

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Departamento Académico de Ciencia, Tecnología e Ingeniería de Alimentos



**DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN TRES ESPECIES
DE PECES EN EL TRAMO CACHICOTO – MONZÓN**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

EDMER ROSALES ORTEGA
PROMOCIÓN 2007 - I

Tingo María – Perú
2012



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Av. Universitaria s/n. Teléfono (062) 561385 – Fax (062) 561156
Apart. Postal 156 Tingo María E.mail: fiia@unas.edu.pe

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 013-2014

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 02 de noviembre de 2014, a horas 6:00 p.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, para calificar la tesis presentada por el Bach. **ROSALES ORTEGA, Edmer** titulada:

“DETERMINACION DE METALES PESADOS EN TRES ESPECIES DE PECES, EN SEDIMENTO Y EN AGUA DE UN TRAMO DEL RIO MONZÓN”

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran **APROBADO** con el calificativo de **MUY BUENO**; en consecuencia la Bachiller, queda apta para recibir el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias del Consejo Universitario, de conformidad con el Art. 45° numeral 45.2, de la Ley Universitaria 30220; los artículos 51° y 52° del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 17 de diciembre de 2014

Ing. Lauriano Zavaleta de la Cruz
Presidente

Ing. Alipio Ortega Rodriguez
Miembro

Ing. Yolanda Ramirez Trujillo
Miembro

Dra. Elizabeth Ordoñez Gómez
Asesora

RESUMEN

Monzón es el distrito más oriental de la Provincia de Huamalíes en el departamento de Huánuco, el distrito tiene una población de 18460 dedicados en su mayoría a la agricultura. El presente trabajo de investigación se desarrolló en los laboratorios de tecnología de carnes y suelos – UNAS. Los objetivos fueron: Determinar el contenido de Cd, Pb, Cu y As) en hígado y músculo de las especies de bocachico, carachama, yulilla, sedimento y agua en río Monzón. Las muestras fueron tratadas por vía húmeda con digestión acida, los resultados fueron analizados mediante diseño completo al azar y arreglo factorial 3x3, prueba de Tukey ($p < 0,05$) utilizando el programa SAS versión-9.0 y el análisis multivariado mediante el InfoStat versión-2011. El mayor contenido de metales pesados fue: Cd en el músculo de carachama $1,62 \pm 0,08$ ppm y yulilla $0,12 \pm 0,04$ ppm en cruzpampa y en hígado de bocachico en granja 2,11 ppm; en sedimento 0,93 ppm y agua 0,0024 ppm estuvo en cruzpampa; Pb en cruzpampa en el músculo e hígado; bocachico 0,61 ppm y 6,34 ppm, carachama 5,09 ppm y 1,93 ppm respectivamente; Cu en músculo de yulilla en chicoplaya $2,677 \pm 0,20$ ppm y granja $2,640 \pm 0,15$ ppm. En hígado de carachama en las tres localidades 24,23 a 21,67 ppm y en yulilla en cruzpampa y chicoplaya 21,94 y 22,21 ppm respectivamente, y sedimento fue en cruzpampa $29,2 \pm 1,75$ ppm y chicoplaya $27,9 \pm 1,21$ ppm; en agua el rango estuvo entre 0,018 a 0,016 ppm en las tres localidades y As no fue detectado.

Palabras claves: Metales pesados, río Monzón, bocachico, carachama y yulilla

INDICE GENERAL

	Pagina
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Generalidades demográficos del rio Monzón	3
2.1.1. Descripción del distrito de Monzón	3
2.1.2. Origen del rio Monzón	3
2.2. Generalidades sobre pescado bentónicos	4
2.2.1. Bocachico (<i>Prochilodus nigricans</i>).....	5
2.2.2. Carachama (<i>Characidium caucanum</i>)	8
2.2.3. Yulilla (<i>Panaque nigrolineatus</i>)	10
2.3. Generalidades de metales pesados.....	12
2.3.1. Clasificación	13
2.3.2. Cadmio.....	15
2.3.3. Plomo... ..	21
2.3.4. Cobre.....	24
2.3.5. Mercurio.. ..	27
2.3.6. Arsénico.. ..	31
III. MATERIALES Y METODOLOGÍAS	35
3.1. Lugar de ejecución.....	35
3.2. Materia prima.....	35
3.3. Equipo, materiales y reactivos	37
3.3.1. Equipos de laboratorio.....	37

3.3.2. Materiales de laboratorio	38
3.3.3. Otros materiales	38
3.3.4. Reactivos.....	38
3.4. Métodos de análisis	39
3.5. Metodología experimental.....	39
3.5.1. Muestreo.	39
3.5.2. Material biológico.....	41
3.5.3. Agua y sedimento.....	41
3.5.4. Medición de las propiedades físicas del agua.....	41
3.5.5. Acondicionamiento del material biológico	42
3.5.6. Método de extracción por digestión ácida de Cd, Pb, Cu y As en material biológico músculo.....	43
3.5.7. Método de extracción por digestión ácida de Cd, Pb, Cu y As en material biológico hígado	43
3.5.8. Método de extracción por digestión ácida de Cd, Pb, Cu y As en el sedimento.....	44
3.5.9. Método de extracción por digestión ácida de Cd, Pb, Cu y As en el agua.....	44
3.5.13. Análisis de las muestras	45
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	46
4.1. Determinación de cadmio en músculo e hígado de pescado en diferentes localidades.....	46
4.1.1. Músculo... ..	46

4.1.2. Hígado.....	54
4.1.3. Sedimento	60
4.1.4. Agua.....	63
4.2. Determinación de plomo en músculo e hígado de pescado, sedimento y agua en diferentes localidades	65
4.2.1. Músculo... ..	65
4.2.2. Hígado.....	69
4.2.3. Sedimento y agua.....	73
4.3. Determinación de cobre en músculo e hígado de pescado, sedimento y agua en diferentes localidades	74
4.3.1. Músculo... ..	74
4.3.2. Hígado.....	80
4.3.3. Sedimento y agua.....	86
V. CONCLUSIONES	91
VI. RECOMENDACION	92
VII. BIBLIOGRAFIA.....	93
VIII. ANEXO.....	105

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Composicion proximal del bocachico.....	8
2. Componentes minerales del bocachico.....	8
3. Composición proximal.....	12
4. Componentes minerales y metales pesados.....	12
5. Contenido de cadmio en músculo de bocachico en diferentes localidades	47
7. Contenido de cadmio en músculo de carachama en diferentes localidades.....	49
8. Contenido de cadmio en músculo de yulilla en diferentes localidades	51
9. Contenido de cadmio en hígado de Bocachico en diferentes localidades	55
10. Contenido de cadmio en hígado de Carachama en diferentes localidades	56
11. Contenido de cadmio en hígado de yulilla en diferentes localidades.....	58
12. Contenido de cadmio en el sedimento de diferentes localidades	61
13. Contenido de cadmio en agua de diferentes localidades	64
14. Contenido de plomo en músculo de bocachico en diferentes localidades	66
15. Contenido de plomo en músculo de carachama en diferentes localidades	67
16. Contenido de plomo en hígado de bocachico en diferentes localidades	70
17. Contenido de plomo en hígado de carachama en diferentes localidades.....	72
18. Contenido de cobre en músculo de bocachico en diferentes localidades	75
19. Contenido de cobre en músculo de carachama en diferentes localidades	77
20. Contenido de cobre en músculo de yulilla en diferentes localidades	78
21. Contenido de cobre en hígado de Bocachico en diferentes localidades.....	81
22. Contenido de cobre en músculo de carachama en diferentes localidades	83

23. Contenido de cobre en músculo de yulilla en diferentes localidades	84
24. Contenido de cobre en sedimento de diferentes localidades	87
25. Contenido de cobre en agua de diferentes localidades	89

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Se muestra el mapa del lugar donde se llevó a cabo el muestreo en distrito de Monzón.....	40
1. Comportamiento del contenido de cadmio en músculo de bocachico en diferentes localidades.....	47
2. Comportamiento del contenido de cadmio en músculo de carachama en diferentes localidades	50
3. Comportamiento del contenido de cadmio en músculo de yulilla en diferentes localidades.....	52
4. Representación gráfica del contenido de cadmio en músculo pescado en diferentes localidades.....	53
5. Comportamiento del contenido de cadmio en hígado de bocachico en diferentes localidades.....	55
6. Comportamiento del contenido de cadmio en hígado de carachama en diferentes localidades.....	56
7. Comportamiento del contenido de cadmio en hígado de yulilla en diferentes localidades.....	58
8. Comportamiento del contenido de cadmio en hígado de las tres especies en diferentes localidades	59
9. Comportamiento del contenido de cadmio en sedimento de las tres localidades.....	62

10. Comportamiento del contenido de cadmio en agua de diferentes localidades....	
64	
11. Comportamiento del contenido de plomo en músculo del bocachico en diferentes localidades..	70
12. Comportamiento del contenido de plomo en músculo del carachama en diferentes localidades..	72
13. Comportamiento del contenido de cobre en músculo del bocachico en diferentes localidades..	75
14. Comportamiento del contenido de cobre en músculo del carachama en diferentes localidades..	77
15. Comportamiento del contenido de cobre en músculo del yulilla en diferentes localidades.....	79
15. 16. Comportamiento del contenido de cobre en músculo de las tresespecies en diferentes localidades....	80
17. Comportamiento del contenido de cobre en hígado del bocachico en diferentes localidades.....	82
18. Comportamiento del contenido de cobre en hígado del carachama en diferentes localidades..	83
19. Comportamiento del contenido de cobre en hígado del yulilla en diferentes localidades.....	84
20. Comportamiento del contenido de cobre en hígado de las tres especies en diferentes localidades	86

21. Comportamiento del contenido de cobre en sedimento de diferentes localidades.....	88
23. Comportamiento del contenido de cobre en agua de diferentes localidades..	90

INDICE DE ANEXOS

Anexo	Página
A-Ia. Resultados de los pesos del pez y peso de la muestra en análisis en tejido muscular en bocachico	106
A-Ib. Resultados de los pesos del pez y peso de la muestra en análisis en tejido muscular en carachama.....	107
A-Ic. Resultados de los pesos del pez y peso de la muestra en análisis en tejido muscular en yulilla	108
A-IIa. Valor promedio de la temperatura del agua analizada del río Monzón	109
A-IIb. Valor promedio del pH del agua analizada del río Monzón.....	109
A-IIIa. Resultados de las absorvancias para la curva estándar de los metales pesados (ppm).....	110
A-IVa. Resultados del cadmio en músculo de las tres especies en las localidades mediante en el diseño completamente al azar con arreglo factorial.....	111
A-IVb. Análisis de varianza de cadmio en músculo de bocachico en diferentes localidades.....	111
A-IVc. Análisis de varianza de cadmio en músculo de carachama en diferentes localidades.....	112
A-IVd. Análisis de varianza de cadmio en músculo de yulilla en diferentes localidades.....	114
A-Va. Análisis de los resultados del cadmio en hígado de las tres especies en las localidades mediante en el diseño completamente al azar con arreglo factorial	

A-Vb. Análisis de varianza de cadmio en hígado de bocachico en diferentes localidades.....	113
A-Vc. Análisis de varianza de cadmio en hígado de carachama en diferentes localidades.....	114
A-Vd. Análisis de varianza de cadmio en hígado de yulilla en diferentes localidades.....	114
A-VIa. Análisis de varianza de cadmio en sedimento en diferentes localidades...	115
A-VIb. Análisis de varianza de cadmio en agua en diferentes localidades	115
A-VIIa. Análisis de los resultados del plomo en músculo de las tres especies en las localidades mediante en el diseño completamente al azar con arreglo factorial.....	116
A-VIIIa. Análisis de los resultados del plomo en hígado de las tres especies en las localidades mediante en el diseño completamente al azar con arreglo factorial.....	117
A-VIIIb. Análisis de varianza de plomo en hígado de bocachico en diferentes localidades.....	117
A-VIIIc. Análisis de varianza de plomo en hígado de carachama en diferentes localidades.....	118
A-IXa. Análisis de los resultados del cobre en músculo de las tres especies en las localidades mediante en el diseño completamente al azar con arreglo factorial.....	118

A-IXb. Análisis de varianza de cobre en músculo de bocachico en diferentes localidades.....	119
A-IXc. Análisis de varianza de cobre en músculo de carachama en diferentes localidades.....	119
A-IXd. Análisis de varianza de cobre en músculo de yulilla en diferentes localidades.....	120
A-Xa. Análisis de los resultados del cobre en hígado de las tres especies en las localidades mediante en el diseño completamente al azar con arreglo factorial.....	120
A-Xb. Análisis de varianza de cobre en hígado de bocachico en diferentes localidades.....	121
A-Xc. Análisis de varianza de cobre en hígado de carachama en diferentes localidades.....	121
A-Xd. Análisis de varianza de cobre en hígado de yulilla en diferentes localidades.....	122
A-XIa. Análisis de varianza de cobre en sedimento en diferentes localidades ...	122
A-XIb. Análisis de varianza de cobre en agua en diferentes localidades.....	123

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú, los ríos de la selva poseen una buena fuente de recursos hidrobiológicos que permite al poblador rural obtener diferentes especies de peces para su dieta alimentaria; sin embargo en el valle del Monzón en las últimas décadas, se ha observado la disminución de este recurso, que es causada por las inadecuadas prácticas agrícolas, desechos sólidos y desechos combustible que contienen elementos tóxicos a los afluentes del río Monzón.

Los metales pesados podrían estar adheridos a los sedimentos y debido a la forma de alimentación de los peces bentónicos, éstos succionan el perifiton adherido a las raíces, tallos, hojas de los árboles y piedras que llevaría a la bioacumulación de tóxicos en diferentes tejidos del pez (hígado y músculo), indicando que su consumo se pueda convertir en problema de salud para la población humana que se alimentan de este recurso. Entre las especies de mayor consumo en el valle del Monzón se encuentran: bocachico (*Prochilodus nigricans*), carachama (*Characidium caucanum*) y yulilla (*Panaque nigrolineatus*). El presente trabajo de investigación consistió para prevenir el consumo de los productos hidrobiológicos antes mencionado de allí el interés despertado para realizar la investigación se plantearon los siguientes objetivos:

- Determinar el contenido de metales pesados (Cd, Pb, Cu y As) en hígado y músculo, en las especies bocachico, carachama y yulilla en los caseríos; Cruzpampa, Chicoplaya y Granja del río Monzón.
- Determinar la cantidad de metales pesados (Cd, Pb, Cu y As) presentes en el agua y sedimentos en los caseríos; Cruzpampa, Chicoplaya y Granja del río Monzón.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Características demográficas del río Monzón

2.1.1. Descripción del distrito de Monzón

Monzón es el distrito más oriental de la Provincia de Huamalíes en el departamento de Huánuco, comprende la cuenca del río homónimo, un valle de la ceja de selva, la capital es el pueblo de Monzón, situado en la margen derecha del río del mismo nombre, sobre un plano inclinado a 930 metros msnm, el distrito tiene una población de 18 mil 460 habitantes dedicados en su mayoría a la agricultura (PAREDES *et al.*, 2010).

2.1.2. Origen del río Monzón

Nace en las lagunas alto andinas ubicadas al oeste del distrito Marías a 4400 msnm, sus aguas descienden por relieves montañosos de la cordillera oriental y desemboca en la margen izquierda del río Huallaga a una altitud aproximada de 1200 msnm recorre el distrito de Monzón con dirección oeste-este, es un río encajonado en su tramo inicial y muy torrentoso por la fuerte pendiente que presenta, es de aguas claras, con fondo rocoso pedregoso, en el río Monzón, la pesca se realiza preferentemente en época de vaciante en las pozas, orillas y

canal del río, donde emplean para este fin red de espera y de arrastre, anzuelos y atarraya, la mayor parte de la población pesca ocasionalmente, sin embargo en la zona de Tingo María existen algunos pobladores que se dedican a la pesca como una actividad principal, por las condiciones del río, torrentosas y pedregosas, ellos emplean cámaras de llantas para ayudarse en las faenas de pesca, las mismas que tienen doble función pues sirven como salvavidas y como recipiente para contener a los peces que van capturando; la modalidad de pesca consiste en proveerse de dos cámaras grandes y bajar por el río arrastrando mallas que cubren casi todo el ancho del río, de esta forma capturan la mayor cantidad de peces posibles, las faenas de pesca demoran aproximadamente 12 h, desde que parten aguas arriba al sitio de pesca en vehículo por la carretera hasta su retorno hacia Tingo María; el desplazamiento hacia el sitio de pesca se realiza en 1 o 2 h, las trampas se colocan por aproximadamente 7 h y el retorno de bajada por el río, montados en llantas y arrastrando sus redes, dura entre 2 a 3 h, llegando al mercado con el producto a las 7 am (PAREDES *et al.*, 2010).

2.2. Pescados bentónicos

Los invertebrados bentónicos marinos presentan gran flexibilidad tanto en su tipo de alimentación como en sus hábitos alimenticios, siendo un gran número de ellos oportunistas, lo que significa que tanto sus dietas como sus niveles tróficos pueden cambiar a lo largo de su periodo de crecimiento y por lo tanto variar de un individuo a otro dentro de una misma especie, esta flexibilidad alimenticia, que es función de entre otros factores de la disponibilidad de recursos

alimenticios, hace muy difícil asignar de forma teórica un nivel trófico a un organismo específico, incluso más cuando se trata de comparar relaciones tróficas entre distintas comunidades, por ello, de forma general los investigadores que estudian la acumulación de metales por invertebrados acuáticos con respecto a su alimentación o a su posición trófica, han deducido dicha posición de la literatura general basada en el conocimiento de sus dietas y, por lo tanto, han habido pocas oportunidades para diferenciar animales de acuerdo con sus niveles tróficos de dieta reales, ya que los organismos han sido clasificados en sentido amplio como detritívoros, herbívoros o predadores (LÁZARO, 2007).

El sedimento es considerado como una fuente indirecta y potencial de contaminación hacia otras fases, tales como la biota y el agua misma, a pesar de que el sedimento representa un componente sistémico donde se acumulan diversos nutrientes (nitratos y fosfatos) y metales pesados, refleja la abundancia y distribución existente en la columna de agua, la fauna bentónica vive en estrecha relación con el sustrato y los efectos que éste tiene sobre la distribución de ciertas especies se debe principalmente al tamaño dominante del grano y a la clasificación del sedimento, el sustrato más favorable para el desarrollo de las especies en el bentos marino es la arena fina, seguida en importancia por la arena muy gruesa (NESTOR, 2010).

2.2.1. Bocachico (*Prochilodus nigricans*).

Pez alargado que alcanza, en su ambiente natural, hasta 40 cm de longitud y puede llegar a los 2 kg de peso, de coloración gris azulada en el dorso,

un poco más clara a los lados y plateada en el vientre, con bandas tenues en el dorso y en la aleta caudal, la boca es terminal con labios a modo de ventosa, con dientes córneos movibles e implantados en los labios que le permiten "lamer" el perifiton (alimento vivo pegado a piedras, palos, etc.), así como obtener su alimento del fondo (RADA *et al.*, 2006).

2.2.1.1. Clasificación taxonómica.

SANTIAGO (2007) indica la siguiente clasificación taxonómica.

Nombre científico	:	<i>Prochilodus nigricans</i>
Nombres común	:	Bocachico
Phylum	:	Chordata
Clase	:	Osteichthyes
Orden	:	Cypriniformes
Familia	:	Characidae
Género	:	Prochilodus
Especie	:	<i>Nigricans</i>

2.2.1.2. Características de la especie

Los bocachicos se encuentran entre los peces para consumo humano más importantes de América del Sur carecen de dientes y se alimentan de detritus que obtienen al remover la vegetación sumergida, los bocachicos son famosos por realizar masivas migraciones estacionales aguas arriba, estas suelen empezar en la época de estiaje y continúan hasta que desovan durante los dos primeros

meses de la estación creciente, no se conoce sus sitios de desove, pero se sospecha que se encuentran en las cercanías de las estribaciones andinas (ORTEGA-LARA *et al.* (2000).

Se alimenta de detritus y barro (iliófago), es decir, come residuos orgánicos (principalmente de plantas) y de algas que se encuentran adheridas a la superficie de piedras y troncos sumergidos, y también de pequeños organismos que se encuentran allí, puede transformar la materia orgánica que se encuentra en el barro en carne (proteína), alcanza su madurez sexual al año, reproduciéndose al inicio de la creciente de los ríos, entre noviembre y diciembre, prolongándose en algunos casos la época de reproducción hasta abril (RADA *et al.*, 2006).

Es un pez reófilo, cuya principal adaptación al ecosistema amazónico es el de ser un pez iliófago (come barro), sin embargo se le puede considerar como un pez omnívoro por que aprovecha los compuestos vegetales que se encuentran sobre el fondo y aprovecha además los organismos acuáticos que se encuentran en el fango, como poliquetos, pequeños crustáceos y moluscos, filtrando además el plancton; es la especie más representativa de la pesquería comercial de la Amazonía Peruana, llegando hasta el 40 a 50 % de toda la producción pesquera (MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN, 2011).

2.2.1.3. Composición química y mineral.

Determinó la composición química y minerales del bocachico de las localidades de Pucallpa, Iquitos y Puerto Maldonado, la misma que se detalla en los Cuadros 1 y 2 SALAS *et al.* (2009).

Cuadro 1. Composición proximal del bocachico

Componentes	Pucallpa (%)	Iquitos (%)	Puerto Maldonado (%)
Humedad	76,11 – 81,45	75,50 - 80,20	78,2 – 81,81
Grasa	0,45 – 5,21	0,32 – 3,47	0,5 – 2,46
Proteína	15,43 – 19,4	16,90 – 19,20	16 – 19,30
Sales minerales	0,33 – 1,58	0,7 – 1,58	1,12 – 1,53
Kcal (en 100 g)	76,11 – 122,75	70,48 – 108,03	68,8 – 99,3

Fuente: SALAS *et al.* (2009)

Cuadro 2. Componentes de minerales del bocachico

Minerales	Pucallpa (ppm)	Iquitos(ppm)	Puerto Maldonado(ppm)
Potasio	315,3 – 537,3	309,7 – 421,70	295,2 – 401,70
Calcio	36,8 – 10,5	19,8 – 68,90	13,5 – 53,25
Cobre	0,18 – 1,4	0,18 – 0,66	0,29 – 0,79
Plomo	-	0,05 – 0,13	0,02 – 0,13
Cadmio	-	0,01– 0,10	0,01 – 0,15
Mercurio	-	11,65– 138,00	16,72 – 39,14

Fuente: SALAS *et al.* (2009).

2.2.2. Carachama (*Characidium caucanum*)

La carachama es un pez detritívoro y residente, sus bocas funcionan como un órgano de succión, tanto para alimentarse como para adherirse fuertemente a los trozos de madera sumergida u otros sustratos del fondo,

incluso en cauces de aguas rápidas, las carachamas poseen una variada dentición que, dependiendo de la especie, es empleada para raspar algas y otros alimentos de los diferentes sustratos del fondo, esta gran variedad de tipos de dientes ha evolucionado probablemente como consecuencia de la necesidad de extraer material alimenticio de la madera, las piedras, el detritus y otros tipos de sustrato (ORTEGA-LARA *et al.*,2000).

Por su amplia distribución está sujeta a la pesca predatoria y a los efectos de la polución urbana, agrícola e industrial, las especies que pertenecen a esta familia se caracterizan por presentar la cabeza y el cuerpo cubierto de series de placas duras de consistencia ósea, la boca en posición inferior en forma de ventosa la cual le permite adherirse a rocas y troncos sumergidos, y labios bien desarrollados, específicamente el género *Chaetostoma* se caracteriza por presentar el vientre no acorozado y la boca ancha sin bigote distinguiéndolos de otros géneros de la familia de loricáridos. También describe a los silúridos como peces de forma alargada, la mayoría de los cuales tiene el cuerpo casi cilíndrico, todas las aletas son blandas, pero en muchas especies se encuentran aletas de uno a tres radios, duros y osificados y en algunas otras se pueden observar aletas adiposas, generalmente tienen la piel sin escamas, sin embargo, algunas especies presentan placas o escudos (VARGAS, 2012).

2.2.2.1. Clasificación taxonómica.

TRAN *et al.* (2008), indican la siguiente clasificación taxonómica.

Nombre científico	:	<i>Characidium caucanum</i>
Nombres Común	:	Carachama
Reino	:	Animalia
Filo	:	Chordata
Clase	:	Actinopterygii
Orden	:	Siluriformes
Familia	:	Loricariidae
Género	:	Panaque
Especie	:	<i>Caucanum</i>

2.2.3. Yulilla (*Panaque nigrolineatus*)

Se encuentra en ríos grandes y en pequeñas quebradas, sitios de aguas rápidas o lentas pero con substratos duros como gravas, rocas o arenas gruesas; es una especie bentónica que se alimenta de perifiton y pequeños insectos acuáticos que captura entre las piedras; no se tienen datos de su reproducción (MALDONADO *et al.*, 2005).

2.2.3.1. Definición.

Cuerpo cilíndrico muy alargado y de baja altura, boca pequeña y subterminal, dientes en los premaxilares cónicos o tricúspides; su color es muy característico, con el cuerpo café claro a amarillento, con una banda negra a lo

largo del cuerpo cruzada por 10 - 15 bandas verticales en forma de cadenas, esta termina en la base de los radios medios de la caudal en donde forma una media luna vertical seguida por un pequeño punto negro, (MALDONADO *et al.*, 2005).

2.2.3.2. Clasificación taxonómica.

MALDONADO *et al.* (2005), indica la siguiente clasificación taxonómica.

Nombre científico	:	<i>Panaquenigrolineatus</i>
Nombres Común	:	Yulilla
Reino	:	Animalia
Filo	:	Chordata
Clase	:	Actinopterygii
Orden	:	Characiformes
Familia	:	Crenuchidae
Género	:	Characidium
Especie	:	<i>Nigrolineatus</i>

2.2.3.3. Composición química

Determinó la composición química y los minerales del yulilla en las localidades de Pucallpa, Iquitos y Puerto Maldonado, la misma que se detalla en los Cuadros 3 y 4 SALAS *et al.*(2009).

Cuadro 3. Composición proximal de la yulilla

Componente	Rango %
Humedad	66,6 – 68,3
Grasa	12,8 – 16,4
Proteína	16,8 – 18,1
Sales minerales	1,08 – 1,32
kcal (en 100 g)	182,1 – 19,5

Fuente: SALAS *et al.*(2009)

Cuadro 4. Componentes minerales y metales pesados en yulilla.

Componente	ppm	Componente	ppm
Potasio (mg/100 g)	253,6 – 341,3	Cobre(ppm)	0,58 – 0,79
Calcio (mg/100 g)	19,8 – 76,3	Plomo(ppm)	0,02 – 0,13
Magnesio (mg/100 g)	24,0 – 38,4	Cadmio (ppm)	0,001 – 0,014
Hierro (ppm)	5,75 – 10,33	Mercurio (ppb)	106,8 – 188,0

Fuente: SALAS *et al.*(2009)

2.3. Metales pesados

Son aquellos cuya densidad es por lo menos cinco veces mayor que la del agua, es decir, son los elementos químicos que poseen un peso atómico comprendido entre 63,55 y 200,59 entre estos se cuentan; el Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Estaño (Sn) y Zinc (Zn) (MENDIGUCHÍA, 2005). En los metales

pesados su densidad es superior a $5,0\text{g/cm}^3$, actualmente tienen importancia en el contexto ambiental (GRANADA y ESCOBAR, 2012).

Los metales pesados agrupan sustancias como cadmio y mercurio, principales contaminantes dentro de este grupo de sustancias, además de otras como cromo, cobalto, cobre, molibdeno, níquel, plomo, estaño, titanio, vanadio, zinc o plata. Éstos constituyen un riesgo serio para el medio ambiente, ya que son sustancias con una gran estabilidad química ante los procesos de biodegradación, por lo que los seres vivos son incapaces de metabolizarlos, generándose una contaminación por bioacumulación y un efecto multiplicador en la concentración del contaminante en la cadena trófica, alcanzan niveles altos de toxicidad y se absorben muy eficientemente a través de las membranas biológicas por su elevada afinidad química por el grupo sulfidrilo de las proteínas, (MANCERA-RODRÍGUEZ y ÁLVAREZ - LEÓN, 2006).

2.3.1. Clasificación

Oligoelementos

Son aquellos requeridos en pequeñas cantidades necesarias para que los organismos completen su ciclo vital. Sin embargo, cuando pasan cierto umbral se vuelven tóxicos, dentro de éste grupo se encuentran: B, Cr, Cu, Mo, Mn, Ni, Se y Zn (MENDIGUCHÍA, 2005).

En bajas concentraciones en los organismos vivos y algunos son esenciales para la vida (Na, Ca, K, Fe, Mn, Mg, Mo, Ni, Cu, Co y Zn). Sin embargo, los metales esenciales pueden convertirse también en metales tóxicos,

si su concentración sobrepasa la óptima para el organismo GRANADA y ESCOBAR, 2012).

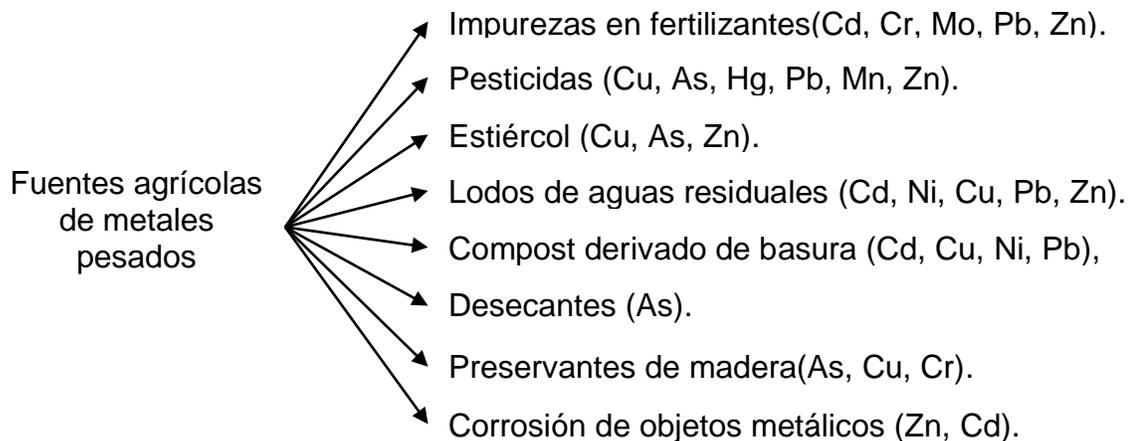
Metales pesados sin función biológica conocida

El agua de los lagos, ríos y mares contienen pequeñas concentraciones naturales de metales pesados que son necesarios para el desarrollo de los organismos vivos y no resultan perjudiciales para el ecosistema, el problema surge cuando un aumento de la concentración natural de estos elementos, los convierte en sustancias tóxicas para los organismos y su acumulación en la cadena trófica puede volverlos también tóxicos para el hombre (GRANADA y ESCOBAR, 2012).

La presencia en los recursos hídricos de metales pesados y sustancias orgánicas complejas, entre otras, han sido responsables de innumerables situaciones de impactos sobre el ecosistema acuático y la salud pública en general (MANCERA - RODRÍGUEZ y ÁLVAREZ - LEÓN, 2006).

Los principales orígenes de éstos contaminantes incluyen las actividades agropecuarias, portuarias y petroleras, aguas residuales domésticas e industriales; así como también los que llegan a través del aire y el escurrimiento natural desde ríos y arroyos hasta el mar, en la mayoría de los casos las sustancias tóxicas que ingresan en los sistemas naturales permanecen en los sustratos por largo tiempo. Actualmente, el rol de los metales pesados como contaminantes ha sido ampliamente reconocido ya que constituyen un grave problema debido a los efectos negativos sobre los ecosistemas (PANEBIANCO, 2011).

Fuentes de metales pesados relacionadas con la agricultura



Fuente: ALLOWAY(1995).

2.3.2. Cadmio

Su presencia en el hombre no se ha establecido hasta el momento se presenta como esencial. Se encuentra ampliamente distribuido de forma natural en el medio ambiente, aunque en concentraciones relativamente bajas. El cadmio existe como mineral en forma de sulfuro de cadmio y se encuentra casi siempre asociado a la presencia de zinc, el hombre ha esparcido el cadmio en el entorno, ya que el zinc comercial puede contener hasta el 1% de este metal. La relación Cd/Zn varía de 1/100 a 1/1000, ha sido descrito como uno de los más peligrosos elementos traza que aparece en los alimentos y en el medio humano (RUBIO, 2003).

2.3.2.1. El cadmio en el medioambiente

El cadmio es un metal relativamente raro, usualmente está presente en pequeñas cantidades en minerales de zinc y es comercialmente obtenido como un subproducto industrial de la producción de zinc, cobre y plomo. Los mayores usos de cadmio son en acero galvanizado, en producción de pigmentos y en la manufactura de estabilizadores de plástico y baterías, el origen antropogénico de cadmio incluye fundiciones, los productos de incineración de materiales que contienen cadmio, combustibles fósiles, fertilizantes, aguas servidas municipales y descarga de lodo (GRANADA y ESCOBAR, 2012).

El cadmio está presente en el ambiente en forma de partículas en las cuales el óxido de cadmio es el constituyente más importante. La concentración media en el ambiente oscila entre 0,5 y 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, los niveles son generalmente más elevados en las zonas próximas a plantas metalúrgicas, en áreas industriales, la concentración puede oscilar entre 10 y 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, la exposición al humo del tabaco también aumenta los niveles de cadmio en el ambiente, sobre todo en el interior de los hogares (NEKAZARITZAKO *et al.*, 2006).

Las principales fuentes de contaminación por cadmio son los desechos urbanos e industriales, otras fuentes antropogénicas de cadmio incluyen las emisiones de polvo y humo de las fundiciones, así como los productos de incineración de combustible fósil (KNIGHT, 2008).

2.3.2.2. Toxicidad

El cadmio puede acumularse en el cuerpo humano y provocar afecciones renales, alteraciones óseas y fallos del aparato reproductor. No puede descartarse que actúe como carcinógeno, distintos organismos internacionales han recomendado que se realicen mayores esfuerzos para reducir la exposición al cadmio en la dieta, puesto que los productos alimenticios son la principal fuente de ingestión humana de cadmio, al parecer, puede interferir algunas reacciones enzimáticas del organismo, por sustitución del zinc y otros metales, manifestándose su acción en diversos procesos patológicos, entre los que se incluyen disfunciones renales, hipertensión, arterioesclerosis, inhibición del crecimiento, daños en el sistema nervioso central, desmineralización ósea y disrupción endocrina, entre otros, el cadmio posee también la capacidad de producir efectos supresores de la inmunidad (RUBIO, 2003).

El cadmio que ingerimos a través de los alimentos y agua entra al torrente sanguíneo por absorción en el estómago o en los intestinos, la absorción de cadmio en el ámbito intestinal se produce en dos etapas, en la primera, las células de la mucosa internalizan el cadmio presente en el lumen intestinal, y en la segunda etapa, una parte del cadmio atraviesa la membrana vaso lateral de los enterocitos para pasar a la circulación sanguínea, 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 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, dentro del hígado, se une a una proteína de bajo peso molecular, pequeñas cantidades de ese complejo proteína-cadmio pasan continuamente del hígado al torrente sanguíneo, para ser transportado a los riñones y filtrado a través de los glomérulos, para posteriormente ser reabsorbido y almacenado en las células tubulares del riñón, este excreta del 1 al 2 % de cadmio tomado directamente de las fuentes ambientales, lo que provoca una acumulación dentro de los riñones (acumulación 10000 veces más alta que en el torrente sanguíneo) (NEKAZARITZAKO *et al.*, 2006).

Al ser un elemento que no se elimina totalmente por el organismo, las ingestas prolongadas puede resultar un serio problema al suponer una acumulación que desemboque en graves efectos toxicológicos, los trastornos relacionados con la toxicidad crónica del cadmio incluyen daños renales e hipertensión, así como lesiones óseas y pulmonares y fallos del aparato reproductor(NEKAZARITZAKO *et al.*, 2006).

Ausente en el nacimiento, accede al organismo humano por vía respiratoria y gastrointestinal, encontrándose en el organismo adulto en cantidades de 25-30 mg, concentrado preferentemente en el hígado y en el riñón. Es, por tanto, un metal muy tóxico para el organismo humano debido a su prolongada vida media (10-30 años), lo cual lo hace muy acumulativo, el 90% del metal absorbido se acumula en diversos órganos, particularmente en el hígado y en la corteza renal, gracias a su combinación con una proteína, la

“metalotioneína”, con una lenta velocidad de excreción (1 a 2 ppm/día). Como consecuencia de su presencia en la atmósfera, suelos, plantas, etc. es inevitable su presencia en los alimentos, (RUBIO, 2003). En el hombre, la ingestión de alimentos o bebidas contaminadas con cadmio puede causar trastornos agudos en el tracto gastrointestinal, los síntomas incluyen náuseas, salivación, vómitos, dolores de abdomen y cabeza (VICENTE, 2010).

El cadmio es un elemento relativamente raro y por lo general está asociado al cobre, plomo y zinc, en concentraciones suficientes, el cadmio es tóxico para las plantas y los animales (KNIGHT, 2008).

El cadmio, como otros metales pesados, es bioacumulado en los seres vivos, los efectos tóxicos del cadmio sobre los humanos son diversos, según la cantidad de cadmio, el tiempo de exposición y la vía de ingestión. La consecuencia más seria del envenenamiento por cadmio es el cáncer, los efectos crónicos que primero se observan son daño en los riñones por ello se piensa que el cadmio es también el causante de enfisema pulmonar y enfermedades de los huesos osteomalacia y osteoporosis (TEUTLI, 2007).

2.3.2.3. Toxicidad del cadmio en organismos acuáticos

La toxicidad del cadmio en los sistemas acuáticos está controlada por la concentración de cadmio libre, la cual a su vez está condicionada a la dureza del agua, de acuerdo con este hecho los organismos de agua dulce resultan más afectados que los de agua de mar, los sistemas acuáticos también son una cadena de acumulación biológica del cadmio a través de los crustáceos y

moluscos, que ingieren plancton que puede contener cadmio y lo acumulan en su organismo (GRANADA y ESCOBAR, 2012).

La tasa de consumo de cadmio en organismos acuáticos es generalmente más rápida en aguas duras, si bien su toxicidad disminuye en estas condiciones. Las concentraciones de cadmio en el agua que exceden los 3 mg/l se traducen en un alto índice de mortalidad de organismos acuáticos, en un menor crecimiento y en la inhibición de la reproducción (KNIGHT, 2008),

2.3.2.4. Normas

UNIÓN EUROPEA (2002) cita el contenido de cadmio 0,05 ppm peso fresco del pescado, y 0,1 ppm de cadmio para las siguientes especies de peces; anguila (*Anguilla anguilla*), atún (*Thunnus spp*), bacoreta (*Euthynnus spp*), bonito (*Sarda, sarda*), boquerón (*Engraulis encrasicolus*), emperador (*Luvarus imperialis*), jurel (*Trachurus trachurus*), lisa (*Mugilabrosus labrosus*), mojarra (*Diplodus vulgaris*), sardina (*Sardina pilchardus*), sardino (*Sardinops spp*). Límite permisible 0,1 ppm (FAO, 2003).

(TEUTLI, 2007) establece el límite máximo permitido, para la concentración de cadmio en agua es de 0,005 ppm. MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE PESCADOS Y PRODUCTOS DE LA PESCA Y ACUICULTURA (2013), establece en hígado de pescado y productos derivados límite máximo 0,7 ppm de cadmio. ARGOTA *et al.* (2012) indica el límite de cadmio para organismo interno 0,5 ppm.

2.3.3. Plomo

El plomo es un metal pesado de color grisáceo que presenta un aspecto de color brillante al corte, y que se oxida rápidamente, es muy dúctil y maleable, y sus aleaciones con el antimonio y estaño se remontan a la antigüedad. Su acción tóxica fue descrita hace más de 2000 años por Nicander, un poeta griego quien escribió sobre una enfermedad conocida como plumbismo, causada por una intoxicación aguda por plomo (RUBIO, 2003).

Quinto elemento del grupo IVA en la tabla periódica, tiene un número atómico de 82 y peso atómico de 207,9 g/mol, y valencias de 2 y 4, su abundancia promedio en la corteza terrestre es 13 ppm; en suelos de 2,6 a 25 ppm; en corrientes acuática de 3 ppm, y aguas subterráneas es generalmente <0,1 ppm, es obtenido principalmente de la galena (PbS), empleado en baterías, munición, soldadura, tuberías, pigmentos, insecticidas y aleaciones, el plomo también fue usado en gasolina por muchos años como un agente anti-detonador en la forma de plomo tetraetil, su presencia en abastecimientos de agua puede provenir de descargas industriales, mineras, de hornos de fundición o de la disolución de algunas tuberías (VINASCO, 2011).

Los compuestos orgánicos de Pb son generalmente de origen antropogénico y se encuentran frecuentemente en el medio acuático como contaminantes, sin embargo, algunos complejos orgánicos se forman naturalmente, y sus velocidades de formación pueden ser afectadas por plomo contenido en artefactos creados por el hombre (GRANADA y ESCOBAR, 2012).

El plomo es altamente tóxico por lo que la administración de alimentos y drogas regula el contenido de plomo en alimentos y en pinturas para los hogares bajo la norma plomo-cobre para agua potable es 15 ppm (VINASCO, 2011).

2.3.3.1. Plomo en los peces

El plomo es absorbido muy lentamente por los peces pero la velocidad de excreción de los peces es lenta, contenido máximo 0,10 ppm peso fresco, aparecen afectos cuando se ingiere más de 0,5 ppm/día, límites en mg en alimentos 0,2 - 10 ppm; en lactantes 0,2 ppm descrito por el reglamento de alimentos MAF en 1979 (VINASCO 2011).

Las concentraciones de plomo son generalmente más altas en los organismos bentónicos y más bajas en los organismos que se encuentran a niveles tróficos más elevados, tiende a depositarse en los huesos y es más tóxico en aguas blandas que en aguas duras, este metal tiene una especial afinidad para con los tejidos óseo y conjuntivo, por lo que el músculo sólo se ve afectada cuando las dosis son muy altas en el hábitat de los peces, (KNIGHT, 2008).

2.3.3.2. Toxicidad

La dieta es una fuente importante de exposición de plomo, un adulto sano no expuesto al plomo ingiere diariamente de 0,3 a 0,5 mg de este metal, el 80% del mismo es eliminado por el riñón, si la ingesta es superior a 0,6 mg/día el plomo se acumula y puede provocar una intoxicación, la absorción de plomo puede constituir un grave riesgo para la salud pública provocando un retraso del

desarrollo mental e intelectual de los niños y causar hipertensión y enfermedades cardiovasculares en los adultos, en los últimos diez años, los contenidos de plomo de los productos alimenticios se redujeron sensiblemente porque aumentó la sensibilización ante el problema sanitario que puede representar el plomo, por los esfuerzos realizados para reducir la emisión de plomo en su origen y por los progresos en la garantía de calidad de los análisis químicos (RUBIO, 2003).

Los síntomas son: astringencia pronunciada en la boca, sed, sabor metálico, náuseas, dolor abdominal, vómitos, diarrea, constipación, síndrome de shock por pérdida masiva de líquido gastrointestinal, dolor y debilidad muscular, en ocasiones crisis hemolítica aguda, anemia y hemoglobinuria, saturnismo en intoxicación crónica la cual puede ser gastrointestinal, neuromuscular, del sistema nervioso central (encefalopatía por plomo), hematológico y renal (GARCIA,2010).

2.3.3.3. Normas

UNIÓN EUROPEA (2002) menciona el contenido de plomo 0,2 ppm peso fresco del pescado, y 0,4 ppm de plomo para las siguientes especies de peces; anguila (*Anguilla anguilla*), atún (*Thunnus spp*), bacoreta (*Euthynnus spp*), bonito (*Sarda sarda*), boquerón (*Engraulis encrasicolus*), emperador (*Luvarus imperialis*), jurel (*Trachurus trachurus*), lisa (*Mugilabrosus labrosus*), mojarra (*Diplodus vulgaris*), sardina (*Sardina pilchardus*), sardino (*Sardinops spp*) y KNIGHT (2008) establecen que los niveles de plomo en los tejidos de los peces no deben excederse de 0,5 mg/kg.

2.3.4. Cobre

El cobre es el primer elemento del grupo once del sistema periódico, sus propiedades físicas y químicas tales como elevada conductividad térmica, alta conductividad eléctrica, maleabilidad, baja corrosión, capacidad para formar aleaciones y abundancia, lo convierten en uno de los metales más importantes, es de color rojizo, encontrándose tanto en suelos, rocas, aguas, sedimentos y aire como en todos los animales y las plantas, en disolución el estado de oxidación estable es dos y se encuentra rodeado octaédricamente por seis moléculas de agua, la mayoría de los compuestos y complejos que forma son azules o verdes y habitualmente solubles en agua, las sales de cobre tienen algunas aplicaciones agrícolas y farmacéuticas, uno de los usos agrícolas más importantes ha sido su empleo como fungicida en viñedos y en patatas, también suele encontrarse en plaguicidas de diversa utilización, los contenidos de cobre de los suelos dependerán fundamentalmente de su origen, variando de los 3 a los 100 ppm, proporciones que el hombre puede aumentar mediante el uso de plaguicidas y fertilizantes que contengan cobre (RUBIO, 2003).

El cobre, en contraste con los metales traza no esenciales (por ejemplo, arsénico, cadmio, mercurio, plomo), es un elemento esencial que tiene funciones bioquímicas importantes; sin embargo, en exceso es tóxico para los peces de agua dulce (KNIGHT, 2008).

2.3.4.1. Cobre en los peces.

El Cobre a bajas concentraciones es un nutriente minoritario tanto para animales como plantas, pero es tóxico para la vida acuática a concentraciones aproximadamente entre 10 y 50 veces su nivel normal, el Cu afecta adversamente a los peces causando alteraciones histopatológicas en las branquias, riñón, tejido hematopoyético, mecanorreceptores, quimiorreceptores y otros tejidos, el Cu^{2+} causa daño en la célula alterando los sitios activos de los enzimas y peroxidación de las membranas, causando así serias modificaciones en la célula y su medio circundante, los efectos sobre la reproducción, como la producción reducida de huevos en hembras, anormalidades en las progenies y reducción de supervivencia (CAMBERO, 2002).

La toxicidad por cobre varía no sólo con las especies de peces, sino también con las características del agua natural, tales como el pH y la alcalinidad, el cobre no se considera un veneno sistémico acumulativo ya que gran parte de éste es eliminado por el cuerpo, los puntos principales del cuerpo donde se concentra son los tejidos del hígado, los músculos y el cerebro (KNIGHT 2008).

2.3.4.2. Cobre en los seres vivos

Un hombre adulto de unos 70 Kg de peso corporal contiene alrededor de 80 mg de cobre total, aunque las cifras en la bibliografía oscilan entre 50 y 120 ppm, está distribuido en todos los tejidos corporales, si bien la distribución en individuos sanos varía con la edad, el estado fisiológico y la dieta, principalmente, las concentraciones más altas se encuentran en hígado, cerebro, corazón, riñón,

pelo y en músculo; el hígado humano contiene aproximadamente el 15% del cobre corporal, seguido por el cerebro con un 10,5% y el músculo que en su totalidad representa entre un 38 - 40% y el porcentaje restante se encuentra repartido entre los diferentes órganos con concentraciones que oscilan entre 16 - 32 ppm peso fresco (RUBIO, 2003).

2.3.4.3. Toxicidad

En el caso del hombre, los efectos adversos sobre la salud se manifiestan por daños en el hígado y el riñón, anemia, inmunotoxicidad, etc., aunque los más habituales suelen ser los trastornos gastrointestinales, que se manifiestan por vómitos, náuseas y dolor abdominal poco después de ingerir bebidas con contenidos elevados de cobre, además, y dada la esencialidad de este elemento para el organismo, su deficiencia también puede provocar algunas enfermedades como anemia, osteoporosis o niveles altos de colesterol. Por tanto, es necesario que se mantenga una concentración de cobre prácticamente constante en el organismo para que no se produzcan efectos sobre la salud (VEGA y VÉLEZ, 2011).

El cobre es un metal que se caracteriza por su gran absorción a través de las membranas, la absorción inhalatoria no se conoce y la absorción oral se caracteriza por ser del 50%, autorregulada según el contenido corporal de Cu, una vez absorbido, el cobre unido a la albúmina es lentamente intercambiado a ceruloplasmina, que lo transporta y favorece su excreción por la orina, también existe excreción biliar de cobre, en caso de déficit de ceruloplasmina el Cu es

retenido en el hígado donde es almacenado en forma de metalotioneína (MT-Cu), también se acumula en cerebro, corazón, riñón y músculo, este metal se caracteriza por poseer una vida media de 4 semanas (RUBIO, 2003).

2.3.4.4. Normas

Concentraciones máximas permisibles de cobre en peces en Chile y Venezuela es 10 ppm (FAO, 2003).

2.3.5. Mercurio

Tercer elemento del grupo IIB en la tabla periódica; tiene un número atómico de 80, peso atómico de 200,59 g/mol, y valencias de 1 y 2. Su abundancia promedio en la corteza terrestre es 0,09 ppm; en suelos de 30 a 160 ppm.; en ríos de 0,07 ppm, y en aguas subterráneas 0,5 ppm, el mercurio es usado en espejos, amalgamas, recubrimiento de espejos, lámparas de vapor, pinturas, dispositivos de medición (termómetros, barómetros, manómetros), farmacéuticos, pesticidas y fungicidas, las especies acuosas comunes son Hg^{2+} , $\text{Hg}(\text{OH})_2$, Hg^0 , y complejos estables con ligandos orgánicos, el mercurio inorgánico puede ser metilado en sedimentos cuando estén presentes sulfuros para formar metilmercurio, $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$, el mercurio es considerado altamente tóxico, el principal MCL estándar para agua potable de la U.S EPA es 2 ppm (VINASCO, 2011).

El mercurio es uno de los metales con más alto impacto sobre los ecosistemas acuáticos y ha sido estudiado durante varias décadas por la comunidad científica, este elemento puede aparecer en el ambiente tanto por

fenómenos naturales o actividad antropogénica, causando daños irreversibles tanto en la biota terrestre como acuática, el metilmercurio (MeHg) es la forma más tóxica del mercurio, la cual es fácilmente bioacumulada y biomagnificada en las cadenas alimenticias, el MeHg en ambientes acuáticos se forma principalmente por biometilación del mercurio depositado en los sedimentos (MARRUGO *et al.*, 2007).

El mercurio es un elemento metálico presente de manera natural en la corteza terrestre, y puede ser transportado en el ambiente por el aire y el agua. Se libera a la atmósfera en forma de vapor en fenómenos naturales como la actividad volcánica, los incendios forestales, el movimiento de masas de agua, la erosión de rocas y procesos biológicos, el mercurio elemental puede combinarse con otros elementos para formar compuestos inorgánicos de mercurio (como acetato mercúrico, cloruro mercúrico, cloruro mercurioso, nitrato mercúrico, óxido mercúrico o sulfuro mercúrico), en su ciclo ambiental, el mercurio se deposita en las masas de agua, donde microorganismos acuáticos lo biotransforman en metilmercurio, otras especies orgánicas de mercurio son el etilmercurio y el fenilmercurio (POULIN y GIBB, 2008).

Las fuentes antropógenas de mercurio contribuyen significativamente a las concentraciones ambientales de este y comprenden las operaciones de minería, los procesos industriales, la combustión de fósiles, la producción de cemento y la incineración de residuos sanitarios, químicos y municipales, los actuales niveles de mercurio en la atmósfera son entre 3 y 6 veces superiores a los que se estima que había antes de la industrialización, dado que el mercurio

circula por todo el mundo a través del aire y el agua, incluso regiones que no lo emitan pueden tener importantes concentraciones ambientales de mercurio (POULIN y GIBB, 2008).

2.3.5.1. Peces contaminados con metilmercurio

El agua, ocurre la transformación de mercurio para compuestos orgánicos como el metilmercurio, por acción de microorganismos, el metilmercurio facilita la dispersión y disponibilidad del mercurio en el agua, el cual puede ser absorbido por el plancton, entrando en la cadena trófica, donde ocurre magnificación trófica, cuanto más alto es el nivel trófico, mayor será la acumulación de mercurio en el organismo, en los humanos, este compuesto, que es adquirido a través de la alimentación, es considerado teratogénico y neurotóxico (SILVANO, 2011).

Dado que más del 90% del mercurio está presente como metilmercurio en la biota acuática (organismos bentónicos y peces), la principal fuente de exposición humana al metilmercurio es el consumo de pescado. Por esta razón, la evaluación de los niveles de mercurio representa un factor importante no solo desde el punto de vista toxicológico, sino también para la evaluación de los impactos potenciales sobre la salud pública (MARRUGO *et al.*, 2007).

Bajo el consumo de peces contaminados con metilmercurio es la principal fuente de exposición a este metal y es considerado como una amenaza para la salud humana, una vez que el metilmercurio es liberado por los microorganismos, entra en contacto con la biota acuática a través de una rápida

difusión, donde es fuertemente unido a sus proteínas, el metilmercurio es bioacumulado y biomagnificado por las especies de la cadena alimenticia, de esta forma, las especies depredadoras contienen niveles de mercurio mucho más altos que las especies no depredadoras (CUELLAR y MENA, 2010).

En el medio ambiente acuático, el mercurio inorgánico es depositado en los sedimentos y es convertido principalmente en metilmercurio (MeHg) por acción bacteriana por un proceso de biometilación, aumentando de esta manera su biodisponibilidad para la biota acuática, la conversión de mercurio inorgánico en MeHg es importante, ya que bajo esta forma su toxicidad es mayor y se requiere de mucho más tiempo para su eliminación, por lo tanto, es bioacumulado y biomagnificado a lo largo de la cadena trófica pesqueros (CASTRO, 2011).

2.3.5.2. Toxicidad

Los productos de la pesca constituyen una excepción, ya que pueden presentar concentraciones de mercurio de hasta 10 mg kg⁻¹. Son los alimentos que contribuyen en mayor medida a la ingesta de Hg por el hombre y van a ser los alimentos (TORRES, 2011).

En general, los contaminantes son tóxicos para los humanos y los alimentos contaminados han sido asociados con efectos devastadores para la salud humana, en este sentido, los peces son un medio importante de exposición a las poblaciones humanas a través de la alimentación, la bioacumulación en la cadena alimentaria humana aumenta el riesgo de la exposición crónica a metilmercurio (MeHg), principalmente en aquellas poblaciones con alto consumo

de pescado o productos, siendo el MeHg la forma más importante de mercurio tóxico, debida a los efectos neurotóxicos, la población más sensible a ese compuesto la conforman los fetos, los bebés y los niños pequeños, por lo tanto, el consumo de pescado por mujeres embarazadas, niños pequeños y mujeres en edad de tener hijos es de especial preocupación en cuanto a la probabilidad de exposición al mercurio, y se recomienda en estos grupos de riesgo reducir el consumo de peces a pequeñas porciones no mayores a 100g por semana (CASTRO, 2011).

2.3.5.3. Normas

La concentración máxima permisible de mercurio en peces en Brasil, Canadá y Venezuela es 0,5 ppm, (FAO, 2013) y (UNIÓN EUROPEA 2002), indica los límites para los niveles permisibles de mercurio en la carne de pescado que corresponden a 0,5 mg/kg de pescado en general.

2.3.6. Arsénico

Es el tercer elemento del grupo V A de la tabla periódica; tiene un número atómico de 33, peso atómico de 74,92 g/mol, y valencias de 3 y 5, su abundancia promedio en la corteza terrestre es 1,8 ppm; en suelos de 5,5 a 13 ppm; en corrientes de agua menor a 2 ppm, y en aguas subterráneas es generalmente menor 100 ppm, se produce naturalmente en minerales sulfurosos como la pirita, el arsénico es empleado en aleaciones con plomo, en almacenamiento de baterías, en munición, además de pesticidas y conservantes

para madera, no es un elemento esencial para las plantas pero sí lo es para algunas especies animales, para la protección de la vida acuática, la concentración promedio de As^{3+} en el agua no debe exceder 72 ppm y la máxima 140 ppm (VINASCO, 2011).

El ambiente el arsénico se combina con oxígeno, cloro y azufre para formar compuestos inorgánicos de arsénico, mientras que en animales y en plantas se combina con carbono e hidrógeno para formar compuestos orgánicos de arsénico, los compuestos inorgánicos de arsénico se usan principalmente para preservar madera, los compuestos orgánicos de arsénico se usan como plaguicidas, principalmente en cosechas de algodón (PINEDA, 2009).

2.3.6.1. Arsénico en pescado

El trióxido de arsénico causa toxicidad en los peces con una CL_{50} a las 96 horas de 50-100 ppm para el pez dorado, de 30-40 ppm para la carpa, de 20-25 ppm para la trucha, y de 25-30 ppm para otros, los arsenitos penetran al cuerpo del pez más rápido que los arsenatos y son más tóxicos, la concentración de arsenitos y arsenatos, considerada como segura para peces y otros organismos acuáticos, es de 15-23 ppm, en otro estudio, se obtuvo una CL_0 y una CL_{50} a las 96 horas de 15,73 y 45,32 ppm de As total para la tilapia (*Oreochromis niloticus*), administrado como trióxido de As, asimismo, se sometieron peces sanos a 0, 0,05 y 15,73 ppm As total en agua del pozo Zimapán 5 (Estado de Hidalgo, México) durante 96 horas, encontrándose un aumento en la concentración del metal en el pez completo y en el grado de lipoperoxidación en branquias con el incremento de

la concentración en el agua y del tiempo, el As presente en el agua se absorbe por las branquias, por el tracto gastrointestinal y por la piel se distribuye en hígado, riñón, piel y escamas (debido a la afinidad de los arsenitos por la queratina), branquias y músculo, donde el As inorgánico se biotransforma en As orgánico lipófilo e hidrosoluble, en los órganos con más bajo Eh y pH (como el hígado y el riñón) el As III es más hidrosoluble (PRIETO *et al.*, 2006).

2.3.6.2. Toxicidad

Los síntomas agudos por intoxicación son: malestar gastrointestinal, ardor en labios, constricción en la garganta dificultad de deglución, seguido de dolor gástrico intolerable, vómitos en gran intensidad y diarrea intensa, con calambres músculo esquelético pronunciados, sed intensa, pérdida de líquido, shock, coma y muerte, los síntomas crónicos: deterioro físico mental, puede producirse lesiones en la piel y uñas, neuritis periférica y alteraciones hematológicas, alteraciones mutágenicas (GARCIA, 2010).

Los niveles de arsénico en la comida son bastante bajos, no es añadido debido a su toxicidad, pero los niveles de arsénico en peces y mariscos puede ser alta, porque los peces absorben arsénico del agua donde viven. Por suerte esto es mayormente la forma de arsénico orgánico menos dañina, pero peces que contienen significantes cantidades de arsénico inorgánico pueden ser un peligro para la salud humana, a exposiciones muy altas de arsénico inorgánico puede causar infertilidad y abortos en mujeres, puede causar perturbación de la piel, pérdida de la resistencia a infecciones, perturbación en el corazón y daño del

cerebro tanto en hombres como en mujeres, finalmente, el arsénico inorgánico puede dañar el ADN, el arsénico orgánico no puede causar cáncer, tampoco daño al ADN, pero exposiciones a dosis elevadas puede causar ciertos efectos sobre la salud humana, como es lesión de nervios y dolores de estómago (PINEDA, 2009).

La arsenicosis es una enfermedad crónica que resulta de beber agua con altos niveles de arsénico durante un largo periodo de tiempo (5 a 20 años), también se denomina envenenamiento por arsénicos, las consecuencias en la salud incluyen problemas de la piel, cáncer de la piel, cáncer del hígado, riñón y pulmones, problemas de los vasos sanguíneos en los pies y las piernas; otros síntomas posibles son diabetes, alta presión sanguínea y problemas reproductivos varios estudios han demostrado que el arsénico inorgánico puede aumentar el riesgo de cáncer del pulmón, la piel, la vejiga, el hígado, el riñón y la próstata, la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) y la EPA han determinado que el arsénico inorgánico es carcinógeno en seres humanos (PINEDA, 2009).

2.3.6.3. Normas

La organización de alimentos y agricultura de las Naciones Unidas recomiendan un nivel máximo para aguas de irrigación de 100 µg/L. El MCL (definido por la EPA como máximo nivel permitido de un contaminante en agua potable) estándar de la U.S EPA para agua potable es 0,05mg/L (VINASCO, 2011).

III. MATERIALES Y METODOLOGÍAS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo se realizó en los laboratorios de: Análisis de alimentos, Análisis de suelos, Química y Carnes, de la Universidad Agraria de la Selva (UNAS); ubicada en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco; a una altitud de 660 msnm, con clima tropical húmedo y con una humedad relativa media de 84% y temperatura media anual de 24°C.

3.2. Materia de análisis

Se seleccionaron tres especies a ser estudiadas bocachicos, carachamas, yulillas y tres localidades de toma de muestras Cruzpampa, Chicoplaya y Granja T3; las muestras para el experimento tuvieron las siguientes denominaciones: bocachico: Cruzpampa T1=BCR, bocachico: Chicoplaya T2=BCHI, bocachico: Granja T3=BGR, carachama: Cruzpampa T1=CCR, carachama: Chicoplaya T2= CCHI, carachama: Granja T3=BGR, yulilla: Cruzpampa T1=YCR yulilla: Chicoplaya, T2= YCHI, yulilla: Granja T3=YGR. Para cada especie se capturó 24 unidades en cada localidad, se llena un bolsas con agua y se trasporta al lugar de acondicionamiento; A continuación se describe los puntos del muestreo.

P1: Punto 1 de muestreo localidad de Cruzpampa (18I 0352414 O - 8976626E).

P2: Punto 2 de muestreo localidad de Chicoplaya (18L 0357412 O - 8979664E).

P3: Punto 3 de muestreo localidad de Granja (18L 0363789 O -8981595 E).

M1 = Muestreo 1 (13 de julio 2013)

M2 = muestreo 2 (01 de agosto 2013)

3.3. Equipo, materiales y reactivos.

3.3.1. Equipos de laboratorio.

- Espectrometría de Absorción Atómica por Llama (VARIAM modelo SpectrAA), balanza analítica (QUIMIS® digital precisión 1mg – 210 g), plancha eléctrica, deshionizador, estufa, GPS, tehermo electrón corporeshoorion 4star.

3.3.2. Materiales de laboratorio.

- Erlenmeyer de 25, 250 y 500 mL, embudos Germany – Boeco, pipetas graduadas de 0,5, 1, 2, 5 y 10 mL, Fisher brand, AT 20 °C ±0,02 mL, probeta de 100, 250, 500 mL, USA T 20°C, balones aforados de 25 y 50 mL, Pirex USA TC 20 °C ±0,3 mL.

3.3.3. Otros materiales

- Bolsas de polietileno con cierre de 9 x 18 cm

- Frascos de polipropileno con tapa rosca 25 mL y 50 mL, USA Scientific conical-Bohom,
- Cuchillo con recubrimiento de plástico.
- Culer 30x25 cm, tamiz de 60 μm

3.3.4. Reactivos

- Estándar de cadmio (Cd) de 1000 ppm marca Certipur.
- Estándar de Plomo (Pb), de 1000 ppm marca Certipur.
- Estándar de cobre (Cu) de 1000 ppm marca Certipur.
- Estándar de arsénico (As) de 1000 ppm marca Certipur.
- Ácido Nítrico (HNO_3) concentrado 65% Germany Merck.
- Ácido clorhídrico (HCl) concentrado 37% Germany Merck.
- Ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado 95-97% Germany Merck.
- Peróxido de hidrogeno (H_2O_2) 50%.
- Permanganato de potasio (KMnO_4) concentrado.
- Cloruro de hidroxilamina al 1,5 % furanalise, reag, ACS. DAB7.
- Agua desionizada
- Papel filtro Whatman 45 μm , diámetro 12,5 cm

3.4. Métodos de análisis

- Método de extracción por digestión ácida del Cd, Pb, Cu y Asen material Biológico (GRANADA y ESCOBAR, 2012).

- Método de extracción por digestión ácida del Cd, Pb, Cu y As en sedimento (GRANADA y ESCOBAR, 2012).
- Método de extracción por digestión ácida del Cd, Pb, Cu y As en agua (GRANADA y ESCOBAR, 2012)

3.5. Metodología experimental

3.5.1. Muestreo

La recolección de las muestras se realizó con la colaboración del señor Izáis Flores Concha identificado con DNI 45695067, pescador de la zona de estudio, empleando una red de arrastre.

El muestreo se llevó a cabo en el río Monzón a 27,0 Km en el tramo distrito del Monzón – Cachicoto; se seleccionaron localidades para la toma de muestras, las cuales fueron elegidas por sus efluentes que tengan las posibilidades de mayor impacto de contaminación; en la Figura 1 se muestra la ubicación geográfica de dicho río.

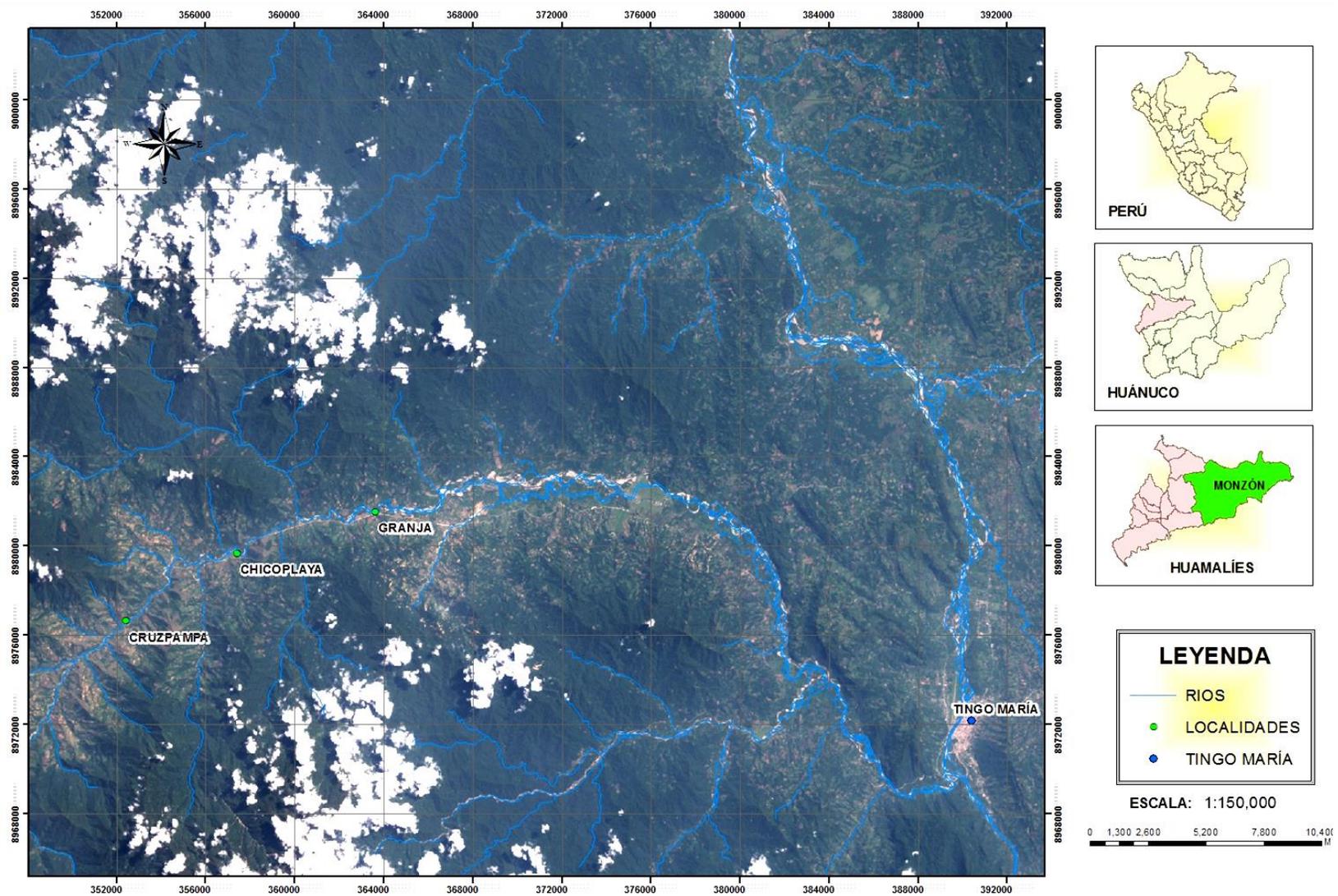


Figura 1. Se muestra el mapa del lugar donde se llevó a cabo el muestreo en distrito de Monzón.

3.5.2. Material biológico.

Bocachico: La pesca se realizó en el día, en aguas claras a horas de 10 am a 4 pm en los tres puntos mencionados, la longitud, ancho y peso de la especie se menciona en el A-la, luego fue transportado en una bolsa polietileno con agua, al lugar de acondicionamiento de las muestras.



Bocachico

Carachama: La pesca se realizó por la noche, en aguas claras a horas de 18:30 pm a 1:00 am en los tres puntos mencionados, la longitud, ancho y peso de la especie se menciona en el A-lb, luego fue transportado en una malla al lugar de acondicionamiento de las muestras.



Carachama

Yulilla: La pesca se realizó por la noche, en aguas claras a horas 18.30 pm a 1:00 am en los tres puntos mencionados, la longitud, ancho y peso de la especie se menciona en el A-lc, luego es transportado en una bolsa polietileno con agua al lugar de acondicionamiento de las muestras.



Yulilla

Agua: Las muestras de agua fueron tomadas de manera superficial, en botellas descartables plásticas previamente lavados de capacidad de 650 mL, las muestras se tomaron en 3 partes diferentes de cada punto de estudio, en las orillas de la cuenca y en el centro de esta, posteriormente se les tomó la temperatura con un rango de 17,3 – 20,4 °C durante el día y a la vez se midió el pH de 7 – 7,14 posteriormente se guardaron en una nevera, para el análisis de las muestras de agua.

Sedimento: Las muestras de sedimento fueron obtenidos de las superficie de las piedras debido a que las tres especies de peces en estudio son bentónicos, indicando como su principal alimento es el sedimento.

En cada muestreo se recolecto 9 botellas de 650 mL de agua y 9 bolsas de sedimento en cada punto, las cuales fueron analizadas y clasificadas teniendo en cuenta el lugar de donde fueron tomadas y el número de tratamientos.

3.5.3. Medición de las propiedades físicas del agua.

Se midió la temperatura y el pH en *in situ* con tres repeticiones, el valor promedio obtenido se muestra en los A-IIa y el A-IIb.

3.5.4. Acondicionamiento del material biológico

De cada especie se extrajeron músculo e hígado, según como se describe a continuación:

Recepción: Las muestras biológicas de los peces fueron retirados del agua y colocados en recipientes de plástico, se separaron por cada especie, 12 peces considerando los de mayor tamaño y se codificaron.

Escamado y despellejado: Se rasparon con un cuchillo las escamas del bocachico y de la yulilla, para facilitar el retiró de piel.

Separación del músculo e hígado: La separación del músculo de las especies bocachico y yulilla se retiró seccionando con un cuchillo a la altura de la primera aleta de la cabeza, a tamaño aproximado de 5 cm de largo por 4 cm de ancho, inmediatamente se colocó el músculo en una bolsa de plástico y se rotuló.

Para retirar el hígado se a realizó un corte a nivel del vientre y con mucho cuidado con la ayuda de la punta del cuchillo se buscó el hígado y se retiró para ser inmediatamente lavado con agua destilada retirando las manchas de sangre y evitar la contaminación del sedimento.

En la carachama no se retiró la escama, se realizó un corte por la parte ventral y se obtuvo primero el hígado, luego fue tratado de la misma manera que para la especie bocachico y yulilla; el músculo se retira de la parte interna dejando capa libre, luego fue colocado en una bolsa y se rotuló.

Almacenamiento: Los músculos e hígados envasados fueron colocados en una congeladora para mantener su conservación y poder ser transportado en sistema de frío hasta el laboratorio donde se realizaron los análisis.

3.5.5. Extracción de Cd, Pb, Cu y As por digestión ácida en músculo.

Antes de realizar la extracción ácida se eliminó la mayor cantidad de grasa y tejido conectivo posible que pueda haber quedado adherido al momento del muestreo, se pesó un gramo de músculo en un erlenmeyer previamente lavado con una solución (1:1) $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{O}$ desionizada, se adicionaron a cada erlenmeyer 4 mL de HNO_3 concentrado y 1 ml de H_2SO_4 concentrado. Se colocaron en un baño maría a 90°C durante 3 horas; se dejaron enfriar a temperatura ambiente y se adicionó 1 mL de peróxido de hidrogeno, sin agitar, se esperó media hora más y se filtró con un papel de poro de $0,42\ \mu\text{m}$ y se aforó a un balón de 50 mL.

3.5.6. Método de extracción de Cd, Pb, Cu y As por digestión ácida en hígado.

Los hígados colectados fueron revisados minuciosamente para poder eliminar grasa y otros tejidos que pueden haber quedado adheridos a la muestra. Se pesó 0,5 gramos de hígado en un erlenmeyer previamente lavado con una solución (1:1) $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{O}$ desionizada, se adicionaron a cada erlenmeyer 2 mL de HNO_3 concentrado y 0,5 ml de H_2SO_4 concentrado. Se colocaron en un baño maría a 90°C durante 3 horas; se dejaron enfriar a temperatura ambiente y se adicionó 0,5 mL de peróxido de hidrogeno, sin agitar, se esperó media hora más, y se filtró con un papel filtro de $0,42\ \mu\text{m}$ y se aforó en un balón a 25 mL.

3.5.7. Extracción por digestión ácida de Cd, Pb, Cu y As en el sedimento:

Se secó la muestra a 90°C en una estufa; y se pulverizó con un mortero, se tamizaron con un tamiz de 60 µm, se almacenó en bolsas herméticas de polietileno. Se homogenizó el sedimento y se pesó 1 gramo de muestra en un erlenmeyer previamente lavado con una solución (1:1) HNO₃-H₂O des-ionizada, teniendo cuidado que la muestra no quedara adherida a las paredes del erlenmeyer. Se agregaron 3 mL de HCl concentrado y 9 mL HNO₃ concentrado (proporción (1:3) HCl/HNO₃). Se adicionaron los ácidos teniendo la precaución de que el erlenmeyer estuviera sobre un baño de hielo. Se sometió a calentamiento en un baño maría durante 3 horas a 85 °C. Las muestras fueron removidas del baño maría y se dejaron enfriar a temperatura ambiente, se filtraron con un papel de poro de 0,42 µm sobre un balón aforado para remover los sólidos suspendidos y se aforaron a un volumen de 50 mL.

3.5.8. Extracción Cd, Pb, Cu y As por digestión ácida en el agua.

Se midieron 150 mL de la muestra compuesta en un vaso de precipitado previamente lavado con una solución (1:1) de HNO₃-H₂O des-ionizada. Se adicionaron 2 mL de HNO₃ concentrado y 5 mL de HCl concentrado, Se cubrieron con un vidrio reloj y se colocaron en el vaso de precipitado en un baño maría a 90°C sin llevar a ebullición, hasta que el volumen se redujo al 20% del volumen inicial. El sistema se removió del baño María y se dejó enfriar a temperatura ambiente, se lavaron las paredes del vaso de precipitado con agua

des-ionizada, se filtró con un papel de poro de 0,42 μm sobre un balón aforado para remover los sólidos suspendidos y se aforó a un volumen de 50 mL.

3.5.9. Determinación de minerales

Para realizar las lecturas de todos los minerales se procedió a calibrar el equipo considerando para cada uno sus respectivas concentraciones y el cálculo de la correlación tal como se presenta en el anexo A-IIIa

3.5.10. Análisis de las muestras

Los resultados del contenido de minerales en músculo, hígado, sedimento y agua fueron analizados mediante el diseño completo al azar (DCA), con la prueba de Tukey $p < 0,05$ para ello se utilizó el programa SAS versión 9,1.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Contenido de cadmio en músculo e hígado de pescado.

4.1.1. Músculo

Analizando los resultados de las tres especies y localidades mediante el diseño completamente al azar con arreglo factorial de 3x3x4 podemos indicar que se encontró diferencia estadística significativa en el lugar A-IVa, por esta razón se procedió a realizar el análisis estadístico en cada lugar y especie.

Los resultados del músculo de bocachico en las diferentes localidades se presenta en el Cuadro 5 y Figura 2, realizando el análisis estadístico podemos apreciar que en los tratamiento se encontró diferencia significativa ($p \leq 0,05$) A-IVb, comparando los promedios mediante la prueba de tukey podemos indicar que la mayor concentración de cadmio se encontró en la muestra de cruzpampa $0,73 \pm 0,06$ ppm, cabe resaltar que al punto de muestreo confluyen aguas provenientes del distrito de Monzón y localidad de Chaupiyacu y escorrentías provenientes de áreas agrícolas, al respecto FRIAS - ESPERICUETA *et al.* (2010), indica que se puede encontrar metales pesados debido al transporte atmosférico a gran escala contaminantes por diferentes actividades humanas; así mismo, el uso de una gran cantidad de productos agrícolas como los pesticidas y plaguicidas generan una contaminación con este metal.

Cuadro 5. Contenido de cadmio en músculo de bocachico en diferentes localidades.

Especies	Localidades	Código	Tratamiento	Cadmio (ppm)
	Cruzpampa	CR	T1	0,73±0,06 ^a
Bocachico	Chicoplaya	CHI	T2	0,12±0,04 ^b
	Granja	GR	T3	0,63±0,07 ^b

Los valores representan (promedio ± SEM) datos provienen del experimento (n=4) valores de la misma columna con superíndices diferentes son significativos ($p \leq 0,05$).

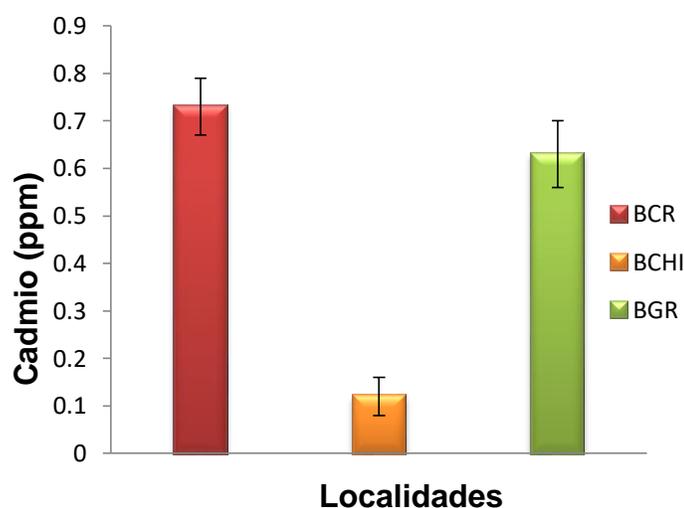


Figura2. Comportamiento del contenido de cadmio en músculo de bocachico en diferentes localidades.

Según los resultados el menor contenido de cadmio se encontró en las localidades de chicoplaya $0,12 \pm 0,04$ ppm y granja $0,63 \pm 0,07$ ppm. De los resultados podemos apreciar que no existe diferencia estadística pero si diferencia numérica teniendo menor cantidad de cadmio en el punto de muestreo de chicoplaya lugar donde confluye el río Cuyaco al río Monzón, y se tiene un solo caserío; para el punto de granja confluye al río Monzón el río Tazo grande y Tazo chico, este punto

tiene un menor caudal pero una mayor actividad agrícola. Según FRIAS-ESPERICUETA *et al.* (2010), indica que las principales fuentes de Cd para los suelos agrícolas son los fertilizantes fosforados ya que la materia prima para su producción son rocas fosfóricas, principalmente apatita, que contiene Cd en cantidades que varían entre 8 y 500 ppm. Así mismo, las fundiciones de metales, productos de incineración de materiales que contienen cadmio, combustibles fósiles, aguas servidas municipales y descarga de lodo, (SPIESS, 2010).

Comparando los resultados en bocachico en las tres localidades el contenido de cadmio varía de 0,12 a 0,73 ppm; el respecto SALAS *et al.* (2009), reporta que en músculo de bocachico en Iquitos de 0,1 a 1,0 ppm, Puerto Maldonado 0,1 a 1,5 ppm y en Pucallpa no se encontró; GARCIA DE SOTERO y ALVA-ASTUDILLO (2013), en bocachico en el mercado de Nauta cuenca del río Marañón encontró $0,043 \pm 0,006$ ppm Cd; SALAZAR-LUGO (2009), reporta para la misma especie en el río Guasare - Venezuela 0,85 a 3,4 ppm. Comparando con los autores reportados podemos indicar que el contenido de cadmio en músculo de bocachico en el río Monzón comprendido entre el centro poblado de Cachicoto y el distrito de Monzón se encuentra en el rango de reportes nacionales.

De los resultados referidos a carachama están presentados en el cuadro 7 y figura 3 no se encontró diferencia estadística significativa A-IVc, como podemos apreciar en los tres puntos de toma de muestra que están comprendidos entre el centro poblado de cachicoto y el distrito de Monzón. Pero en los resultados el contenido de Cd presentó diferencia numérica, el mayor se encontró en Cruzpampa $1,59 \pm 0,17$ ppm y el menor fue en granja $1,48 \pm 0,04$ ppm. Cabe

destacar que los valores encontrados en carachama son mayores a los encontrados en bocachico en los mismos puntos de toma de muestra, menciona VARGAS (2012), que la carachama se caracteriza por presentar la cabeza y el cuerpo cubierto de series de placas duras de consistencia ósea. La boca en posición inferior en forma de ventosa lo cual le permite adherirse a rocas y troncos sumergidos y labios bien desarrollados. Así mismo, VOTO (2008), indica que la piel cumple funciones respiratorias, excretoras y osmoreguladoras.

Cuadro 7. Contenido de cadmio en músculo de carachama en diferentes localidades.

Especies	Localidades	Código	Tratamiento	Cadmio (ppm)
	Cruzpampa	CR	T1	1,59±0,17 ^a
Carachama	Chicoplaya	CHI	T2	1,57±0,08 ^a
	Granja	GR	T3	1,48±0,04 ^a

Los valores representan (promedio ± SEM) datos provienen del experimento (n=4) valores de la misma columna con superíndices diferentes son significativos (p≤0,05).

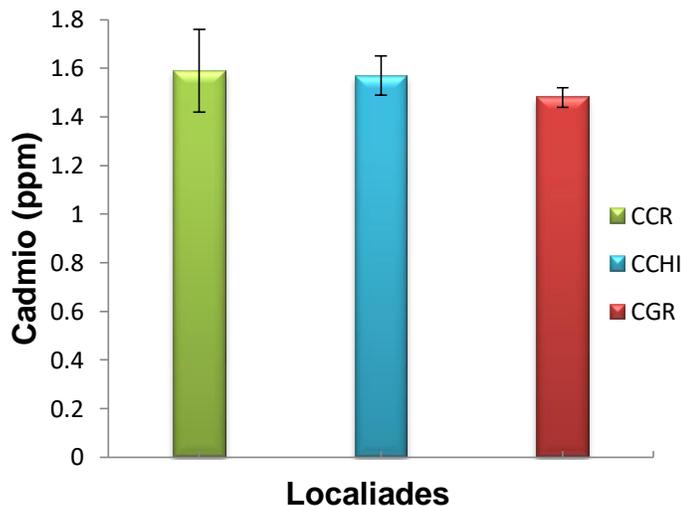


Figura3.Comportamiento del contenido de cadmio en músculo de carachama en diferentes localidades.

El rango de Cd en carachama se encontró entre $1,59 \pm 0,17$ a $1,48 \pm 0,04$ ppm y en bocachico fue $0,12 \pm 0,04$ a $0,73 \pm 0,06$ ppm, comparado podemos indicar que el carachama contiene mayor cantidad de cadmio, VOTO (2008), indica que la carachama es un pez por lo general nocturno, de hábitos bentónicos que permanecen ocultos en cuevas o debajo de troncos y adheridos durante el día, de comportamiento muy diferente al bocachico; ARGOTA *et al.* (2012), reporta que los metales pueden acumularse en los peces mediante la columna de agua, por el sedimento o la dieta y adicionalmente, se pueden acumular a través de la cadena alimenticia donde eventualmente podrían impactar en la salud humana.

Con respecto al contenido de Cd SANCHEZ *et al.* (2010), encontró $0,110 \pm 0,002$ en la comunidad Sucre por encima de los límites máximo permisibles $0,1$ ppm Cd y PIS *et al.* (2008), encontró $0,08 \pm 0,03$ ppm en músculo de trucha.

Analizando el cuadro 8 y figura 4 con respecto a la yulilla podemos indicar que en los tres puntos de muestreo no se encontró diferencia estadística significativa A-IVd., el contenido en promedio fue $1,40 \pm 0,07$ a $1,62 \pm 0,08$ ppm, cabe resaltar que este contenido fue muy similar a la carachama pero el bocachico contiene menor cantidad de cadmio que ambas especies, BOTTÉ *et al.* (2013), indica que los detritívoros como el bocachico, carachama y yulilla se alimentan de materia orgánica descompuesta, organismos, compost y estiércol de animales menores, ARGOTA *et al.* (2012), reporta que la toxicidad para los peces depende entre otros factores del contenido de calcio en el agua, cuanto mayor es el contenido de calcio, menor será el efecto tóxico del cadmio sobre los peces.

De acuerdo a los resultados el contenido de cadmio en yulilla fue mayor comparado a los reportes de SALAS *et al.* (2009), 0,001 a 0,014 ppm Cd en la Amazonia peruana y PEZO (1992) 0,073 ppm en el río Nanay, 0,08 ppm en el río Ucayali y 0,06 ppm en el río Amazonas.

Cuadro 8. Contenido de cadmio en músculo de yulilla en diferentes localidades.

Especies	Localidades	Código	Tratamiento	Cadmio (ppm)
	Cruzpampa	CR	T1	$1,40 \pm 0,07^a$
Yulilla	Chicoplaya	CHI	T2	$1,58 \pm 0,17^a$
	Granja	GR	T3	$1,62 \pm 0,08^a$

Los valores representan (promedio \pm SEM) datos provienen del experimento (n=4) valores de la misma columna con superíndices diferentes son significativos ($p \leq 0,05$).

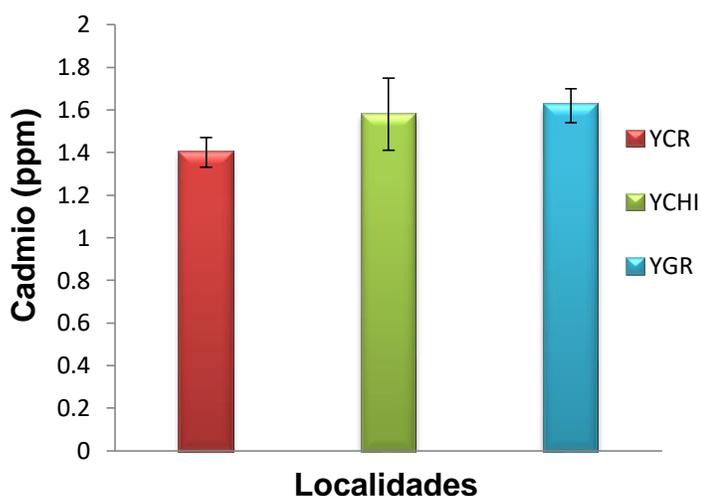


Figura4. Comportamiento del contenido de cadmio en músculo de yulilla en diferentes localidades.

Los resultados del análisis de cadmio en músculo considerando las tres especies y los tres puntos de muestreo se presentan en la figura 4, de ella podemos apreciar que la carachama, yulilla y el punto de muestreo de cruzpampa y granja presentaron la mayor cantidad de cadmio y el bocachico es la especie que tiene menor contenido de este metal. El contenido de cadmio en el presente estudio estuvo comprendido entre $1,62 \pm 0,08$ a $0,12 \pm 0,04$ ppm; comparando estos resultados con las normas permitidas SANCHEZ *et al.* (2010), indica como límite máximo 0,05 a 0,1 ppm peso fresco según las NORMAS EUROPEAS 2002; PEZO (1992). Concentración máximos en Chile 0,05 ppm y en Venezuela 0,5 ppm según FAO(2003), límite permisible 0,1 ppm podemos apreciar que el resultado encontrado es superior. Concentraciones altas de este metal pueden provocar en los sistemas biológicos una competencia con el zinc, el cobre y el calcio por los

sitios de unión de estos elementos en las macromoléculas (SALAZAR-LUGO, 2009). FRIAS-ESPERICUETA *et al.* (2010), indica que a nivel bioquímico, el cadmio puede unirse a los grupos SH de proteínas, enzimas y otros componentes celulares, alterando su estructura y sus funciones. Este metal puede afectar el metabolismo energético de la célula, desacoplando la fosforilación oxidativa mitocondrial y MARRUGO (2011), menciona que el Cd puede también estar relacionado con un aumento en la presión arterial y efecto en el tejido óseo (osteomalacia, osteoporosis) en seres humanos y animales.

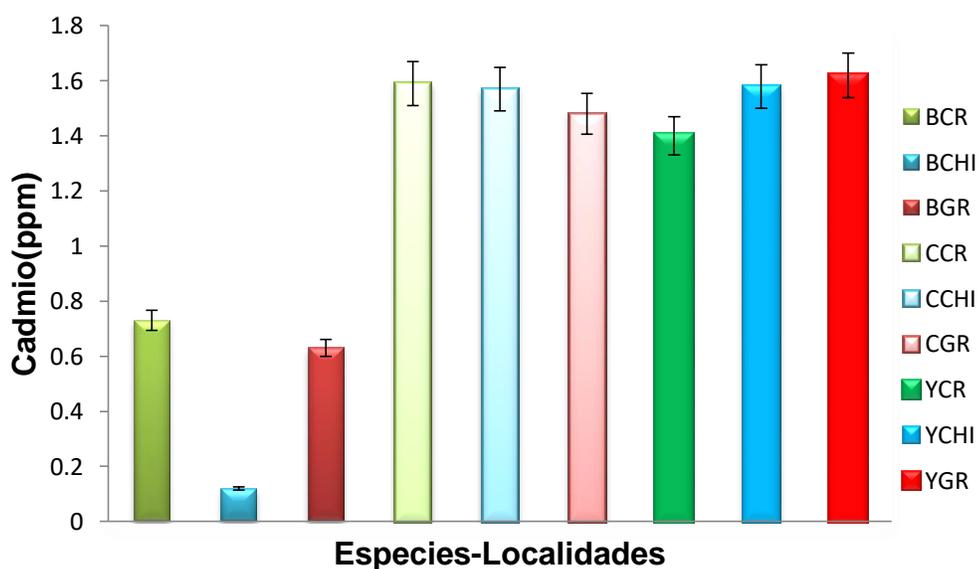


Figura 5. Representación gráfica del contenido de cadmio en músculo pescado en diferentes localidades.

4.1.2. Hígado

Analizando los resultados de las tres especies y localidades mediante el diseño completamente al azar con arreglo factorial de 3x3x4 podemos indicar que no se encontró diferencia estadística significativa A-Va, por esta razón se procedió a realizar el análisis estadístico en cada lugar y especie.

Analizando los resultados presentados en el cuadro 9 y figura 6 con respecto al contenido de cadmio en el hígado de bocachico en las diferentes localidades podemos indicar que existe diferencia estadística significativa A-Vb, comparando los promedios mediante tukey podemos indicar la mayor cantidad de este metal se encontró en las localidad de granja $2,11 \pm 0,12$ ppm y cruzpampa $1,81 \pm 0,12$ ppm y el menor contenido fue en la localidad de chicoplaya $1,42 \pm 0,11$ ppm; comparando al contenido de cadmio en músculo de bocachico en las tres localidades estuvo entre 0,12 a 0,73 ppm, cuyo resultado es mucho menor con respecto al hígado. MANCERA-RODRÍGUEZ y ÁLVAREZ-LEÓN (2006), indican que la acumulación de cadmio en el riñón e hígado depende de la intensidad, del tiempo de exposición y del estado óptimo de la función de excreción renal. HERMOSO y MÁRQUEZ (2005), reportan que el cadmio primero es transportado hacia el hígado por la sangre; allí es unido a proteínas para formar complejos que son transportados hacia los riñones.

Así mismo, ZORRILLA (2011), indica que la actividad humana incrementa el contenido de estos metales en el ambiente en cantidades considerables, siendo ésta, sin duda, la causa más frecuente de las concentraciones tóxicas.

Cuadro 9. Contenido de cadmio en hígado de bocachico en diferentes localidades.

Especies	Localidades	Código	Tratamiento	Cadmio (ppm)
Bocachico	Cruzpampa	CR	T1	1,81±0,12 ^{ab}
	Chicoplaya	CHI	T2	1,42±0,11 ^b
	Granja	GR	T3	2,11±0,12 ^a

Los valores representan (promedio ± SEM) datos provienen del experimento (n=4) valores de la misma columna con superíndices diferentes son significativos ($p \leq 0,05$).

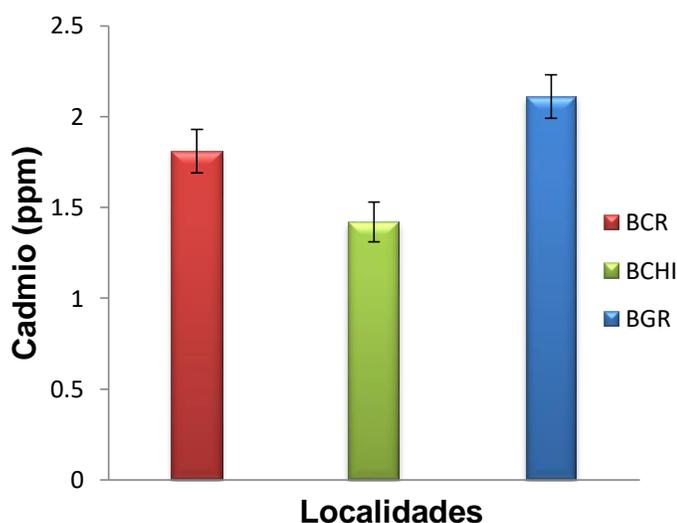


Figura 6. Comportamiento del contenido de cadmio en hígado de bocachico en diferentes localidades.

Según los resultados presentados en el cuadro 10 y figura 7 referidos al contenido de cadmio en hígado de carachama podemos indicar que según el análisis estadístico no se encontró diferencia significativa A-Vc, solo existe diferencia numérica, el mayor contenido se encontró en granja 1,91±0,09 ppm y el menor en Chicoplaya 1,69±0,07 ppm, el comportamiento fue muy similar al

bocachico con respecto a las localidades; comparando con los resultados de músculo en la misma especie el contenido de cadmio fue $1,48\pm 0,04$ a $1,59\pm 0,17$ ppm esto indica que en el hígado existe mayor cantidad de este metal en relación al músculo.

Cuadro 10. Contenido de cadmio en hígado de carachama en diferentes localidades.

Especies	Localidades	Código	Tratamiento	Cadmio (ppm)
Carachama	Cruzpampa	CR	T1	$1,74\pm 0,08^a$
	Chicoplaya	CHI	T2	$1,69\pm 0,07^a$
	Granja	GR	T3	$1,91\pm 0,09^a$

Los valores representan (promedio \pm SEM) datos provienen del experimento (n=4) valores de la misma columna con superíndices diferentes son significativos ($p\leq 0,05$).

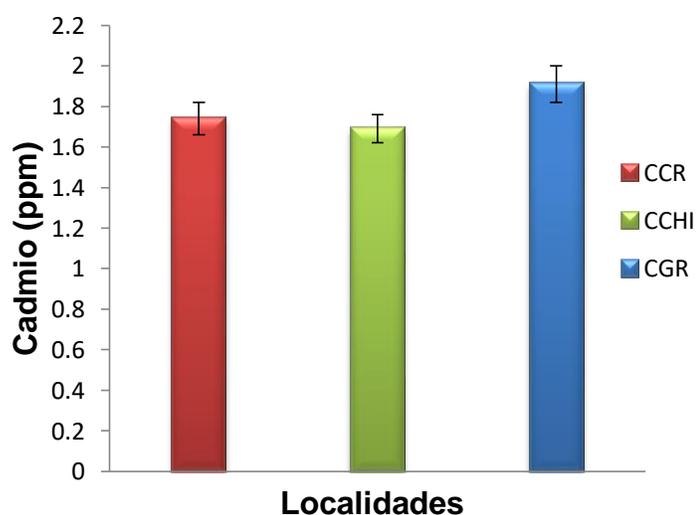


Figura 7. Comportamiento del contenido de cadmio en hígado de carachama en diferentes localidades.

Al respecto ZORRILLA (2011), según los resultados cita que el contenido de metales varía significativamente en función de las especies y los tipos de tejidos, es decir, la concentración de las sustancias en el hígado y en branquias fue relativamente más alta en comparación con el intestino y el estómago de las tres especies de Liza. COUSILLAS (2003), cita que el Cd elige como órgano de concentración mayor el riñón, pero también en menor cantidad en hígado, branquia y como último el músculo.

El contenido de cadmio en el hígado de yulilla se presenta en el cuadro 11 y figura 8, analizando los resultados se encontró que no existe diferencia estadística significativa A-Vd, el mayor contenido se encontró en la localidad de granja $1,63 \pm 0,09$ ppm y en menor en cruzpampa $1,52 \pm 0,03$ ppm. Según COUSILLAS (2003), las branquias son el principal lugar de ingreso para sustancias disueltas en el agua. ZORRILLA (2011), afirma que el contenido de Cd fue el más alto en el hígado y la acumulación de metales pesados aumenta gradualmente durante el período de exposición a estos. Así mismo, LEGORBURU *et al.* (1988), indica que las branquias presentan altos valores de aluminio, manganeso y zinc, mientras que el hígado acumula cadmio, hierro y cobre.

Cuadro 11. Contenido de cadmio en hígado de yulilla en diferentes localidades.

Especies	Localidades	Código	Tratamiento	Cadmio (ppm)
Yulilla	Cruzpampa	CR	T1	1,52±0,03 ^a
	Chicoplaya	CHI	T2	1,61±0,08 ^a
	Granja	GR	T3	1,63±0,09 ^a

Los valores representan (promedio ± SEM) datos provienen del experimento (n=4) valores de la misma columna con superíndices diferentes son significativos ($p \leq 0,05$).

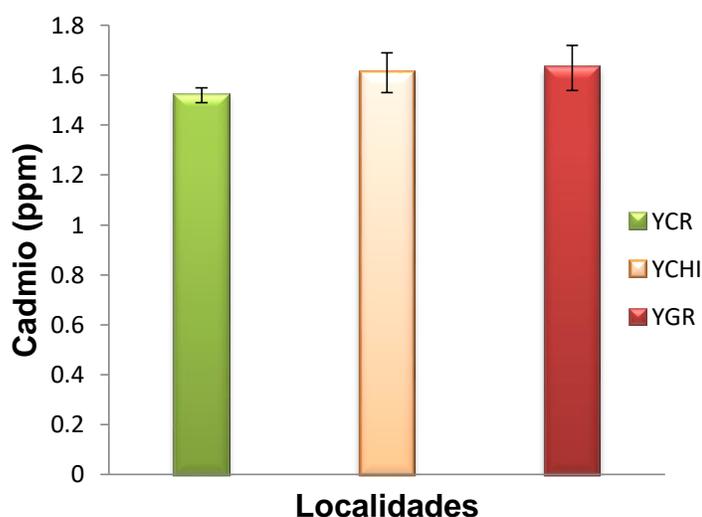


Figura 8. Comportamiento del contenido de cadmio en hígado de yulilla en diferentes localidades.

La comparación de los resultados del contenido de cadmio en hígado considerando especie y localidades tal como se presenta en la figura 9 podemos indicar que el mayor contenido se encuentra en bocachico de la localidad de granja 2,11 ppm y el menor fue en misma especie en chicoplaya 1,41 ppm; según CONGRESO COLOMBIANO DE ICTIOLOGÍA (2013), la exposición a cadmio a

diferentes temperaturas del agua se determinó que a 25°C sucedió la mayor incorporación de Cd en el hígado y el intestino a los 20 días de exposición ZORRILLA (2011), observó grandes diferencias para cada pez, en el tejido muscular Cd varió desde 0,05 a 0,20 ppm peso seco, mientras que las concentraciones más altas se encontraron en el hígado, branquias y estómago hasta 0,7 ppm. SPIESS (2010), en trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) reporta 0 a 0,17 ppm en Hígado, 0 a 0,18 ppm en riñón, 0 a 0,32 ppm en músculo y bazo, 0 a 0,4 ppm en branquias. LEGORBURU *et al.* (1988), en hígado de trucha en la cuenca del río Urola reporto 0,39 a 1,10 ppm.

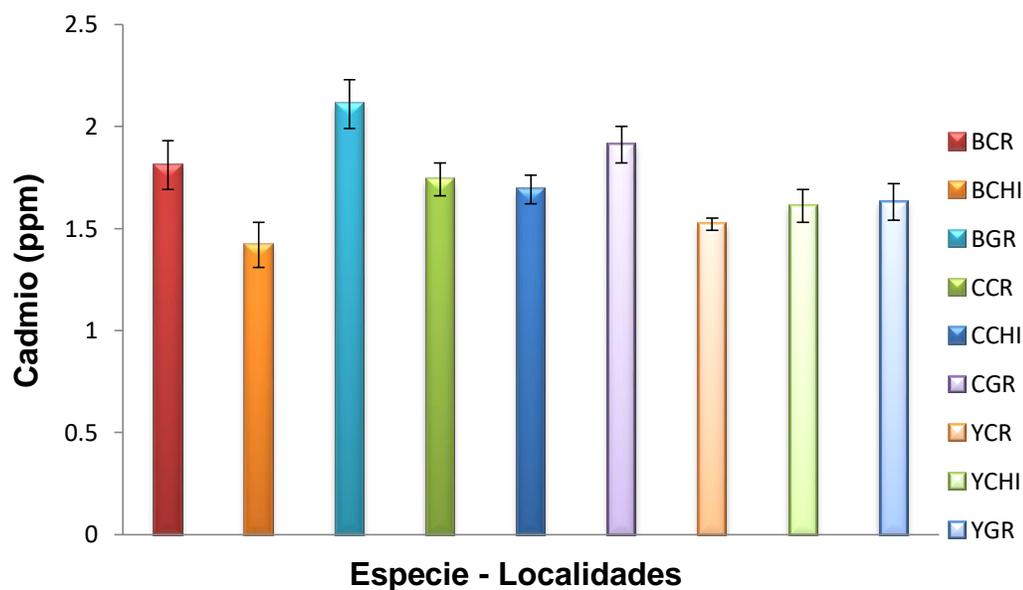


Figura9. Comportamiento del contenido de cadmio en hígado de las tres especies en diferentes localidades.

El contenido de cadmio en el estudio supera al rango permitido por MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE PESCADOS Y PRODUCTOS DE LA PESCA Y ACUICULTURA (2013), Hígado de pescado y productos derivados límite máximo 0,7 ppm de cadmio. ARGOTA *et al.* (2012), en trucha (*Gambusia punctata*) no se detectó en el hígado y cerebro mayor al límite de cadmio de referencia para organismo interno 0,5 ppm. El exceso de cadmio trae problemas a la salud, tal como cita MANCERA-RODRÍGUEZ y ÁLVAREZ-LEÓN (2006), que la función principal de la proteína metalotioneína es la protección del sistema enzimático celular y tiene la facilidad de unirse al cadmio y a otros metales pesados. Su síntesis en el hígado, riñón e intestinos es inducida por cadmio y se conoce por estudios experimentales que el complejo cadmio-metalotioneína es muy tóxico para los túbulos renales. HERMOSO y MÁRQUEZ (2005), indican que el Cd se acumula en los riñones, donde causa un daño en el mecanismo de filtración, esto causa la excreción de proteínas esenciales y azúcares del cuerpo y el consecuente daño de los riñones.

4.1.3. Sedimento

Los sedimentos son los más importantes reservorios de los metales o contaminantes en los sistemas acuáticos, una exposición indirecta al sedimento contaminado tiene lugar cuando los peces consumen invertebrados benthicos que han ingerido material particulado, en el cuadro 12 y figura 10 se presenta los resultados del contenido de cadmio en el sedimento de diferentes localidades, analizando estadísticamente se encontró diferencia estadística A-VIa, comparando

los promedios (tukey, $p \leq 0,05$) el sedimento de la localidad de cruzpampa presento la mayor cantidad $0,93 \pm 0,05$ ppm, según los resultados del contenido de cadmio en músculo la localidad de cruzpampa presente la mayor cantidad de este metal, sobre estos resultados podemos indicar según ARGOTA *et al.* (2012), que los sedimentos son los más importantes reservorios de los metales o contaminantes en los sistemas acuáticos. QUINTERO *et al.* (2010), la contaminación por metales pesados resulta ser peligrosa por tres características principales: toxicidad, persistencia y bioacumulación; a determinadas concentraciones, en el agua o en los sedimentos, la toxicidad implicará la muerte por envenenamiento de las especies que habitan el medio. Así mismo, ZORRILLA(2011), reporta que la actividad humana incrementa el contenido de estos metales en el ambiente en cantidades considerables, siendo ésta, sin duda, la causa más frecuente de las concentraciones tóxicas.

Cuadro 12. Contenido de cadmio en el sedimento de diferentes localidades.

Especies	Localidades	Código	tratamiento	Cadmio ppm
	Cruzpampa	SCR	T1	$0,93 \pm 0,050^a$
Sedimento	Chicoplaya	SCHI	T2	$0,69 \pm 0,019^b$
	Granja	SGR	T3	$0,56 \pm 0,037^c$

Los valores representan (promedio \pm SEM) datos provienen del experimento (n=4) valores de la misma columna con superíndices diferentes son significativos ($p \leq 0,05$).

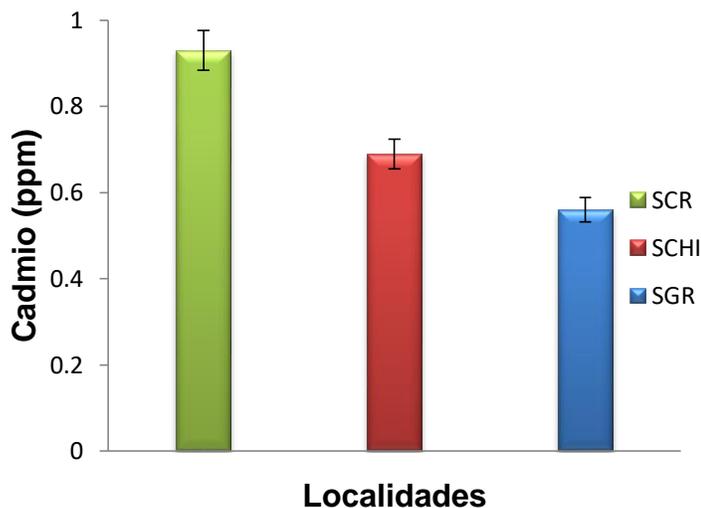


Figura10. Comportamiento del contenido de cadmio en sedimento de las tres localidades.

El menor contenido de este metal se encontró en la localidad de granja $0,56 \pm 0,037$ ppm; comparando nuestros resultados con los reportes podemos indicar que los sedimentos analizados procedentes de las diferentes localidades se encuentran contaminados. ARGOTA *et al.* (2012), indica en el sedimento en la presa Habanilla está entre 0,91 – 2,1 ppm. ZORRILLA (2011), reportó en aguas superficiales $< 0,10$ ppm y en sedimento 1,0 ppm; MARRUGO (2011), reporta entre 0,004 y 0,077 ppm y el registro de las concentraciones muy parecidas a lo largo de todas las estaciones. Así mismo, LACAYO-MEMBREÑO y SARRIA-SACASA (1993), menciona que las concentraciones críticas de cadmio en suelo arenoso 0,5 ppm y en el suelo arcilloso 1,0 ppm.

4.1.4. Agua

La contaminación de los ecosistemas acuáticos por metales pesados, constituye un grave problema ambiental ya que estos constituyen algunos de los más peligrosos elementos que se pueden bioacumular en el organismo. En el cuadro 13 y figura 11 se presenta los resultados de cadmio en agua analizada en las diferentes localidades, realizado el cálculo estadístico se encontró que existe diferencia significativa A-VIb, comparando los promedios el mayor contenido se halló en la localidad de cruzpampa $0,0024 \pm 0,0001$ ppm, el menor en las localidades de chicoplaya y granja, al respecto LACAYO-MEMBREÑO y SARRIA-SACASA (1993), indica que aguas superficiales que contienen pocos microgramos de cadmio por litro probablemente han sido contaminados por descargas de desechos urbanos. Las concentraciones de cadmio en el agua que exceden los 3 ppm se traducen en un alto índice de mortalidad de organismos acuáticos y un menor crecimiento y la inhibición de la reproducción (KNIGHT, 2008). ÁLVAREZ *et al.* (2011), en estudios realizados en varias cuencas de Madre de Dios muestra altos niveles de contaminación por metales pesados, incluyendo mercurio, arsénico, plomo, cadmio y níquel, los ríos de la cuenca del Inambari son los que muestran mayores concentraciones de metales pesados. La cantidad de cadmio encontrada en las aguas del río Monzón comprendidas entre el distrito de Monzón y la localidad de Cachicoto está entre $0,0024$ a $0,0008$ ppm, comparando los resultados con otras investigaciones podemos indicar que las aguas no están muy contaminadas. Límite máximo de Cd $0,1$ a $0,2$ ppm protección de vida acuática según NORMA OFICIAL MEXICANA

NOM-001-SEMARNAT (1996).BUENFIL-ROJAS y FLORES-CUEVAS (2007), reporta que los metales pesados en el rio Hondo estuvo 3,4 – 7 ppm de cadmio, los límites de toxicidad señalados por la EPA (1992), en sistemas de agua dulce es 0,66 ppm. Los metales depositados en el medio acuático pueden acumularse en la cadena alimenticia, causar daño ecológico y poner en peligro la salud humana provocando cáncer o daños en el sistema nervioso central (ARGOTA *et al.*, 2012).

Cuadro 13. Contenido de cadmio en agua de diferentes localidades.

Especies	Poblaciones		tratamiento	Cadmio (ppm)
Agua	Cruzpampa	CR	T1	0,0024±0,0001 ^a
	Chicoplaya	CHI	T2	0,0008±0,0000 ^b
	Granja	GR	T3	0,0008±0,0003 ^b

Los valores representan (promedio ± SEM) datos provienen del experimento (n=4) valores de la misma columna con superíndices diferentes son significativos ($p \leq 0,05$).

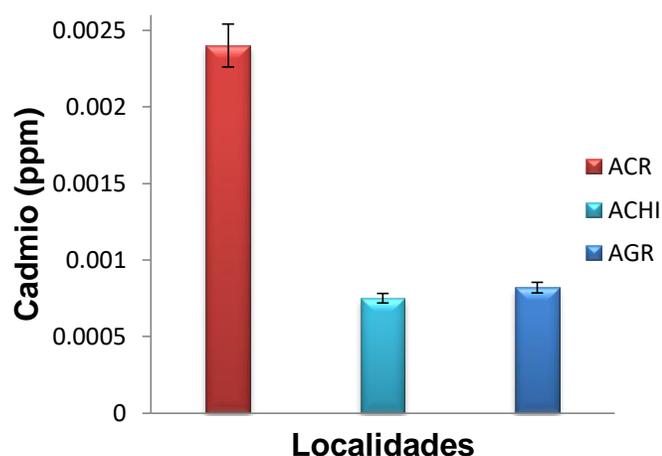


Figura11. Comportamiento del contenido de cadmio en agua de diferentes localidades.

4.2. Determinación de plomo en músculo e hígado de pescado, sedimento y agua en diferentes localidades.

4.2.1. Músculo

Analizando los resultados de las tres especies y localidades mediante el diseño completamente al azar con arreglo factorial de 3x3x4 podemos indicar que se encontró diferencia estadística significativa en el lugar, especie y especie-lugar A-VIIa, por esta razón se procedió a realizar el análisis estadístico en cada lugar y especie.

El plomo se acumula lentamente en el organismo aún la exposición en pequeñas cantidades provoca toxicidad, se considera como tóxico sistémico, es decir que puede afectar a más de un órgano, siendo generalmente ingerido (sistema gastrointestinal) y distribuido a diferentes órganos por la sangre. Los resultados del contenido de plomo en músculo de bocachico se presenta en el cuadro 14, en ella podemos apreciar que solo se encontró este metal en la localidad de cruzpampa, cabe resaltar que esta localidad fue la que tuvo mayor cantidad de cadmio, además según la ubicación está muy cerca al área urbana y agrícola. Este metal tiene una especial afinidad para con los tejidos óseo y conjuntivo, por lo que el músculo (carne) sólo se ve afectada cuando las dosis son muy altas en el hábitat de los peces. A diferencia del mercurio, el plomo no experimenta bioamplificación, es decir, las concentraciones de plomo son generalmente más altas en los organismos bentónicos y más bajas en los organismos que se encuentran a niveles tróficos más elevados(KNIGHT, 2008).ALEGRE *et al.* (2010),indica que las principales fuentes de contaminación

son pinturas elaboradas a base de plomo, forrajes cerca de los perímetros contaminados, baterías automotrices, tubos elaborados con plomo, grasa o aceite utilizados en las maquinarias de granjas y los derivados del petróleo como las naftas.

Cuadro 14. Contenido de plomo en músculo de bocachico en diferentes localidades.

Especies	Código	Tratamiento	Pb (ppm)
	BCR	T1	0,61±0,02
Bocachico	BCHI	T2	ND
	BGR	T3	ND

Los valores representan (promedio ± SEM) datos provienen del experimento (n=4) valores de la misma columna con superíndices diferentes son significativos (p≤0,05).

Con respecto al contenido de plomo en bocachico 0,61 ppm de la localidad de cruzpampa está por encima de los límites permitidos; Las concentraciones de plomo encontrados por PEZO (1992), en el río Nanay 0,5220 ppm, Ucayali 0,01 ppm y Amazonas 0,013 ppm; SALAZAR-LUGO (2009), encontró en bocachico en río Guasare 7,15 a 10,29 ppm. SALAS *et al.* (2009), bocachico en Iquitos 0,05-0,13 ppm, Puerto Maldonado 0,02 a 0,13 ppm y en Pucallpa no encontró. GARCÍA DE SOTERO (2013), reporto plomo en bocachico en cuencas de los ríos; Amazonas, época de creciente 2,634±0,127 ppm y época vaciante 1,424±0,286 ppm; Marañón época de creciente y época de

vaciante $0,453 \pm 0,021$ ppm y en Ucayali época de creciente y época de vaciante $< 0,025$ ppm.

Los resultados del contenido de plomo en carachama se presentan en el cuadro 15, del mismo podemos indicar que la localidad de Cruzpampa es la única que presenta este metal, este mismo comportamiento sucedió para el bocachico. LOZADA-ZARATE (2007), no detectó en músculo, branquias y vísceras; únicamente se registró en piel y huesos, exhibiendo la mayor concentración en huesos, la presencia de Pb en la piel y huesos, se debe a su sustitución en la ruta metabólica por el Ca. El Pb puede afectar a varios órganos, causando sintomatologías diferentes y los niños son más sensibles que los adultos. Aunque una sola dosis puede causar problemas de toxicidad, es mucho más común que el envenenamiento por plomo sea causado por una exposición continua a bajas concentraciones (FRÍAS-ESPERICUETA *et al.*, 2010).

Cuadro 15. Contenido de plomo en músculo de carachama en diferentes localidades.

Especies	Código	Tratamiento	Pb (ppm)
	CCR	T1	$5,09 \pm 0,15$
Carachama	CCHI	T2	ND
	CGR1	T3	ND

Los valores representan (promedio \pm SEM) datos provienen del experimento (n=4) valores de la misma columna con superíndices diferentes son significativos ($p \leq 0,05$).

Según el resultado en contenido de plomo en carachama fue 5,09 ppm, comparando con otras investigaciones podemos indicar que el valor encontrado supera los límites permitidos. En carachama en cuencas de los ríos Marañón época de creciente $0,453 \pm 0,021$ ppm y época de vaciante $0,853 \pm 0,116$ ppm y en Ucayali, época de creciente $< 0,025$ ppm y época de vaciante $< 0,025$ ppm, (GARCÍA DE SOTERO y ALVA – ASTUDILLO, 2013). PIS (2008), en trucha reporta un promedio ($0,82 \pm 0,07$ ppm), según la norma nacional cuba se encontraron por encima de los límites máximos establecidos en las normas nacionales cubanas (0,3 ppm). Este tipo de alteraciones se dan sobre todo cuando este metal está en concentraciones bajas, al reemplazar al calcio como segundo mensajero intracelular, altera su distribución en los compartimientos intracelulares (RAMOS *et al.*, 2009). HERMOSO (2005), refiere que el plomo se encuentra naturalmente en el ambiente, pero las mayores concentraciones encontradas son el resultado de las actividades humanas, debido a la aplicación del plomo en gasolinas un ciclo no natural del plomo tiene lugar.

Para el caso de la yulilla podemos indicar que no se detectó este metal en el músculo, posiblemente por la cantidad que existe es muy pequeña; sin embargo existe información de plomo sobre esta especie PEZO (1992), reportó en yulilla del río Nanay 0,5220 ppm, en Ucayali 0,01 ppm y Amazonas 0,0013 ppm. SALAS *et al.* (2009), indica el rango de 0,02 a 0,13 ppm de Iquitos y Puerto Maldonado.

4.2.2. Hígado

Analizando los resultados de las tres especies y localidades mediante el diseño completamente al azar con arreglo factorial de 3x3x4 podemos indicar que se encontró diferencia estadística significativa en el lugar, especie y especie-lugar A-VIIIa, por esta razón se procedió a realizar el análisis estadístico en cada lugar y especie.

La exposición ambiental al plomo es un problema detectado hace décadas, principalmente en sectores urbanos o rurales, como es el caso del experimento que se realizó en las localidades donde los pobladores eliminan todos sus desechos al río incluyendo residuos de kerosene, gasolina, baterías y otros desechos generados en la labor agrícola. Los resultados del contenido de plomo en hígado de bocachico se presenta en el cuadro 16 y figura 12 realizando el análisis estadístico se encontró diferencia significativa A-VIIIb, comparando los promedios podemos indicar que el mayor contenido de plomo se halló en la localidad de cruzpampa $6,34 \pm 0,24$ ppm; al respecto COUSILLAS (2003), indica que el Pb se acumula más en hígado, branquias (si la vía de absorción es acuática), menos en riñón y también poco en músculo. La ingestión de Pb por los peces alcanza el equilibrio sólo después de varias semanas de exposición. En el medio ambiente acuático, los peces integran y reflejan los efectos de numerosas interacciones bióticas con factores abióticos, la variabilidad en la concentración de los metales en organismos acuáticos dependen de muchos factores tales como: temperatura del agua, salinidad, edad, talla y hábitos alimenticios (SPIESS, 2010).

Cuadro 16. Contenido de plomo en hígado de bocachico en diferentes localidades.

Especies	Código	Tratamiento	Pb (ppm)
Bocachico	BCR	T1	6,34±0,24 ^a
	BCHI	T2	0,75±0,07 ^b
	BGR	T3	0,79±0,04 ^b

Los valores representan (promedio ± SEM) datos provienen del experimento (n=4) valores de la misma columna con superíndices diferentes son significativos ($p \leq 0,05$).

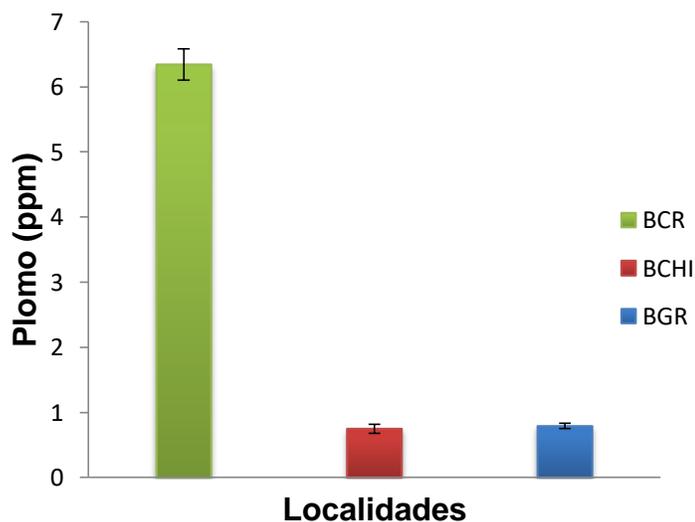


Figura 12. Comportamiento del contenido de plomo en músculo del bocachico en diferentes localidades

Del mismo cuadro el menor contenido de plomo se encontró en las localidades de chicoplaya $0,75 \pm 0,07$ ppm y granja $0,79 \pm 0,04$ ppm; comparando los resultados con otras investigaciones podemos indicar que la localidad de Cruzpampa supera el nivel máximo de este metal, las localidades de chicoplaya y

granja están dentro del rango. Según MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (2013), límite máximo del plomo 1 ppm en órganos internos; En estudios realizados en hígado de Gatuza (*Mustelusschmitti*) 6,31 ppm en Bahía Blanca (VIANA, 2011) y ARGOTA *et al.* (2012), no detecto plomo en hígado de trucha.

Los resultados del contenido de plomo en hígado de carachama se presenta en el cuadro 17 y figura 13, realizando el análisis estadístico se encontró diferencia significativa A-VIIIc, comparando los promedios, la localidad de cruzpampa presento el mayor valor $1,93 \pm 0.05$ ppm y el menor se encontró en la localidad de granja $0,07 \pm 0.003$ ppm, de los resultados podemos indicar que el contenido de plomo supera al límite permitido en la localidad de cruzpampa, que indica la presencia de impactos ambientales y los posibles riesgos para los consumidores de pescados, en la localidad de granja se encuentra por debajo del límite establecido, El plomo se acumula en los cuerpos de los organismos acuáticos y organismos del suelo y estos experimentarán efectos en su salud por envenenamiento (HERMOSO y MÁRQUEZ 2005). SPIESS (2010), no detectó plomo en el hígado, ya que los valores estuvieron por debajo del límite de detección y UREÑA (2007), reporta concentraciones de este metal en hígado de Anguilla entre 0,02 -1,9 ppm.

Cuadro 17. Contenido de plomo en hígado de carachama en diferentes localidades.

Especies	Código	Tratamiento	Pb (ppm)
Carachama	CCR	T1	1,93±0,05 ^a
	CCHI	T2	ND
	CGR	T3	0,07±0,003 ^b

Los valores representan (promedio ± SEM) datos provienen del experimento (n=4) valores de la misma columna con superíndices diferentes son significativos ($p \leq 0,05$).

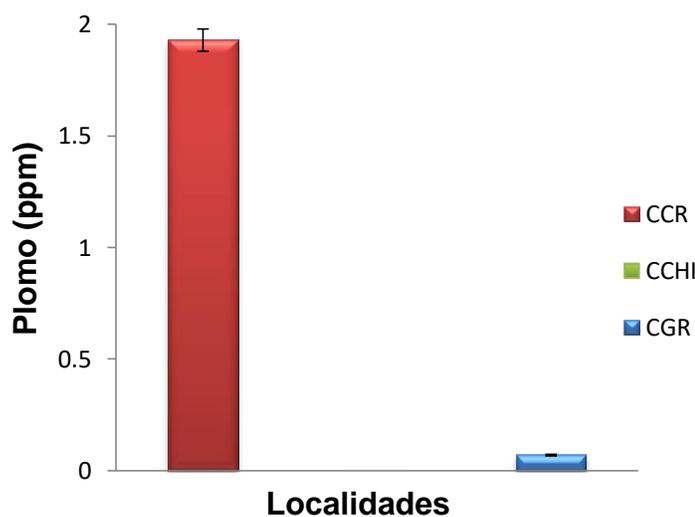


Figura 13. Comportamiento del contenido de plomo en músculo del carachama en diferentes localidades

Para el caso de la yulilla en hígado no se detectó plomo, como sabemos este metal no debe estar presente por los daños que provoca. Así mismo, ARGOTA *et al.* (2012), no detectó niveles de plomo y cadmio en hígado por encima del valor umbral 0,5ppm en órganos internos. LOZADA-ZARATE (2007), indica que la mayor concentración del Pb se registró en huesos, lo que sugiere

que el Pb presente en el agua puede penetrar a través de piel y las branquias (ambos tejidos en contacto directo con el agua), el mismo autor afirma que en branquias no se registró este metal posiblemente porque puede estar pasando directamente a la sangre, donde es transportado a los huesos.

4.2.3. Sedimento y agua

Realizando el análisis de plomo en sedimento no se detectó, podemos indicar que posiblemente se debe a que este metal se acumula en parte poco profunda y que por la correntada del agua tiende a salir poco a poco en cantidades pequeñas; cabe resaltar que durante el muestreo se trató de tomar la muestra de sedimento lo que está adherida a las piedras, según ESPINOSA *et al.* (2011), en estudios ambientales, los metales pesados son monitoreados en sedimentos, ya que en general se considera que la movilidad de estos elementos es muy baja y quedan acumulados en los primeros centímetros de la columna sedimentaria, siendo lixiviados a los horizontes subsuperficiales en muy pequeñas cantidades. Por esta razón, son considerados como buenas trampas de metales pesados e indicadores del estado ambiental de los ecosistemas.

Para el caso del agua no se detectó plomo, posiblemente porque los valores estuvieron por debajo del límite de detección del equipo; ROMERO *et al.* (2010), encontró 0,004 ppm en el río Santa y considera que el límite máximo del plomo en agua es 0,2 ppm; SÁNCHEZ *et al.* (2010), reportó $0,0503 \pm 0,0091$ ppm de plomo en aguas superficiales; Norma APHA (1992), permite como límite máximo de calidad ambiental para el agua 0,001 ppm. BUENFIL-ROJAS y

FLORES-CUEVAS (2007), indican que los límites de toxicidad señalados por la EPA (1992), en sistemas de agua dulce 1,30 ppm. Así mismo, los metales depositados en el medio acuático pueden acumularse en la cadena alimenticia, causar daño ecológico y poner en peligro la salud humana provocando cáncer o daños en el sistema nervioso central, (ARGOTA *et al.*, 2012).

4.3. Determinación de cobre en músculo e hígado de pescado, sedimento y agua en diferentes localidades.

4.3.1. Músculo

Analizando los resultados de las tres especies y localidades mediante el diseño completamente al azar con arreglo factorial de 3x3x4 podemos indicar que no se encontró diferencia estadística significativa A-IXa, por esta razón se procedió a realizar el análisis estadístico en cada lugar y especie.

En el cuadro 18 y figura 14 se presenta los resultados del contenido de cobre en músculo de bocachico analizando estos mediante la prueba estadística se encontró que no existe diferencia significativa A-VIXb, solo se pudo apreciar diferencia numérica encontrándose el valor más alto en la localidad de cruzpampa $2,44 \pm 0,16$ ppm y el menor en la localidad de chicoplaya $2,12 \pm 0,15$ ppm, al respecto podemos indicar que el Cu es un metal que puede estar presente en el ambiente acuático, Según ARGOTA *et al.* (2012), en el medio acuático, el cobre es un elemento esencial para la vida de los peces, ya que interviene en la realización del metabolismo del tejido conectivo, desarrollo óseo y función nerviosa; las concentraciones de cobre por encima de su valor umbral, pueden ser

bioasimiladas por los peces, pudiendo afectar la masa perivisceral apareciendo mesoteliomas asociados a las cápsulas del mesentérico del bazo, así como atada a su propia grasa.

Cuadro 18. Contenido de cobre en músculo de bocachico en diferentes localidades.

Especies	Localidades	Código	Tratamiento	Cobre (ppm)
	Cruzpampa	CR	T1	2,44±0,16 ^a
Bocachico	Chicoplaya	CHI	T2	2,12±0,15 ^a
	Granja	GR	T3	2,34±0,15 ^a

Los valores representan (promedio ± SEM) datos provienen del experimento (n=4) valores de la misma columna con superíndices diferentes son significativos (p≤0,05).

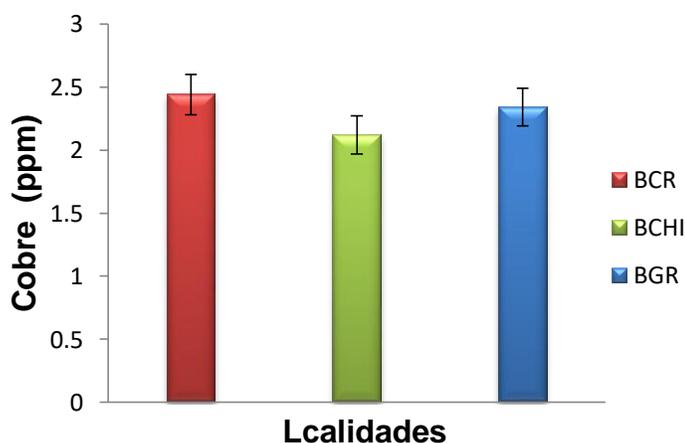


Figura 14. Comportamiento del contenido de cobre en músculo del bocachico en diferentes localidades.

El valor encontrado en nuestro trabajo fue superior a lo reportado para la misma especie y otros. SALAS (2009), indica un contenido de cobre 0,29-0,79

ppm encontrado Puerto Maldonado y PIS (2008), reporta en músculo de trucha $0,22 \pm 0,12$ ppm de cobre en la presa habanilla- Cuba. KNIGHT (2008), el cobre no se considera un veneno sistémico acumulativo ya que gran parte de éste es eliminado por el cuerpo, los puntos principales del cuerpo donde se concentra son los tejidos del hígado, los músculos y el cerebro.

Los resultados del contenido de cobre en el músculo de carachama se presenta en el cuadro 19 y figura 15 en ella se puede apreciar que entre los tratamientos no se encontró diferencia estadística A-IXc, el mayor contenido de este metal fue en la localidad de cruzpampa $2,41 \pm 0,15$ ppm y la menor en la localidad de granja $1,83 \pm 0,15$ ppm. Según LACAYO-MEMBREÑO Y SARRIA-SACASA (1993), indica que los peces son capaces de tomar grandes cantidades de cobre; sin embargo, esto no es problema para la nutrición humana. Los peces absorben cobre directamente del agua y lo acumulan en cantidades más altas que el mercurio, cadmio o plomo; el cobre es usualmente más tóxico para los peces de agua dulce que cualquier otro metal pesado.

Cuadro19. Contenido de cobre en músculo de carachama en diferentes localidades.

Especies	Localidades	Código	Tratamiento	Cobre (ppm)
	Cruzpampa	CR	T1	2,41±0,15 ^a
Carachama	Chicoplaya	CHI	T2	2,01±0,20 ^a
	Granja	GR	T3	1,83±0,15 ^a

Los valores representan (promedio ± SEM) datos provienen del experimento (n=4) valores de la misma columna con superíndices diferentes son significativos ($p \leq 0,05$).

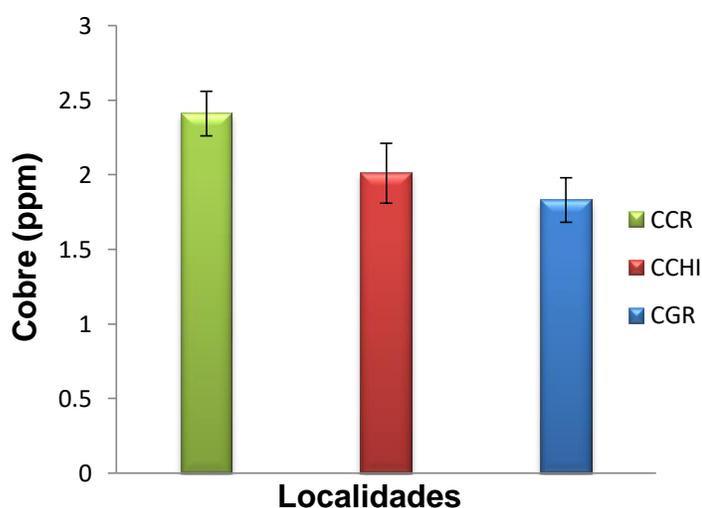


Figura 15. Comportamiento del contenido de cobre en músculo del carachama en diferentes localidades.

El contenido de cobre en músculo de yulilla se presenta en el cuadro 20 y figura 16, según el análisis estadístico no se encontró diferencia significativa A-IXd, el mayor fue en la localidad de chicoplaya $2,78 \pm 0,20$ ppm y el menor en Cruzpampa $2,16 \pm 0,04$ ppm, comparando este resultado con el reporte de SALAS (2009), contenido de cobre 0,58 a 0,79 ppm encontrado en la Amazonia en yulilla podemos indicar que supera el contenido de cobre en las tres localidades evaluadas. Además cabe indicar que ZORRILLA (2011), reportó cobre en peces

8,229 ppm, valor muy superior a lo encontrado en nuestro experimento. Por otro lado podemos indicar que el Cu es un metal de transición ampliamente usado en la industria para la manufactura de muchos productos tales como amalgamas con diversas aplicaciones, agroquímicos (especialmente fungicidas y micostáticos), esmaltes y pigmentos, reactivos para curtiembre, alguicidas de uso profuso en cuerpos de agua dulce, prótesis médico, quirúrgicas y dispositivos intrauterinos, (ARNAL, 2010).

Cuadro 20. Contenido de cobre en músculo de yulilla en diferentes localidades.

Especies	Localidades	Código	Tratamiento	Cobre (ppm)
	Cruzpampa	CR	T1	2,16±0.04 ^a
Yulilla	Chicoplaya	CHI	T2	2,78±0.20 ^a
	Granja	GR	T3	2,64±0.15 ^a

Los valores representan (promedio ± SEM) datos provienen del experimento (n=4) valores de la misma columna con superíndices diferentes son significativos ($p \leq 0,05$).

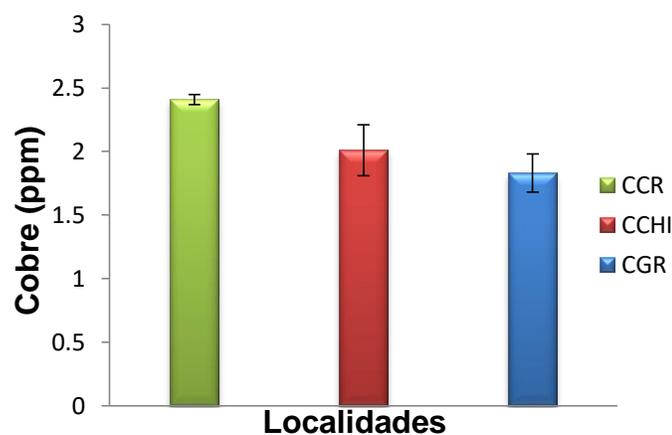


Figura 16. Comportamiento del contenido de cobre en músculo del yulilla en diferentes localidades

Realizando el análisis de los resultados de cobre incluyendo especie y localidad como se presenta en la figura 17, podemos apreciar que el mayor contenido de cobre en músculo fue en la especie de yulilla en las localidades de chicoplaya y granja $2,677 \pm 0.20$ y $2,640 \pm 0.15$ ppm respectivamente. El menor contenido se encontró en la especie carachama y la localidad de granja $1,833 \pm 0.15$ ppm de nuestros resultados podemos aducir que estamos por debajo de la norma oficial Mexicana, que indica cantidad del cobre en protección de vida acuática el límite máximo 6 ppm (NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEMARNAT-1996). KNIGHT (2008), así mismo ARNAL (2010), cita que las zonas urbanas también son sitios de gran contaminación por Cu, esto se debe, además de la cercanía con las fábricas, al uso profuso de combustibles fósiles. En las zonas rurales en cambio, la principal fuente de contaminación con cobre la constituye el uso excesivo o inapropiado de pesticidas, fungicidas y alguicidas.

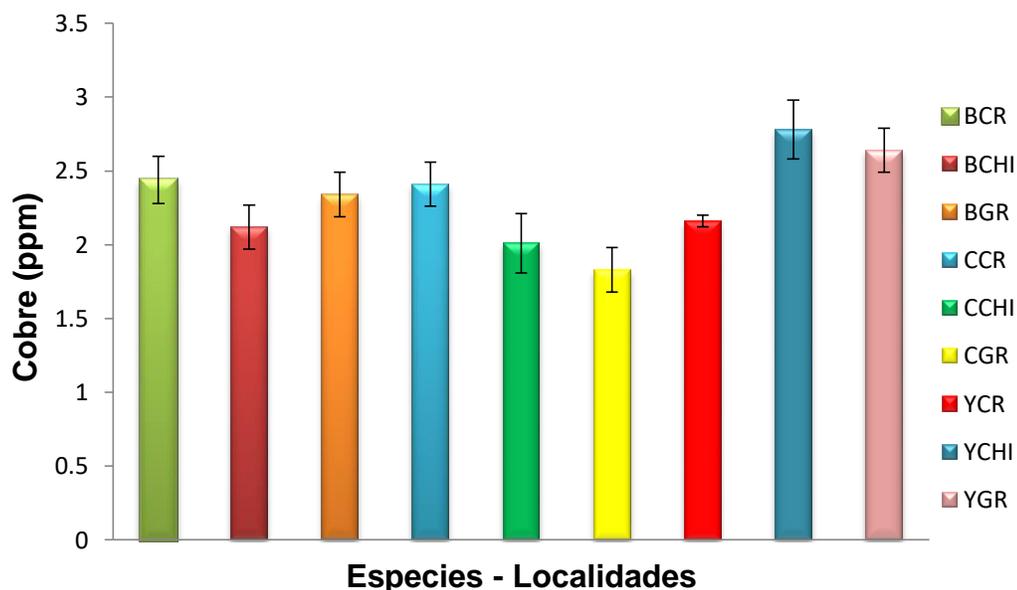


Figura 17. Comportamiento del contenido de cobre en músculo de las tres especies en diferentes localidades.

4.3.2. Hígado

Analizando los resultados de las tres especies y localidades mediante el diseño completamente al azar con arreglo factorial de 3x3x4 podemos indicar que se encontró diferencia estadística significativa lugar A-Xa, por esta razón se procedió a realizar el análisis estadístico en cada lugar y especie.

En el cuadro 21 y figura 18, se presentan los resultados del contenido de Cu en hígado de bocachico, realizando el análisis estadístico se encontró que entre las localidades existe diferencia significativa A-Xb, según la comparación de los promedios el mayor contenido se estableció en la localidad de cruzpampa $13,65 \pm 0,9$ ppm, al respecto podemos indicar que en el músculo en la misma especie se encontró menor cantidad de cobre, según MOTAS-GUZMÁN *et*

al. (2001), los metales pesados se acumulan principalmente en el hígado y en el riñón. La menor concentración de Cu se encontró en la localidad de granja $10,19\pm 0,93$ ppm, esta variación en el contenido de cobre puede deberse a los reportado por COUSILLAS (2003), quien llegó a la conclusión de que la concentración de exposición, el tiempo y la temperatura son factores importantes en la acumulación y eliminación del Cu, de tal forma que el aumento de temperatura facilitó la acumulación del Cu.

Cuadro 21. Contenido de cobre en hígado de Bocachico en diferentes localidades.

Especies	Localidades	Código	Tratamiento	Cobre (ppm)
	Cruzpampa	CR	T1	$13,65\pm 0,9^a$
Bocachico	Chicoplaya	CHI	T2	$10,67\pm 0,04^{ab}$
	Granja	GR	T3	$10,19\pm 0,93^b$

Los valores representan (promedio \pm SEM) datos provienen del experimento (n=4) valores de la misma columna con superíndices diferentes son significativos ($p\leq 0,05$).

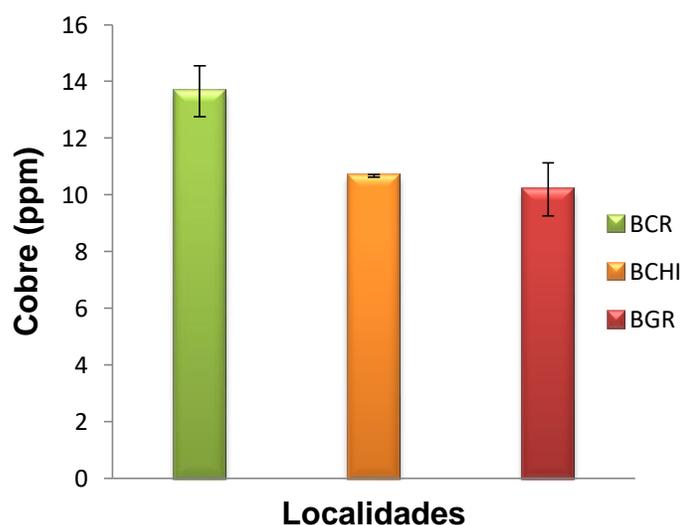


Figura 18. Comportamiento del contenido de cobre en hígado del bocachico en diferentes localidades.

El contenido de cobre en el hígado de carachama en las tres localidades evaluadas se presenta en el cuadro 22 y figura 19, ejecutando el análisis estadístico se encontró que entre los tratamientos no existe diferencia significativa A-Xc, esto indica que el contenido de cobre en las tres localidades fueron iguales, la diferencia numérica expresa que el mayor valor está en la localidad de Chicoplaya $24,24 \pm 1,2$ ppm y el menor en Cruzpampa $19,97 \pm 1,6$ ppm, comparando a la especie de bocachico esta tuvo mayor cantidad de cobre en el hígado. ZORRILLA (2011), muestra que las branquias era el mayor sitio de bioacumulación para el cobre; en general, el orden de acumulación de metales en el tejido era del siguiente orden: cobre > zinc > cromo > manganeso, y agallas > hígado > músculo. Así mismo, PANEBIANCO (2011), menciona que la razón de este modelo de concentración de metales según órgano o tejido se debe a que en algunos metales pesados, particularmente Cu, tiene baja o nula afinidad con los lípidos por lo que no se depositan en las reservas de grasa, pero sí en los órganos metabólicos, como en el hígado y en el riñón.

Cuadro 22. Contenido de cobre en músculo de carachama en diferentes localidades.

Especies	Localidades	Código	Tratamiento	Cobre (ppm)
----------	-------------	--------	-------------	-------------

	Cruzpampa	CR	T1	19,97±1,6 ^a
Carachama	Chicoplaya	CHI	T2	24,24±1,2 ^a
	Granja	GR	T3	21.67±1,7 ^a

Los valores representan (promedio ± SEM) datos provienen del experimento (n=4) valores de la misma columna con superíndices diferentes son significativos ($p \leq 0,05$).

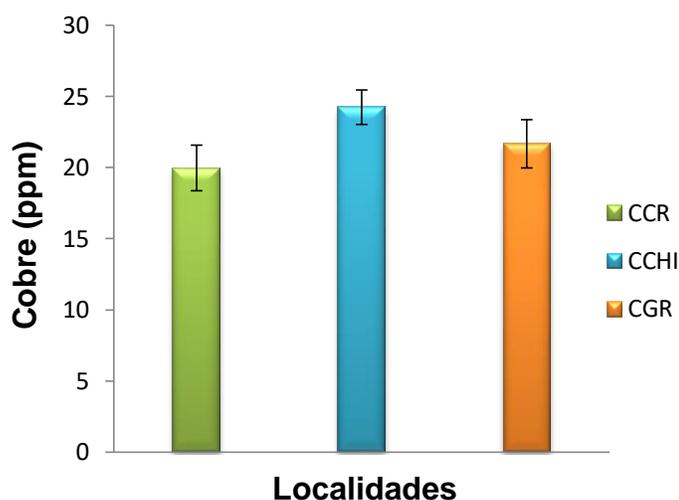


Figura19. Comportamiento del contenido de cobre en hígado del carachama en diferentes localidades.

Realizando el análisis de cobre en hígado de yulilla se encontró que entre las localidades no existe diferencia estadística A-Xd los resultados se presentan en el cuadro 23 y figura 20, de ello podemos decir que el mayor contenido se encuentra en la localidad de chicoplaya 22,22±1,7 ppm y el menor se halló en granja 19,65±1,5ppm.

Cuadro 23. Contenido de cobre en músculo de yulilla en diferentes localidades.

Especies	Localidades	Código	Tratamiento	Cobre (ppm)
	Cruzpampa	CR	T1	21,94±1,6 ^a
Yulilla	Chicoplaya	CHI	T2	22,22±1,7 ^a
	Granja	GR	T3	19,65±1,5 ^a

Los valores representan (promedio ± SEM) datos provienen del experimento (n=4) valores de la misma columna con superíndices diferentes son significativos ($p \leq 0,05$).

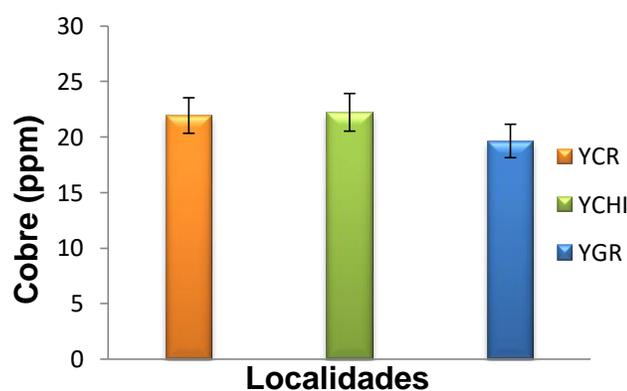


Figura20. Comportamiento del contenido de cobre en hígado del yulilla en diferentes localidades.

Por otra parte, la acumulación de Cu en hígado y Zn en branquias son buenos indicadores ambientales de la tensión del metal ZORRILLA (2011) y PANEBIANCO (2011), detectaron en el hígado de delfín 6,68 ppm de cobre.

En la figura21 se presenta el comportamiento del cobre en hígado de la comparación entre las especies y localidades, de ella podemos apreciar que la mayor cantidad de cobre se encuentra en la carachama en las tres localidades y yulilla en las localidades de Cruzpampa y chicoplaya, la menor cantidad de Cu se

encontró el bocachico en las tres localidades. Pero la cantidad de cobre encontrado en el hígado en las tres especies fue mayor que en el músculo. Según ARGOTA *et al.* (2012), el valor de referencia en órganos internos para cobre es de 20 ppm. Los valores obtenidos para cobre en hígado de trucha arcoíris 164-379 ppm peso seco (SPIESS 2010). ZORRILLA (2011), realiza un ordenamiento de las concentraciones y observa que la mayor está en el hígado (254 ppm Cu) y las branquias (114 ppm Zn); los factores de bioacumulación siguen el orden: Cu-hígado > Cu-branquias > Cu-músculo y Zn-branquias > Zn-hígado > Zn-músculo.

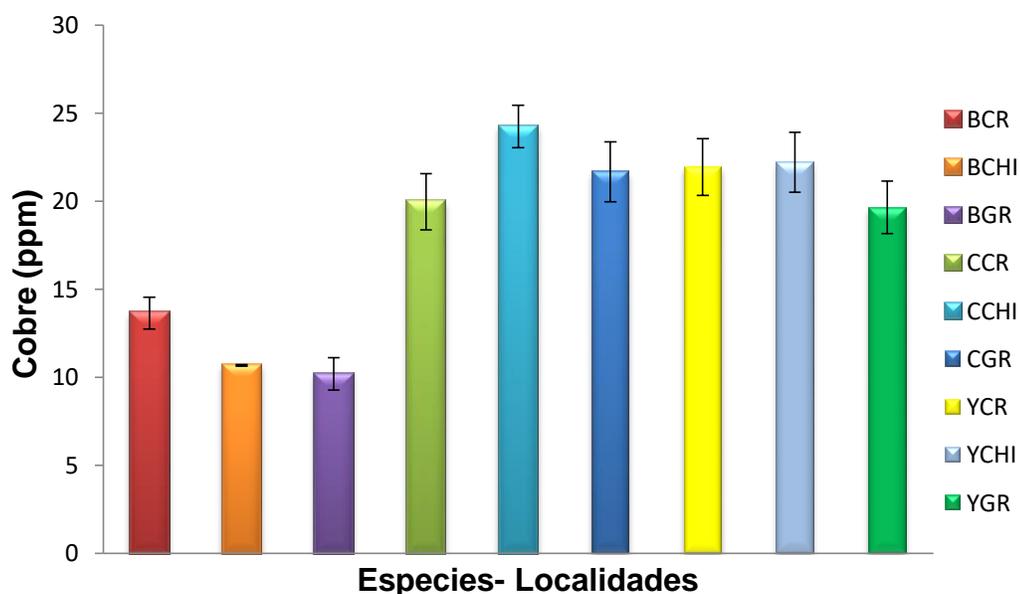


Figura 21. Comportamiento del contenido de cobre en hígado de las tres especies en diferentes localidades.

4.3.3. Sedimento y agua.

El Cu entra al agua, vía afluentes domésticos e industriales, descargas atmosféricas, circunnavegación de diversos tipos de embarcaciones y luego es

biodepositado y acumulado en los sedimentos, bajo estas consideraciones en la investigación se realizó el análisis de Cu en el sedimento, los resultados se presentan en el cuadro 24 y figura 22, realizando el análisis estadístico se encontró diferencia significativa A-XIa en la comparación de los promedios la localidad de Cruzpampa $29,2 \pm 1,75$ ppm y Chicoplaya $27,9 \pm 1,21$ ppm tuvieron la mayor concentración de este metal, mientras que la localidad de granja presentó una menor cantidad $19,9 \pm 1,19$ ppm, como sabemos las dos primeras localidades están más cercanas a la zona urbana y en ellas no se realizan tratamiento de residuos orgánicos e inorgánicos. Según BONILLA (2003), reportó concentraciones entre 5,38 ppm y 63,92 ppm con una media de 15,30 ppm, este metal es considerado como esencial para los organismos marinos, pero cuando su concentración excede la de 10,0 ppm este metal comienza a ser perjudicial, ya que se convierte en tóxico.

La cantidad de Cu reportada en la investigación se encuentra dentro del rango emitido por otros autores como TOLEDO *et al.* (2000), quienes reportaron cobre en sedimento 7,30 a 8,01 ppm en Venezuela, ANDRADE (1993), menciona el valor más alto de Cu en sedimento fue 36,6 ppm; UREÑA (2007), encontró valores en los sedimentos similares en todos los puntos (12,8 a 22 ppm peso seco), MURILLO *et al.* (2013), en distintos países del mundo en sedimento varió de 18 a 169 ppm.

Cuadro 24. Contenido de cobre en sedimento de diferentes localidades.

Especies	Poblaciones	Tratamiento	Cobre (ppm)	
	Cruzpampa	CR	T1	29,2±1,75 ^a
Sedimento	Chicoplaya	CHI	T2	27,9±1,21 ^a
	Granja	GR	T3	19,9±1,19 ^b

Los valores representan (promedio ± SEM) datos provienen del experimento (n=6) valores de la misma columna con superíndices diferentes son significativos ($p \leq 0,05$).

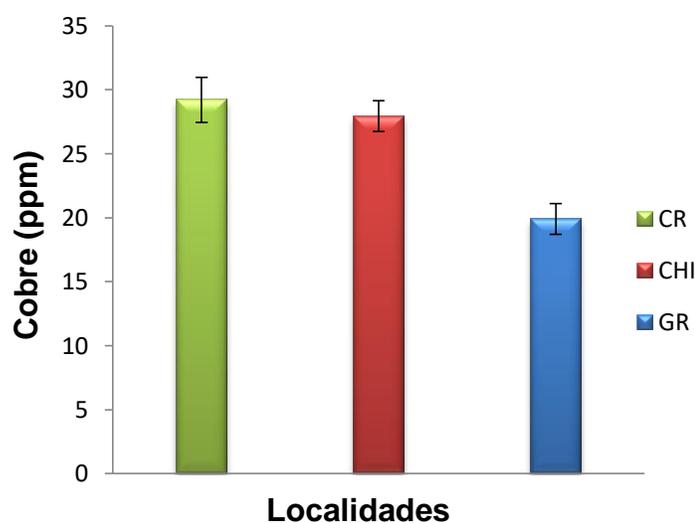


Figura 22. Comportamiento del contenido de cobre en sedimento de diferentes localidades.

El cobre y el zinc son considerados elementos esenciales, ya que son necesarios para el normal desarrollo y crecimiento del hombre, animales y plantas. Así, a pesar de que estos elementos pueden considerarse esenciales, son también elementos tóxicos cuando sus concentraciones sobrepasan determinados valores umbrales que afectan negativamente al desarrollo metabólico de los seres vivos. Los resultados de Cu en agua se presentan en el

cuadro 25 y figura 23 como podemos apreciar entre las localidades no existió diferencia estadísticas significativa A-XIb, la mayor concentración se encontró en Cruzpampa $0,018\pm 0,0008$ ppm y granja $0,018\pm 0,0011$ ppm y el menor se localizó en Chicoplaya $0,016\pm 0,0008$ ppm, como podemos apreciar la concentración reportada es pequeña y no supera el contenido de cobre en agua potable, según especificaciones químicas del agua potable de cobre 2 ppm, (NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEMARNAT-1996y MARTÍNEZ 2012).

Cuadro 25. Contenido de cobre en agua de diferentes localidades.

Especies	Poblaciones		Tratamiento	Cobre (ppm)
	Cruzpampa	CR	T1	$0,018\pm 0,0008^a$
Agua	Chicoplaya	CHI	T2	$0,016\pm 0,0008^a$
	Granja	GR	T3	$0,018\pm 0,0011^a$

Los valores representan (promedio \pm SEM) datos provienen del experimento (n=6) valores de la misma columna con superíndices diferentes son significativos ($p\leq 0,05$).

Según el análisis realizado la concentración encontrada está por debajo de los reportes de otras investigaciones como TOLEDO *et al.* (2000), reportó cobre en agua 3,5 a 11,6 ppm en Venezuela, AYALA *et al.* (2002), en agua registró la concentración de cobre menor en el sitio 54 (rincón de Agua Verde) con un valor de 0,032 ppm y la máxima 1,85 ppm se localizó en la estación 58 (La palma) sitio en el cual desembocan las aguas del río al lago. MURILLO *et al.* (2013), en distintos países del mundo se encuentran en un rango de Cu de 5,7 a 20,7 ppm en agua.

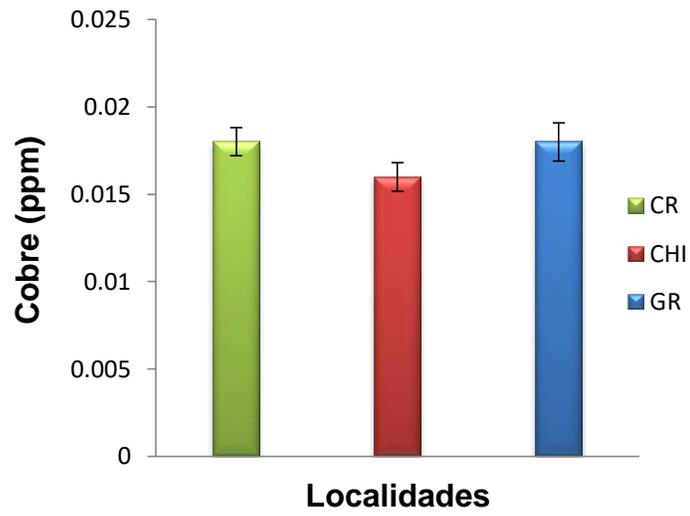


Figura 23. Comportamiento del contenido de cobre en agua de diferentes localidades.

V. CONCLUSIONES

- El contenido de Cd en músculo de carachama y yulilla fue $1,62 \pm 0,08$ - $0,12 \pm 0,04$ ppm en la localidad de Cruzpampa presentaron la mayor cantidad de este metal; en hígado mayor contenido está en bocachico en localidad de granja 2,11 ppm; en sedimento y agua el mayor estuvo en cruzpampa 0,93 ppm y 0,0024 ppm respectivamente.
- La mayor cantidad de Pb se encontró en Cruzpampa en el músculo de las especies bocachico 0,61 ppm y carachama 5,09 ppm; hígado de bocachico 6,34 ppm y carachama 1,93 ppm y no se detectó este metal en sedimento ni agua.
- La mayor cantidad de Cu en músculo se encontró en yulilla en Chicoplaya $2,677 \pm 0,20$ ppm y granja y $2,640 \pm 0,15$ ppm respectivamente. En hígado fue en carachama en las tres localidades (24,23 a 21,67 ppm) y en yulilla en Cruzpampa y Chicoplaya 21,94 y 22,21 ppm respectivamente.
- La mayor cantidad de Cu en sedimento fue en Cruzpampa $29,2 \pm 1,75$ ppm y Chicoplaya $27,9 \pm 1,21$ ppm; en agua el rango estuvo entre 0,018 a 0,016 ppm en las tres localidades. El As no fue detectado.

VI. RECOMENDACION

- Determinar ingesta dietética de contaminantes metálicos cadmio y plomo en el valle de Monzón, evaluación toxicológica.
- Determinación de metales pesados en aguas y sedimentos de los efluentes del río Monzón para ver la zona de mayor contaminación con la finalidad de prevenir la contaminación.
- Evaluación de la contaminación por cadmio y plomo en agua, sedimento, peces y análisis de impacto ambiental de los efluentes del río Monzón y Huallaga.
- Cuantificar de metales pesados en bioacumulación en la especie no detriborosdel río Monzón.
- Estudio biométrico y las macromoléculas (K, Na, Ca, Mg, Mn y P) en el tejido muscular del bocachico, carachama y yulilla provenientes del río Monzón.
- Realizar el estudio en la época de invierno el comportamiento de los metales pesados en los peces en diferentes puntos de muestreo.

VII. BIBLIOGRAFIA

- ALEGRE R., LOVO O., RIVAS S. 2010. Determinación del contenido de plomo en alimentos cárnicos y lácteos producidos y comercializados en la zona del sitio del niño y San Juan Opico. Tesis Ing. en alimentos e ingeniería agroindustrial. Antiguo Cuscatlán, El Salvador. Universidad José Matías Delgado. 78p.
- ALLOWAY J. 1995. Los metales pesados en los suelos. Blakie Academic & Professional. Segunda edición. Reino Unido. 363p.
- ÁLVAREZ J., SOTERO V., BRACK A., IPENZA C. 2011. Informe preparado por el instituto de la Amazonía Peruana - IIAP y el ministerio del ambiente Minería aurífera en Madre de Dios y contaminación con mercurio. Lima, Perú. 54 p.
- ANDRADE H. 1993. Libro Resúmenes XIII Jornadas Ciencias del Mar. Viña del Mar. Chile 1(1): 45-46.
- APHA, 1992. Métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales. Metales por espectrometría de absorción atómica de llama. 18ed., La Asociación Americana de Salud Pública. Washington, USA. p. 9-16.
- ARGOTA G., ARGOTA H., LARRAMENDI D., MORA Y., FIMIA R., IANNACONE J. 2012. Histología y química umbral de metales pesados en hígado,

- branquias y cerebro de *Gambusia punctata*(Poeciliidae) del río Filé de Santiago de Cuba. Rev. REDVET., Cuba. 12(5): 11-13.
- ARNAL, N. 2010. Intoxicación por cobre. Tesis Doctoral en ciencias de la salud. Buenos Aires, Argentina. Universidad Nacional de La Plata. 227 p.
- AYALA G., CHACÓN A., RUÍZ G., RENDÓN M., ROSAS C. 2002. Evaluación de la concentración de cobre en el lago de Zirahuén y el arroyo la palma. Tesis de maestría, Facultad de Biología. Michoacán, México. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo 120p.
- BONILLA J. 2003. Estudio de las condiciones ambientales y de la composición química del Ostión, *Crassostrea rhizophorae*, en la Laguna Grande y la Bahía de Mochima. Tesis Lic. Biología, Cumaná, Venezuela, Universidad de Oriente, 44 p.
- BOTTÉ S., MARCOVECCHIO J., FERNÁNDEZ-SEVERINI M., NEGRIN V. 2013. Ciclo de metales pesados. Rev. Edutecne. Química ambiental. Bahía Blanca, Argentina. 134p.
- BUENFIL-ROJAS M., FLORES-CUEVAS N. 2007. Determinación de metales pesados (As, Cd, Hg y Pb) presentes en el río Hondo, Quintana Roo. Rev. Esq. Ignacio Comonfort. Chihuahua, México. 6(1): 435-339.
- CAMBERO P. 2002. Estado actual de la contaminación por metales pesados y pesticidas órgano clorados en el parque natural de monfragüe. Optar al grado de Doctor. Provincia de Cáceres, España. Universidad de Extremadura. 135p.

- CASTRO G. 2011. Efecto del mercurio en los peces y la salud pública en el Perú. Posgrado Medicina Veterinaria. Lima, Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 12p.
- CONGRESO COLOMBIANO DE ICTIOLOGÍA, 12, ENCUENTRO DE ICTIÓLOGOS SURAMERICANOS, 3, (2013 Bogotá, Colombia). 2013. Ictica de América Neotropical patrimonio de la humanidad y retos para su conservación. Ed. Acictios. Bogotá, Colombia. 104p.
- COUSILLAS A. 2003. Evaluación y manejo de riesgos de la contaminación por Metales Tóxicos. Tesis Doctor en Toxicología e Higiene Ambiental. Buenos aires, Argentina. Universidad de la República.98p.
- CUELLAR E., MENA K. 2010. Determinación del contenido de mercurio por espectrofotometría de absorción atómica de vapor frío en atún enlatado comercializado en la ciudad de Santa Ana. Grado de lic. Química y Farmacia. El Salvador. Universidad de El Salvador. p 28 – 32.
- EPA. 1992. Criterios de calidad e agua recomendada, protección del medio acuático, Victoria, boletín nº5. 209p.
- ESPINOSA F., BETTY C., CADAVID B., BAUTISTA P., HOYOS A., PARRA J. 2011. Investigador Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la ciénaga grande de Santa Marta. INVEMAR, Santa Marta (Colombia). Mimeografiado. 125 p.
- FAO. 2003. Revisión del estado mundial de la acuicultura. Rev. 2. Roma, Italia. 95p.

- FRÍAS-ESPERICUETA G., OSUNA-LÓPEZ I., IZAGUIRRE-FIERRO G., AGUILAR-JUÁREZ M., VOLTOLINA D. 2010. Cadmio y plomo en organismos de importancia comercial de la zona costera de Sinaloa, México: 20 años de estudios. CICIMAR Oceánides, México. 25(2): 121-134.
- GARCÍA DE SOTERO D., ALVA – ASTUDILLO M. 2013. Contenido de metales pesados en pescados comercializados en Iquitos, Nauta y Requena. Rev. Ciencia amazónica. Iquitos, Perú. 3(1): 33-42.
- GARCIA M. 2010. Determinación cuantitativa de cobre, arsénico, cadmio y plomo en rábano rojo (*Raphanussativus*), que se cosecha en Planes de San Pedro Ojo de Agua, San Pedro Sacatepéquez Guatemala. Maestría en gestión de la calidad en inocuidad de alimentos. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. p 14 – 22.
- GRANADA N., ESCOBAR, L.D.2012 .Análisis y cuantificación de metales pesados (Pb, Cd, Ni y Hg) en agua, sedimentos y bioacumulación en la especie *rhandiawagne* (barbudo) del río cauca en el municipio de la Virginia. Tesis Químico Industrial. Pereira, Colombia. Universidad Tecnológica de Pereira 82p.
- (<http://www.boe.es/boe/dias/2013/02/28/pdfs/BOE-.pdf>, documento, 28 de feb. 2013).
- HERMOSO D., MÁRQUEZ M. 2005. Evaluación de las concentraciones de metales pesados en tejidos de peces del río Catatumbo y sus afluentes. TesisIng. Químico. Maracaibo, Venezuela. Universidad Rafael Urdaneta. 58 p.

- KNIGHT, P. 2008. Proyecto la zanja levantamiento de observaciones análisis de tejido de peces. Minera la Zanja S.R.L. Lima (Perú). 30 p.
- LACAYO-MEMBRENÑO, J., SARRIA-SACASA K. 1993. Determinación de metales pesados en agua y sedimento del rio San Juan y sus principales tributarios. Nicaragua, (México). Mimeografiado. 16 p.
- LÁZARO G. (2007). Aproximación ecotoxicológica a la contaminación por metales pesados en la laguna costera del Mar Menor. Tesis Doctoral Biología. Murcia, España. Universidad de Murcia. 106p.
- LEGORBURU I., CANTON L., MILLAN E., CASADO A., ALVAREZ J. 1988. Heavy metals in the Brown trout (*Salmo trutta fario*) From Urolaver. Rev. MUNIBE. 40(1): 29-33.
- LOZADA-ZARATE J. 2007. Determinación de metales pesados en *Cyprinus carpio* en la laguna de Metztitlán, Hidalgo, México. Tesis licenciatura. Hidalgo, México. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 76p.
- MALDONADO J., ORTEGA A., USMA J., GALVIS G., VILLA F., VÁSQUEZ L., PRADA S., ARDILA C. 2005. Peces de los Andes de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos. Alexander Von Humboldt. 1 ed. Bogotá D.C. Colombia. 346 p.
- MANCERA-RODRÍGUEZ., ÁLVAREZ-LEÓN R. 2006. Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales. Rev. Biológica colombiana. Bogotá, Colombia. 11(1): 3-23.
- MANCERA-RODRÍGUEZ N., ÁLVAREZ-LEÓN R (2006). Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces

- dulceacuícolas de Colombia. Red de Rev. Científicas de América Latina. Bogotá, Colombia. 11(1):3-23.
- MARRUGO J., LANS E., BENÍTEZ L. 2007. Hallazgo de mercurio en peces de la Ciénaga de Ayapel. Rev. MVZ. Córdoba, Colombia. 12(1): 878-886.
- MARRUGO J. 2011. Evaluación de la contaminación por metales pesados en la ciénaga la soledad y bahía de Sispatá, cuenca del bajo Sinú, departamento de córdoba. Tesis Mag. Ciencias Ambientales. Córdoba, Colombia. Universidad de Córdoba. 78 p.
- MARTÍNEZ K. 2012. Toxicidad de plásticos en peces. Tesis ingeniero Ambiental. Distrito Federal, México. Universidad Autónoma Metropolitana. 55p.
- MENDIGUCHÍA C. 2005. Utilización de ultra trazas de metales pesados como trazadores de los efectos antropogénicos producidos en ecosistemas acuáticos. Tesis doctoral. Cádiz, Universidad de Cádiz. p 14-15.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE PESCA DO Y PRODUCTOS DE LA PESCA Y ACUICULTURA (2013), Secretaría General de Pesca, por la que se establece y se publica el listado de denominaciones comerciales de especies pesqueras y de acuicultura admitidas en España. [en línea]:
<http://www.boe.es/boe/dias/2013/02/28/pdfs/BOE-A-2013-2231.pdf>,
- MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN. 2011. Especies cultivadas en el Perú, Lima, Perú, Dirección General de Acuicultura. 20 p.
- MOTAS-GUZMÁN R., MARÍA-MOJICA., GARCÍA-FERNÁNDEZ (2001). Metales pesados en ganado de lidia. Rev. de Toxicología. 18(3): 176-177.

- MURILLO V., AROCA G., DUARTE C., OYARZO C., OYARZÚN M., PINILLA E., VERA R. 2013. Determinación y evaluación de los componentes presentes en las pinturas anti-incrustantes utilizadas en la acuicultura, sus efectos y la acumulación en sedimentos marinos de la región de Los Lagos. Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso (Chile). Informe técnico n° 1. 257 p.
- NEKAZARITZAKO E., SEGURTASUNARAKO., EUSKAL FUNDAZIOA *et al.* (2006). Fundación Vasca para la seguridad agroalimentaria. Rev. Elika. Vasco. 1(1): 1-10.
- NESTOR P. 2010. Calidad ambiental de la zona Camaronícola en la costa occidental del lago de Maracaibo relación con la comunidad de macro invertebrados bentónicos. Tesis magister en ciencias biológicas. Maracaibo, Venezuela. Universidad del Zulia. 188 p.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEMARNAT-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
- (enlínea):
- http://www.uco.mx/docencia/facultades/facimar/descargas/normas_semarnat/NOM_001-1996-semarnat.pdf, documento, 23 abr. 2003.
- ORTEGA-LARA A., MURILLO O., PIMIENTA C., STERLING E. 2000. Los peces del alto Cauca, riqueza ictiológica del Valle del Cauca. .Ed. Imagen Corporativa. Cali, Colombia. 69p.
- PANEBIANCO M. 2011. Análisis de los niveles de metales pesados (Pb, Cu, Cr, Zn, Ni y Cd) y aspectos reproductivos del delfín franciscana

- (*Pontoporiablainvillei*). Tesis Doctoral Ciencias biológicas. Buenos Aires, Argentina. Universidad de Buenos Aires. 191p.
- PEZO R., PAREDES H. BEDAYÁN N. 1992. Determinación de metales pesados bioacumulables en especies icticas de consumo humano en la Amazonia Peruana. Folia Amazónica. Iquitos, Perú. 4(2): 171-181.
- PINEDA J. 2009. Método de la farmacopea Estado Unidense como método presuntivo para la determinación de arsénico en las aguas superficiales de Guatemala. Tesis Ing. Químico. San Carlos, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala.69p.
- PIS M., LEZCANO M., SERRANO P. 2008. Metales pesados en trucha (*Micropterus salmoides Floridanus*) de la presa Hanabanilla, Cuba. Revista científica de la Sociedad Española de Acuicultura (AquaTIC), Barlovento Santa Fé. 29: 1-9.
- POULIN, J., GIBB, H. 2008. Evaluación de la carga de morbilidad ambiental a nivel nacional y local. Organización Mundial de la Salud, Ginebra. Suiza. circular nº 16. 75p.
- PRIETO F., RAMÍREZ A., WILLIAMS J., GAYTÁN O., ZÚÑIGA A. 2006. Acumulación, toxicidad y teratogénesis provocada por presencia de arsénico en aguas en el pez cebrá (*Daniorerio*). Revista científica de la Sociedad Española de Acuicultura (AquaTIC). 24:72-85.
- QUINTERO L., AGUDELO E., QUINTANA Y., CARDONA G. S., OSORIO A. F. 2010. Determinación de indicadores para la calidad de agua, sedimentos y

- suelos, marinos y costeros en puertos colombianos. *Rev Gestión y ambiente*. Medellín. 13(3): 51-57.
- RADA O., VALLE D., CABRERA C., NAOLA D., TAMARIZ H. 2006. Cultivando peces amazónicos; Ministerio de producción. San Martín. p 43-47.
- RAMOS W., MUNIVE L., ALFARO M., CALDERÓN M., GONZÁLES I., NÚÑEZ Y. 2009. Intoxicación plúmbica crónica. *Rev. Perú. epidemiol.* 13 (2): 1-8.
- PAREDES R., ÁLVAREZ C., SANDOVAL D. 2010. Hidrobiología. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú. Informe técnico n°1. 88 p.
- ROMERO A., FLORES S., PACHECO W. 2010. Estudio de la calidad de agua de la cuenca del río Santa. *Rev. Instituto de Investigaciones.* 13(25): 61-69
- RUBIO C. 2003. Ingesta dietética de contaminantes metálicos (Hg, Pb, Cd, Fe, Cu, Zn y Mn) en la comunidad Autónoma Canaria. Evaluación toxicológica. Tesis Doctoral Medicina preventivo, Comunidad Autónoma Canaria, España. Universidad de la Laguna. 185p.
- SALAS A., BARRIGA M., ALBRECHT M., CHU F., ORTEGA H. 2009. Información nutricional sobre algunos peces comerciales de la Amazonía peruana. Instituto Tecnológico Pesquero del Perú. Boletín de investigación n°9. 64 p.
- SALAZAR-LUGO R. 2009. Estado de conocimiento de las concentraciones de cadmio, mercurio y plomo en organismos acuáticos de Venezuela. *Rev. REDVET*, 10(11):1-16.

- SÁNCHEZ H., DÁVILA E., BABILONIA E., RAFAEL R. 2010. Informe de evaluación sobre la presencia de petróleo en los ríos Amazonas y Marañón. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. 17 p.
- SANTIAGO S. 2007. La estación piscícola "maraca" convenio interadministrativo. Tesis Ing. Zootecnista. Sincelejo – Sucre, Chile. Universidad de Sucre Facultad de Ciencias Agropecuarias. 20 p.
- SILVANO R. 2011. Manejo de Recursos Acuáticos. Belém, Pará, Brasil. Documento ocasional nº 13. 54p.
- SPIESS A. 2010. Determinación de elementos traza (Pb, Cd, Cu, Mn, Zn, Fe y As) en Trucha Arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) mediante espectrofotometría de absorción atómica en la X y XIV regiones de Chile. Tesis Químico Farmacéutico. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. 92 p.
- TEUTLI E. 2007. Influencia del sodio, calcio, magnesio y amonio en la sorción de cadmio en una roca zeolítica. Tesis Ing. Química. Metepec, México. Instituto Tecnológico de Toluca. 72p.
- TOLEDO J., LEMUS M., CHUNG. (2000). Cobre, cadmio y plomo en el pez (*Cyprinodon earborni*), sedimentos y agua en dos lagunas de Venezuela. Rev. Biol. Trop. 48(1): 225-231.
- TORRES S. 2011. Bioaccesibilidad de arsénico y mercurio en alimentos con potencial riesgo toxicológico. Tesis Doctoral química analítica. Paterna, Valencia. Instituto de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos. 242 p.
- TRAN N., GALINDO J., GARAY L., GUTIRREZ E., PARDO N., DELGADO S., CARRILLO J. 2008. Educación, biología animal y producción agropecuaria.

Lic. Producción Agropecuaria. Villavicencio Colombia. Universidad de los Llanos. p 38 -39.

UNIÓN EUROPEA (CE) 466/2001, Rev. 2 – 221/2002, norma para el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. [en línea]:<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:pdf>, documento, 6 feb. 2002.

UREÑA R. 2007. Metalotioneínas en peces y gasterópodos: su aplicación en la evaluación de la contaminación. Tesis Doctoral Ciencia biológicas. Valencia, Universidad de Valencia. 218p.

VARGAS O. 2012. Estudio preliminar sobre la crianza de carachama (*Chaetostomasp*) en cautiverio. Tesis Ing. Agropecuario. Pastaza, Ecuador. Universidad Estatal Amazónica. 69 p.

VEGA A., VÉLEZ P. 2011. Validación del método de determinación de cobre y zinc por espectroscopia de Absorción Atómica de llama en agua cruda y tratada para el laboratorio de análisis de aguas y Alimentos. Grado en Tecnólogo en Química. Pereira, Colombia. Universidad Tecnológica de Pereira. p 25 – 28.

VIANA F. 2011. Estudio de base de los niveles de metales pesados en peces de aguas continentales y costeros. Minera Aratiri. Valentines (Uruguay). Mimeografiado. 34 p.

VICENTE J. 2010. Biodisponibilidad de metales pesados en dos ecosistemas acuáticos de la costa Suratlántica Andaluza afectados por contaminación

difusa. Tesis Doctoral Química. Cádiz, Portugal. Universidad de Cádiz. 556p.

VINASCO C. 2011. Documentación para la determinación de Ag, As, Cd, Cr, Pb Y Hg en aguas residuales, pulpas de frutas, y sulfato de aluminio por espectroscopia de absorción atómica en el laboratorio de aguas y alimentos Pereira, Colombia. Título de Químico Industrial. Pereira. Universidad Tecnológica de Pereira. 138 p.

VOTO B. 2008. Piscicultura Amazónica con especies nativas. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Iquitos, Perú. Informe Técnico Anual n°92. 171 p.

ZORRILLA M. 2011. Estado del arte sobre la presencia de metales pesados en tejidos y agallas de peces. Tesis Administrador del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales. Santiago de Cali, Chile. Universidad autónoma de occidente. 63 p.

ANEXO

A-la. Resultados de los pesos del pez y peso de la muestra en análisis en tejido muscular en bocachico.

Localidad	Código	Peso (g)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Peso muestra (g)	
					Músculo	Hígado
Cruzpampa	BCRM1	249	29,8	7	1,0094	0,5023
	BCRM2	452	34,5	8,5	1,0027	0,5041
	BCRM3	181	26,5	6	1,0062	0,5001
	BCRM4	197	27	5,8	1,006	0,5045
Chicoplaya	BCHIM1	55	39,5	8,5	1,0035	0,5035
	BCHIM2	645	39	8,6	1,0154	0,5013
	BCHIM3	179	25	5,8	1,0055	0,5047
	BCHIM4	223	27	6,6	1,0017	0,5009
Granja	BGRM1	253	31	7	1,0091	0,5032
	BGRM2	219	28	6,1	1,0041	0,5039
	BGRM3	194	26,3	6	1,0024	0,5030
	BGRM4	211	26,8	6,3	1,0091	0,5041

A-Ib. Resultados de los pesos del pez y peso de la muestra en análisis en tejido muscular en carachama

Localidad	Código	Peso (g)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Peso muestra (g)	
					Músculo	Hígado
Cruzpampa	CCRM1	151	29.8	7	1,0336	0,5067
	CCRM2	216	34.5	8.5	1,0076	0,5040
	CCRM3	132	26.5	5.8	1,0002	0,5003
	CCRM4	145	27	6	1,0069	0,5058
Chicoplaya	CCHIM1	163	39.5	8.5	1,0111	0,5092
	CCHIM2	188	39	8.6	1,0064	0,5045
	CCHIM3	110	25	5.8	1,0038	0,5025
	CCHIM4	116	27	6.6	1,0063	0,5030
Granja	CGRM1	152	31	7	1,0068	0,5067
	CGRM2	180	28	6.1	1,0003	0,5090
	CGRM3	110	26.9	6	1,0004	0,5016
	CGRM4	116	26.8	6.3	1,0002	0,5027

A-Ic. Resultados de los pesos del pez y peso de la muestra en análisis en tejido muscular en yulilla

Localidad	Código	Peso (g)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Peso muestra	
					Músculo	Hígado
	YCRM1	20	13,8	2,5	1,0168	0,5067
Cruzpampa	YCRM2	18	13,5	2,2	1,0043	0,504
	YCRM3	15	12,5	2,1	1,003	0,5003
	YCRM4	16	12,5	2,1	1,0069	0,5058
	YCHIM1	14	12	2,1	1,0053	0,5092
Chicoplaya	YCHIM2	15	12,3	2,3	1,0071	0,5045
	YCHIM3	19	13,4	2,2	1,0023	0,5025
	YCHIM4	23	14,5	2,3	1,0034	0,503
	YGRM1	13	11,6	2	1,0228	0,5067
Granja	YGRM2	16	12,5	2,3	1,0002	0,509
	YGRM3	15	12	2	1,0041	0,5016
	YGRM4	21	14,3	2,2	1,0081	0,5027

A-IIa. Valor promedio de la temperatura del agua analizada del río Monzón.

Fecha	Lugar	Hora	Muestreo	Temperatura promedio (°C)
13/07/2013	Cruzpampa	10:00 am	1	17,33
	Chicoplaya	1:40 pm	2	20,2
14/07/2013	Granja	9:30 am	3	18,4
01/08/2013	Cruzpampa	9:25 am	1	17,93
	Chicoplaya	12:40 pm	5	20,23
02/08/2013	Granja	8:30 am	6	19,06

A-IIb. Valor promedio del pH del agua analizada del río Monzón.

Fecha	Localidades	Hora	Muestreo	pH promedio
13/07/2013	Cruzpampa	10:00 am	1	7,14
	Chicoplaya	1:40 pm	2	7,12
14/07/2013	Granja	9:30 am	3	7,07
01/08/2013	Cruzpampa	9:25 am	1	7,32
	Chicoplaya	12:40 pm	5	7,21
02/08/2013	Granja	8:30 am	6	7,26

A-IIIa. Resultados de las absorvancias para la curva estándar de los metales pesados (ppm).

Metales	Longitud de onda (nm)	Concentración ppm.	Absorvancias	R ²
		1	0,057	
Cadmio	361,1	2	0,118	0,991
		3	0,173	
		5	0,032	
Plomo	283,3	10	0,065	1
		15	0,098	
		1	0,054	
Cobre	327,4	2	0,105	1
		4	0,207	

A-IVa. Resultados del cadmio en músculo de las tres especies en las localidades mediante en el diseño completamente al azar con arreglo factorial

Fuente	GL	SC	CM	FC	Sig.
Modelo	8	4,731	0,591	15,65	<0,0001
Lugar	2	4,072	2,036	53,87	<0,0001
Especie	2	0,247	0,123	3,27	0,0537
Especie – lugar	4	0,4118	0,103	2,72	0,0503
Error	27	1,021	0,038	.....	.....
Total corregido	35	5,752	.....	.....	.....
$R^2 = 0,822$		C.V. = 14,911	M.S.E. = 0,194		Media = 1.304

A-IVb. Análisis de varianza de cadmio en músculo de bocachico en diferentes localidades.

FV	GL	SC	CM	FC	Sig
Tratamiento	2	0,52	0,26	19,46	**
Error experimental	9	0,12	0,013	.....	.....
Total	11	0,64	.....	.....	.....
$R^2 = 0,812$		C.V. = 13,98	M.S.E. = 0,116		Media = 0,828

A-IVc. Análisis de varianza de cadmio en músculo de carachama en diferentes localidades.

FV	GL	SC	CM	FC	Sig
Tratamiento	2	0,027	0,013	0,28	**
Error experimental	9	0,42	0,047	.....	.....
Total	11	0,45	.....	.....	.....

$R^2 = 0,0595$ C.V. = 13,975 M.S.E. = 0,216 Media = 1,549

A-IVd. Análisis de varianza de cadmio en músculo de yulilla en diferentes localidades.

FV	GL	SC	CM	FC	Sig
Tratamiento	2	0,11	0,055	1,03	N.S
Error experimental	9	0,48	0,053	.....	.....
Total	11	0,59	.....	.....	.....

$R^2 = 0,187$ C.V. = 15,023 M.S.E. = 0,231 Media = 1,535

A-Va. Análisis de los resultados del cadmio en hígado de las tres especies en las localidades mediante en el diseño completamente al azar con arreglo factorial

Fuente	GL	SC	CM	FC	Sig.
Modelo	8	1,396	0,174	5,07	0,0006
Lugar	2	0,302	0,151	4,39	0,002
Especie	2	0,585	0,293	8,51	0,0014
Especie – lugar	4	0,508	0,127	3,7	0,016
Error	27	0,929	0,034	.....	.....
Total corregido	35	2,324	.....	.....	.....
R ² = 0,600		C.V. = 10,796	M.S.E. = 0,185		Media = 1.718

A-Vb. Análisis de varianza de cadmio en hígado de bocachico en diferentes localidades.

FV	GL	SC	CM	FC	Sig
Tratamiento	2	0,96	0,48	9,18	**
Error experimental	9	0,47	0,052	.....	.....
Total	11	1,44	.....	.....	.....
R ² = 0,671		C.V. = 12,865	M.S.E. = 0,229		Media = 1,781

A-Vc. Análisis de varianza de cadmio en hígado de carachama en diferentes localidades.

FV	GL	SC	CM	FC	Sig
Tratamiento	2	0,105	0,0524	1,76	
Error experimental	9	0,27	0,0298	.....	.....
Total	11	0,37	.....	.....	.....

$R^2 = 0,281$ C.V. = 9,674 M.S.E. = 0,173 Media = 1,784

A-Vd. Análisis de varianza de cadmio en hígado de yulilla en diferentes localidades.

FV	GL	SC	CM	FC	Sig
Tratamiento	2	0,025	0,012	0,60	**
Error experimental	9	0,189	0,021	.....	.....
Total	11	0,213	.....	.....	.....

$R^2 = 0,117$ C.V. = 9,100 M.S.E. = 0,145 Media = 1,588

A-VIa. Análisis de varianza de cadmio en sedimento en diferentes localidades.

FV	GL	SC	CM	FC	Sig
Tratamiento	2	0,407	0,2035	26,87	***
Error experimental	16	0,114	0,0076	.....	.....
Total	17	0,521	.....	.....	.....

$R^2 = 0,782$ C.V. = 11,927 M.S.E. = 0,087 Media = 0,729

A-VIb. Análisis de varianza de cadmio en agua en diferentes localidades.

FV	GL	SC	CM	FC	Sig
Tratamiento	2	0,000012	0,0000059	139.14	***
Error experimental	16	0,0000063	0,00000004	.....	.....
Total	17	0,000012	.....	.....	.....

$R^2 = 0,948$ C.V. = 15,095 M.S.E. = 0,000204 Media = 0,001352

A-VIIa. Análisis de los resultados del plomo en músculo de las tres especies en las localidades mediante en el diseño completamente al azar con arreglo factorial

Fuente	GL	SC	CM	FC	Sig.
Modelo	8	90,618	11,327	1166,74	**
Lugar	2	20,579	10,289	1059,87	**
Especie	2	28,879	14,439	1487,33	**
Especie – lugar	4	41,159	10,289	1059,87	**
Error	27	0,262	0,0097	.....	.....
Total corregido	35	90,880	.....	.....	.....
$R^2 = 0,997$ C.V. = 15,558 M.S.E. = 0,099 Media = 0.633					

A-VIIIa. Análisis de los resultados del plomo en hígado de las tres especies en las localidades mediante en el diseño completamente al azar con arreglo factorial

Fuente	GL	SC	CM	FC	Sig.
Modelo	5	115,386	23,077	522.64	**
Lugar	2	23,083	23,083	522,76	**
Especie	2	74,283	37,141	841,16	**
Especie – lugar	4	18,019	9,001	204,05	**
Error	18	0,795	0,044	.....	.....
Total corregido	23	116,181	.....	.....	.....
R ² = 0,993		C.V. = 12,756	M.S.E. = 0,210	Media = 1,646	

A-VIIIb. Análisis de varianza de plomo en hígado de bocachico en diferentes localidades.

FV	GL	SC	CM	FC	Sig
Tratamiento	2	82,73	41,37	489,54	*
Error experimental	9	0,76	0,085	.....	.....
Total	11	83,492	.....	.....	.....
R ² = 0,990		C.V. = 11,066	M.S.E. = 0,290	Media = 2,626	

A-VIIIc: Análisis de varianza de plomo en hígado de carachama en diferentes localidades.

FV	GL	SC	CM	FC	Sig
Tratamiento	2	9,57	4,79	1256,05	*
Error experimental	9	0,034	0,0038	.....	.....
Total	11	9,61	.....	.....	.....

$R^2 = 0,996$ C.V. = 9,277 M.S.E. = 0,062 Media = 0,665

A-IXa. Análisis de los resultados del cobre en músculo de las tres especies en las localidades mediante en el diseño completamente al azar con arreglo factorial

Fuente	GL	SC	CM	FC	Sig.
Modelo	8	2,569	0,321	3,23	N.S
Lugar	2	0,995	0,497	5,01	N.S
Especie	2	0,033	0,017	0,17	N.S
Especie – lugar	4	1,541	0,385	3,88	N.S
Error	27	2,683	0,099	.....	.....
Total corregido	35	5,252	.....	.....	.....

$R^2 = 0,489$ C.V. = 13,756 M.S.E. = 0,315 Media = 2,292

A-IXb. Análisis de varianza de cobre en músculo de bocachico en diferentes localidades.

FV	GL	SC	CM	FC	Sig
Tratamiento	2	0,204	0,102	1,07	
Error experimental	9	0,861	0,096	.....	.....
Total	11	1,065	.....	.....	.....

$R^2 = 0,192$ C.V. = 13,464 M.S.E. = 0,309 Media = 2,298

A-IXc. Análisis de varianza de cobre en músculo de carachama en diferentes localidades.

FV	GL	SC	CM	FC	Sig
Tratamiento	2	0,698	0,349	3,04	
Error experimental	9	1,032	0,115	.....	.....
Total	11	1,729	.....	.....	.....

$R^2 = 0,192$ C.V. = 13,464 M.S.E. = 0,309 Media = 2,298

A-IXd. Análisis de varianza de cobreenmúsculo de yulilla en diferentes localidades.

FV	GL	SC	CM	FC	Sig
Tratamiento	2	0,672	0,335	3,83	
Error experimental	9	0,789	0,087	.....	.....
Total	11	1,462	.....	.....	.....

$R^2 = 0,459$ C.V. = 11,888M.S.E. = 0,296 Media = 2,492

A-Xa. Análisis de los resultados del cobre en hígado de las tres especies en las localidades mediante en el diseño completamente al azar con arreglo factorial

Fuente	GL	SC	CM	FC	Sig.
Modelo	8	901,626	112,703	15,67	**
Lugar	2	820,774	410,387	57,08	**
Especie	2	22,339	11,169	1,55	N.S
Especie – lugar	4	58,513	14,628	2,03	N.S
Error	27	194,130	7,190	.....	.....
Total corregido	35	1095,756	.....	.....	.....

$R^2 = 0,823$ C.V. = 14,698 M.S.E. = 2,681 Media = 18,243

A-Xb. Análisis de varianza de cobre en hígado de bocachico en diferentes localidades.

FV	GL	SC	CM	FC	Sig
Tratamiento	2	28,018	14,009	5,90	*
Error experimental	9	21,384	2,376	.....	.....
Total	11	1,462	.....	.....	.....

$R^2 = 0,567$ C.V. = 13,401 M.S.E. = 1,541 Media = 11,503

A-Xc. Análisis de varianza de cobre en hígado de carachama en diferentes localidades.

FV	GL	SC	CM	FC	Sig
Tratamiento	2	36,963	18,482	1,97	
Error experimental	9	84,302	9,367	.....	.....
Total	11	121,266	.....	.....	.....

$R^2 = 0,305$ C.V. = 13,938 M.S.E. = 3,061 Media = 21,958

A-Xd. Análisis de varianza de cobre en hígado de yulilla en diferentes localidades.

FV	GL	SC	CM	FC	Sig
Tratamiento	2	15,869	7,935	0,81	
Error experimental	9	88,444	9,827	.....	.....
Total	11	104,314	.....	.....	.....

$R^2 = 0,152$ C.V. = 14,739 M.S.E. = 3,135 Media = 21,269

A-XIa. Análisis de varianza de cobre en sedimento en diferentes localidades.

FV	GL	SC	CM	FC	Sig
Tratamiento	2	306,183	153,091	12,89	*
Error experimental	15	178,137	11,876	.....	.....
Total	17	484,319	.....	.....	.....

$R^2 = 0,632$ C.V. = 13,416 M.S.E. = 3,446 Media = 25,687

A-XIb. Análisis de varianza de cobre en agua en diferentes localidades.

FV	GL	SC	CM	FC	Sig
Tratamiento	2	0,000015	0,0000075	1,53	*
Error experimental	15	0,000074	0,0000049	.....	.....
Total	17	0,000089	.....	.....	.....

$R^2 = 0,169$ C.V. = 12,615 M.S.E. = 0,0022 Media = 0,0176