Elmer. A partir de la solución estándar de referencia de 1000 ppm de Cadmio se prepararon 100ml de solución de 1000 ppb (solución intermedia) usando como diluyente solución de HNO₃ al 10% en agua bidestilada preparada a partir de HNO₃ concentrado para análisis.

A partir de la solución intermedia se prepararon 25 ml de solución estándar de Cadmio de 10 ppb de concentración utilizando como diluyente solución de HNO₃ al 10 %. Con los datos cargados en el método el equipo realiza automáticamente la curva de calibración.

La técnica analítica fue validada por el Laboratorio de Bromatología del Servicio de Regulación Alimentaria de la Intendencia de Montevideo (Método para la determinación de Cadmio, Plomo, y Arsénico en alimentos, versión 1, código 4373-S-SA-MT-Q59).

7. RESULTADOS

Se analizaron 33 muestras de músculo de corvina y 32 muestras de pescadilla calada de 250 grs cada una. El muestreo fue realizado al azar en diversos locales comerciales; grandes superficies, ferias barriales, puestos artesanales, distribuidoras y procesadoras dentro del departamento de Montevideo (Uruguay).

Tabla 5: Resultados de Cadmio obtenidos para *Micropogonias furnieri*, expresados en miligramos por kilo.

| Resultados obtenidos para corvina | | |
|-----------------------------------|-------------------------|-------------------|
| Muestra | Tipo de lugar comercial | Resultado (mg/kg) |
| 01 | Pescadería | No detectado |
| 02 | Pescadería | Menor a 0,0125 |
| 03 | Pescadería | Menor a 0,0125 |
| 04 | Pescadería | No detectado |
| 05 | Industria pesquera | Menor a 0,0125 |
| 06 | Grandes superficies | Menor a 0,0125 |
| 07 | Industria pesquera | Menor a 0,0125 |
| 08 | Feria | No detectado |
| 09 | Feria | No detectado |
| 10 | Feria | No detectado |
| 11 | Feria | No detectado |
| 12 | Feria | No detectado |
| 13 | Feria | No detectado |
| 14 | Feria | No detectado |
| 15 | Feria | Menor a 0,0125 |
| 16 | Feria | Menor a 0,0125 |
| 17 | Feria | Menor a 0,0125 |
| 18 | Feria | Menor a 0,0125 |
| 19 | Feria | 0,015 |

| | | |
|----|------------|----------------|
| 20 | Feria | Menor a 0,0125 |
| 21 | Feria | Menor a 0,0125 |
| 22 | Feria | Menor a 0,0125 |
| 23 | Feria | Menor a 0,0125 |
| 24 | Feria | 0,0205 |
| 25 | Pescadería | Menor a 0,0125 |
| 26 | Feria | Menor a 0,0125 |
| 27 | Feria | Menor a 0,0125 |
| 28 | Feria | Menor a 0,0125 |
| 29 | Feria | 0,0379 |
| 30 | Pescadería | 0,0339 |
| 31 | Feria | 0,0272 |
| 32 | Feria | Menor a 0,0125 |
| 33 | Feria | Menor a 0,0125 |

mg=miligramo, kg=kilogramo

Tabla 6: Resultados de Cadmio obtenidos para pescadilla, expresados en miligramos por kilo.

| Resultados obtenidos para pescadilla | | |
|---|--------------------------------|--------------------------|
| Muestra | Tipo de lugar comercial | Resultado (mg/kg) |
| 01 | Grandes superficies | Menor a 0,0125 |
| 02 | Grandes superficies | Menor a 0,0125 |
| 03 | Pescadería | No detectado |
| 04 | Pescadería | Menor a 0,0125 |
| 05 | Pescadería | No detectado |
| 06 | Pescadería | Menor a 0,0125 |
| 07 | Pescadería | Menor a 0,0125 |
| 08 | Pescadería | Menor a 0,0125 |
| 09 | Pescadería | No detectado |
| 10 | Pescadería | Menor a 0,0125 |
| 11 | Pescadería | Menor a 0,0125 |
| 12 | Pescadería | Menor a 0,0125 |
| 13 | Industria pesquera | Menor a 0,0125 |
| 14 | Pescadería | Menor a 0,0125 |
| 15 | Grandes superficies | Menor a 0,0125 |
| 16 | Industria pesquera | Menor a 0,0125 |
| 17 | Industria pesquera | Menor a 0,0125 |
| 18 | Industria pesquera | Menor a 0,0125 |
| 19 | Pescadería | Menor a 0,0125 |
| 20 | Feria | Menor a 0,0125 |
| 21 | Feria | Menor a 0,0125 |
| 22 | Feria | Menor a 0,0125 |
| 23 | Feria | No detectado |
| 24 | Feria | No detectado |

| | | |
|----|-------|----------------|
| 25 | Feria | No detectado |
| 26 | Feria | No detectado |
| 27 | Feria | No detectado |
| 28 | Feria | No detectado |
| 29 | Feria | No detectado |
| 30 | Feria | No detectado |
| 31 | Feria | No detectado |
| 32 | Feria | Menor a 0,0125 |

mg=miligramo, kg=kilogramo

Los resultados indican que por el método utilizado, en el 27,3% de las muestras analizadas de corvina no se detectó Cadmio y en el 57,6% los valores fueron menores a 0,0125 mg/kg. El 15,15% de las muestras de corvina arrojaron valores por encima, siendo el valor máximo detectado el de 0,0379 mg/kg para el 3,03% de las muestras.

En el caso de la pescadilla no se detectó Cadmio en el 37,5% de las muestras, mientras que en el 62,5% se obtuvieron niveles por debajo de 0,0125 mg/kg.

8. DISCUSIÓN

La contaminación por metales pesados es y ha sido ampliamente estudiada en todo el mundo, encontrando amplia bibliografía respecto a los mismos. Sin embargo algunos fueron abordados de forma más exhaustiva que otros, dependiendo la época de descubrimiento, la situación, hábitos, necesidades e intereses de la sociedad en dicho momento. Encontramos así grandes diferencias en cuanto a la información y la importancia que se le ha dado a algunos metales en comparación con otros. Son bien conocidos los estudios realizados sobre el Mercurio y Plomo, mientras que en lo que respecta al cadmio, si bien fue descubierto en Alemania en 1817 la información es menos amplia debido a que rara vez se utilizó; hasta hace apenas unos 50-60 años, cuando se le encontraron aplicaciones metalúrgicas. De ahí en adelante su uso ha ido en aumento. Debido a la elevada producción y al aumento del uso del cadmio en la industria, en las últimas décadas se ha transformado en un serio problema a nivel ambiental.

Los productos con cadmio mayormente comercializados en América Latina son los abonos químicos, fertilizantes y materiales fosfatados. Uruguay figura en tercer lugar como país exportador de estos productos (PNUMA, 2010).

La tendencia en el consumo de alimentos de mejor calidad se ha reflejado en un mayor consumo de pescado tanto en Uruguay como a nivel global. Según cifras de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el consumo aparente de pescado per cápita a nivel mundial registró un aumento medio de 9,9 kg en la década de 1960 a 14,4 kg en el decenio 1990, y alcanzó 19,7 kg en 2013.

En Uruguay, el promedio anual de consumo de pescado no supera los 9,3 kg per cápita. Según Santiago Caro, de la DINARA, en entrevista dada en Marzo del 2018, esta cifra es superior en comparación con otros años demostrando así la tendencia al aumento en el consumo de carne de pescado. Según datos relevados por la FAO, en Uruguay en la década del 1970 el consumo promedió los 3 kg per cápita por año, superó los 6 kg en la década del 1990, y llegó a 9,8 kg en el año 2018. En el año 2007 en Montevideo el consumo per cápita anual se estimó en 12,6 kg (Mazza Pérez). Para la región, FAO prevé que el consumo de pescado aumentará un 33% para el año 2030.

Los expertos coinciden en que los efectos positivos del elevado consumo de pescado superan en gran medida los posibles efectos negativos asociados con los riesgos de contaminación o inocuidad, pero el crecimiento en el consumo de este alimento determina la importancia del conocimiento y la monitorización continuada del estado de contaminación del ambiente acuático de donde provienen nuestros recursos alimentarios, para así tomar acciones correctivas a tiempo.

En este trabajo se realizó la determinación de Cadmio en filetes de corvina y pescadilla destinados a consumo humano y comercializados en el departamento de Montevideo para conocer la situación y la exposición a este metal de la población que consume estas especies. La elección de las mismas se basó en que representan los principales recursos pesqueros de Uruguay y son dos de las especies más consumidas.

En Montevideo el pescado más consumido es la Merluza, el 100% en forma de filetes sin espinas. La merluza es el principal producto vendido por grandes

superficies, puestos de feria y minoristas. Para los pescadores artesanales el mayor volumen de comercialización lo presenta la corvina (Menéndez, 2016). El consumo por especie en Montevideo, según datos recabados por Menéndez en 2016, es de 31% para Merluza, 12% para pescadilla de calada, 8% para pescadilla de red, y el resto lo completan variadas especies.

El promedio de captura total anual de la corvina en los últimos 15 años es de 30.000 Tn y el cupo permitido es de 34.000 Tn por año, según la Resolución N° 1/2000 de la Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo. Por encontrarse dentro de la Zona Común de Pesca es un recurso compartido con la República Argentina. El promedio de captura total anual de la pescadilla de los últimos 15 años es de 10.000 TM aproximadamente (DINARA).

Se decidió estudiar la porción muscular del ejemplar debido a que es esta la que se consume habitualmente, si bien los metales pesados tienden a concentrarse más en vísceras como hígado o riñones.

Los resultados obtenidos muestran que en el 27,3% de las muestras analizadas de corvina no se detectó Cadmio y en el 57,6% los valores fueron menores a 0,012 mg/kg. El 15,15% de las muestras de corvina arrojaron valores por encima, siendo el valor máximo detectado el de 0,0379 mg/kg para el 3,03% de las muestras.

En el caso de la pescadilla no se detectó Cadmio en el 37,5% de las muestras, mientras que en el 62,5% se obtuvieron niveles por debajo de 0,012 mg/kg

Según estos resultados y los límites permitidos (0,05 mg/kg) tanto en el país como en la región y en la Unión Europea, se puede afirmar que el consumo de estas especies que se comercializan en Montevideo no representan un riesgo para la salud humana. Esto confirma las primeras dos hipótesis planteadas en este trabajo.

Muchos estudios de niveles de Cadmio en lagos, lagunas, mares, a lo largo del mundo han llegado a resultados similares en cuanto a que aún no se encuentran niveles en músculo de pescado cuyo consumo representa un riesgo para la salud humana. De todas maneras, las tendencias en cuanto a la contaminación van en aumento y podría ser factible que esos niveles puedan ser mayores en un futuro, por lo que se debería tener un control ambiental y de los productos de la pesca adecuado por parte de las autoridades competentes.

Una alternativa al consumo de estos ejemplares pasibles de contaminación sería la acuicultura, donde se puede controlar la presencia de contaminantes.

Pocos trabajos científicos han estudiado los niveles de Cadmio en tejido muscular de corvina y pescadilla. Entre los antecedentes que nos permiten comparar nuestros resultados encontramos el de Federico Viana Matturro en 2011 denominado "Estudio de base de los niveles de metales pesados en peces de aguas continentales y costeros, en el área de influencia del Proyecto Valentines de minera Aratirí, en Uruguay". En éste trabajo, el análisis de Cadmio se realizó con muestras de tejido muscular junto a tejido hepático, y en ningún caso los resultados sobrepasaron los límites admitidos para el consumo. En peces continentales los resultados arrojaron niveles que no superaron los límites permitidos, mientras que para los peces de aguas marinas los niveles fueron altos. Es posible pensar que el mayor aporte del metal viene por el lado del hígado, debido a que es un órgano donde mayormente se acumulan los metales por su rol en el metabolismo.

Julia Aizpún y col, en 2003, estudiaron la bioacumulación de plaguicidas organoclorados y metales pesados en la biota del Río de la Plata y su frente marítimo. Entre las especies seleccionadas en dicho estudio se encontraba la corvina rubia, y midieron niveles de Cadmio en hígado, músculo, y contenido estomacal. Los niveles en hígado superaron ampliamente al músculo. No obstante, los valores hallados en este último tejido no superaron los límites permisibles para consumo humano.

Otro trabajo a mencionar es el informe final del Programa de monitoreo de la calidad ambiental de la zona interior del estuario de Bahía Blanca, Argentina, en el período 2015-2016. En éste los resultados obtenidos para Cadmio tanto en corvina como en pescadilla estuvieron por debajo del límite de detección.

Los resultados encontrados para cada especie pueden explicarse en función de los hábitos alimentarios.

La corvina es una especie demersal, que está relacionada con los sedimentos, en donde se alimenta de organismos bentónicos, principalmente moluscos bivalvos y poliquetos. Los crustáceos aparecen como alimento secundario u ocasional, al igual que los peces que cuando aparecen son juveniles o de tamaño pequeño como la anchoita (Carozza y col, 2004).

Esta relación con el sedimento se ha observado como importante en promover variaciones intra específicas ya que especies de hábitos bentónicos normalmente presentan mayores concentraciones de metales pesados que especies habitando zonas superiores de la columna de agua (Corrales, 2013).

En el caso de la pescadilla, los ejemplares juveniles se alimentan principalmente de pequeños crustáceos (camarones y cangrejos) y peces (anchoita). Cuando crecen su dieta cambia y comen principalmente peces.

En el trabajo de Julia Aizpún y col. en 2003, las concentraciones más altas de Cadmio se encontraron en el contenido estomacal tanto en juveniles como en adultos. Eso evidencia un aporte importante a través del alimento (crustáceos, poliquetos, y bivalvos; organismos acumuladores de metales). Asimismo, los metales no esenciales sufrieron bioacumulación con la edad.

En el estudio realizado en el estuario de Bahía Blanca la tendencia observada no permite sostener la existencia de una acumulación biológica de Cadmio en el músculo de la pescadilla del estuario, aunque parece haber evidencia de la existencia de este proceso en el hígado. Probablemente esta situación se dé así porque los valores de Cadmio en músculo (que son muy bajos) están por debajo del umbral que dispara la bioacumulación, mientras que los del hígado lo superan significativamente.

Se sugiere que los peces bentónicos tienen mayores concentraciones de metales pesados que los peces que habitan en la columna de agua superior porque están en contacto directo con los sedimentos (El-Moselhy y col, 2014).

En base a esta información podemos suponer que la diferencia en la alimentación de ambas especies repercute en forma directa sobre los resultados obtenidos. Podemos pensar que los niveles de Cadmio presentes están influidos por el proceso

de biomagnificación y que el consumo de moluscos y crustáceos es más relevante que el consumo de peces.

Las concentraciones de cadmio en las muestras de peces se correlacionan positivamente con longitud y peso. (Ebrahim Rahimi, Elham Gheysari, 2015).

En este estudio no podemos afirmar que exista un proceso de bioacumulación de Cadmio en el tejido muscular ya que se desconoce el peso inicial (peso vivo) y longitud de cada ejemplar debido a que se utilizaron filetes para venta al público. Por lo mismo tampoco se conoce el sexo y la edad. Presumimos que los ejemplares no deberían ser de talla menor a 32 cm de LT para corvina y 27 cm para pescadilla, ya que es lo que establece el decreto 149/997 del Instituto Nacional de Pesca para capturas tanto de tipo industrial como artesanal.

9. CONCLUSIONES

Los resultados indican que por el método de espectrofotometría de absorción atómica en el 27,3% de las muestras analizadas de corvina no se detectó Cadmio y en el 57,6% los valores fueron menores a 0,0125 mg/kg. El 15,15% de las muestras de corvina arrojaron valores por encima de eso, siendo el valor máximo detectado el de 0,0379 mg/kg para el 3,03% de las muestras.

En el caso de la pescadilla no se detectó cadmio en el 37,5% de las muestras, mientras que en el 62,5% se obtuvieron niveles por debajo de 0,0125 mg/kg.

Se demuestra la presencia de cadmio en músculo de algunos ejemplares de corvina rubia y pescadilla calada recolectados en el departamento de Montevideo (Uruguay) durante los meses de setiembre, octubre y noviembre del año 2013.

Las concentraciones de cadmio en las dos especies estudiadas estuvieron en su totalidad por debajo del límite permitido por la normativa vigente internacional y nacional (República Oriental del Uruguay), indicada como 0,05 mg/kg.

Observamos diferencias en los valores obtenidos al comparar una especie con otra, la totalidad de las muestras de pescadilla presentaron valores por debajo de 0,0125 mg/kg mientras que en la corvina este dato no se repitió ya que cinco de las treinta y tres muestras presentaron valores superiores a los 0,015 mg/kg. Se observa que los diferentes hábitos alimentarios que hay entre ambas especies influyen en los niveles de Cadmio presentes en el músculo.

10. BIBLIOGRAFÍA

1- Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (2008). Protocolo de muestreo, preparación de las muestras y análisis de metales pesados en productos pesqueros. Disponible en:
https://www.academia.edu/36493708/PROTOCOLO_DE_MUESTREO_PREPARACION_DE_LA_MUESTRA_Y_ANALISIS_DE_METALES_PESADOS_EN_PRODUCTOS_PESQUEROS Fecha de consulta: 18-08-19.

2- Aizpún de Moreno, J., Moreno, V., Gerpe, M., Miglioranza, K., González, M., Ondarza, P. (2004) Plaguicidas organoclorados y metales pesados en la biota del Río de la Plata y su frente marítimo. Disponible en:
https://www.dinama.gub.uy/oan/documentos/uploads/2016/12/Plaguicidas_organoclorados_y_metales_pesados_VJCM.pdf Fecha de consulta: 18-08-19.

3- Andayesh, S., Rasoul Hadiani, M., Mousavi, Z., Shoeibi, S., (2015). Lead, cadmium, arsenic and mercury in canned tuna fish marketed in Tehran, Iran. Food Additives & Contaminants: Part B, 8 (2): 93–98.

4- Argentina. (1969) Ley N°18.284 del 18 de julio de 1969. Código Alimentario Argentino. Boletín Nacional del 28-07-1969. Disponible en:
<https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-18284-21841/texto>
Fecha de consulta: 18-08-19.

5- Argentina. (1971). Decreto N°2126/1971. Boletín Nacional del 20 de setiembre de 1971. Disponible en:
http://www.anmat.gov.ar/webanmat/Legislacion/Alimentos/Decreto_2126-1971.pdf
Fecha de consulta: 18-08-19.

6- Bello, C., Vera Andujar, L., Sánchez Vázquez, F. (2014). Cronotoxicidad del Cadmio en pez cebra: análisis de mortalidad y respuestas de comportamiento. Congreso Nacional del Medio Ambiente. Disponible en:
<https://studylib.es/doc/7407083/doc.-escrito---conama-10---congreso-nacional-de-medio-amb>
Fecha de consulta: 18-08-19.

7- Boy Mansilla, A. (2015). Determinación de metales pesados en agua, peces, almejas e *Hydrilla verticillata* del lago de Izabal (Guatemala). Tesis. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, 92 p.

8- Carozza, C., Lasta, C., Ruarte, C., Cotrina, C., Mianzan, H., Acha, M. (2004). corvina rubia (*Micropogonias furnieri*). El Mar Argentino Y Sus Recursos Pesqueros: Los Peces Marinos De Interés Pesquero 4: 255-270. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/306535604_Corvina_rubia_Micropogonias_furnieri
Fecha de consulta 18-08-19.

9- Chahid, A., Hilali, M., Benlhachimi, A., Bouzid, T. (2014). Contents of cadmium, mercury and lead in fish from the Atlantic sea (Morocco) determined by atomic absorption spectrometry. Food Chemistry, 147: 357-360.

10- Contenidos máximos en metales pesados en productos alimenticios en la UE, revisión febrero 2019. Disponible en: <http://plaguicidas.comercio.es/MetalPesa.pdf>
Fecha de consulta: 18-08-19

11- Corrales, D. (2013). Estudio del contenido de metales pesados en dos especies de peces de la zona costera de Montevideo. Tesis de grado. Facultad de Ciencias, UDELAR. 84 p.

12- DINAMA, Dirección Nacional de Medio Ambiente (2007). Uruguay y la convención sobre diversidad biológica: avances y desafíos. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUK Ewi1x5SRkt3hAhWeILkGHSdoAKIQFjAAegQIAxAC&url=https%3A%2F%2Fwww.mvotma.gub.uy%2Fcomponent%2Fk2%2Fitem%2Fdownload%2F5565_ab5fbc43e30f8_eaa06a18936d9b9798b&usq=AOvVaw1_R9Tv-KEj0EgUOoDp7As0
Fecha de consulta: 18-08-19.

13- DINARA. Recursos de interés. Ficha técnica covina y pescadilla de calada. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/unidad-organizativa/direccion-nacional-de-recursos-acuaticos/pesca/recursos-de-interes>
Fecha de consulta: 18-08-19.

14- El-Moselhy, Kh. M., Othman, A.I., El-Azem, H. Abd, El-Metwally, M.E.A. (2014). Bioaccumulation of heavy metals in some tissues of fish in the Red Sea. Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences, 1:97-105.

15- Elika, Fundación Vasca Para la Seguridad Agroalimentaria. (2006) Cadmio en pescado. Disponible en: http://www.elika.net/datos/pdfs_agrupados/Documento21/CADMIO%20web.pdf
Fecha de consulta: 18-08-2019.

16- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Norma general del codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos. (CODEX STAN 193-1995). Disponible en: http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B193-1995%252FCXS_193s.pdf
Fecha de consulta: 18-08-19.

17- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2017). Consumo de pescado. Infopesca Internacional 62: 18-24. Disponible en: <https://www.infopesca.org/sites/default/files/complemento/publilibreacceso/1649//INFOPESCA%2062.pdf>
Fecha de consulta: 18-08-19.

- 18- FAO/OMS (1999) Documento de examen sobre el cadmio. 31ª Reunión del Comité del Codex sobre aditivos alimentarios y contaminantes de los alimentos. 22-26 de marzo de 1999. La Haya, Países Bajos. Disponible en: http://www.fao.org/tempref/codex/Meetings/CCFAC/CCFAC31/fa99_21s.pdf
Fecha de consulta: 18-08-19.
- 19- Foglia Costa, M. (2008). Niveles de mercurio y cadmio en franciscana *Pontoporia blainvillei*, a lo largo de la costa uruguaya. Tesis. Facultad de Ciencias, UDELAR, 50 p.
- 20- Foglia Costa, M. (2013). Evaluación de *Pontoporia blainvillei* como potencial especie bioindicadora de metales en el estuario del Río de la Plata y su frente marítimo. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias. UDELAR, 76 p.
- 21- Instituto Argentino de Oceanografía (IADO) (2009). Programa de Monitoreo de la Calidad Ambiental de la Zona Interior del Estuario de Bahía Blanca, Informe Final. Disponible en: http://www.bahiablanca.gov.ar/cte/doc/inf09_quimicamarina.pdf Fecha de consulta: 18-08-19.
- 22- IADO. Instituto Argentino de Oceanografía (2016). Programa de Monitoreo de la Calidad Ambiental de la Zona Interior del Estuario de Bahía Blanca, Informe Final 2015-2016. Disponible en: <https://www.bahia.gob.ar/subidos/cte/informes/Informe-FINAL-Monitoreo-2015-2016.pdf> Fecha de consulta: 18-08-19.
- 23- Madeddu, R. (2005). Estudio de la influencia del Cadmio sobre el medioambiente y el organismo humano: perspectivas experimentales, epidemiológicas, y morfofuncionales en el hombre y en los animales de experimentación. Tesis doctoral. Facultad de Medicina, Universidad de Granada. 159 p.
- 24- Mancera, N.J., Alvarez, L.R.. (2006). Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuícolas de Colombia. Acta Biológica Colombiana, 11: 3-23.
- 25- Mapa de Montevideo. Disponible en: <http://aplusshippingcenter.info/imagen-mapa-de-montevideo.html>
Fecha de consulta: 20-04-2019.
- 26- Mazza, C. (2007). El mercado del pescado en Montevideo. INFOPECA. Disponible en: <http://www.infopesca.org/sites/default/files/complemento/publilibreacceso/466/Mercado%20de%20pescado%20en%20Montevideo.pdf>
Fecha de consulta: 18-08-19.
- 27- Menéndez, J. (2016). Comercialización de los productos de la pesca en el Montevideo urbano. Tesis de grado. Facultad de Veterinaria, UDELAR. 59 p.

28- Molina C., Point D. (2014). Contaminación por metales pesados en la cadena trófica de los lagos Titicaca, Uru-Uru y Poopó. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Carlos_Molina12/publication/280593225_Contaminacion_por_metales_pesados_en_la_cadena_trofica_de_los_lagos_Titicaca_Uru-Uru_y_Poopo/links/57b2e91008ae95f9d8f681a8.pdf

Fecha de consulta: 18-08-19.

29- Nava Ruíz, C., Méndez Armenta, M., (2011) Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). Archivos de Neurociencias México, 16 (3): 140-147.

30- Pereira, L.S., Ribas, J.L.C., Vicari, T., Silva, S.B., Stival, J., Baldan, A.P., Valdez Domingos, F.X., Grassi, M.T., Cestari, M.M., Silva de Assis, H.C., (2016). Effects of ecologically relevant concentrations of cadmium in a freshwater fish. Ecotoxicology and Environmental Safety 130: 29–36

31- Pérez García, P.E., Azcona Cruz, M.I., (2012) Los efectos del cadmio en la salud. Revista Española Médico Quirúrgica 17 (3): 199-205.

32- Pérez Harguindeguy, G., (2006). Modificación en la normativa comunitaria del contenido máximo de cadmio en anchoita. Reunión regional de las redes panamericanas de inspección, control de calidad y tecnología de productos pesqueros. Punta del Este, Uruguay. Disponible en:

http://redpan.infopesca.org/documentos/Reunion%20Pta%20del%20Este/ARGENTINA_PEREZ_HARGUINDEGUY_CADMIO_ANCHOITA.pdf

Fecha de consulta: 18-08-19.

33- PNUMA. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2010). Análisis del flujo del comercio y revisión de prácticas de manejo ambientalmente racionales de productos conteniendo cadmio, plomo y mercurio en América Latina y el Caribe. 400 p. Disponible en:

http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Lead_Cadmium/docs/Trade_Reports/LAC/Trade_report_LAC_Spanish_and_English.pdf.

Fecha de consulta: 25/11/2015.

34- Rahimi, E., Gheysari, E. (2016). Evaluación de residuos de metales pesados de plomo, cadmio, arsénico y mercurio en muestras de pescado, camarones y langosta del Golfo Pérsico. Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi, 22 (2): 173-178.

35- Ramírez, A., (2002) Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. Anales de la Facultad de Medicina 63 (1): 51-64 Disponible en:

<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/anales/article/view/1477/1260>

Fecha de consulta: 18-08-19

36- Reyes, Y.C., Vergara, I., Torres, O.E., Díaz, M., González, E.E., (2016) Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo, 16 (2): 66-77.

37- Tagliamonte, F. (2009). Determinación de mercurio y cadmio en león marino sudamericano *Otaria flavescens* (Shaw,1800) y lobo fino austral *Arctocephalus australis* (Zimmermann. 1783) en la costa atlántica uruguaya. Tesis. Facultad de Ciencias, UDELAR. 67 p.

38- Telemundo (2018) Uruguayos y consumo de pescado. Disponible en: <http://www.telenoche.com.uy/nacionales/uruguayos-comen-54-menos-de-pescado-que-el-resto-del-mundo.html>.
Fecha de consulta 18-08-19

39- Unión Europea (1993) Reglamento (CEE) N°315/993 del Consejo de 8 de febrero de 1993 por el que se establecen procedimientos comunitarios en relación con los contaminantes presentes en los productos alimenticios. Disponible en: <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/8cf5fe52-fddb-4791-8431-b32e54cc7111/language-es>
Fecha de consulta: 18-08-19.

40- Unión Europea (2006) Reglamento (CEE) N°1881/2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2006/364/L00005-00024.pdf>
Fecha de consulta 18-08-19.

41- Unión Europea (2007) Reglamento (CEE) N°333/2007 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. Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2007/088/L00029-00038.pdf>.
Fecha de consulta: 18-08-19.

42- Unión Europea (2014) Reglamento (CEE) N°488/2014 que modifica el Reglamento (CE) n° 1881/2006 por lo que respecta al contenido máximo de cadmio en los productos alimenticios. Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2014/138/L00075-00079.pdf>
Fecha de consulta: 18-08-19.

43- Uruguay (2013). Decreto 14/013. Modificación del Reglamento Bromatológico Nacional. Aprobación del Reglamento Técnico MERCOSUR sobre límites máximos de contaminantes inorgánicos en alimentos (derogación de las Res. GMC N° 102/94 y N° 35/96). Diario Oficial N°28.643 del 23-01-2013, 1 (1): 85.
Disponible en: <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/14-2013>
Fecha de consulta: 18-08-19.

44- Uruguay. (1997). Decreto 213/997. Aprobación del reglamento del para el control de higiene y sanidad de los productos de la pesca y caza acuática. Instituto Nacional de Pesca. Disponible en: <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/213-1997>
Fecha de consulta: 18-08-19.

45- Uruguay (1994). Decreto 315/994 - Reglamento Bromatológico Nacional. Disponible en: <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/315-1994>
Fecha de consulta 18-08-19.

46- Viana Matturo, F. (2011). Estudio de base de los niveles de metales pesados en peces de aguas continentales y costeros en el área de influencia del Proyecto Valentines de minera Aratirí, en Uruguay. Informe Técnico. 29 p.

47- Vullo, Diana L. (2003). Microorganismos y metales pesados: una interacción en beneficio del medio ambiente. Revista Química Viva 2(3): 93-104.