REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Universidad Católica de Santa María

Escuela de Postgrado

Maestría en Química del Medio Ambiente

"MONITOREO DE METALES PESADOS Y METALOIDES EN *Cryphiops caementarius*, (CAMARÓN) Y EN AGUAS DE LOS RÍOS OCOÑA, MAJES Y TAMBO"

Tesis presentada por la Bachiller:

Corrales Valencia, Margarett

Para optar el Grado Académico de:

Maestro en Química del Medio Ambiente

Asesor:

Dr. Gómez Valdez, Badhin

Arequipa-Perú

2021

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ESCUELA DE POSTGRADO

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR DE TESIS

Arequipa, 01 de Septiembre del 2021

Dictamen: 000566-C-EPG-2021

Visto el borrador del expediente 000566, presentado por:

2014000052 - CORRALES VALENCIA MARGARETT

Titulado:

MONITOREO DE METALES PESADOS Y METALOIDES EN CRYPHIOPS CAEMENTARIUS, (CAMARON) Y EN AGUAS DE LOS RIOS OCOÑA, MAJES Y TAMBO

Nuestro dictamen es:

APROBADO

0838 - CARDENAS GARCIA JAIME DANTE
DICTAMINADOR

1058 - DAVILA DEL CARPIO GONZALO HERMILIO
DICTAMINADOR

5429 - BOCARDO DELGADO EDWIN FREDY
DICTAMINADOR

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

DEDICATORIA

A Jesús, por su apoyo en

perseverar cada día

más y más.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

EPÍGRAFE

Como gotas de rocío, en un mundo

de Cristal se desliza mi vida, dejando

en el recuerdo tiempos que no volverán.

M. C. V.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ÍNDICE GENERAL

1.- RESÚMEN…….0

2.- ABSTRACT……...0

3.-INTRODUCCIÓN……..1

4.- HIPÓTESIS……...3

5.- OBJETIVOS…….....4

6.- MARCO TEÓRICO…….....5

6.1.- TOXICOLOGÍA DE LOS METALES PESADOS……7

6.1.1.- ALUMINIO……..8

6.1.2.- ARSÉNICO…….10

6.1.3.- BORO……..15

6.1.4.- CADMIO…….17

6.1.5.- CROMO……..19

6.1.6.- MANGANESO……...22

6.1.7.- MERCURIO……...24

6.1.8.- PLOMO……..27

6.2.- RÍO OCOÑA…….31

6.3.- RÍO CAMANÁ-MAJES……...34

6.4.- RÍO TAMBO……36

6.5.- CAMARONES (*Cryphiops caementarius*)……...39

6.6.- ESPECTROMETRÍA DE EMISIÓN ATÓMICA POR PLASMA INDUCTIVAMENTE ACOPLADO (ICP-OES)……..43

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

7.- METODOLOGÍA……47

7.1.- TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y MATERIALES DE VERIFICACIÓN……47

7.1.1.- MATERIAL BIOLÓGICO……47

7.1.2.- MATERIAL ABIÓTICO……...47

7.1.3.- EQUIPOS Y REACTIVOS……...47

7.2.- CAMPO DE VERIFICACIÓN……48

7.2.1.- UBICACIÓN ESPECIAL……48

7.2.2.- UBICACIÓN TEMPORAL……..48

7.2.3.- UNIDADES DE ESTUDIO……..48

8.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN……66

8.1.- MUESTREO DE CAMARONES (*Cryphiops caementarius*) Y AGUAS DE LOS RÍOS OCOÑA, MAJES Y TAMBO……66

8.2.- DETERMINACIÓN DE PORCENTAJE DE HUMEDAD EN CAMARONES (*Cryphiops caementarius*)……...71

8.3.- DETERMINACIÓN DE pH, TEMPERATURA, CONDUCTIVIDAD, SÓLIDOS TOTALES, DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) EN AGUAS DE LOS RÍOS OCOÑA, MAJES Y TAMBO……..72

8.4.- DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE Al, As, B, Cd, Cr, Mn, Hg Y Pb EN AGUAS DE LOS RÍOS OCOÑA, MAJES Y TAMBO; DURANTE LOS CINCO MUESTREOS Y EVALUACIÓN ESTADÍSTICA ……83

8.5.- DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE Al, As, B, Cd, Cr, Mn, Hg Y Pb EN CABEZA, MÚSCULO Y CAPARAZÓN DEL CAMARÓN (*Cryphiops caementarius*) DE LOS RÍOS OCOÑA, MAJES Y TAMBO; DURANTE LOS CINCO MUESTREOS Y EVALUACIÓN ESTADÍSTICA ……..98

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

8.6.- EVALUACIÓN ESTADÍSTICA ENTRE AGUAS Y CAMARONES (*Cryphiops caementarius*) DE LOS RÍOS OCOÑA, MAJES Y TAMBO DURANTE LOS CINCO MUESTREOS……123

9.- CONCLUSIONES…….....127

10.- SUGERENCIAS……...128

11.- REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA…….....129

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ubigeo de los ríos Ocoña, Majes y Tambo.…….84

Tabla 2: Concentración promedio en ppm de metales y metaloides en aguas de los ríos Ocoña, Majes y Tambo.. ……..99

Tabla 3: Concentración de metales y metaloides en a) cabeza, b) músculo y c) caparazón de camarón (*Cryphiops caementarius*) de los ríos Ocoña, Majes y Tambo. ……...…113

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Río Ocoña a 54 msnm.……82

Figura 2: Río Majes a 1312 msnm.……83

Figura 3: Río Tambo a 187 msnm.……83

Figura 4: Camarones (*Cryphiops caementarius*) del río Ocoña, Majes y Tambo. (Elaboración propia)…… ……85

Figura 5: Porcentaje de Humedad en (*Cryphiops caementarius*) (Elaboración propia)….86

Figura 6: pH del río Ocoña, Majes y Tambo. (Elaboración propia)……...88

Figura 7: Temperatura del río Ocoña, Majes y Tambo. (Elaboración propia)……91

Figura 8: Conductividad del río Ocoña, Majes y Tambo. (Elaboración propia)…….....93

Figura 9: Sólidos Totales del río Ocoña, Majes y Tambo. (Elaboración propia)……95

Figura 10: DQO de las aguas del río Ocoña, Majes y Tambo. (Elaboración propia)…….98

Figura 11: Representación gráfica de la concentración de Al de los 5 monitoreos y en los ríos Ocoña, Majes y Tambo……102

Figura 12: Representación gráfica de la concentración de As de los 5 monitoreos y en los ríos Ocoña, Majes y Tambo……104

Figura 13: Representación gráfica de la concentración de B de los 5 monitoreos y en los ríos Ocoña, Majes y Tambo……106

Figura 14: Representación gráfica de la concentración de Cd de los 5 monitoreos y en los ríos Ocoña, Majes y Tambo……108

Figura 15: Representación gráfica de la concentración de Cr de los 5 monitoreos y en los ríos Ocoña, Majes y Tambo……109

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 16: Representación gráfica de la concentración de Mn de los 5 monitoreos y en los ríos Ocoña, Majes y Tambo……111

Figura 17: Representación gráfica de la concentración de Al en partes de camarón (*Cryphiops caementarius*) de los 5 monitoreos y en los ríos Ocoña, Majes y Tambo……123

Figura 18: Representación gráfica de la concentración de As en partes de camarón (*Cryphiops caementarius*) de los 5 monitoreos y en los ríos Ocoña, Majes y Tambo…..126

Figura 19: Representación gráfica de la concentración de B en partes de camarón (*Cryphiops caementarius*) de los 5 monitoreos y en los ríos Ocoña, Majes y Tambo…..128

Figura 20: Representación gráfica de la concentración de Cd en partes de camarón (*Cryphiops caementarius*) de los 5 monitoreos y en los ríos Ocoña, Majes y Tambo…..130

Figura 21: Representación gráfica de la concentración de Cr en partes de camarón (*Cryphiops caementarius*) de los 5 monitoreos y en los ríos Ocoña, Majes y Tambo…...132

Figura 22: Representación gráfica de la concentración de Mn en partes de camarón (*Cryphiops caementarius*) de los 5 monitoreos y en los ríos Ocoña, Majes y Tambo……134

Figura 23: Representación gráfica de la concentración de Hg en partes de camarón (*Cryphiops caementarius*) de los 5 monitoreos y en los ríos Ocoña, Majes y Tambo……136

Figura 24: Representación gráfica de la concentración de Pb en partes de camarón (*Cryphiops caementarius*) de los 5 monitoreos y en los ríos Ocoña, Majes y Tambo…...137

Figura 25: Representación gráfica de la correlación de agua y camarón para Al de los 5 monitoreos y en el río Ocoña……..139

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

LISTA DE ABREVIATURAS

g: gramos

L: litro

mL: mililitro

ppm: partes por millón

D.S.: desviación estándar

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

SIGLAS

IMARPE: Instituto del Mar del Perú

ANA: Autoridad Nacional del Agua

SENAMHI: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú

INRENA: Instituto Nacional de Recursos Naturales

NMX: Norma Mexicana

DIGESA: Dirección General de Salud Ambiental

NTP: Norma Técnica Peruana

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

RESÚMEN

El presente estudio tuvo como objetivo monitorear Aluminio, Arsénico, Boro, Cadmio, Cromo, Manganeso, Mercurio y Plomo en *Cryphiops caementarius* (camarón), y en aguas de los ríos Ocoña, Majes y Tambo, analizados por el método de Espectrometría de Emisión Atómica por Plasma Inductivamente Acoplado (ICP – OES). Se validó el método, el cual fue preciso, exacto y selectivo para cada metal con un LOD y LOQ dentro del rango permisible para los ocho metales.

Para este fin, se muestrearon camarones y aguas de los ríos correspondientes por cinco veces durante cinco semanas. Para las muestras de aguas se determinaron los siguientes parámetros físico químicos, siendo así pH, temperatura, conductividad eléctrica, solidos totales y DQO. Los tres ríos mostraron un pH neutro, constante y dentro de los valores normales. En cuanto a la temperatura hay una ligera fluctuación en cada monitoreo y en cada río, siendo propio de la estación del año y de la región muestreada. La Conductividad eléctrica, solidos totales y DQO muestran valores dentro de lo normal para el río Ocoña, río Majes, según DS 004 – 2017 MINAM. Sin embargo, los valores del río Tambo esta fuera del límite permitido.

Se halló la presencia de Arsénico y Boro en el río Tambo, en concentraciones 0.293 ppm y 7.531 ppm respectivamente, valores que sobrepasan los ECA para aguas de río (DS 004 – 2017 MINAM). Encontrándose diferencias estadísticas con los otros ríos. También hay presencia de Aluminio, Cadmio, Cromo y Manganeso en aguas del río Ocoña, Majes y Tambo, pero las concentraciones están por debajo de los ECA. En cuanto a Mercurio y Plomo resultó no detectable en los tres ríos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Por otra parte, se determinó el porcentaje de humedad en las muestras de camarón debidamente separadas (cabeza, músculo y caparazón), encontrándose valores mayores al 20 %; con porcentajes promedio de agua en el siguiente orden de concentración músculo>cabeza>caparazón para los ríos Ocoña, Majes y Tambo. Seguidamente se trituró las muestras y se llevó a digestión y luego se determinó la concentración de Al, As, B, Cd, Cr, Mn, Hg y Pb, en dicha especie por ICP-OES. Como resultado frente al límite permisible hay presencia de Hg < As < Mn < Al en los tres ríos respectivamente en el orden de menor a mayor, evaluándose así estadísticamente con un ANOVA de dos vías las concentraciones de los metales en las partes del camarón.

Hay correlación agua/camarón para aluminio, arsénico y manganeso.

PALABRAS CLAVE: *Cryphiops caementarius*, ríos Ocoña, Majes y Tambo; Al, As, B, Cd, Cr, Mn, Hg y Pb.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ABSTRACT

The present study aimed to monitor Aluminum, Arsenic, Boron, Cadmium, Chromium, Manganese, Mercury and Lead in *Cryphiops caementarius* (shrimp), and in the waters of the Ocoña, Majes and Tambo rivers, analyzed by the Atomic Emission Spectrometry Inductively Coupled Plasma (ICP - OES) method. The method was validated which was precise, exact and selective for each metal with a LOD and LOQ within the allowable range for the eight metals.

For this purpose, shrimp and waters of the corresponding rivers were sampled five times during five weeks. For the water samples, the following physical-chemical parameters were determined, thus being pH, temperature, electrical conductivity, total solids and COD. The three rivers showed neutral, constant pH and within normal values. Regarding the temperature, there is a slight fluctuation in each monitoring and in each rivers, being typical season of the year and the region sampled. The electrical conductivity, total solids and COD show values within the normal for the Ocoña river, Majes river, according to DS 004 – 2017 MINAM. However, the values of the Tambo river are outside allowed limit.

The presence of Arsenic and Boron was found in the Tambo river in concentrations 0.293 ppm and 7.531 ppm respectively, values that exceed the ECA for river waters (DS 004 – 2017 MINAM). Finding statistical differences with the others rivers. Thre is also a presence of Aluminum, Cadmium, Chromium and Manganese in the waters of the Ocoña, Majes and

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tambo rivers, but the concentrations are below the ECAs. As for Mercury and Lead, it was no detectable in the three rivers.

On the other hand, the percentage of humidity in the properly separated shrimp samples (head, muscle and caparace) was determined, finding values greater than 20 %; with average percentages of water in the following order of concentrations muscle > head > carapace for the Ocoña, Majes and rivers. The samples were then crushed and digested and then the concentration of Al, As, B, Cd, Cr, Mn, Hg and Pb in said species was determined by ICP-OES. As a result, against the permissible limit. There is the presence of Hg < As < Mn < Al in the three rivers respectively in the order from lowest to highest, thus statiscally evaluating the concentrations of the metals in the parts of the shrimp with a two-way ANOVA.

There is a water / shrimp correlation for aluminum, arsenic, and manganese.

KEY WORDS: *Cryphiops caementarius*, Ocoña, Majes and Tambo rivers; Al, As, B, Cd, Cr, Mn, Hg and Pb.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INTRODUCCIÓN

Las actividades del hombre, durante su desarrollo y progreso, tarde o temprano conllevan a la generación de contaminantes que son vertidos al medio ambiente, lo que ocasiona la contaminación en la flora y fauna, de la cual el hombre se alimenta. Dentro de estas actividades cabe resaltar las actividades mineras, agrícolas, antropológicas, entre otras y de las que se encuentran dentro de las más importantes de la economía y desarrollo de nuestro país. Metales pesados y metaloides (Al, As, B, Cd, Cr, Mn, Hg y Pb) son principales contaminantes en camarones (principal producto de consumo de la ciudad de Arequipa) y aguas de los ríos Ocoña, Majes y Tambo; se debe tratar de prevenir enfermedades futuras en los humanos relacionados con el efecto de dichos contaminantes.

Es así que, en nuestro país, la minería, especialmente la informal, podría estar introduciendo cantidades importantes de contaminantes, al medio ambiente y directa o indirectamente a los seres vivos en su área de desarrollo. Las consecuencias, por lo tanto, podrían ser severas para la salud pública y medioambiental no solo de las generaciones actuales sino las futuras. Por otro lado, el impacto económico en la canasta familiar también sería importante ya que muchas familias en nuestro país se dedican a la comercialización de camarones (*Cryphiops caementarius*). Así también el impacto económico en sí para nuestro país se vería afectado por el costo inherente de la remediación y podría tener la inclusión de productos contaminados sobre nuestras crecientes exportaciones de esta especie como un rubro de los alimentos principalmente; ya que la agricultura, la ganadería, de la población de los sectores del Valle de Tambo, Valle Majes, etc. consumen las aguas de los ríos Ocoña, Majes y Tambo respectivamente.

Por otro lado, el incremento en las actividades agrícolas en la región Sur del país, debido al auge de las irrigaciones de Majes, Santa Rita de Siguas y otras han dado lugar al incremento del empleo de fertilizantes químicos, los que son considerados como una fuente común de contaminación con metales pesados como son el plomo, cadmio, arsénico; altamente tóxicos para los seres vivos. A esto debemos añadir el fenómeno de eutroficación en los lechos

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

acuáticos cercanos a dichas irrigaciones provocado por el uso indiscriminado de estos abonos químicos y su efecto nocivo sobre la flora y la fauna de estos ya mencionados.

Es esta situación que el diagnóstico y monitoreo ambiental de especies contaminantes alcanza su máxima importancia, dado que no es suficiente sospechar la presencia de los mismos, sino que el público en general debe conocer la realidad en su totalidad, sin exageraciones o minimización de los problemas medioambientales y que para el Perú un país en desarrollo y con un presupuesto limitado para investigación en general, el contar con equipos sensibles y confiables para la detección y monitoreo de la contaminación medioambiental es de suma importancia. Así, el presente trabajo de investigación tiene como objetivo monitorear Aluminio, Arsénico, Boro, Cadmio, Cromo, Manganeso, Mercurio y Plomo en *Cryphiops caementarius*, (camarón) y en aguas de los ríos Ocoña, Majes y Tambo, que sería de gran ayuda para empezar a entender y tratar de solucionar estos problemas de contaminación medioambiental.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

HIPÓTESIS

Dado que la actividad minera es una de las principales causas de contaminación de ríos, tales como Ocoña, Majes y Tambo, y que estos atraviesan las zonas agrícolas de los Valles de Ocoña, Majes y Tambo es posible que haya presencia de metales pesados y metaloides en estos que puedan contaminar las aguas y seres vivos que llegan al consumo humano.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Monitorear Al, As, B, Cd, Cr, Mn, Hg y Pb en Camarones (*Cryphiops caementarius*) y en Aguas de los Ríos Ocoña, Majes y Tambo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

a) Determinar los parámetros fisicoquímicos como el pH, Temperatura, Conductividad, Sólidos totales, Demanda Química de Oxígeno, en aguas de los ríos, Ocoña, Majes y Tambo.

b) Determinar la cantidad de Al, As, B, Cd, Cr, Mn, Hg y Pb en cabeza, músculo y caparazón del camarón (*Cryphiops caementarius*) presente en los ríos Ocoña, Majes y Tambo; durante los cinco muestreos.

c) Determinar la cantidad de Al, As, B, Cd, Cr, Mn, Hg y Pb en Aguas de los ríos Ocoña, Majes y Tambo; durante los cinco muestreos.

d) Comparar estadísticamente los resultados de los contaminantes encontrados en las aguas y camarones (*Cryphiops caementarius*) de los ríos Ocoña, Majes y Tambo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1. INTRODUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN:

A medida que aumenta el poder del hombre sobre la naturaleza y aparecen nuevas necesidades como consecuencia de la vida en sociedad, el medio ambiente que lo rodea se deteriora cada vez más y más.

El progreso tecnológico, por una parte y acelerado crecimiento demográfico, por la otra, producen la alteración del medio, llegando en algunos casos a atentar contra el equilibrio biológico de la tierra. (Cerdan, Cuba, W. K., & Chipana, Huamani, R. Y. 2006)

La contaminación puede surgir a partir de ciertas manifestaciones de la naturaleza (fuentes naturales) o bien debido a los diferentes procesos productivos del hombre (fuentes antropogénicas) que conforman actividades de la vida diaria. Las fuentes que generan contaminación de origen antropogénico más importantes son: industriales (frigoríficos, mataderos y curtiembres, actividad minera y petrolera), comerciales (envolturas y empaques), agrícolas (agroquímicos), domiciliarias (envases, pañales, restos de jardinería) y fuentes móviles (gases de combustión de vehículos).

En las últimas décadas se habla mucho acerca de cómo la actividad humana viene contaminando los ambientes naturales; en la mayoría de los casos, estas aseveraciones, se hacen al observar los cambios ocurridos en las poblaciones de los organismos que habitan

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

dichos ambientes naturales. Se puede citar por ejemplo los efectos producidos en aguas continentales lóticas, como los ríos, donde las poblaciones naturales, como por ejemplo poblaciones de peces, anfibios, o invertebrados como crustáceos se ven disminuidas o incrementadas por efecto de los contaminantes. (Cerdan, Cuba, W. K., & Chipana, Huamani, R. Y. 2006)

Sin desear restar importancia a la contaminación por sustancias químicas se ha centrado la atención en el efecto que puede provocar la contaminación por materia orgánica (eutroficación) en ríos; a pesar que el fenómeno de eutroficación se da por disminución de la cantidad de oxígeno disuelto, el desplazamiento del agua en los medios lóticos (ríos) permite una oxigenación que mitiga en cierta forma a la eutroficación, sin embargo, las especies bentónicas si se pueden ver afectadas ya que en los fondos se acumula el producto de la estabilización de la materia orgánica, que se le ha denominado barro anaeróbico ya que se forma por la descomposición de la materia orgánica en condiciones de ausencia de oxígeno (anaeróbicas).

Por otro lado, hay poblaciones de animales acuáticos que representan recursos potenciales o en algunos casos reales que han permitido la obtención de ingresos económicos a varias familias dedicadas a la extracción del recurso; es el caso de denominado "Camarón Arequipeño" (*Cryphiops caementarius*) el cual, es un recurso muy cotizado a nivel nacional y que despierta mucho interés en el mercado internacional. Las poblaciones de dicho camarón han venido disminuyendo en las últimas décadas y aunque aún no se determina claramente la razón de ello se piensa que uno de los principales factores es la contaminación. (Cerdan, Cuba, W. K., & Chipana, Huamani, R. Y. 2006)

2. COMPORTAMIENTO Y TRANSFORMACIÓN DE LOS METALES PESADOS EN RÍOS:

Una parte muy significativa de los contaminantes metálicos llegan al río utilizando diversos caminos como el aire, los afluentes urbanos e industriales, etc.

- El comportamiento y transformación posterior que sufren los contaminantes al llegar al río se esparcen al mismo que serán distintos según el estado físico del contaminante. Finalmente, a través de la trama alimentaria estos contaminantes metálicos pueden llegar al hombre.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Muchos contaminantes, en especial los metales, son fácilmente absorbidos en macro partículas en suspensión. Si las macro partículas se sedimentan en el fondo pueden quedar fijas a los sedimentos.
- En ciertas circunstancias estos procesos de ligado pueden ser beneficiosos ya que materiales que biológicamente son peligrosos, pueden quedar inactivadas en los sedimentos (como es el caso de cadmio y plomo).

3. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA TOXICIDAD POR METALES PESADOS EN EL RÍO:

La toxicidad de los metales pesados en el medio puede ser afectada por las condiciones fisicoquímicas del agua de río (presencias de agentes de quelatinización, pH, T°) estado fisicoquímico y características de acción metal (forma iónica, en partículas, en enlace orgánico, etc.) y el grado de retención y el índice de eliminación, adaptación previa a los contaminantes, etc. Acumulación en algas, bacterias y otras especies que habitan en el río, pueden modificar las concentraciones de los metales pesados, así como otros factores.

4. TOXICOLOGÍA DE LOS METALES POTENCIALMENTE CONTAMINANTES:

El hombre se encuentra expuesto a los metales; aire, agua, o sus alimentos, estableciéndose dos vías de intoxicación o de cómo son incorporados los metales pesados en el ser humano: vía inhalatoria y vía oral. Es por esta última que se han producido los mayores problemas de intoxicaciones por metales pesados. (Cerdan, Cuba, W. K., & Chipana, Huamani, R. Y. 2006)

Lo que hace tóxico a los metales pesados no son en general sus características esenciales, sino las concentraciones en las que pueden presentarse, y casi más importante aún, el tipo de especie que forman en un determinado medio. Cabe recordar que de hecho los seres vivos necesitan (en pequeñas concentraciones) a muchos de estos elementos para funcionar adecuadamente. Ejemplos de metales requeridos por el organismo incluyen cobalto, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, vanadio, estroncio y zinc.

Todos los elementos pesados se encuentran presentes en los medios acuáticos (el agua químicamente pura no existe en la naturaleza), aunque sus concentraciones (en ausencia de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

contaminación) son muy bajas. Los metales pesados en esta agua como colides, partículas minerales (sólidos en suspensión), o fases disueltas (cationes o iones complejos). Las formas coloidales suelen dar lugar a la formación de hidróxidos, mientras que las partículas sólidas incluyen una gran variedad de minerales. Las fases disueltas deben a su vez ser capturadas por adsorción en arcillas o hidróxidos. Algunos organismos pueden regular las concentraciones de metales presentes en sus tejidos. Por ejemplo, los peces y crustáceos pueden excretar metales esenciales para su metabolismo (ejm. cobre, zinc, hierro), siempre y cuando éstos superen las dosis requeridas. Desgraciadamente otros metales (no esenciales) tales como el mercurio o cadmio son excretados con mayor dificultad. (Cerdan, Cuba, W. K., & Chipana, Huamani, R. Y. 2006)

Las vías de incorporación de los metales pesados a los organismos acuáticos son las siguientes:

- Cationes metálicos libres que son absorbidos a través de los órganos respiratorios externos los cuales pasan directamente a la sangre.
- Cationes metálicos libres que son adsorbidos por el cuerpo y luego pasivamente difundidos al torrente sanguíneo.
- Metales que son adquiridos durante la ingesta de organismos (otros peces, bivalvos, o algas) contaminados.
- En el caso de las algas, el proceso ocurre por absorción a través de las paredes celulares y difusión posterior.

4.1. ALUMINIO:

El aluminio es el metal más abundante en la corteza terrestre, donde se encuentra combinado con oxígeno, flúor, sílice, etc., pero nunca en estado metálico. La principal fuente de aluminio es la bauxita, constituida por una mezcla de minerales formados por la acción de la intemperie sobre las rocas que contienen aluminio. Algunos yacimientos lateríticos (porcentajes de hierro más elevados) poseen hasta un 35 % de Al_2O_3. Los depósitos de bauxita más importantes son la gibbsita ($Al_2O_3 \cdot 3H_2O$) y la bohemita ($Al_2O_3 \cdot H_2O$) y están localizados en Australia, Francia, Brasil. La gibbsita es más fácilmente soluble en soluciones de hidróxido sódico que la bohemita, por lo que se la prefiere para la producción de óxido de aluminio. El aluminio tiene múltiples usos industriales y se utiliza

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

en cantidades mucho mayores que cualquier otro metal no ferroso; puede alearse con otros muchos elementos, como el Cu, Zn, Si, Mg, Mn y Ni, y puede contener además pequeñas cantidades de Cr, Pb, Bi, Ti, Zr y V para propósitos especiales. Los lingotes de aluminio y sus aleaciones pueden ser extruidos y procesados en laminadoras, trefiladores, forjas y fundiciones. Los productos terminados se utilizan en la construcción de buques para la obra interior y las superestructuras; en la industria eléctrica, para la fabricación de cables e hilos conductores; en el sector de la construcción, para la fabricación de estructuras y marcos de ventanas, tejados y revestimientos; en la industria aeroespacial, para fuselajes, revestimientos y otros componentes; en la industria automotriz, para carrocerías, culatas y pistones; en la industria ligera, para aparatos domésticos y equipos de oficina, e incluso en joyería. Una de las aplicaciones más importantes de la hoja de aluminio es la fabricación de envases para bebidas o alimentos, en tanto que el papel de aluminio se utiliza para empaquetar. En la fabricación de pinturas y en la industria pirotécnica, el aluminio se emplea en forma de finas partículas. El cloruro de aluminio se utiliza en el cracking del petróleo y en la industria del caucho, ésta sustancia desprende vapores que, con el aire, forman ácido clorhídrico y se combinan con el agua formando compuestos explosivos. En consecuencia, los envases que contienen este producto deben conservarse herméticamente cerrados y protegidos de la humedad.

La importancia de compuestos alquilados de aluminio como catalizadores usados en los procesos de producción de polietileno a baja presión es cada vez mayor. Presentan riesgo de toxicidad, de quemaduras y de incendios. Se trata de sustancias sumamente reactivas con el aire, con la humedad y con todos los compuestos que contienen hidrógeno activo, por lo que deben guardarse bajo una capa de gas inerte. (Gough, L. P., Shacklette, H. T., & Case, A. A. 1979), (Nordberg, G., & Nordberg, G. 2013)

Toxicidad:

Se describen casos de fibrosis intersticial progresiva, no nodular, en la industria de abrasivos de aluminio con procesado de óxido de aluminio y sílice. Esta afección, conocida como enfermedad de Shaver, progresa con rapidez y a menudo es mortal. Es probable que la preponderancia de la enfermedad pueda atribuirse a los efectos pulmonares sumamente nocivos de la sílice libre cristalina finamente fragmentada, más que al óxido de aluminio inhalado.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Estudios en animales de experimentación muestran que el óxido de aluminio muy fino (0.02 µm a 0.04 µm) y catalíticamente activo, que no suele utilizarse comercialmente, indujo cambios pulmonares en los animales a los que se les inyectó directamente en las vías aéreas pulmonares. Asimismo, es importante señalar que el llamado "asma de los alfareros", observado con frecuencia entre los trabajadores que participan en las operaciones de proceso del aluminio, probablemente pueda atribuirse a la exposición a fundentes con fluoruros, más que al propio polvo de aluminio.

La Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) ha clasificado la producción de aluminio como una situación del Grupo 1: exposición humana cancerígena conocida. Igual que en las enfermedades antes descritas, la carcinogenicidad probablemente pueda atribuirse a otras sustancias presentes (por ejemplo, hidrocarburos aromáticos policíclicos y polvo de sílice), aunque se desconoce el papel exacto desempeñado por el polvo de óxido de aluminio.

Se ha observado la absorción de niveles elevados de aluminio y daños en el tejido nervioso en individuos que requieren diálisis renal. Esos elevados niveles de aluminio llegan a producir daños cerebrales graves, e incluso fatales. Sin embargo, esta respuesta también se ha observado en pacientes sometidos a diálisis que no presentaban unos niveles cerebrales de aluminio elevados. No se ha logrado replicar esta respuesta cerebral en los experimentos con animales, ni tampoco la enfermedad del Alzheimer, que también se ha relacionado con este tema en la literatura. Los estudios epidemiológicos y clínicos de seguimiento sobre este tema no son concluyentes y no se han observado indicios de este tipo de efectos en varios estudios epidemiológicos realizados a gran escala entre trabajadores del aluminio. (Gough, L. P., Shacklette, H. T., & Case, A. A. 1979), (Nordberg, G., & Nordberg, G. 2013)

4.2. ARSÉNICO:

El arsénico se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza y principalmente en los minerales sulfurosos. La arsenopirita (FeAsS) es la forma más abundante.

El arsénico es un metaloide, es decir presenta características de los metales y los no metales. El arsénico fácilmente se impregna en los cabellos de los humanos, siendo así la contaminación por este metaloide. Se presenta en tres estados, alotrópico, gris o metálico,

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

amarillo y negro. Reacciona violentamente con el cloro y se combina, al calentarse, con la mayoría de los metales para formar el arseniuro correspondiente y con el azufre. No reacciona con el ácido clorhídrico en ausencia de oxígeno, pero sí con el nítrico caliente, sea diluido o concentrado y otros oxidantes como el peróxido de hidrógeno, ácido perclórico, etc. Es insoluble en agua, pero muchos de sus compuestos lo son. El arsénico como sus compuestos son extremadamente venenosos. (Gough, L. P., Shacklette, H. T., & Case, A. A. 1979), (Nordberg, G., & Nordberg, G. 2013)

Arsénico elemental:

El arsénico elemental se utiliza en aleaciones con el fin de aumentar su dureza y resistencia al calor, como en las aleaciones con plomo para la fabricación de municiones y de baterías de polarización. También se utiliza para la fabricación de ciertos tipos de vidrio, como componente de dispositivos eléctricos y como agente de adulteración en los productos de germanio y silicio en estado sólido.

Compuestos inorgánicos trivalentes:

El $AsCl_3$ se utiliza en la industria cerámica y en la fabricación de arsenicales con contenido de cloro. El As_2O_3 o arsénico blanco se utiliza en la purificación de gases sintéticos y como materia prima para todos los compuestos de arsénico. También se utiliza como conservante de cuero y madera, como mordente en la industria textil, como reactivo en la flotación de minerales y para la decoloración y refinamiento en la fabricación del vidrio. El arsenito cálcico [$Ca(As_2H_2O_4)$] y el acetoarsenito cúprico ($Cu(COOCH_3)_2$ $3Cu(AsO_2)_2$) son insecticidas. Se utiliza también en la fabricación de pinturas para barcos y submarinos. El arsenito sódico ($NaAsO_2$) se utiliza como herbicida, como inhibidor de la corrosión y como agente de secado en la industria textil. El trisulfuro de arsénico es un componente del cristal de transmisión de infrarrojos y un agente para eliminar el pelo en el curtido de pieles. También se utiliza en la fabricación de material pirotécnico y de semiconductores.

Compuestos inorgánicos pentavalentes:

El ácido arsénico ($H_3AsO_4 \cdot ½H_2O$) se utiliza en la fabricación de arsenatos, de vidrio y en los procesos de tratamiento de la madera. El pentóxido de arsénico (As_2O_5) se utiliza como

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

herbicida y conservante de la madera, así como en la fabricación de vidrio coloreado. El arseniato cálcico ($Ca_3(AsO_4)_2$) se emplea como insecticida.

Compuestos de arsénico orgánico:

El ácido cacodílico ($(CH_3)_2AsOOH$) se utiliza como herbicida y defoliante. El ácido arsanílico ($NH_2C_6H_4AsO(OH)_2$) se utiliza como cebo para saltamontes y como aditivo para piensos animales. En los organismos marinos como los camarones y los peces se encuentran compuestos de arsénico orgánico en concentraciones correspondientes a una concentración de arsénico de 1 a 100 mg/kg. Este arsénico está compuesto principalmente por arsenobetaina y arsenocolina, compuestos de arsénico orgánico de baja toxicidad.

El gas arsina se utiliza en la síntesis orgánica y en el proceso de componentes electrónicos en estado sólido. El gas arsina también se puede generar inadvertidamente en procesos industriales en los que se forma hidrógeno naciente cuando existe arsénico presente. Las arsinas sustituidas son compuestos arsenicales orgánicos trivalentes que, dependiendo del número de grupos alquilos o fenilos que tengan unidos al núcleo de arsénico, se conocen como arsinas mono, bi o trisustituidas. La dicloroetilarsina ($C_2H_5AsCl_2$) o etildicloroarsina es un líquido incoloro de olor irritante. Este compuesto, al igual que el que se indica a continuación, se desarrolló como posible arma química. La dicloro (2-clorovinil-) arsina ($ClCH{:}CHAsCl_2$) o clorovinildicloroarsina (lewisita) es un líquido de color verde oliva con un olor similar al germanio. Se desarrolló asimismo el agente dimercaprol o antilewisita británica (BAL) como un antídoto. La dimetilarsina $(CH_3)_2AsH$ o cacodil hidruro y la trimetilarsina $(CH_3)_3As$) o trimetilarsénico son líquidos incoloros. Estos dos agentes se producen tras la transformación metabólica de los compuestos de arsénico en bacterias y hongos.

Toxicidad:

a) Compuestos de arsénico inorgánico:

Los compuestos de arsénico, y en especial los inorgánicos, se consideran venenos muy potentes. La toxicidad aguda varía notablemente según el compuesto, dependiendo de su valencia y solubilidad en los medios biológicos. Los compuestos trivalentes solubles son los más tóxicos. La captación de compuestos de arsénico inorgánico en el tracto gastrointestinal es casi completa, aunque puede ser más lenta en las formas menos solubles, como el trióxido

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

de arsénico en forma particulada. La captación tras la inhalación es también casi completa, ya que incluso el material menos soluble depositado sobre la mucosa respiratoria se transfiere al tracto gastrointestinal, donde se absorbe. La dermatitis puede surgir como síntoma agudo.

b) Intoxicación aguda:

La exposición a dosis elevadas de compuestos de arsénico inorgánico puede producirse como una mezcla de inhalación e ingestión o como resultado de accidentes en industrias en las que se manejan grandes cantidades de arsénico (trióxido de arsénico). Se han observado síntomas de conjuntivitis, bronquitis y disnea, seguidos por molestias gastrointestinales y vómitos, y posteriormente, síntomas cardíacos y shock irreversible, edema facial y calambres musculares con un curso temporal de horas. En un caso fatal, se describieron niveles de arsénico en sangre superiores a 3 mg/L. La exposición a compuestos de arsénico en el aire (trióxido de arsénico) puede producir síntomas con lesiones agudas en las membranas mucosas del aparato respiratorio y síntomas agudos por exposición cutánea. Los síntomas pueden aparecer unos minutos después de la exposición al tóxico en solución, pero pueden retrasarse varias horas si el compuesto de arsénico se encuentra en estado sólido o si se ha ingerido con una comida. La dosis letal de trióxido de arsénico ingerido oscila entre 70 y 180 mg.

c) Exposición a largo plazo (intoxicación crónica):

La intoxicación crónica con arsénico puede presentarse en personas expuestos durante un tiempo prolongado a concentraciones excesivas de arsénico (principalmente inorgánico) en suspensión aérea. Los rasgos sobresalientes son los efectos sobre la mucosa del tracto respiratorio, problemas gastrointestinales, piel (hiperqueratosis, verrugas y melanosis); sistemas nervioso y circulatorio y al hígado. La ingestión de agua puede dar lugar a trastornos vasculares periféricos con fenómeno de Raynaud y una mayor prevalencia de baja presión sanguínea periférica en condiciones de frío.

Hay mayor frecuencia de cáncer del tracto respiratorio entre los trabajadores empleados en la producción de insecticidas que contienen arsenato de plomo y arsenato cálcico, en los viticultores que utilizan insecticidas que contienen cobre inorgánico y compuestos

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

arsenicales y en los fundidores. (Gough, L. P., Shacklette, H. T., & Case, A. A. 1979), (Nordberg, G., & Nordberg, G. 2013)

d) Compuestos de arsénico orgánico:

Los arsenicales orgánicos, como los que se utilizan en pesticidas y medicamentos, también pueden ser tóxicos, aunque sus efectos adversos no están totalmente documentados en humanos. Se han descrito efectos tóxicos en el sistema nervioso de animales experimentales tras la administración en la alimentación de dosis elevadas de ácido arsanílico, que se utiliza frecuentemente como aditivo en los piensos para aves y porcinos. Los compuestos de arsénico orgánico que se encuentran en alimentos de origen marino, como los camarones, los cangrejos y los peces están en forma de arsinocolina y arsinobetaina. Se sabe que las cantidades de arsénico orgánico presentes en pescados y mariscos pueden consumirse sin efectos nocivos, estos compuestos se excretan rápidamente, principalmente en la orina.

e) Gas arsina y arsinas sustituidas:

La arsina es uno de los agentes hemolíticos más potentes en la industria. Los signos y síntomas de la intoxicación por arsina se relacionan principalmente con la hemólisis, que se desarrolla tras un período de latencia que depende de la intensidad de la exposición. La inhalación de 50 ppm de gas arsina es letal instantáneamente. Los signos y síntomas que se produce, es una hemoglobinuria indolora, trastornos gastrointestinales, como náuseas, vómitos, cólicos y dolor abdominal; ictericia, anuria y oliguria. Pueden existir indicios de depresión de la médula ósea, neuropatía periférica. El gas arsina se metaboliza a arsénico inorgánico en el organismo, los síntomas son similares a los de una exposición prolongada a los compuestos de arsénico inorgánico. Las arsinas sustituidas no producen hemólisis como efecto principal, pero son potentes irritantes locales y pulmonares y venenos sistémicos. El efecto local sobre la piel produce ampollas circunscritas en el caso de la dicloro (2-clorovinil-) arsina (lewisita). Los vapores producen tos espasmódica con esputos densos o con sangre, que progresa como edema pulmonar agudo. El dimercaprol (BAL) es un antídoto eficaz si se administra en las primeras etapas de la intoxicación. El tipo más común de exposición al arsénico es a los compuestos de arsénico inorgánico.

Los valores de arsénico total en la orina proporcionan una información errónea sobre la exposición industrial, pues una sola comida a base de pescado u otros organismos marinos,

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

que contienen cantidades considerables de compuestos arsenicales no tóxicos, puede producir concentraciones muy elevadas de arsénico en la orina durante varios días.

Como tratamiento se puede aplicar la diuresis forzada, el tratamiento con BAL y otros agentes quelantes parece tener un efecto limitado.

Tras una intoxicación por arsénico inorgánico se debe tratar con un agente que forme complejo, el más utilizado es el 2,3-dimercapto-1-propanol o antilewisita británica (BAL, dimercaprol). El tratamiento debe iniciarse en un plazo de 4 horas desde la intoxicación. También pueden utilizarse otros compuestos, como el 2,3-dimercaptopropanosulfonato sódico (DMPS o unitiol) o el ácido meso-2,3 dimercaptosuccínico. Estos compuestos tienen menos probabilidades de producir efectos secundarios y se piensa que son más eficaces que el BAL. En un caso, resultó útil la administración intravenosa de N-acetilcisteina. Otra alternativa es lavado gástrico y la administración por sonda de agentes quelantes o carbón; se puede ayudar a la eliminación del tóxico absorbido mediante hemodiálisis y exanguino-transfusión. (Gough, L. P., Shacklette, H. T., & Case, A. A. 1979), (Nordberg, G., & Nordberg, G. 2013)

4.3. BORO:

En condiciones naturales, la diferencia requerida entre cantidades de boro y cantidades tóxicas es muy pequeño, sólo una pequeña cantidad necesita el suelo, partes por millón. El análisis de boro total en suelo no es muy útil para predecir la toxicidad; el boro puede mantenerse en compuestos insolubles tales como la turmalina, o en residuos orgánicos o sedimentos marinos en los que es más fácil de conseguir. La cantidad de boro extraíbles con agua en el suelo es un buen índice de niveles esenciales o tóxicos (Bradford, 1966a). Trabajos recientes de Kelley y Brown (1928) en California mostró que > 2.3 ppm de boro soluble en agua que están en suelos de huertos de cítricos y nogales fue probablemente el umbral tóxico. Sauchelli (1969) informó que el boro extraíble en el rango de 0.5-1.0 ppm promueve el crecimiento normal de los árboles de la huerta, mientras que los valores por encima de 1.0 ppm son altos y los valores superiores a 2.0 ppm indican una posible toxicidad. La tolerancia de boro varía ampliamente entre especies de plantas; ejemplos de este rango de tolerancia tenemos: el limón es sensible como otros árboles de cítricos, y también el

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

melocotón, la pecana; el frijol es semitolerante así como el tomate, maíz, el trigo y el algodón; la zanahoria es tolerante como la lechuga, cebolla, alfalfa, remolacha, y espárragos. Branson (1976) informó de que, en general, hay tolerancia al boro, como también se midió en extractos saturados de suelo que son 5.0 ppm para una semitolerancia y 10 ppm para los cultivos tolerantes. Las siguientes concentraciones (ppm, materia seca) de boro en tejidos de hojas se consideran excesivos: > 260, el ombligo y naranjas de Valencia (Embleton y otros, 1976); > 80, peras y ciruelas; > 85, las almendras; > 90, los albaricoques; > 100, manzanas y melocotones; > 250, aguacates (Jones y Embleton, 1976); > 300, uvas (Cook y Wheeler, 1976); y > 250, colinabo (Gupta, 1977). (Gough, L. P., Shacklette, H. T., & Case, A. A. 1979), (Nordberg, G., & Nordberg, G. 2013)

Toxicidad:

Debido a la diferencia entre cantidades esenciales y tóxicos es tan pequeño, la mayoría de los casos de toxicidad son causada por cantidades excesivas aplicadas en los fertilizantes. John, Chuah, y Van Laerhoven (1977) encontraron que las concentraciones de boro soluble en agua caliente van desde 16.4 hasta 50.1 ppm (como resultado de la aplicación de 50-100 ppm de boro) en tres diferentes de suelo británico que eran tóxicas para las espinacas y el maíz. Las concentraciones tisulares de boro en estos experimentos variaron desde 348 hasta 409 ppm en las espinacas (materia seca) y de 1.077 a 1.758 ppm en el maíz. Cantidades tóxicas también pueden introducirse en el agua de riego (Kelley y Brown, 1928). Cuando el contenido de boro en agua es 0.15 a 0.30 mg/L o más y 45 cm/ha o más es usado, La deficiencia de boro utilizado es poco probable. Pero si el contenido de boro en el agua es mayor que 1.1 mg/L, algunos cultivos sensibles comenzaran a mostrar síntomas de toxicidad (Bradford, 1966a).

Underwood (1971, p. 434), declaró: "La ingesta de boro por animales de pastoreo deben ser muy variable, dependiendo en el tipo de suelo y de la especie vegetal consumida, porque las concentraciones de boro son influenciadas por la especie y el estado del suelo. Estas tomas invariablemente deben ser mucho mayor, por unidad de peso corporal, que los de los seres humanos que consumen dietas mixtas que contiene una proporción sustancial de los alimentos de origen animal". Los pastos y suelos de solonetz y Solonchak de la estepa en Kulundinsk en Rusia fueron reportados por Plotnikov (1960) para ser tan alto en boro ocasionando trastornos gastrointestinales y pulmonares que ocurrieron en corderos. Además,

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

los suministros de agua inusualmente elevados de boro (0.2 a 2.2 mg/L), lo que probablemente contribuyó a la toxicidad de boro.

Underwood (1971, p. 434) declaró: "El boro en los alimentos, y el boro añadido como borato de sodio o ácido bórico, es rápida y casi completamente absorbida y excretada, en gran parte en la orina. Donde el consumo elevado se produce ya sea accidental o desde el tratamiento de grandes quemaduras con bórico ácido, alta absorción y excreción urinaria similares tienen lugar, pero suficiente de boro puede ser retenido temporalmente en los tejidos, especialmente en el cerebro, para producir efectos tóxicos graves". Bowen (1966) dijo que 4000 mg (borato) es tóxico como un 750 g/día de dieta (peso seco), la duración no fue dado. (Gough, L. P., Shacklette, H. T., & Case, A. A. 1979), (Nordberg, G., & Nordberg, G. 2013)

4.4. CADMIO:

El cadmio es una sustancia natural en la corteza terrestre. Generalmente se encuentra como mineral combinado con otras sustancias tales como oxígeno, (óxido de cadmio), cloro (cloruro de cadmio), o azufre (sulfato de cadmio, sulfuro de cadmio). Todo tipo de terrenos y rocas, incluso minerales de carbón y abonos minerales, contienen algo de cadmio. El cadmio no se oxida fácilmente, y tiene muchos usos incluyendo baterías, pigmentos, revestimientos para metales y plásticos. El cadmio es muy tóxico se acumula en ciertos animales marinos entre ellos los mariscos, pero se conoce muy poco de sus transformaciones ambientales.

Las propiedades químicas y físicas del cadmio (Cd) son muy similares a las del zinc, y con frecuencia coexiste con este metal en la naturaleza. En los minerales y las menas, la proporción de cadmio y zinc suele oscilar entre 1:100 a 1:1.000. El cadmio es muy resistente a la corrosión y se utiliza para su electrodeposición en otros metales, especialmente el acero y el hierro. Los tornillos, las tuercas de seguridad, los pestillos y diversas partes de los aviones y vehículos de motor están tratados con cadmio con el fin de protegerlos de la corrosión. Los compuestos de cadmio se utilizan también como pigmentos y estabilizadores de plásticos. Las baterías pequeñas, portátiles y recargables de cadmio que se utilizan, por ejemplo, en los teléfonos móviles representan un uso del cadmio cada vez mayor. Existen diversas sales de cadmio, la más importante es el estearato de cadmio, que se utiliza como estabilizador térmico en los plásticos de PVC (cloruro de polivinilo). El sulfuro de cadmio

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

y el sulfoseleniuro de cadmio se utilizan como pigmentos amarillo y rojo en plásticos y tintes. El sulfuro de cadmio se utiliza también en células solares y fotográficas. El cloruro de cadmio se emplea como fungicida, componente de los baños galvanoplásticos, colorante en pirotecnia, aditivo en las soluciones de estañado y mordiente en la tinción e impresión de textiles. También se utiliza para la producción de determinadas películas fotográficas, para la fabricación de espejos especiales y para el recubrimiento de tubos electrónicos de vacío.

La absorción gastrointestinal del cadmio ingerido es de un 2 a un 6 % en condiciones normales. Las personas que poseen pocas reservas de hierro en su organismo, lo que se traduce en una baja concentración de ferritina en el suero, pueden presentar una absorción de cadmio mucho mayor, de hasta un 20 % de la dosis administrada. Se pueden absorber cantidades significativas de este metal por vía pulmonar, como consecuencia de la inhalación de humo de tabaco o por la exposición al polvo de cadmio atmosférico. Tras la absorción, ya sea por vía digestiva o respiratoria, el cadmio se transporta al hígado, donde se inicia la producción de una proteína de bajo peso molecular que se une al cadmio, la metalotioneina; esto evita que los iones de cadmio libres ejerzan su efecto tóxico. Los riñones y el hígado presentan las concentraciones de cadmio más elevadas, puesto que contienen cerca del 50 % de la carga corporal de cadmio. La eliminación del cadmio es muy lenta, y por ello se acumula en el organismo, aumentando su concentración con la edad y el tiempo de exposición. (Gough, L. P., Shacklette, H. T., & Case, A. A. 1979), (Nordberg, G., & Nordberg, G. 2013)

Toxicidad aguda:

La inhalación de compuestos de cadmio en concentraciones en el aire superiores a 1 mg Cd/m^3 durante 8 horas o en concentraciones superiores durante períodos más cortos puede producir una neumonitis química y, en los casos graves, edema pulmonar. Generalmente, los síntomas aparecen entre 1 y 8 horas después de la exposición y son similares a los de la gripe o la fiebre por humos de metales. Los síntomas más graves de la neumonitis química y del edema pulmonar pueden tener un período de latencia de hasta 24 horas. Pueden producirse exposiciones a concentraciones de cadmio en la atmósfera durante las operaciones de soldadura, corte al plasma o fundición de aleaciones de cadmio. La ingestión de bebidas contaminadas con cadmio en concentraciones superiores a 15 mg Cd/L produce síntomas de intoxicación alimentaria. Los síntomas son: náuseas, vómitos, dolor abdominal y, en ocasiones, diarrea. Las fuentes de contaminación de los alimentos pueden ser las cacerolas

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

y sartenes recubiertos con esmalte a base de cadmio o soldaduras realizadas con cadmio que se utilizan en las máquinas expendedoras de bebidas calientes y frías.

Toxicidad crónica:

Se han producido casos de intoxicación crónica por cadmio tras exposiciones prolongadas a humos o polvo de óxido de cadmio y a estearatos de cadmio. Los cambios asociados con la intoxicación crónica por cadmio pueden ser locales, en cuyo caso se afectan las vías respiratorias, o sistémicos, debidos a la absorción de cadmio. Asimismo, en los casos de exposición a concentraciones muy elevadas de cadmio, pueden observarse manchas amarillas en los cuellos de las piezas dentarias y pérdida del sentido del olfato (anosmia). El enfisema pulmonar se da desde 0.1 mg/m^3 de cadmio; osteomalacias. Se han descrito casos de exposición excesiva al cadmio en la población general por la ingestión de arroz y otros alimentos contaminados, y posiblemente también de agua contaminada.

Los procesos y las prácticas laborales que pueden liberar humo o polvo de cadmio al aire deben diseñarse sistemas cerrados provistos de extractores. Para el tratamiento de la intoxicación por cadmio, se debe inducir el vómito o realizar un lavado gástrico a las personas que hayan ingerido sales de cadmio; las personas expuestas a una inhalación aguda deberán retirarse del lugar de la exposición y recibir oxígeno en caso necesario. La administración de agentes quelantes como el BAL o el EDTA está contraindicada, pues al combinarse con el cadmio, se convierten en compuestos nefrotóxicos. (Gough, L. P., Shacklette, H. T., & Case, A. A. 1979), (Nordberg, G., & Nordberg, G. 2013)

4.5. CROMO:

El cromo elemental (Cr) no se encuentra como tal en la naturaleza; el único mineral de cromo importante es la espinela, cromita o piedra de cromo hierro, que es cromito ferroso ($FeOCr_2O_3$) y está ampliamente distribuida en la corteza terrestre. Además de ácido crómico, este mineral contiene cantidades variables de otras sustancias. Comercialmente, sólo se emplean los minerales o concentrados que contienen más del 40 % de óxido de cromo (Cr_2O_3). La cromita puede obtenerse de minas subterráneas o a cielo abierto. La aplicación más importante del cromo puro es el cromado de una gran variedad de equipos, como piezas de automóvil y equipos eléctricos. También es ampliamente utilizado en aleaciones con hierro y níquel para formar acero inoxidable, y con níquel, titanio, niobio, cobalto, cobre y

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

otros metales para formar aleaciones con fines específicos. (Gough, L. P., Shacklette, H. T., & Case, A. A. 1979), (Nordberg, G., & Nordberg, G. 2013)

Compuestos de cromo:

El cromo forma diversos compuestos en distintos estados de oxidación. Los más importantes son los estados de valencia II (cromosos), III (crómicos) y VI (cromatos). El estado II es básico, el III es anfótero y el VI es ácido. En las aplicaciones comerciales se utilizan principalmente compuestos de cromo en estado VI y, en algunos casos, en estado III. El estado cromoso (Cr II) es inestable y se oxida rápidamente al estado crómico (Cr III), esta inestabilidad limita el uso de los compuestos cromosos. Los compuestos crómicos son muy estables y forman muchos otros compuestos; los principales son: el óxido crómico y el sulfato básico de cromo. El cromo en estado de oxidación +6 (Cr VI) es el de mayor aplicación industrial por sus propiedades ácidas y oxidantes y su capacidad para formar sales muy coloreadas e insolubles. Los compuestos hexavalentes de cromo (Cr VI) más importantes son: el dicromato sódico, el dicromato potásico y el trióxido de cromo.

Compuestos de cromo III:

El óxido de cromo (Cr_2O_3, u óxido crómico), se obtiene por reducción del dicromato sódico, ya sea con carbón o con azufre. La reducción con azufre se emplea principalmente cuando el óxido crómico se va a utilizar como pigmento. Con fines metalúrgicos se utiliza habitualmente la reducción con carbón. El material comercial suele ser sulfato crómico básico $[Cr(OH)(H_2O)_5]SO_4$, se emplea en el curtido del cuero.

a) Compuestos de cromo VI:

El dicromato sódico puede convertirse en su sal anhidra. Este es el punto de partida para la preparación de compuestos de cromo. El trióxido de cromo o anhidrido crómico, algunas veces denominado “ácido crómico”, aunque el verdadero ácido crómico no puede aislarse de una solución, se obtiene tratando una solución concentrada de un dicromato con un exceso de ácido sulfúrico concentrado. Es un violento oxidante y, en solución, constituye el principal componente del cromado. Los cromatos de bases débiles poseen una solubilidad limitada y tienen una coloración más intensa que los óxidos, por lo que se utilizan como pigmentos. Estos pigmentos no siempre son compuestos puros y pueden contener mezclas de otros materiales para conseguir el tono adecuado. Se elaboran añadiendo dicromato sódico o potásico a una solución de la sal apropiada.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Los compuestos que contienen Cr VI se utilizan en muchos procesos industriales, como en la fabricación de importantes pigmentos inorgánicos como los cromatos de plomo (también utilizados para preparar verdes de cromo), los naranjas de molibdato, el cromato de zinc y el verde de óxido crómico; la conservación de la madera; la fabricación de anticorrosivos; y la fabricación de vidrios y esmaltes de color. Otros usos conocidos de los compuestos químicos de cromo son la estampación de telas, la preparación de numerosos catalizadores importantes que contienen óxido crómico y la producción de coloides dicromados sensibles a la luz para litografías.

Toxicidad:

Los compuestos con cromo en estado de oxidación Cr III son considerablemente menos peligrosos que los compuestos de Cr VI. Los compuestos de Cr III no se absorben fácilmente en el aparato digestivo y pueden combinarse con proteínas de las capas superficiales de la piel, formando complejos estables. En ausencia de una sensibilización previa con compuestos de Cr VI, los compuestos de Cr III no producen ulceraciones ni suelen producir dermatitis alérgicas. Los compuestos de cromo en estado de oxidación Cr VI se absorben rápidamente después de la ingestión o la inhalación. Tratamiento ácido ascórbico. Los efectos irritantes y corrosivos del Cr VI se producen inmediatamente después de la absorción a través de la mucosa, que es muy rápida. Los riesgos industriales típicos son: la inhalación de polvo y humos procedentes de la fabricación del dicromato a partir del mineral de cromita y de la fabricación de cromatos de plomo y zinc; soldadura del acero inoxidable. A concentraciones elevadas (20 a 30 mg/m^3.), se da la aparición de estornudos, rinorrea, lesiones del tabique nasal y enrojecimiento de la garganta.

Se da presencia de úlceras y se deben a la acción corrosiva del Cr VI, que penetra en la piel a través de cortes y abrasiones, la curación es lenta, deja una cicatriz atrófica. Se han descrito fuentes de exposición al Cr VI, como el contacto con cemento, escayola, cuero, material de la industria gráfica, el trabajo de fabricación de cerillas, el curtido de pieles y varios tipos de trabajo con metales. Se ha demostrado que el Cr VI penetra en la piel a través de las glándulas sudoríparas, reduciéndose a Cr III en el corion y esta reacciona con las proteínas, formando complejos antígeno-anticuerpo. Se ha descrito necrosis renal y necrosis hepática difusa.

Los cromatos de zinc y calcio parecen ser los más cancerígenos y se cuentan entre los cancerígenos más potentes en humanos. Los cortes y abrasiones cutáneos, aunque sean pequeños, deben tratarse con un ungüento de EDTA sódico al 10 %. Aunque el EDTA no

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

forma quelatos con los compuestos de Cr VI a temperatura ambiente, reduce rápidamente el Cr VI a Cr III y el exceso de EDTA forma un quelato con el Cr III. De esta forma, se evita tanto la acción irritante y corrosiva directa de los compuestos de Cr VI como la formación de complejos proteína/Cr III. (Gough, L. P., Shacklette, H. T., & Case, A. A. 1979), (Nordberg, G., & Nordberg, G. 2013)

4.6. MANGANESO:

El manganeso (Mn) es uno de los elementos más abundantes de la corteza terrestre. Se encuentra en la tierra, los sedimentos, las rocas, el agua y los productos biológicos. Al menos un centenar de minerales contienen manganeso. Entre los minerales que contienen manganeso, los óxidos, carbonatos y silicatos son las formas más importantes. El manganeso puede presentarse en ocho estados de oxidación diferentes, de los que los más importantes son: +2, +3 y +7. El dióxido de manganeso (MnO_2) es el óxido más estable. El manganeso forma diversos compuestos organometálicos. El de mayor interés práctico es el metilciclopentadienil manganeso tricarbonilo $CH_3C_5H_4Mn(CO)_3$, (MMT). La fuente comercial más importante de manganeso es el dióxido de manganeso (MnO_2), que se encuentra naturalmente en depósitos sedimentarios de pirolusita. También existen otros dos tipos de depósitos: las acumulaciones de carbonatos, que suelen estar compuestas por rodocrosita ($MnCO_3$), y los depósitos estratiformes. El manganeso se utiliza en la producción del acero como reactivo para reducir el oxígeno y el azufre, y como agente de aleación para la fabricación de aceros especiales, aluminio y cobre. En la industria química se utiliza como agente oxidante y para la producción de permanganato de potasio y otros productos químicos derivados del manganeso. Además, se utiliza como recubrimiento de electrodos en varillas de soldadura, en los trituradores de rocas y en las agujas y cambios de vía de los ferrocarriles. También se emplea en la fabricación de cerámica, cerillas, vidrio y tintes. Algunas sales de manganeso se utilizan como fertilizantes y como secantes para el aceite de linaza, en la fabricación de vidrio, como decolorantes de textiles y en el curtido de pieles. El MMT se ha utilizado como aditivo del fuel-oil, como inhibidor de humos y como antidetonante en gasolinas.

El manganeso se absorbe principalmente por inhalación. El dióxido de manganeso y otros compuestos de manganeso utilizados o producidos como subproductos volátiles del proceso de refinado del metal son insolubles en agua. Por este motivo, sólo llegan al torrente

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

sanguíneo las partículas suficientemente pequeñas para alcanzar el alvéolo pulmonar. El manganeso también puede llegar al aparato digestivo a través de los alimentos o del agua contaminada. Tras su inhalación o tras administración parenteral u oral, el manganeso absorbido se elimina rápidamente de la sangre y se distribuye principalmente en el hígado. El exceso de metal se puede distribuir en otros tejidos, como los riñones, el intestino delgado, las glándulas endocrinas y los huesos. El manganeso se acumula en los tejidos ricos en mitocondrias y atraviesa las barreras hematoencefálica y placentaria. También se han observado concentraciones más elevadas de manganeso en la retina, la conjuntiva pigmentada y la piel morena, el pelo negro. En la sangre, el manganeso se encuentra unido a las proteínas. El compuesto orgánico MMT se metaboliza rápidamente en el organismo, con una distribución aparentemente similar a la que se observa tras la exposición al manganeso inorgánico. La bilis constituye la principal vía de excreción del manganeso, por lo que se elimina casi completamente en las heces. Tras la exposición al compuesto orgánico MMT, la excreción del manganeso se produce mayoritariamente por la orina. El manganeso, como parte de una metaloproteína de algunos complejos enzimáticos, es un elemento esencial para el hombre.

Se han producido intoxicaciones por manganeso en la minería, durante el proceso de minerales de manganeso, en la producción de aleaciones de manganeso y en la fabricación de pilas secas, electrodos para soldadura, barnices y baldosas cerámicas. Cuanto menos oxidado esté el compuesto, mayor será su toxicidad. (Gough, L. P., Shacklette, H. T., & Case, A. A. 1979), (Nordberg, G., & Nordberg, G. 2013)

Intoxicación crónica por Manganeso (Manganismo):

La intoxicación crónica por manganeso puede tener manifestaciones nerviosas (dificultad para caminar) o pulmonares, alteraciones de la frecuencia cardíaca. Los informes de "neumoconiosis por manganeso" son muy discutidos debido al alto contenido en sílice de las rocas en los lugares de exposición. Por su carácter epidémico y su gravedad, la enfermedad podría ser una neumopatía viral atípica. Estas neumonías mangánicas responden bien a los antibióticos.

La función suprarrenal también está afectada. No existen signos de hepatomegalia ni esplenomegalia; sin embargo, la acumulación de manganeso en el hígado puede producir lesiones metabólicas que parecen relacionarse con el estado endocrino del paciente. Puede ser difícil distinguir entre la intoxicación por manganeso y otras enfermedades, como la

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

sífilis nerviosa, la enfermedad de Parkinson, la esclerosis múltiple, la enfermedad de Wilson, la cirrosis hepática y la enfermedad de Westphal-Strümpell (pseudoesclerosis).

La prevención de la intoxicación por manganeso consiste básicamente en suprimir los polvos y humos de este metal. En las minas, se debe sustituir el barrenado en seco por métodos de perforación en húmedo. Las pegas con explosivos se realizarán al final de la jornada laboral, para poder ventilar la zona. Otra fuente potencial de exposición es la contaminación de los alimentos y el agua potable, así como los hábitos de alimentación.

El manganeso puede determinarse en sangre, orina, heces y pelo. La ingesta diaria de manganeso a partir de la dieta varía considerablemente dependiendo de la cantidad de cereales integrales, nueces, verduras de hoja y té que se consuman, por su contenido relativamente alto de manganeso, e influye en el contenido normal de manganeso de los medios biológicos. El contenido de manganeso en el cabello suele ser inferior a 4 mg/kg. (Gough, L. P., Shacklette, H. T., & Case, A. A. 1979), (Nordberg, G., & Nordberg, G. 2013)

4.7. MERCURIO:

Mercurio inorgánico:

El mercurio se combina rápidamente con el azufre y los halógenos a temperatura normal y forma amalgamas con todos los metales excepto el Fe, Ni, Cd, Al, Cu y Pt. Reacciona exotérmicamente con los metales alcalinos, es atacado por el ácido nítrico, pero no por el clorhídrico y, cuando se calienta, se combina con el ácido sulfúrico. El mercurio inorgánico se encuentra en la naturaleza en forma de sulfuro (HgS), como mineral de cinabrio, que tiene un contenido medio de mercurio del 0.1 al 4 %. También se encuentra en la corteza terrestre en forma de geodas de mercurio líquido (Almadén) y como esquistos y pizarras impregnadas.

El mineral de mercurio se extrae por minería subterránea, y el mercurio metálico se separa del mineral mediante calentamiento en un horno rotatorio o de cuba o por reducción con óxido de hierro o calcio. Los usos más importantes del mercurio metálico y sus compuestos inorgánicos son: el tratamiento de los minerales de plata y oro, la fabricación de amalgamas, la fabricación y reparación de aparatos de medición o de laboratorio, la fabricación de bombillas eléctricas incandescentes, tubos con vapor de mercurio, válvulas de radio, tubos de rayos X, interruptores, baterías, rectificadores, etc.; como catalizador para la producción de cloro y álcalis y en la producción de ácido acético y acetaldehído a partir de acetileno; en

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

la investigación en laboratorios químicos, físicos y biológicos; en la electrodeposición del oro, la plata, el bronce y el estaño; en el curtido y tratamiento flexibilizante de las pieles; en la taxidermia; en la fabricación de tejidos; en la fotografía y el fotograbado; en las pinturas y pigmentos a base de mercurio; y en la fabricación de seda artificial. Algunas de estas aplicaciones han caído en desuso debido a los efectos tóxicos de la exposición al mercurio para los trabajadores. (Gough, L. P., Shacklette, H. T., & Case, A. A. 1979), (Nordberg, G., & Nordberg, G. 2013)

Compuestos orgánicos de Mercurio:

Son aquellos en que el mercurio está unido directamente a un átomo de carbono. Las uniones entre el carbono y el mercurio tienen una amplia gama de estabilidades. En general, la unión carbono-mercurio en los compuestos alifáticos es más estable que en los aromáticos. Se han sintetizado más de 400 compuestos fenilomercuriales y al menos un número igual de alquilos de mercurio. Los tres grupos más importantes, de uso común, son los alquilos, los hidrocarburos aromáticos o arilos y los alcoxialquilos. Como ejemplos de los arilos mercúricos pueden citarse el acetato fenilmercúrico (PMA), el nitrato, el oleato, el propionato y el benzoato.

Los principales usos de los compuestos orgánicos de mercurio dependen de su actividad biológica. En la práctica médica, los compuestos de mercurio se utilizan como antisépticos, germicidas, diuréticos y anticonceptivos; en el campo de los pesticidas, como algicidas, fungicidas, herbicidas y limocidas y, en otros campos, como conservadores de pinturas, ceras y pastas; se emplean para suprimir el mildiu, en pinturas anti-incrustantes, en pinturas al látex y en el tratamiento antimoho de tejidos, papel, corcho y madera para su uso en climas húmedos; en la industria química, actúan de catalizadores en diversas reacciones y los alquilos de mercurio se utilizan como agentes alquilantes en síntesis orgánicas.

La absorción puede producirse por inhalación de aerosoles que contengan PMA, a través de la piel o por ingestión. La solubilidad del compuesto de mercurio y el tamaño de las partículas en aerosol son los factores que determinan el grado de absorción. El fenilmercurio se acumula en el hígado y allí se descompone en mercurio inorgánico; y se acumula en el riñón. Puede producirse una exposición durante la manipulación de productos tratados con fungicidas que contengan estos compuestos. En caso de contaminación cutánea con soluciones concentradas de compuestos fenilmercúricos pueden aparecer quemaduras de tipo químico con vesiculación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Compuestos alquilmercúricos; los de cadena corta, como el metilmercurio y el etilmercurio, se han utilizado mucho para erradicar malezas y han ocasionado varias muertes. El cloruro metilmercúrico forma cristales blancos de un olor característico, mientras que el cloruro etilmercúrico (cloroetilmercurio) se presenta en escamas blancas. En un 80 % de los casos, los compuestos volátiles de metilmercurio, como el cloruro de metilmercurio, se absorben debido a la inhalación de vapores. Más del 95 % de los compuestos alquílicos de mercurio de cadena corta se absorben por vía digestiva, aunque su absorción a través de la piel también puede ser importante, dependiendo de su solubilidad y concentración y del estado de la piel. El metilmercurio se concentra en el sistema nervioso central, especialmente en la sustancia gris. En las mujeres embarazadas, el metilmercurio atraviesa la barrera placentaria y llega al feto, acumulándose principalmente en el cerebro fetal.

Los compuestos alcoxialquílicos utilizados con más frecuencia son las sales metoxietilmercúricas, como el acetato de metoxietilmercurio, que ha reemplazado a los compuestos alquílicos de cadena corta para el tratamiento de la maleza. Los compuestos alcoxialquílicos se absorben por inhalación y por ingestión con más eficacia que las sales inorgánicas de mercurio. La excreción se efectúa a través del tracto intestinal y los riñones. El acetato de metoxietilmercurio tiene una acción vesicante cuando se aplica sobre la piel en soluciones concentradas. La inhalación de polvo de las sales de metoxietilmercurio puede causar lesiones pulmonares y lesiones renales.

Toxicidad: Mercurio inorgánico y metálico:

La inhalación de vapor es la principal vía de entrada de mercurio metálico al organismo, se absorbe por los pulmones (a nivel alveolar), se deposita en los riñones y el encéfalo. La absorción de mercurio metálico a través del aparato digestivo es despreciable. También es posible la penetración subcutánea accidental de mercurio metálico, por ejemplo, por la ruptura de un termómetro. Las principales vías de entrada de los compuestos inorgánicos de mercurio (sales mercuriales) son los pulmones (atomización de las sales de mercurio) y el tracto gastrointestinal, se deposita principalmente en los riñones. Una vez en el organismo, el mercurio metálico permanece como tal durante un corto espacio de tiempo, lo que explica su capacidad de atravesar la barrera hematoencefálica. En la sangre y los tejidos, el mercurio metálico se oxida rápidamente para formar iones mercurio $Hg^{2+,}$ que se fijan a las proteínas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

a) Intoxicación aguda:

Los síntomas de una intoxicación aguda son, la irritación pulmonar, se afecta la función renal. Casi siempre, la intoxicación se debe a la ingestión accidental o voluntaria de sales de mercurio, lo que produce una grave inflamación del tracto gastrointestinal. También se ha descrito un estado de "micromercurialismo", que se caracteriza por una neurosis funcional (histeria y neurastenia frecuente y formas mixtas), labilidad cardiovascular y neurosis secretora del estómago.

También se da temblor fino en los movimientos voluntarios, que recuerda al de las personas que padecen esclerosis múltiple y parkinsonismo con temblor en reposo y pérdida de las funciones motoras. La pérdida de memoria es uno de los síntomas precoces, y la demencia uno de los terminales. Los ojos pueden mostrar un cuadro de "mercurialentis", que se caracteriza por una decoloración de color gris rojizo claro a oscuro de la cápsula anterior del cristalino debida al depósito de partículas finas de mercurio.

b) Exposición crónica:

La intoxicación crónica por mercurio suele comenzar de forma insidiosa, lo que dificulta su detección precoz. El órgano diana principal es el sistema nervioso. Los síntomas precoces más importantes son los mencionados anteriormente. La intoxicación crónica va acompañada de una anemia leve, como resultado de la irritación de la médula ósea.

Como medidas de seguridad a tomar, en las minas, se deben aplicar técnicas de picado en húmedo. La ventilación es la principal medida de seguridad. En la industria el mercurio se manipulará en sistemas herméticamente cerrados y se exigirán medidas de higiene estrictas. (Gough, L. P., Shacklette, H. T., & Case, A. A. 1979), (Nordberg, G., & Nordberg, G. 2013)

4.8. PLOMO:

El plomo es un metal gris azulino que ocurre en forma natural en pequeñas cantidades en la corteza terrestre. La mayor parte proviene de actividades como la minería, la producción de materiales industriales y de quemar combustibles fósiles. Se usa en la fabricación de baterías municiones, productos metálicos (soldaduras y cañerías) y en dispositivos para evitar irradiación con rayos X. El plomo se encuentra en la naturaleza muy raramente en estado puro, generalmente se halla combinado formando galena (PbS), celusita ($PbCO_3$) y anglesita

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

($PbSO_4$). Es constituyente natural de aguas, suelos, vegetación, y aire y como tal existe en cierto grado en los tejidos humanos.

La galena es el mineral más rico y constituye la fuente principal de producción comercial de este metal. Otros minerales de plomo son la corcoita (cromato), la wulfenita (molibdato), la piromorfita (fosfato), la mutlockita (cloruro) y la vanadinita (vanadato). Los minerales de plomo se separan de la ganga y de otros elementos del mineral mediante el triturado en seco, la molturación en húmedo (para obtener una pasta), la clasificación gravimétrica y la flotación; y una serie de etapas. El plomo metálico se utiliza en forma de planchas o tubos cuando se requiere una gran maleabilidad y resistencia a la corrosión, como en la industria química o en la construcción. También se utiliza para el revestimiento de cables, como componente de soldadura y como empaste en la industria automovilística. Es un material excelente como protector de radiaciones ionizantes. El plomo se encuentra en una gran variedad de aleaciones y sus compuestos se preparan y utilizan en grandes cantidades en numerosas industrias. Los óxidos de plomo se utilizan en las placas de las baterías eléctricas y los acumuladores (PbO y Pb_3O_4), como agentes de mezcla en la fabricación de caucho (PbO) y en la fabricación de pinturas (Pb_3O_4) y como componentes de barnices, esmaltes y vidrios. Las sales de plomo constituyen la base de muchas pinturas y pigmentos: el carbonato y el sulfato de plomo se utilizan como pigmentos blancos y los cromatos de plomo sirven para obtener amarillo, naranja, rojo y verde de cromo. El arseniato de plomo es un insecticida; el sulfato de plomo se utiliza en mezclas de caucho; el acetato de plomo tiene usos importantes en la industria química; el naftenato de plomo es un agente secante muy utilizado y el plomo tetraetilo se utiliza como agente antidetonante para la gasolina en aquellos países en que la legislación aún lo permite. Al plomo se le pueden añadir Sb, As, Sn y Bi; para mejorar sus propiedades mecánicas o químicas y, a su vez, el plomo puede añadirse a otras aleaciones, como el latón, el bronce o el acero con el fin de lograr determinadas características.

Los compuestos más comunes son el monóxido (PbO), el dióxido (PbO_2), el tetróxido (Pb_3O_4), el sesquióxido (Pb_2O_3), el carbonato, el sulfato, los cromatos, el arseniato, el cloruro, el silicato y la azida de plomo. La concentración máxima de compuestos de plomo orgánico (alquilos) en las gasolinas está sujeta a restricciones legales en muchos países y a limitaciones de los fabricantes con apoyo gubernamental en otros. En muchas jurisdicciones se ha prohibido su uso por completo. (Gough, L. P., Shacklette, H. T., & Case, A. A. 1979), (Nordberg, G., & Nordberg, G. 2013)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Toxicidad:

El consumo industrial de plomo va en aumento y los consumidores tradicionales se han ido reemplazando por nuevos usuarios, como la industria del plástico. En la minería del plomo se produce una absorción considerable de este elemento a través del aparato digestivo; el grado de riesgo en esta industria depende, en parte, de la solubilidad de los minerales que se manipulen. El sulfuro de plomo (PbS) en la galena es insoluble y su absorción por vía pulmonar es limitada; sin embargo, en el estómago, parte del sulfuro de plomo puede convertirse en cloruro de plomo ligeramente soluble y llegar a absorberse en cantidades moderadas. En las fundiciones de plomo, los riesgos son los derivados del polvo de plomo que se produce durante las operaciones de triturado y molienda en seco y los humos y óxidos de plomo que se liberan durante la sintetización, la reducción en hornos altos y el refinado. Las planchas y conducciones de plomo se utilizan para la fabricación de equipos de almacenamiento y manipulación de ácido sulfúrico. Los riesgos del trabajo con plomo aumentan en función de la temperatura, inferiores a 500 °C, como ocurre en las operaciones de soldadura, el riesgo de exposición a humos es mucho menor que en la soldadura con plomo. El recubrimiento por rociado de metales con plomo fundido es muy peligroso, pues genera polvo y humos a temperaturas elevadas. Cuando el plomo metálico se calienta a una temperatura de 550 °C, se producen vapores de plomo que se oxidan. Tetróxido de plomo.

La exposición doméstica se produce por la ingestión de pinturas con aditivos de plomo, el empleo de cañerías con plomo o por ingesta de alimentos ácidos (jugo de frutas y vegetales) que liberan dióxido de plomo de los esmaltes de recipientes de cerámica. Los cigarrillos, juguetes para niños, loncheras de vinilo y joyería son otra fuente de exposición.

En la industria, la principal vía de entrada es el aparato respiratorio, Pb en micras. Los gases de escape de los motores de gasolina producen partículas de cloruro y bromuro de plomo de 1 micra de diámetro.

En el organismo humano, el plomo inorgánico no se metaboliza, sino que se absorbe, se distribuye y se excreta directamente. La velocidad a la que se absorbe el plomo depende de su forma química y física y de las características fisiológicas de la persona expuesta (edad y estado nutricional). Se incrementa significativamente en condiciones de ayuno y en casos de déficit de hierro o calcio. Una vez en la sangre, el plomo se distribuye en tres compartimentos: la sangre, los tejidos blandos (riñón, médula ósea, hígado y cerebro) y el tejido mineralizado (huesos y dientes). Para que se desarrolle una intoxicación por plomo,

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

no es necesaria una exposición aguda importante. El organismo acumula este metal durante toda la vida y lo libera lentamente, por lo que incluso dosis pequeñas pueden producir, con el transcurso del tiempo, una intoxicación por plomo, pues de la carga corporal total de plomo depende el riesgo de efectos adversos.

El plomo interfiere con la función celular normal y con varios procesos fisiológicos, entre ellos tenemos:

Efectos neurológicos, niños en edad escolar que presentan niveles elevados de plomo en los dientes, Los adultos también presentan efectos sobre el SNC que se manifiestan en cambios de conducta sutiles, fatiga y problemas de concentración.

Efectos hematológicos, El plomo inhibe la capacidad del organismo para producir hemoglobina al interferir con varios pasos enzimáticos en la vía metabólica del grupo hemo. En la intoxicación crónica, el plomo induce anemia y se manifiesta cuando los niveles de plomo en sangre permanecen significativamente altos durante períodos prolongados.

Efectos endocrinos, en el sistema endocrino la vitamina D es responsable en gran parte del mantenimiento de la homeostasis de calcio intra y extracelular, es probable que el plomo impida el crecimiento y la maduración celular y el desarrollo de huesos y dientes.

Efectos renales, un efecto directo es la nefropatía, la hipertensión, gota; como resultado de la hiperuricemia inducida por el plomo. Los depósitos maternos de plomo atraviesan rápidamente la barrera placentaria y representan un riesgo para el feto, se da un mayor número de nacimientos prematuros.

La Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) ha clasificado al plomo inorgánico y los compuestos de plomo inorgánico en el Grupo 2B como posibles cancerígenos para el hombre. Se ha descrito que las sales solubles, como el acetato y el fosfato de plomo, producen tumores renales en ratas.

Intoxicación por plomo orgánico:

La absorción de una cantidad suficiente de tetraetilplomo, produce una intoxicación aguda del SNC. Las manifestaciones más leves son insomnio, laxitud y excitación nerviosa, que se manifiesta como sueños muy vívidos y estados de ansiedad similares al despertar de un sueño, asociados con temblor, reflejos acusados, contracciones musculares espasmódicas, bradicardia, hipotensión vascular e hipotermia. Las respuestas más graves incluyen

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

episodios recurrentes de desorientación completa con alucinaciones, contorsiones faciales y actividad muscular somática general intenso con resistencia a la restricción física. Estos episodios pueden transformarse abruptamente en crisis maníacas o convulsiones violentas con posible final en coma o la muerte. Las propiedades tóxicas de los compuestos de plomo orgánico y su facilidad de absorción hacen que sea indispensable evitar el contacto de la piel de los trabajadores con estos compuestos, ya sea solos o en mezclas concentradas, como las formulaciones comerciales, la gasolina u otros solventes orgánicos. (Gough, L. P., Shacklette, H. T., & Case, A. A. 1979), (Nordberg, G., & Nordberg, G. 2013)

5. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y CARACTERÍSTICAS DE LOS RÍOS EN ESTUDIO:

5.1. RÍO OCOÑA:

Ubicación:

Políticamente, la cuenca del río Ocoña forma parte de las provincias de Camaná, Condesuyos y la Unión en el departamento de Arequipa, y la provincia de Parinacochas en el departamento de Ayacucho. La cuenca del río Ocoña abarca un área de 15,667.2 Km, incluyendo el área de la cuenca de la laguna Parinacochas. La cuenca limita por el Norte, con la del río Apurimac; por el Este, con la del río Camaná-Majes; por el sur, con el Océano Pacífico; y por el Oeste, con las de los ríos Caravelí, Cháparra y Yauca. Sus puntos extremos se encuentran comprendidos entre los paralelos 14 30´ 15´´ a 16 25´20´´ de latitud Sur y los meridianos 72 17´25´´ a 73 48´00´´ de longitud Oeste.

Altitudinalmente, se extiende desde el nivel del mar hasta la línea de cumbres que constituye la divisoria de las aguas entre las cuencas de los ríos Ocoña y Apurimac, a una altitud aproximada de 4,350 msnm. (INRENA. 2007)

El escurrimiento superficial del río Ocoña se origina de las precipitaciones que ocurren en su cuenca alta y con gran incidencia de los deshielos de los nevados, cuyos aportes contribuyen a mantener un caudal relativamente elevado en época de estiaje, ello hace del río Ocoña uno de los más regulares de nuestra Costa, satisfaciendo halagadamente los requerimientos de su reducido valle agrícola. (INRENA. 2007)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El río Ocoña no cuenta con una sección de control convenientemente acondicionado para medir el caudal descargado; recién a partir del año 1968 se comenzó a utilizar la sección determinada por el puente de la carretera Panamericana, para estimar el gasto el gasto que pasa por ese punto, aunque mediante estimaciones visuales. Sin embargo, de acuerdo al estudio que realizó la ONERN "Inventario y Evaluación Nacional de Aguas Superficiales" determinó el caudal medio anual en su desembocadura de 66.59 m^3/seg equivalente a un volumen anual de 2,099´982,240 m^3. El curso del río Ocoña es algo sinuoso, el relieve general de la cuenca es el que caracteriza a prácticamente todos los ríos de la Costa; es decir, el de una hoya hidrográfica escarpada y alargada, de fondo profundo y quebrado y con fuertes pendientes. (INRENA. 2007)

Geología:

Constituye una gran cuenca de sedimentación, las rocas que afloran en la región son sedimentarias (calizas, lutitas, areniscas y conglomeradas) metamórficas (esquistos micáceos, gneis, cuarcitas, etc) e ígneas (granito, grano diorita, derrames andesíticos, tufos, etc.). Han sido identificados depósitos muy variados, destacándose materiales de ornamentación, rocas granitoides, tufos volcánicos rosado y blanco, materiales de construcción, sal gema, etc (INRENA. 2007)

Minería:

En cuanto al uso actual del agua de la Cuenca del Río Ocoña es agrícola, poblacional, minero y pecuario. Siendo el agrícola de uso mayor del total. Uso Minero, existen tres plantas de beneficio que realizan labores de concentración y cianuración, y que tratan minerales como oro, plata, cobre, etc. El mineral tratado anualmente corresponde a 89,070 TM; las cuales hacen un consumo de 514 miles de m^3. Las minas de Ocoña hacen uso de 81.24 % del uso total de la cuenca. (INRENA. 2007)

Vertimientos:

La calidad de las aguas superficiales viene siendo alterada por los vertimientos de desagües de algunas actividades. Las principales fuentes de contaminación de las aguas son las plantas de beneficio, ubicadas sobre la cabecera del valle y los campos agrícolas en el que se utilizan pesticidas (insecticidas fosforados, clorados y carbonatos y entre los fungicidas las elaboradas a base de zinc, cobre y azufre) y fertilizantes. Los desagües domésticos que se vierten al río Ocoña provienen principalmente de las poblaciones concentradas en ciudades,

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ejm. Cotahuasi que alberga la mayor población en la cuenca alta y Ocoña en el valle. (INRENA. 2007)

Los vertimientos mineros provienen principalmente de las plantas de beneficio que están instaladas cerca de los poblados de Urasqui e Iquipi que corresponde a la Cia Minera Pasco y Minas Ocoña correspondiente. Únicamente se conoce que la segunda vierte al río Ocoña 504, 000 m^3 por año, no se dispone de información sobre reactivos usados.

En la siguiente figura, Fig. 1 se aprecia la Cuenca del Río Ocoña donde se aprecia quebradas, ríos, unión de los ríos principales para formar el río Ocoña.

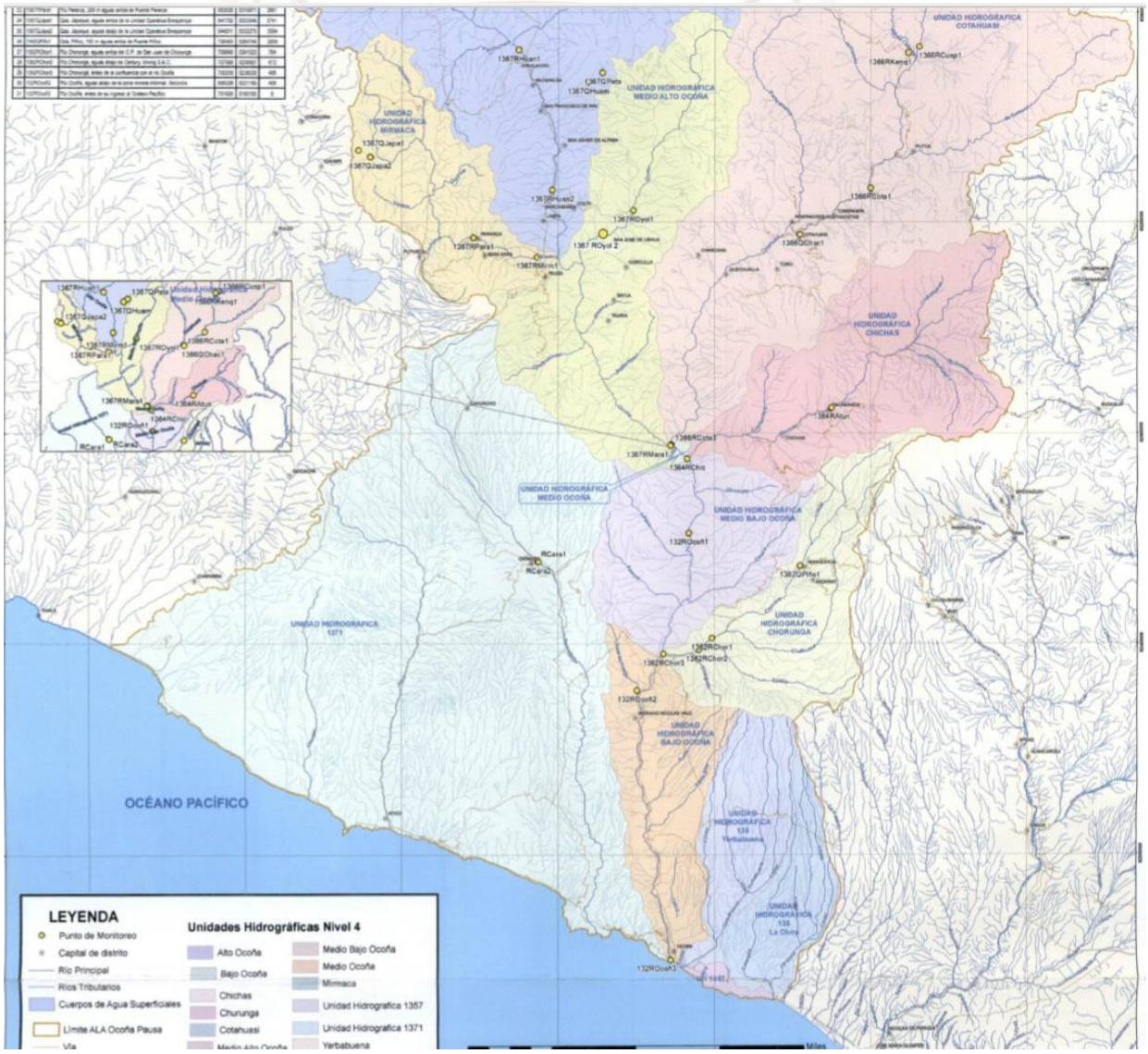


Fig. 1 Cuenca del Río Ocoña.

Fuente: ANA (2016)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.2. RÍO MAJES:

Ubicación:

Políticamente, la cuenca del río Camaná – Majes (Colca) forma parte de las provincias de Arequipa, Camaná, Castilla, Caylloma y Condesuyos en el departamento de Arequipa, y la provincia de Espinar en el departamento de Cuzco. (INRENA. 2007)

Geográficamente, la cuenca del río Camaná - Majes limita, por el Norte con las cuencas de los ríos Apurímac y Ocoña; por el sur, con la cuenca del río Quilca y el Océano Pacífico, por el Este, con las cuencas de los ríos Tambo y Apurímac y por el Oeste, con la cuenca del río Ocoña.

La cuenca del río Camaná – Majes tiene una extensión de 17,435 km^2 de la cual 12,493 km^2 corresponde a la cuenca húmeda, denominada así por encontrarse por encima de los 2,800 msnm. Tiene una forma ensanchada en su sector superior y alargada en su sector inferior, esta cuenca como la mayoría de los ríos de la Costa es de fondo profundo y quebrado y de fuertes pendientes, encontrándose limitada por cadenas de cerros que, en dirección de Océano Pacífico, muestran un descenso sostenido y rápido del nivel de cumbres. (INRENA. 2007)

Geología:

Desde el punto de vista geológico la zona estudiada se encuentra formada por un variado conjunto de rocas sedimentarias, metamórficas e ígneas extrusivas e intrusivas. Las rocas sedimentarias están representadas principalmente por areniscas, lutitas, caliza y conglomerados. Las rocas metamórficas más comunes son las cuarcitas, gneis y migmatitas. Las rocas ígneas extrusivas comprenden derrames andesíticos, aglomerados, tufos y cenizas volcánicas.

En lo concerniente a recursos minerales metálicos, existen tres áreas mineralizadas: Arcata, Orcopampa y Madrigal. En términos generales de depósitos de minerales son del tipo relleno de fracturas y se les considera originados por soluciones hidrotermales. La mineralización está representada por especies minerales de plata (piragirita, blenda y galena argentíferas), de cobre (calcopirita, tetraedrita, etc) y de antimonio (estibina).

En la cuenca del río se ha identificado depósitos no metálicos variados destacando entre ellos los materiales de ornamentación, materiales de construcción, calizas, yeso, sal gema y nitratos. (INRENA. 2007)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Minería:

El uso del agua en la cuenca del río Camaná – Majes comprende a los usos: agrícola, poblacional, minero y pecuario, en orden de cantidad de consumo. (INRENA. 2007)

Las plantas de beneficio de minerales son los usuarios más significativos del recurso agua, dentro del sector minero. En la cuenca del río Camaná – Majes estas asientan en la cuenca alta y se dedican principalmente a labores de concentración, tratando minerales de plata, oro, cobre, plomo y zinc. De las plantas de beneficio que operan en la zona la de Madrigal es la de mayor consumo. El promedio de mineral tratado anualmente es de 448,390 TM, con un consumo del recurso de 1,774 miles de m^3, correspondiéndole a la planta de Madrigal el 79.42 % del uso minero total del agua. (INRENA. 2007)

Vertimientos:

Las aguas naturales reciben el aporte de una serie de vertimientos, los que son portadores de sustancias potencialmente impropias para la utilización del recurso por los diferentes tipos de uso. Los vertimientos pueden provenir del desarrollo de actividades económicas (agricultura, ganadería, tratamiento de minerales, piscicultura, etc) o del desagüe doméstico. (INRENA. 2007)

El empleo de fertilizantes está bastante difundido en este valle, donde usan en mayor cantidad abonos nitrogenados, prescindiendo de los fosforados, potásicos y de la incorporación de materia orgánica; también es bastante usado la urea, sulfato de amonio, nitrato de amonio entre otros. En cuanto a los insecticidas son a base de radicales fosforados, clorados, carbamato y arsenicales. Los fungicidas más comúnmente usados son a base de azufre, zinc, manganeso y cobre. (INRENA. 2007)

En el sector minero, revisten especial importancia las concentradoras de minerales, dentro de éstas cabe destacar a la Cía Minera Buenaventura en Orcopampa, Cía Minera El Madrigal en Madrigal y la Mina Arcata en Carayani. Los reactivos usados por dichos centros son el sulfato de cobre, cal, xantato, entre otros obteniéndose como productos finales para los tres centros mineros a los siguientes: Pb, Zn, Cu, Ag y Pb-Ag-Au, respectivamente. Los volúmenes de relaves vertidos anualmente, en el mismo orden, por dichas concentradoras son 428, 1764 y 506.4 miles de m^3.

En la Figura 2 se observa la Cuenca del Río Camaná – Majes.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

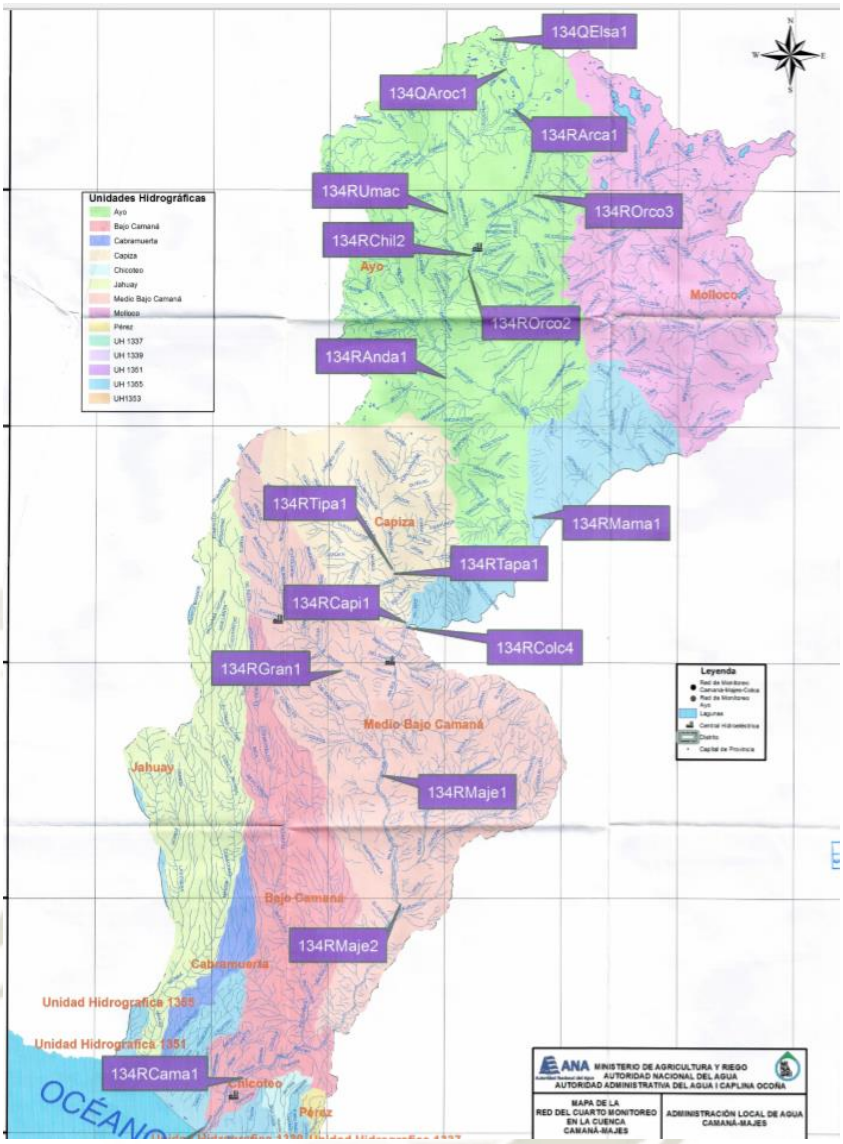


Fig. 2 Cuenca del Río Camaná – Majes.

Fuente: ANA (2015)

5.3. RÍO TAMBO:

Ubicación:

Políticamente, la cuenca del río Tambo forma parte de la provincia de Islay del departamento de Moquegua y la provincia de Puno del departamento de Puno.

Geográficamente, la cuenca limita por el Norte, con las cuencas de los ríos Quila, Coata, por el Este, con la cuenca del río Ilave, por el Sur, con la cuenca del río Osmore y por el Oeste, con el Océano Pacífico. (INRENA. 2007)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El escurrimiento superficial del rio Tambo se origina en las precipitaciones que ocurren en su cuenca alta, las cuales se presentan concentradas durante los meses de diciembre a marzo; el deshielo de los nevados ubicados dentro de la cuenca tiene muy poca incidencia en el escurrimiento ya que son bastante escasos. (INRENA. 2007)

La cuenca del río Tambo cuenta con una longitud máxima de recorrido, desde su naciente hasta su desembocadura, de 289 km., presentando una pendiente promedio de 1.4 %, la cual se hace más acentuada en los sectores altos del rio Tambo (1.93 %) y del río Colaraque (1.91 %). La forma general de la cuenca es la que caracteriza prácticamente a todos los ríos de la costa, es decir, el de una hoya hidrográfica alargada de fondo profundo y quebrado, presentando un relieve escarpado y en partes abrupto, cortada por quebradas profundas, de regular pendiente y estrechas gargantas. (INRENA. 2007)

Geología:

Constituye una gran cuenca de sedimentación, ha condicionado deposición de sedimentos de facies tanto marina como continental. Las rocas que afloran en la región son sedimentarias (calizas, areniscas, lutitas, conglomerados, sedimentos finos con materiales volcánicos), metamórficas (cuarcitas, mármoles, gneis y esquistos micáceos) e ígneas (intrusiones de composición granitoide de tipo batolítico e intrusiones menores), como por efusiones volcánicas que cubren parcial o totalmente estructuras y rocas más antiguas. La mineralización está representada por especies minerales de cobre (chalcosita, bornita, brochantita, etc.) y de plomo-plata (plata nativa, galena, tetradrita, etc). (INRENA. 2007)

Minería:

Uso actual del agua, el usuario mayor de la cuenca en lo que se refiere al recurso hídrico es el agrícola con el 98.7 % de uso total considerado, cuya cobertura abarca a los usos agrícola, poblacional, industrial y pecuario. El uso minero, cuya presencia si se manifiesta en cuencas vecinas en este caso tiene notoriedad y que actualmente está en controversia. El sector agrícola es el usuario mayor de la cuenca del río Tambo. (INRENA. 2007)

Vertimientos:

Existen vertimientos agrícolas, urbanos, mineros, industriales, siendo, los principales. Las actividades mineras contaminan las aguas por medio de los relaves procedentes de las plantas de beneficio y en menor medida por las empresas mineras instaladas con fines de extracción; las actividades agrícolas lo hacen por medio de las semillas, fertilizantes y pesticidas y las

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

actividades domésticas, por intermedio de sus desagües. Los sectores agrícola y poblacional resultan ser los más importantes en lo que a volúmenes vertidos al río se refiere; en menor medida, lo son el sector minero y el industrial. Los compuestos de cuidado empleados por la agricultura son los plaguicidas y fertilizantes, se tiene conocimiento de que los agricultores no hacen uso adecuado de los pesticidas debido al escaso conocimiento que poseen para identificar los agentes causantes de contaminación. Los insecticidas que se usan con mayor frecuencia son los fosforados y clorados, así como carbamatos, entre los fungicidas, los más usados son a base de cobre, zinc, azufre y manganeso. Las poblaciones contaminan por medio de sus desechos domésticos como el caso de Omate, Carumas, Puquina y Coalaque. Los principales vertimientos mineros son los provenientes de las plantas de beneficio de minerales y en menor medida las que provienen de las minas. No se conoce de la existencia de plantas concentradoras de minerales, aunque si de la existencia de minas como la de San Antonio de Esquilache, asiento Conchapata, ubicadas en la margen derecha del río Tambo y próximas a la naciente del río citado (4,600 msnm). También existe una serie de minas asentadas en el distrito La Capilla tales como: mina Atahualpa, mina América y mina cuprita (2,600 msnm). Estos centros se ubican cercanos a la Qda. Chapi, la misma que llega al río Tambo cerca de la localidad de Quellgua (400 msnm aprox.). En la figura siguiente, fig 3, podemos apreciar la Cuenca del Río Tambo. (INRENA. 2007)

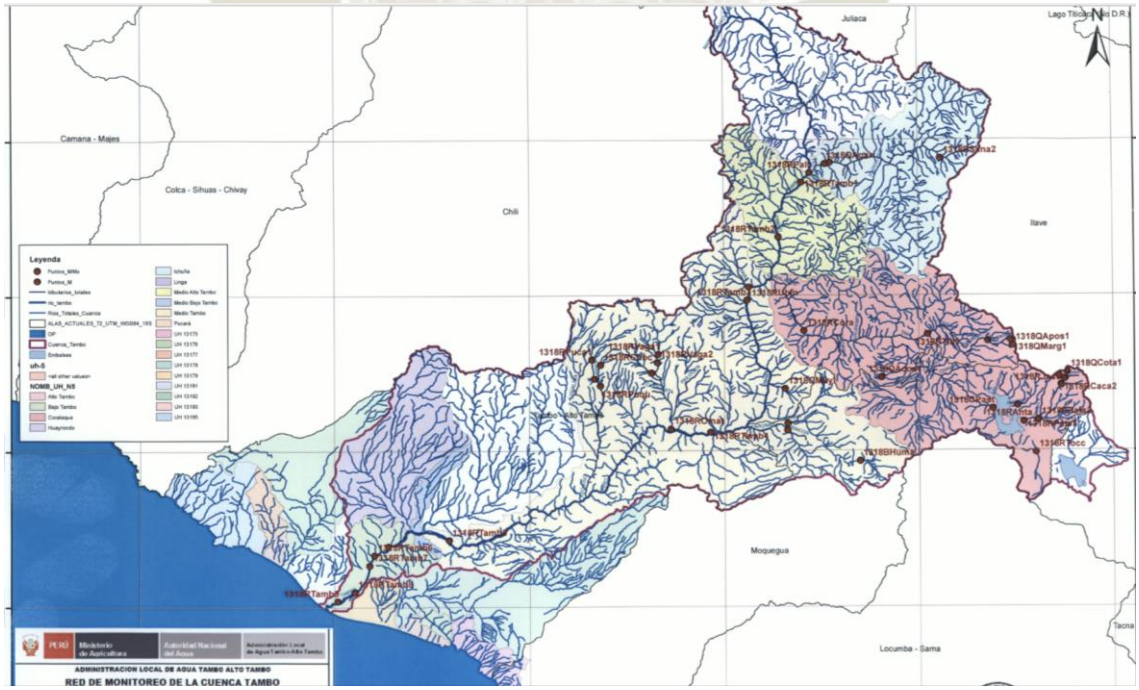


Fig. 3 Cuenca del Río Tambo.

Fuente: ANA (2016)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

6. CAMARONES: (*Cryphiops caementarius*):

Características biológicas de *Cryphiops caementarius*:

Posición Sistemática:

Phylum: Arthropoda

Clase: Crustacea

Serie: Eumalocostraca

Superorden: Eucarida

Sección: Caridea

Superfamilia: Palaemonidae

Género: *Cryphiops*

Especie: *Cryphiops caementarius*

Distribución:

Los camarones (*Cryphiops caementarius*), son típico de la zona norte, sur del Perú y parte de la zona norte de Chile. La zona de mayor abundancia se encuentra desde los 10° a los 30° de L. S. aunque hay presencia de este crustáceo hasta los 6° de L.S. pero en poca abundancia. Se encuentra a *C. caementarius* hasta los 1700 msnm en el río Majes, lugar donde aparentemente hay una mayor población y mayor éxito ecológico.

Morfología:

Cryphiops caementarius consta de 21 somites siendo del primero al sexto los que corresponden al protocéfalo, del séptimo al catorceavo el gnatotórax y del quinceavo al ventiunavo al abdomen como se aprecia en la figura 4.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

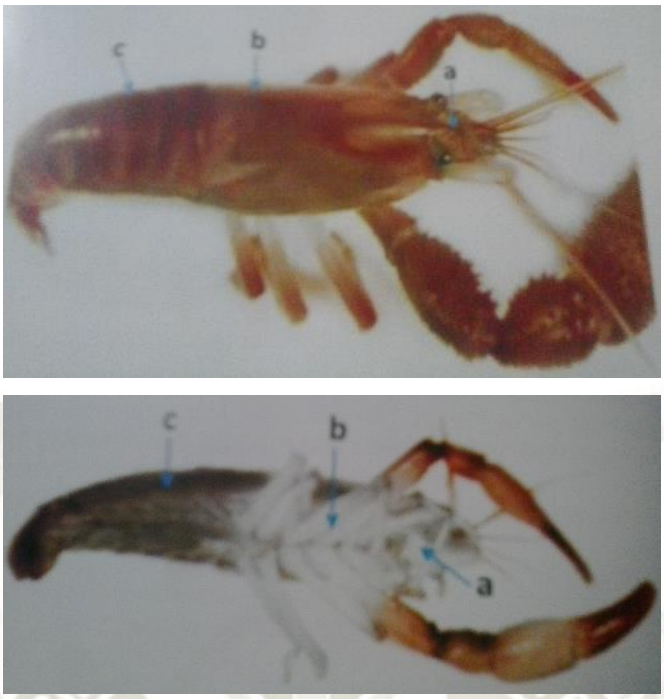


Fig. 4 Vista dorsal y ventral. protocéfalo (a), gnatotórax (b) y abdomen (c).

Fuente: Eguren, V., M. C. (2012)

La forma de su cuerpo es fusiforme con aplanamiento lateral ligero, se sabe que cada segmento debería poseer un par de apéndices, pero por efectos evolutivos algunos somites se han perdido. El cuerpo se halla cubierto de una capa quitinosa endurecida por incrustaciones de carbonato de calcio, excepto en las articulaciones donde tiene una estructura membranosa permitiendo movilidad de los apéndices locomotores y también de los somites. El protocéfalo está conformado por seis somites iniciales donde se encuentran tres estructuras precefálicas separables: los órganos visuales, las anténulas y las antenas como apéndices pares; y el labro entre las estructuras más notables.

La segunda zona corporal el gnatototax, presenta apéndices pares tales como paragnata, maxila, maxilípedos y cinco pares de periópodos o patas ambulatorias. En el abdomen se encuentra seis pares de pleópodos, dos pares de urópodos y un telson que constituye las partes finales del cuerpo. (Bocardo, D., E., 2001) (Eguren, V., M. C., 2012)

Sexualidad:

Existe una marcada diferencia entre machos y hembras; se observó hembras ovígeras de 3.5 cm en el río Majes que estaría correspondiendo al primer año de vida, pero el tamaño es muy discutido por muchos autores, así como en el contaje de huevos, unos autores mencionan

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

que para camarones de 8 cm de longitud 25,000 huevos; para 10 cm 46,000 huevos y para más de 12 cm 60,000 huevos. En la siguiente figura se aprecia una hembra ovígena. (Bocardo, D., E., 2001) (Eguren, V., M. C., 2012)

Fig. 5 Hembra ovígena.

Fuente: Eguren, V., M. C. (2012)

Se nota una mayor concentración de hembras pegadas a la zona estuarial del río en los meses de verano como también se ve que *Cryphiops caementarius* tiene reproducción durante todo el año con un máximo entre los meses de enero y marzo para el río Majes. Las hembras luego del desove tienen el abdomen más ancho y una membrana de color oscuro en la parte ventral, la que desaparece acorto plazo como consecuencia de una muda postdesove que ocurre en las dos siguientes horas luego de realizado éste.

En cuanto a los huevos son ligeramente ovoides cuyo eje mayor es 0.7 mm hasta 1.6 mm en el momento de la eclosión; permanecen unidos por una membrana delgada, mucílago. Se ha diferenciado tres estadios de desarrollo de los huevos, en el último estadio se ve un punto oscuro que corresponde al ojo del embrión, sustancia mucilaginosa casi nula, lo que permite el desprendimiento de los huevos al más mínimo movimiento de la hembra.

El cambio de salinidad en el desarrollo larval del camarón es de mucha importancia, existen cuatro estadios larvarios, siendo de 2.8-3.0 mm de longitud en el vigésimo segundo día. Otros autores a estos estadios lo mencionan como zoea I, II, n y postlarva. La transición de larva a adulto está dada por los juveniles, siendo el estadio más fácil de diferenciar porque se observa grandes grupos migrando río arriba (reotaxia negativa). Tienen una longitud de 1 a 2 cm, su cuerpo es transparente, algunas veces se le observa con manchas verdes en su interior, por su dieta posiblemente; y no tienen movimiento del abdomen como en el estadio adulto. (Bocardo, D., E., 2001) (Eguren, V., M. C., 2012)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Costumbres:

El camarón durante el día permanece en las zonas profundas del río o escondido entre la vegetación, su actividad aumenta al empezar el anochecer, momento en el cual salen de sus escondites para buscar alimentos. Algunos autores reportan actividad durante toda la noche, pero es quien nos manifiesta que la mayor actividad se realiza en horas del amanecer y anochecer. (Bocardo, D., E., 2001) (Eguren, V., M. C., 2012)

Sus desplazamientos a cortas distancias los realizan con el uso de periópodos, pero pueden fugar violentamente con contracciones de su abdomen y sus pleópodos; son animales eminentemente bentónicos; viven bien a temperaturas de 10 °C a 24 °C y soportan hasta los 30 °C; la salinidad tope para ellos es de 15 00/0; no son grandes consumidores de oxígeno, se les ha observado bien con una concentración de 3.4 ppm.

Competidores y predadores:

Los competidores más fuertes de *Cryphiops caementarius* en su medio son: la lisa (*Mugil sp.*), la charcoca (*Lebistis reticulata*) y el más conocido depredador de camarón de río es el chungungo (*Lutra felina*) además de muchas especies de aves. (Bocardo, D., E., 2001) (Eguren, V., M. C., 2012)

Alimentación:

Los camarones son propios de aguas dulces, se alimentan de restos de vegetales, algas, especialmente de materia orgánica en descomposición; restos de animales. En estado larvario su alimentación se basa especialmente en microalgas. En cautiverio se ha probado alimentarlos con *Artemia salina* con muy buenos resultados. (Bocardo, D., E., 2001) (Eguren, V., M. C., 2012)

Migraciones:

Se describe dos tipos de migración: migración estacional de las hembras durante el verano a desovar en la desembocadura de los ríos y luego el ascenso de estas hembras y los juveniles río arriba; se hace notar que esta migración ocurre todo el año, pero se acentúa más en los meses de verano. La otra migración se realiza diariamente de las zonas profundas a las poco profundas con fines de alimentación, esto en las horas de poca luz, y el retorno a sus escondites en el día. (Bocardo, D., E., 2001) (Eguren, V., M. C., 2012)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

7. ESPECTROMETRÍA DE EMISIÓN ATÓMICA POR PLASMA INDUCTIVAMENTE ACOPLADO (ICP – OES):

Naturaleza del espectro de átomos o iones:

La medida de absorción y emisión de radiación electromagnética puede ser más fácilmente descrita una vez que se haya entendido la naturaleza del espectro de un átomo o ión. Como se observa en la figura 6, la energía es absorbida por un átomo, un electrón salta a un orbital con un nivel de energía mayor. El átomo puede decaer a un estado de menor energía mediante la emisión de un fotón (hν). Cuanto más lejos está un orbital del núcleo, el nivel de energía es más alto.

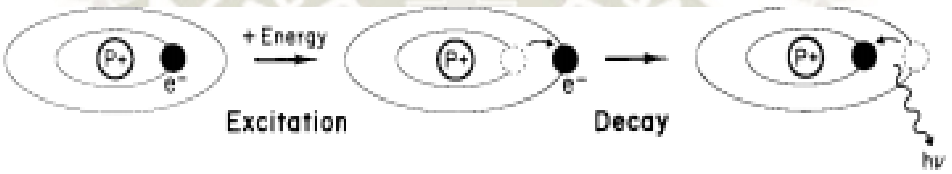


Fig. 6 Modelo Bohr de un átomo.

Fuente: Boss, Charles B., & Fredeen, Kenneth J. (2004)

Cuando los electrones de un átomo están en orbitales más cercanos al núcleo y con un nivel de nergía más bajo, entonces el átomo está en un estado estable y privilegiado, llamado también estado fundamental. Si se añade energía a un átomo como resultado da absorción de radiación electromagnética o como también puede darse una colisión con otro electrón, átomo, ión o molécula. Se puede dar dos eventos, la energía puede incrementar la cinética (velocidad) del átomo ó el átomo absorbe la energía y puede llegar a excitarse, proceso conocido como **excitación**; entonces el electron es estimulado en su estado basal y pasa a un estado excitado, siendo menos estable, podria decaer de nuevo a un estado menos excitado (volver a su estado inicial, más estable) y perdiendo energia mediante un choque con otra particula o por **emisión** de radiación electromagnetica de una particula conocido como foton. Como resultado de esta perdida de energía el electron retorna a un orbital cerca del núcleo.

Si la energía absorbida de un átomo es suficientemente alta, el electrón puede disociarse completamente de un átomo dejando un ión netamente con carga positiva. La energía requerida para este proceso se conoce como ionización potencial y es diferente para cada elemento. Los iones también tienen estado fundamental y estado excitado mediante el cual

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

pueden absorber o emitir energía por el mismo proceso de excitación y decaimiento como el de un átomo.

La diferencia en energía entre niveles alto o bajo de una transición radiativa está definido por la longitud de onda de la radiación. Cada elemento con sus propias características, en cuanto a los niveles de energía y así sus propias longitudes de onda (absorción y emisión), es esta propiedad que hace diferente a la espectrometría atómica muy usado para técnicas analíticas de elementos específicos. El UV/visible con una región de 160-800 nm de un espectro electromagnético es la región más usada comúnmente para espectrometría atómica analítica. Este es también la región del espectro electromagnético que nosotros generalmente nos referimos como "luz".

La principal razón de todas las técnicas analíticas que se usa, es que el UV/visible es una técnica promedio, precisa, flexible y relativamente con bajos costos comparado con espectrometría de rayos gamma y espectrometría de rayos X, que emiten radiación ionizante. (Boss, Charles B., & Fredeen, Kenneth J. 2004)

Fuentes de atomización y excitación:

Recientemente se está usando plasmas como fuente de atomización, excitación para OES. El plasma es una forma de materia, sustancia que contiene una fracción apreciable (mayor al 1 %) de electrones e iones positivos en adición a átomos neutrales, radicales y moléculas. Las dos características del plasma es que ellos pueden conducir electricidad y son afectados por un campo magnético.

Los plasmas eléctricos usados para OES son altamente energéticos, gases ionizados. Ellos generalmente se producen en un gas inerte. Las descargas de plasma son considerados más calientes que el plasma, que el horno. La fuente de plasma para Espectrometría de Emisión Atómica está ligado al argón; Plasma Inductivamente Acoplado (ICP). El argón en ICP puede eficientemente generar iones cargados sin ayuda de los elementos en una muestra. Se puede determinar hasta 70 elementos por ICP-OES, con niveles de concentración por debajo de 1 mg/L.

Descarga del ICP:

El gas argón está dirigido a través de una antorcha. En muchos instrumentos ICP la frecuencia es de 27 ó 40 MHz. Esta oscilación del RF de la corriente en la bobina causa una RF eléctrica y un campo magnético que se creará en la parte superior de la antorcha. Se

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

forma un remolino de gas argón a través de la antorcha, una chispa se aplica al gas lo que ocasiona que algunos electrones son despojados de sus átomos de argón. Estos electrones son entonces atrapados en el campo magnético y acelerados por ellos mismos. La adición de energía a los electrones por el uso de una bobina es conocida como acoplamiento inductivo. Estos electrones de alta energía a su vez colisionan con otros átomos de argón, quitándose todavía más electrones. Esta ionización colisional del gas argón continúa en una reacción en cadena, rompiendo el gas argón en un plasma que consta de átomos de argón, electrones, iones de argón formando lo que es conocido como una descarga de plasma acoplado inductivamente.

Muchas muestras al inicio son líquidas, son nebulizadas y pasan a ser aerosol, una muy fina niebla de gotitas de muestra para ser introducidas al ICP. La muestra de aerosol es llevada al centro del plasma por el flujo de argón interior. La primera función de la alta temperatura del plasma es remover el solvente (desolvatar) del aerosol, generalmente deja a la muestra como partículas de sal microscópicas. El siguiente paso involucra descomposición de las partículas de sal en un gas de moléculas individuales (vaporización), las cuales son disociadas en átomos (atomización). Este proceso ocurre generalmente en la zona de precalentamiento.

Una vez que la muestra de aerosol ha sido desolvatada, vaporizada y atomizada, el plasma tiene una o dos funciones restantes; estas funciones son excitación o ionización. A fin de que un átomo o ión emita su radiación característica, uno de sus electrones debe ser promovido a un nivel de energía superior mediante un proceso de excitación. Ya que muchos elementos tienen sus líneas de emisión fuertes emitidos por el ICP por iones excitados, el proceso de ionización también sería necesario para algunos elementos. Los procesos de excitación e ionización ocurren predominantemente en la zona de radiación inicial y la zona analítica normal. Esta última es la región del plasma del cual la medición del analito es medida típicamente.

La ventaja analítica del ICP sobre otras fuentes de emisión, se derivan de la capacidad del ICP para vaporizar, atomizar, excitar, e ionizar eficientemente y reproducir una amplia gama de elementos presentes en muchos diferentes tipos de muestras. El ICP trabaja con temperaturas altas del plasma lo que le hace una técnica de superioridad (de 6000 a 10000 °K). Además de mejorar la eficiencia de excitación y de ionización, la temperatura más alta del ICP también reduce o elimina muchas de las interferencias químicas. Una característica

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

importante del ICP a comparación de otras fuentes de emisión cuyas técnicas son dudosas y no muy versátiles, es que se introduce la muestra de aerosol a la parte central del sistema, este puede ser rodeado por la alta temperatura del plasma por un tiempo largo, aproximadamente 2 milisegundos. Es este largo tiempo de permanencia de las partículas de analito en el centro de la plasma que es en gran parte responsable de la falta de interferencias de la matriz en el ICP. Además, debido a que el aerosol está en el centro de la descarga y la bobina de carga esta de suministro de energía que rodea el exterior del plasma, el aerosol no interfiere con la transferencia de la energía de la bobina de carga para la descarga.

Detección de Emisión:

En ICP-OES, la luz emitida por los iones y átomos excitados en el plasma es medido para obtener información de la muestra. Debido a que las especies excitadas en el plasma emiten luz en varias longitudes de onda diferente, la emisión del plasma es policromática. Esta radiación policromática debe ser separado en longitudes de onda individuales de modo que la emisión de cada especie excitada puede ser identificada y su intensidad puede medirse sin interferencia de la emisión a otras longitudes de onda.

La separación de la luz de acuerdo con la longitud de onda generalmente se hace usando un monocromador, que se utiliza para medir la luz en una longitud de onda a la vez, o un policromador, que puede ser utilizado para medir la luz en varias longitudes de onda diferentes a la vez. La detección real de la luz, una vez que se ha separado de otra longitud de onda, se hace usando un detector fotosensible tal como un tubo fotomultiplicador (PMT) o técnicas de detectores avanzados, tales como un dispositivo de carga de inyección (CID) o de un dispositivo de carga acoplada (CCD).

En Espectrometría de Emisión Óptica con Plasma Inductivamente Acoplado, la muestra se transporta generalmente en el instrumento como una corriente de muestra de líquido. En el interior del instrumento, el líquido se convierte en un aerosol a través de un proceso conocido como la nebulización. El aerosol de la muestra se transporta al plasma donde se desolvata, vaporizado, atomizado, y excitado y / o ionizado por el plasma. Los átomos excitados y los iones emiten su radiación característica que se recoge por un dispositivo que ordena la radiación por longitud de onda. La radiación es detectada y convertida en señales electrónicas que se convierten en información de la concentración para el analista. (Boss, Charles B., & Fredeen, Kenneth J. 2004)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

1.- TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y MATERIALES DE VERIFICACIÓN:

1.1 Material biológico: Camarón (*Cryphiops caementarius*)

1.2 Material abiótico: Aguas

1.3 Equipos y reactivos:

- Material de vidrio
- Balanza analítica OHAUS
- Digestor MARS 6
- Estufa MEMMERT
- ICP-OES 8000 Perkin Elmer Optima
- Conductímetro handylab LF 11 SCHOTT
- Higrómetro thermoHygro
- The Agilent Cary 60 UV-VIS Molecular Spectrophotometer
- Cinta de pH
- Papel filtro whatman
- Agua ultrapura 18.2 MΩ
- Cloruro de sodio Merck
- Ácido nítrico concentrado suprapur Merck
- Ácido sulfúrico J. Baker
- Sulfato de plata Merck

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Sulfato de mercurio Merck
- Biftalato de potasio
- Estándar de Aluminio III 1000 ppm CertiPUR
- Estándar de Arsénico V 1000 ppm CertiPUR
- Estándar de Boro III 1000 ppm CertiPUR
- Estándar de Cadmio II 1000 ppm CertiPUR
- Estándar de Cromo III 1000 ppm CertiPUR
- Estándar de Manganeso II 1000 ppm CertiPUR
- Estándar de Mercurio II 1000 ppm CertiPUR
- Estándar de Plomo II 1000 ppm CertiPUR
- Solución de Ácido Nítrico 3 %

2.- CAMPO DE VERIFICACIÓN:

2.1 UBICACIÓN ESPECIAL: Ríos de Ocoña, Majes y Tambo: Aguas y Camarones (*Cryphiops caementarius*).

2.2 UBICACIÓN TEMPORAL: Laboratorio Proyecto "Mercurio" de la Universidad Católica de Santa María, ambiente H-202.

2.3 UNIDADES DE ESTUDIO:

1. **Muestreo de aguas y camarones (*Cryphiops caementarius*) de los Ríos Ocoña, Majes y Tambo:** (Ministerio de Agricultura. Autoridad Nacional del Agua. 2011), (Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental. DIGESA. 2007).

   Se muestreó el agua de los Ríos Ocoña, Majes y Tambo en un solo punto, por triplicado en botellas de plástico de 250 mL usando como preservante ácido nítrico concentrado suprapur para luego determinar la concentración de metales. El muestreo fue por semana, cinco veces. De la misma manera se muestreó las aguas correspondientes, pero sin ácido nítrico para determinar sólidos totales y de la misma manera se muestreó las aguas correspondientes, pero con ácido sulfúrico para determinar la Demanda Química de Oxígeno; y de la misma forma se muestreó por triplicado.

   Se muestreó el camarón de los Ríos Ocoña, Majes y Tambo en un solo punto al azar por triplicado, tratando de escoger un tamaño uniforme para los tres ríos de unas diez unidades; y se almacenó en bolsas ziploc.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Las muestras se colocaron en un cooler a baja temperatura y se transportaron al laboratorio H-202 de la Universidad Católica de Santa María. Para todo ello se siguió un protocolo de monitoreo estricto. (Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM).

2. Parámetros operacionales usados en ICP-OES:

En la siguiente tabla, 1, se muestra los principales parámetros usados en Espectrometría de Emisión Atómica Por Plasma Inductivamente Acoplado que se realizó en esta investigación. Siendo estos parámetros las características básicas usadas durante dicho trabajo.

Tab. 1 Parámetros operacionales usados en ICP-OES con vista axial.

Características	**Condiciones Instrumentales**
Generador de RF	1300 W
Potencia	1.3 KW
Cámara de pulverización	Cámara ciclónica
Nebulizador	Meinhard Concentric Glass
Flujo gas-plasma	12.0 L min^{-1}
Flujo gas-auxiliar	1.5 L min^{-1}
Flujo gas-nebulizador	0.7 L min^{-1}
Diámetro del tubo inyector	2.4 mm
Longitud de onda (λ) (nm)	Al 396.153; As 193.696; B 249.677; Cd 226.502; Cr 205.560; Mn 257.610; Hg 253.652; Pb 220.353.

Fuente: Elaboración propia

3. Validación del método (ICP-OES):

Se evaluará algunos parámetros de validación de la técnica analítica, para determinar si los resultados del mismo son confiables. Para la validación del método se analizarán los siguientes parámetros:

- Linealidad
- Exactitud
- Precisión

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Sensibilidad
- Selectividad o Especificidad
- Robustez

A) Linealidad:

La linealidad de un método analítico se refiere a la proporcionalidad entre la concentración del analito y su respuesta.

Conjuntamente se determina el rango lineal, es decir el intervalo comprendido entre la concentración mínima y máxima del analito para el cual el método ha sido probado.

Curva de calibración para ICP-OES de metales pesados y metaloides:

Seguidamente se preparó una curva de calibración para metales pesados y metaloides, es decir para Al, As, B, Cd, Cr, Mn, Hg y Pb; para ello a partir de una solución de 1000 ppm de As, Cd, Cr, Mn, Hg y Pb; se preparó 12.5 ppm como solución madre para un volumen de 25 mL a partir del cual se preparó 5 estándares para un volumen de 25 mL como se muestra en la tabla 6. Por otra parte, de una solución de 1000 ppm de B, se preparó 112.5 ppm como solución madre para un volumen de 25 mL, a partir del cual se preparó 5 estándares enrasando a 25 mL con ácido nítrico 3%. Y por último se preparó una solución de Al a una concentración de 37.5 ppm como solución madre a partir de 1000 ppm, a partir del cual se preparó 5 estándares de 25 mL cada una, a las diferentes concentraciones como se muestra en la tabla 6.

De esta forma se obtuvo 5 estándares de 25 mL a diferentes concentraciones de Al, As, B, Cd, Cr, Mn, Hg y Pb. Cabe resaltar que, previamente se realizó pruebas piloto con las muestras (aguas y camarones de los ríos Ocoña, Majes y Tambo) para determinar la concentración final de los estándares a la que se preparó la curva de calibración para ambas muestras.

A partir del rango de las concentraciones de los estándares y el valor promedio de la respuesta, intensidad, se determinó la pendiente (b) y el intercepto (a) correspondiente a la curva de regresión lineal, y = a + b.x; Independientemente de la apariencia de la recta, resulta conveniente evaluar los estimadores de la regresión

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

en un intervalo de confianza dado (p = 0.05). Es así que se obtuvo el coeficiente de correlación único para cada elemento dado, como se observa en la tabla 8. El valor r = 1 indica una recta perfectamente lineal, r = -1 indica una recta perfectamente lineal de pendiente negativa y r = 0 indica la no correlación entre X e Y. En la práctica, r es generalmente mayor a 0.99 y los valores menores a 0.90 son raros. Para determinar la linealidad se elaboró la representación gráfica de la recta de regresión en un sistema de coordenadas para cada metal y metaloide, junto con los valores experimentales, así podemos apreciar los gráficos de calibración en el anexo N° 4.

Tab. 2 Concentraciones de los metales pesados y metaloides para la gráfica de calibración.

	STD 1 (ppm)	STD 2 (ppm)	STD 3 (ppm)	STD 4 (ppm)	STD 5 (ppm)	Cc máx ICP-OES (ppm)
Al	0.045	0.6	0.9	1.2	1.5	1.5
As	0.05	0.2	0.3	0.4	0.5	1.5
B	0.09	0.45	1.8	3.6	4.5	4.5
Cd	0.05	0.2	0.3	0.4	0.5	1.5
Cr	0.05	0.2	0.3	0.4	0.5	1.5
Mn	0.05	0.2	0.3	0.4	0.5	1.5
Hg	0.05	0.2	0.3	0.4	0.5	0.5
Pb	0.05	0.2	0.3	0.4	0.5	1.5

Fuente: Elaboración propia

Tab. 3 Intensidades promedio de los metales pesados y metaloides para la gráfica de calibración.

	Intensidad STD 1	Intensidad STD 2	Intensidad STD 3	Intensidad STD 4	Intensidad STD 5
Al	25084.0	443812.4	663016.6	884100.3	1091991.8
As	292.0	1161.2	1673.9	2301.2	2834.3

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

B	23909.3	148259.3	622389.4	1256668.4	1585335.1
Cd	24118.5	101644.0	146340.9	204671.8	257805.5
Cr	4172.6	17030.5	25335.7	34116.7	41930.8
Mn	222150.3	913109.9	1381337.2	1860755.5	2298714.1
Hg	2814.6	11531.3	15397.6	19701.7	24415.3
Pb	1421.9	6565.1	9702.5	12748.5	16196.1

Fuente: Elaboración propia

Por regresión lineal, a partir del rango de las concentraciones de los estándares (tabla 2) y el valor promedio triplicado de las intensidades (tabla 3), se obtuvo la tabla 4, donde a es el intercepto, b la pendiente, r es el coeficiente de correlación y R^2 es el coeficiente de determinación. Los valores obtenidos de estas dos últimas indican que existe una alta correlación entre x e y. R^2 aporta una mayor significación estadística.

Tab. 4 Parámetros de regresión lineal de la curva de calibración de los metales pesados y metaloides.

	a	**b**	**r**	**R^2**
Al	-1246.7	733900	0.999919	0.999838
As	5.9	5674	0.999808	0.999616
B	-7263.9	352500	0.999967	0.999934
Cd	-1728.6	513800	0.999527	0.999054
Cr	46.1	84350	0.999921	0.999842
Mn	-5057.7	4625000	0.999949	0.999898
Hg	603.2	48440	0.997504	0.995014
Pb	-56.3	32390	0.999823	0.999646

Fuente: Elaboración propia

La relación entre variable independiente (concentración) y la variable dependiente (intensidad) se expresa matemáticamente haciendo una estadística de regresión.

Sin embargo, el mejor indicador del modelo lineal no es r sino un test estadístico, en el cual se calcula un valor de t_r con n – 2 grados de libertad y se compara con el valor

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

t tabulado para el nivel de confianza requerido. Si el valor observado de t_r es mayor que t_{tabla}, la correlación es lineal significativa con la probabilidad calculada.

$$tr = \frac{|r|\sqrt{(n-2)}}{\sqrt{(1-r^2)}}$$

Para la evaluación y certificación de la existencia de una correlación significativa entre **"x"** y **"y"**, se obtuvo en cuenta el contraste estadístico para el coeficiente de correlación a un intervalo de confianza de 95%.

Tab. 5 Resultados de t_r en contraste con t_{tablas} de los metales pesados y metaloides.

	t_r	t_{tabla}
Al	136.37	3.182
As	88.36	3.182
B	213.20	3.182
Cd	56.21	3.182
Cr	137.46	3.182
Mn	171.49	3.182
Hg	24.47	3.182
Pb	92.12	3.182

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo los valores mostrados en la tabla 5 respectivamente, indicando la existencia de una correlación significativa entre **"x"** y **"y"**, ya que t_r es mayor que t_{tablas} en todos los casos. Adicionalmente se calculó los límites de confianza, lo cual busca minimizar las desviaciones estándar de las intensidades. Siendo así como se muestra en la siguiente tabla.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tab. 6 Límites de confianza al 95% de los metales pesados y metaloides.

	Std (ppm)	Media (Intensidad)	Dev. Std.	Intervalo de confianza de la media
Al	0.045	25084.0	1049.63	± 1189.176
Al	0.6	443812.4	5093.11	± 5770.229
Al	0.9	603016.8	11717.45	± 13275.261
Al	1.2	884100.3	1287.15	± 1458.274
Al	1.5	1091991.8	1974.44	± 2236.938
As	0.05	292.0	22.97	± 26.024
As	0.2	1161.2	34.17	± 38.713
As	0.3	1673.9	41.61	± 47.142
As	0.4	2301.2	1.86	± 2.107
As	0.5	2834.3	7.67	± 8.690
B	0.09	23909.3	158.15	± 179.176
B	0.45	148259.3	588.73	± 667.000
B	1.8	622389.4	2618.86	± 2967.032
B	3.6	1256668.4	16458.94	± 18647.123
B	4.5	1585335.1	4351.65	± 4930.193
Cd	0.05	24118.5	562.23	± 636.977
Cd	0.2	101644.0	2737.31	± 3101.230
Cd	0.3	146340.9	102.74	± 116.399
Cd	0.4	204671.8	4758.68	± 5391.337
Cd	0.5	257805.5	4331.6	± 4907.477
Cr	0.05	4172.6	4.89	± 5.540
Cr	0.2	17030.5	73.38	± 83.136
Cr	0.3	25335.7	23.78	± 26.942
Cr	0.4	34116.7	86.46	± 97.955
Cr	0.5	41930.8	88.25	± 99.983
Mn	0.05	222150.3	2005.23	± 2271.821
Mn	0.2	913109.9	10984.68	± 12445.071
Mn	0.3	1381337.2	25961.72	± 29413.278
Mn	0.4	1860755.5	4765.02	± 5398.520

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Mn	0.5	2298714.1	88665.64	± 100453.557
Hg	0.05	2814.6	90.73	± 102.792
Hg	0.2	11531.3	110.66	± 125.372
Hg	0.3	15397.6	121.13	± 137.234
Hg	0.4	19701.7	539.32	± 611.022
Hg	0.5	24415.3	158.4	± 179.459
Pb	0.05	1421.9	65.79	± 74.537
Pb	0.2	6565.1	61.13	± 69.257
Pb	0.3	9702.5	94.58	± 107.154
Pb	0.4	12748.5	157.03	± 177.907
Pb	0.5	16196.1	10.04	± 11.375

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, el mejor indicador del modelo lineal no es **r**, sino una prueba estadística como, por ejemplo, análisis de varianza.

Finalmente podemos ver que hay una alta correlación entre los datos de concentración y su respuesta; concluyéndose así que el método presenta proporcionalidad entre la concentración del analito y la altura del pico expresada en unidades de intensidad.

B) Precisión:

La precisión está relacionada con la dispersión de las medidas alrededor de su valor medio o central y corresponde al grado de concordancia entre ensayos individuales cuando el método se aplica repetidamente a múltiples alícuotas de una muestra homogénea. La precisión se expresa matemáticamente como la desviación estándar, estimada analíticamente por "s" o más comúnmente como la desviación estándar relativa (DSR) o coeficiente de variación (CV).

$$DSR = \frac{s.100}{\bar{x}}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Los resultados se observan en las siguientes tablas, (tab. 7 - 14), se realizó una serie de medidas del estándar número 3 de 0.3 ppm para As, Cd, Cr, Mn, Hg y Pb; 1.8 ppm para Boro y 0.9 ppm para Aluminio; para determinar el grado de concordancia entre ellas, obteniéndose una desviación estándar relativa (DSR) como se indica en la respectiva tabla, considerándose adecuada por la USP 30.

Tab. 7 Valores del tercer estándar de Al para la determinación de la precisión.

N° de muestra	Concentración teórica (ppm)	Concentración práctica (ppm)
1	0.9	1.17
2	0.9	1.14
3	0.9	1.13
4	0.9	1.14
5	0.9	1.11
Promedio	0.9	1.14
D.S.		0.02
R.D.S.		1.91
Límites de confianza (±)		0.02

Fuente: Elaboración propia

Tab. 8 Valores del tercer estándar de As para la determinación de la precisión.

N° de muestra	Concentración teórica (ppm)	Concentración práctica (ppm)
1	0.3	0.388
2	0.3	0.381
3	0.3	0.375
4	0.3	0.373
5	0.3	0.382
Promedio	0.3	0.380
D.S.		0.006
R.D.S.		1.573
Límites de confianza (±)		0.005

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tab. 9 Valores del tercer estándar de B para la determinación de la precisión.

N° de muestra	Concentración teórica (ppm)	Concentración práctica (ppm)
1	1.8	1.80
2	1.8	1.77
3	1.8	1.78
4	1.8	1.81
5	1.8	1.79
Promedio	1.8	1.79
D.S.		0.02
R.D.S.		0.88
Límites de confianza (±)		0.01

Fuente: Elaboración propia

Tab. 10 Valores del tercer estándar de Cd para la determinación de la precisión.

N° de muestra	Concentración teórica (ppm)	Concentración práctica (ppm)
1	0.3	0.391
2	0.3	0.398
3	0.3	0.388
4	0.3	0.400
5	0.3	0.390
Promedio	0.3	0.393
D.S.		0.005
R.D.S.		1.340
Límites de confianza (±)		0.005

Fuente: Elaboración propia

Tab. 11 Valores del tercer estándar de Cr para la determinación de la precisión.

N° de muestra	Concentración teórica (ppm)	Concentración práctica (ppm)
1	0.3	0.376
2	0.3	0.367
3	0.3	0.361
4	0.3	0.370
5	0.3	0.363
Promedio	0.3	0.367
D.S.		0.006
R.D.S.		1.617
Límites de confianza (±)		0.005

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tab. 12 Valores del tercer estándar de Mn para la determinación de la precisión.

N° de muestra	Concentración teórica (ppm)	Concentración práctica (ppm)
1	0.3	0.389
2	0.3	0.393
3	0.3	0.382
4	0.3	0.389
5	0.3	0.385
Promedio	0.3	0.388
D.S.		0.004
R.D.S.		1.088
Límites de confianza (±)		0.004

Fuente: Elaboración propia

Tab. 13 Valores del tercer estándar de Hg para la determinación de la precisión.

N° de muestra	Concentración teórica (ppm)	Concentración práctica (ppm)
1	0.3	0.332
2	0.3	0.327
3	0.3	0.320
4	0.3	0.329
5	0.3	0.322
Promedio	0.3	0.326
D.S.		0.005
R.D.S.		1.518
Límites de confianza (±)		0.004

Fuente: Elaboración propia

Tab. 14 Valores del tercer estándar de Pb para la determinación de la precisión.

N° de muestra	Concentración teórica (ppm)	Concentración práctica (ppm)
1	0.3	0.379
2	0.3	0.380
3	0.3	0.372
4	0.3	0.376
5	0.3	0.370
Promedio	0.3	0.375

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

D.S.		0.004
R.D.S.		1.155
Límites de confianza (±)		0.004

Fuente: Elaboración propia

Ambos estimadores, desviación estándar y desviación estándar relativa permiten evaluar la incertidumbre en la estimación de la medida (error aleatorio, correspondiente a la dispersión de datos alrededor de la media).

C) Sensibilidad:

Este parámetro se encuentra relacionado con la mínima cantidad de analito que puede producir un resultado significativo.

Los parámetros que se evaluaron fueron:

a) Límite de detección (LOD): Corresponde a la menor concentración de analito que puede detectarse, pero no necesariamente cuantificarse en una muestra.

$$LOD = \frac{Ybl + 3\,(Sbl)}{b} \times \frac{1}{\sqrt{n}}$$

b) Límite de cuantificación (LOQ): Corresponde a la menor concentración de analito que puede determinarse con precisión y exactitud en las condiciones establecidas.

$$LOQ = \frac{Ybl + 10(Sbl)}{b} \times \frac{1}{\sqrt{n}}$$

En la siguiente tabla se especifican los valores necesarios para su determinación como también los resultados de LOD y LOQ.

Tab. 15 Valores y Resultados de Sensibilidad de metales y metaloides

	Y_{bl}	S_{bl}	n	b	LOD (ppm)	LOQ (ppm)
Al	-1246.7	4074.1	5	733900	0.00669	0.02407
As	5.9	36.766	5	5674	0.00916	0.02944
B	-7263.9	150.15	5	352500	0.00731	0.00864
Cd	-1728.6	-4.105	5	513800	0.00152	0.00154
Cr	46.1	6.6151	5	84350	0.00035	0.00060
Mn	-5057.7	-16153	5	4625000	0.00517	0.01611
Hg	603.2	56.514	5	48440	0.00713	0.01079
Pb	-56.3	80.005	5	32390	0.00254	0.01027

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Finalmente, en cuanto a este punto podemos concluir que el LOD y LOQ para los metales y metaloides estudiados en esta investigación son aceptables (tab. 19). Pues se determina que el método es capaz de detectar cantidades mínimas de cada metal en una muestra siempre y cuando estén por encima de la concentración mencionada en la tabla (LOD), sin embargo, el método cuantifica en forma confiable cantidades mínimas de cada metal en una muestra, siempre que tengan una concentración igual o mayor a lo mencionado en la tabla anterior (LOQ).

D) Exactitud:

También conocido como error sistemático o tendencia, corresponde a la diferencia entre el valor obtenido (media) y el valor verdadero. Matemáticamente se suele expresar del siguiente modo: siendo la más usada, la recuperación. La exactitud debe ser tan pequeña como sea posible para que el valor medido se aproxime al de referencia. Dicho de otro modo, la recuperación del analito debe acercarse al 100 %. Sin embargo, la AOAC da un rango permitido entre 75 % a 120%.

La exactitud se expresa como porcentaje de recuperación en la valoración de una cantidad conocida de analito añadida sobre la muestra.

$$\%\, R = \frac{Cc(Mtra + Std) - Cc(Mtra)}{Cc(Std) - Cc(Blco)}\, x\, 100$$

Se realizó las siguientes lecturas como se muestra en la tabla 20 con el fin de hallar el porcentaje de recuperación para cada metal.

Tab. 16 Lecturas promedio de los parámetros para el Porcentaje de recuperación de los metales pesados y metaloides

	Muestra + Estándar (ppm)	Muestra (ppm)	Estándar (ppm)	Blanco (ppm)	% Recuperación
Al	1.557	0.173	1.150	0.000	120.01

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

As	0.405	0.019	0.381	0.000	101.23
B	1.790	0.000	1.783	0.000	100.37
Cd	0.374	0.006	0.396	0.003	93.55
Cr	0.355	0.004	0.371	0.000	94.61
Mn	0.595	0.188	0.390	0.000	104.10
Hg	0.331	0.007	0.329	0.000	98.48
Pb	0.358	0.000	0.378	0.000	94.54

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de recuperación hallado para cada metal está dentro de los valores permitidos de la AOAC, suponiendo así la exactitud del método.

E) Selectividad:

O especificidad, se refiere a la propiedad del método de producir una señal medible debida solo a la presencia del analito, libre de interferencias de otros elementos o componentes en la matriz de la muestra.

La selectividad depende de la calidad de los reactivos que se utilice, de los parámetros propios del equipo, de la preparación de la muestra; como también depende del arte e ingenio del analista.

F) Robustez:

La robustez de un método analítico corresponde a los estudios que indica el grado de confiabilidad del ensayo ante cambios de variables comunes. Estos cambios pueden ser ligeras diferencias operativas, de equipos, analistas, laboratorios, fuente de nebulizador, etc.

Frecuentemente este estudio se realiza retrospectivamente, a partir de los resultados históricos obtenidos en diferentes condiciones.

4. **Determinación de los parámetros fisicoquímicos y de la cantidad de Al, As, B, Cd, Cr, Mn, Hg y Pb en aguas de los ríos Ocoña, Majes y Tambo; durante los cinco muestreos.** (Clesceri, S. L., Greenberg, E. Arnold., Trusseli, R. Rhodes., 1992).

   Determinación de pH, Temperatura, Conductividad, Sólidos totales, Demanda Química de Oxígeno (DQO) en Aguas de los ríos Ocoña, Majes y Tambo; Se midió

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

el pH, la temperatura y conductividad *in-situ* con los instrumentos correspondientes. Para determinar la conductividad en las aguas, se realizó una curva de calibración de ocho puntos con Cloruro de sodio, usando el conductímetro. Se preparó una solución 1.0 M de NaCl, a partir del cual se prepararon ocho puntos, luego se leyeron los ocho estándares usando el conductímetro. Finalmente se leen las muestras *in-situ* por triplicado.

Se determinó la cantidad de sólidos totales por gravimetría.

Se determinó la Demanda Química de Oxígeno por espectrofotometría, para lo cual se preparó previamente una curva de calibración por triplicado de la siguiente manera: (ASTM), (NMX-AA-030-SCFI-2001.)

En una fiola de 25 mL se pesó 0.0213 g. de Biftalato de potasio, de allí se pipeteó 6.25 mL para una fiola de 25 mL tomar alícuotas de 0.5, 1, 2, 4, 6, 8 mL para llevar a una fiola de 25 mL y se enrasó con agua ultrapura. Seguidamente pipetear 2 mL de cada fiola y colocar en un tubo de vidrio con tapa rosca junto a la *****solución catalizadora (2.8 mL) y la *****solución digestora (1.2 mL) y llevar a un baño de aceite por 2 h a 150 °C, herméticamente cerrado. Y finalmente leer en el espectrofotómetro.

Preparación de la solución:

*****Solución Catalizadora: Pesar 0.9900 g. de Sulfato de plata para 100 mL de Ácido sulfúrico cc.

*****Solución Digestora: Pesar 0.0511 g. de Dicromato de potasio, 1.6700 g. de Sulfato de mercurio, 8.35 mL de Ácido sulfúrico; mezclar todo y enrasar en una fiola de 50 mL.

Tab. 17 Reactivos para DQO

Estándar	Biftalato de Potasio [C] ppm	Biftalato de Potasio (mL)	Solución Catalizadora (mL)	Solución Digestora (mL)
1	5	0.5	2.8	1.2
2	10	1	2.8	1.2
3	20	2	2.8	1.2
4	40	4	2.8	1.2

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5	60	6	2.8	1.2
6	80	8	2.8	1.2

Para determinar DQO en muestras, se pipetea 2 mL de muestra envés del Biftalato de potasio y se trabaja de la misma forma mencionada anteriormente; como se muestra en la tabla 17.

Se determinó la cantidad de Al, As, B, Cd, Cr, Mn, Hg y Pb por el método ICP-OES en las muestras de aguas de los ríos correspondientes, para lo cual las muestras previamente se filtrarán por gravedad y siendo por triplicado las lecturas en el equipo.

Previamente se realizó una validación del método, el cual incluyó linealidad, exactitud, precisión, y sensibilidad.

5. **Determinación de la cantidad de Al, As, B, Cd, Cr, Mn, Hg y Pb en cabeza, músculo y caparazón del camarón (*Cryphiops caementarius*) de los ríos Ocoña, Majes y Tambo; durante los cinco muestreos.** (Baboli, M. J., Velayatzadeh, M., & Branch, A. 2013), (Chand V., & Prasad S. 2013) (Fatema, K., Naher, K., Choudhury, T., Islam, M., Tamim, U., Hossain, S., . . . MP, A. 2015), (Feist, B., Mikula, B., Pytlakowska, K., Puzio, B., Buhl, F. 2008) (Hussein, A., & Khaled, A. 2014), (Ismahene, G., & El Hadi, K. 2012), (Mendoza, D. F., 2010), (Omoigberale, M. O., & Ikponmwosa-Eweka, O. 2010), (Öztürk, M., Özözen, G., Minareci, O., & Minareci, E. 2009), (Uysal, K., Emre, Y., Köse E. 2008)

   Secado de las muestras de camarones (*Cryphiops caementarius*): Una vez ya muestreado los camarones correctamente, se realizó la limpieza correspondiente; luego se llevaron en placas Petri a la estufa por separado (cabeza, músculo y caparazón) a una temperatura de 45 °C por 54 h. hasta peso constante. Finalmente se estabiliza en el desecador. Seguidamente se procedió a triturarlas hasta polvo fino en un mortero de ágata. Ya con los pesos obtenidos de determinó el porcentaje de humedad correspondiente para cada río y cada parte del camarón.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Digestión de las muestras de camarones (*Cryphiops caementarius*):

El principio del Digestor MARS 6, se basa en digestión ácida de la muestra para su posterior análisis en ICP-OES como en este caso.

Se fundamenta en el calentamiento de la muestra en el horno microondas, el microondas contiene una caja de metal, que favorece dicho calentamiento; se da un salto de electrones en órbita, se genera fricción, el equipo genera alta presión y alta temperatura que es controlado por el analista, es así como la muestra, en medio ácido se va a oxidar generando perdida de la materia orgánica y formando vapores.

Luego de que la muestra ya estuvo completamente seca y triturada se procedió a digerirlas en el Equipo, Digestor MARS 6, cada una por separado y por triplicado. Mostrándose así la pantalla del equipo en el anexo N° 5. (CEM Corporation)

Se procedió a digerirlas (20 mg) con ácido nítrico (2 mL) en el Equipo Digestor MARS 6, y fue por triplicado.

Tab. 18 Requerimientos operativos en el digestor MARS 6.

Pasos	Potencia (W)	Presión (psi)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)
Rampa	900-1050	800	20	200
Mantenimiento	900-1050	800	15	200
Enfriamiento	900-1050	800	15	67

Fuente: Elaboración propia

Cabe mencionar que se usaron vasos de tipo Xpress Vessels, los cuales tienen una capacidad determinada para la muestra (10 mL). Los parámetros de la tabla 2 fueron optimizados a medida que transcurría el tiempo lográndose así uniformidad para todo el trabajo de investigación. (CEM Corporation).

Después de la temperatura de enfriamiento se esperó de 15 a 20 minutos adicionales hasta que la temperatura fluya entre 45 y 50 ° C.

Una vez digeridas las muestras de camarones se determinó las concentraciones por el método ICP-OES, con la finalidad de determinar la cantidad de metales de Al, As, B, Cd, Cr, Mn, Hg y Pb. Para ello se realizaron los cálculos correspondientes

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

de dilución en cada paso del trabajo de investigación. Las lecturas se realizaron por triplicado y previamente se filtró las muestras por gravedad.

6. **Evaluación estadística de aguas y camarones (*Cryphiops caementarius*):**

   Se evaluó los resultados de aguas y camarones (*Cryphiops caementarius*), por separado y entre ellos (correlación) usando el test estadístico correspondiente LSD (Least Siginificant Difference), siendo el más usado; el cual pertenece al programa STATGRAPHICS CENTURION XVI Versión 16.1.11

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. **Muestreo de camarones (*Cryphiops caementarius*) y aguas de los ríos Ocoña, Majes y Tambo:** (IMARPE 2007. Ministerio de Agricultura. Autoridad Nacional del Agua. 2011), (Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental. DIGESA. 2007), (Popek, Emma, P. 2003), (Zhang, Chunlong. 2007)

   Se muestreó camarones del tamaño de 10 cm +/- 2 cm al azar (de una población de 10 camarones) y en bolsas de ziploc (polietileno), luego fueron colocados en un cooler con bolsas de hielo, del río Ocoña, Majes y Tambo; para luego ser llevados al laboratorio. Ya en el laboratorio las partes del camarón (cabeza, músculo y caparazón) fueron removidas con un cuchillo de plástico para así evitar la contaminación y lograr separarlas. Luego estas muestras se llevaron a secar a la estufa, para evitar degradación enzimática durante el tiempo de análisis y de esta manera también se determinó el porcentaje de humedad de cada parte del camarón.
   Las aguas también se muestrearon al mismo tiempo que los camarones, y del mismo punto, se usaron frascos de plástico de polietileno con su respectivo conservante (ácido nítrico); a una profundidad de un metro y medio a flujo constante y a una distancia de un metro de la orilla del río, entre los meses de noviembre y diciembre del 2015.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Fig. 1 Río Ocoña a 54 msnm.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 1, podemos apreciar un tramo del río Ocoña, a una altitud de 54 msnm; es decir el estuario se encuentra muy cerca de la zona de muestreo. Zona donde se recolectó camarones en estado adulto, sea hembra o macho. Los camarones durante el día se esconden debajo de rocas, piedras, para evitar ser devorados por otras especies. Durante la noche salen a la superficie para alimentarse, también se les puede ver durante el amanecer, espacio de tiempo que se aprovecha para capturarlos. En la figura también se observa a un pescador, quien esta aparentemente observando, calculando la profundidad del río para luego capturar camarones; lo que quiere decir que no solamente se captura de noche como describen algunos autores.

En la figura 2, orillas del río Majes, podemos ver que hay mayor vegetación a orillas del río y entre el río, lo cual indicaría que se alimentan mayormente de ello; el color del agua es semitransparente, lo que indicaría que la supervivencia en estas aguas de buena calidad es apreciable.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Fig. 2 Río Majes a 1312 msnm.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 2 vemos el río Majes a una altitud de 1312 msnm, es decir que la distancia de aquí al mar es considerada más larga que la del río Ocoña. Aparentemente se ve que la profundidad del río es limitada, se deduce esto por la presencia de piedras observables sobre el mismo río. Entonces cabe resaltar que a unos metros hacia abajo la profundidad es similar a la del río Ocoña o Tambo, cuestión de zona de muestreo para cada río es semejante.

Fig. 3 Río Tambo a 187 msnm.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

En la figura tres se observa el río Tambo, a una distancia de 187 msnm, siendo un valor intermedio a la de los ríos anteriores. A unos metros hacia abajo se observó que hay vegetación, rocas en medio del río, similar a la del río Majes. Aquí podemos ver también que el color del agua es similar a la de río Ocoña, y diferente a la del río Majes.

Tab. 1 Ubigeo de los ríos Ocoña, Majes y Tambo.

Ubicación Geográfica de los 5 monitoreos				
Río	**Estación**	**Longitud**	**Latitud**	**Altitud (msnm)**
Ocoña	AR-535, Río Grande	-73:6,94061	-16:25,20378	54
Majes	Puente Siguas	-72:7,75955	-16:20,54111	1312
Tambo	Puente Santa Rosa	-71:41,51505	-17:1,78322	187

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 1 podemos apreciar con exactitud el Ubigeo del muestreo de las aguas y los camarones; siendo estas la longitud, latitud y altitud de cada río; estos valores fueron los mismos para cada monitoreo. Cabe resaltar, el río Majes tiene una altitud mayor al río Ocoña y Tambo, lo que indicaría una distancia mayor con respecto al estuario. Estos datos de la tabla también nos muestran el nombre del lugar donde se muestreó los camarones (*Cryphiops caementarius)* y aguas que se realizó durante cinco semanas consecutivas, iniciando el 22 de noviembre del 2015 y finalizando el 20 de diciembre del 2015 (muestreo una vez por semana).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Fig. 4 Camarones (*Cryphiops caementarius*) del río Ocoña, Majes y Tambo.

En la figura cuatro podemos observar camarones en estadio adulto de diferentes ríos, Ocoña, Majes y Tambo respectivamente en ese orden (de izquierda a derecha). Por el tamaño mayor a 2 cm se deduce que son de estadio adulto las tres muestras. (Bocardo, D., E., 2001) (Eguren, V., M. C., 2012).

Se aprecia que existen diferencias en cuanto al color, grosor, tamaño, para cada río; debiéndose tal vez a su alimentación (consumo de algún tipo de pigmento). Así se ve que la coloración café negruzco es del camarón (*Cryphiops caementarius*), del río Ocoña, con una diferencia marcada al camarón del río Tambo que es más clara, verde traslucido.

De lo que si podemos estar seguros es que los tres camarones de cada río, se trata del género *Cryphiops caementarius*, ya que el muestreo corresponde a la zona sur del país y como muchos autores lo mencionan esta especie pertenece a esta zona.

Por otra parte, en las tres muestras se puede apreciar una de las quelas es más grande que la otra, indicando así que se trata de camarones macho (dimorfismo sexual); (Bocardo, D., E., 2001) todas tienen un cefalotórax y un abdomen marcado. Presentan un telsón, un par de urópodos y un par de antenas, principalmente.

La diferencia marcada seria en cuanto al color, un color claro significa que acaba de mudar y un color oscuro significa que ya mudo; esto se debe a la hormona ecdisona (esteroide).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2. **Determinación del porcentaje de Humedad en las muestras de camarones (*Cryphiops caementarius*)**

Se secó la muestra de camarones (cabeza, músculo y caparazón) por separado en placas Petri a 45 °C en estufa entre 54-60 horas, hasta obtener peso constante. Se trituró y se halló así el porcentaje de Humedad y/o cantidad de agua (por triplicado) que presenta el camarón en sus diferentes partes que se separaron, como se observa en el anexo N° 3. También podemos ver en este anexo el promedio de cada río siendo así para el rio Ocoña 65.44 % +/- 5.3845, 75.84 % +/- 2.7392 y 56.62 % +/- 6.4317 correspondiendo cada valor a la cabeza, músculo y caparazón del camarón y con su debida desviación estándar. Para el río Majes en igual orden consecutivo es 65.14 % +/- 6.8781, 75.96 % +/- 2.5066, y 53.38 % +/- 4.9575. Finalmente, para el río Tambo son 56.08 % +/- 7.8414, 74.58 % +/- 1.4789 y 48.68 % +/- 7.2406.

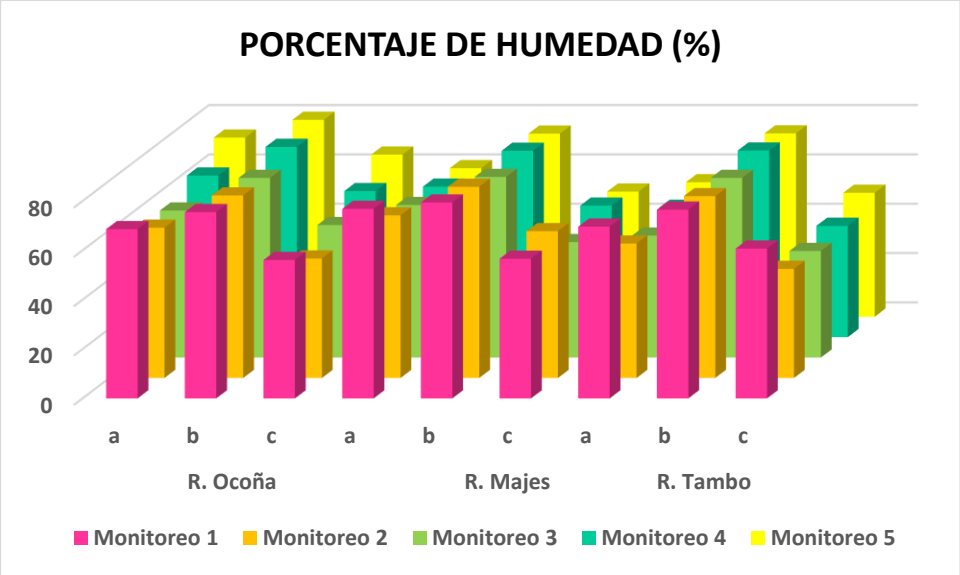


Fig. 5 Porcentaje de Humedad en (*Cryphiops caementarius*).

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 5 también podemos apreciar que la cantidad de agua que presenta cada una de las partes del camarón donde (a) representa la cabeza, (b) es el músculo y (c) es el caparazón, es variable en cada monitoreo. En la cabeza del camarón (*Cryphiops caementarius*) del río Ocoña, el porcentaje de humedad disminuye paulatinamente según transcurre el tiempo y finalmente se incrementa hasta 72.6 %, siendo semejante a (b) y (c). En el caso del río majes es distinto, el porcentaje de humedad disminuye considerablemente según pasan las semanas hasta llegar a 60.2 % para (a)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

y en caso de (b) y (c) hay una fluctuación ligera. Para el río Tambo sucede lo mismo que (b) y (c) del anterior. Estos cambios de humedad tal vez se puedan deber a procesos fisiológicos propias de la especie.

Por otro lado, si comparamos el valor promedio de (a) de cada río, es menor a (b), sin embargo, frente a (c) es mayor. Esto se debe obviamente a que el músculo o pulpa presenta más cantidad de agua frente al caparazón que está hecho de quitina y la cabeza que representa los desechos orgánicos.

Según la Norma Oficial Mexicana (NOM-559-1999) la humedad del camarón debe ser mayor al 20 %, lo que indicaría que estos resultados (todas las partes del camarón) si cumplen con la norma mencionada, y más aun siendo el músculo la parte comestible.

3. Determinación de pH, Temperatura, Conductividad, Sólidos totales, Demanda Química de Oxígeno (DQO) en Aguas de los ríos Ocoña, Majes y Tambo:

A) pH: Significa potencial de hidrógeno, es importante porque muestra si el agua u otro líquido es de carácter ácido o básico, determinada por el número de iones hidrógeno presente. El rango de pH es de 0 a 14. Su importancia radica, dependiendo del valor de pH, puede limitar la posibilidad de vida acuática. En la presente investigación, en la tabla 2 de anexos podemos ver que se mantiene constante en cada río, propio durante los cinco monitoreos; es decir muestra un pH de 7 en cada una de las muestras. Esto indicaría que el agua esta neutra, ni ácida ni básica. Según valores normales estarían los resultados dentro del valor normal (6.5 - 8.5) para aguas superficiales. (ECA. MINAM, SENAMHI). (Fig.6) Los valores de pH compatibles con la vida de las especies acuáticas están comprendidos entre 5 y 9, situándose los más favorables entre 6 y 7.2. (SENAMHI).

En aguas naturales no contaminadas, el pH es en gran parte controlado por un balance entre el dióxido de carbono, carbonatos e iones bicarbonato. Los cambios en el pH son causados por la lluvia ácida, desechos industriales, por el drenaje de la minería o por el lavado de minerales.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

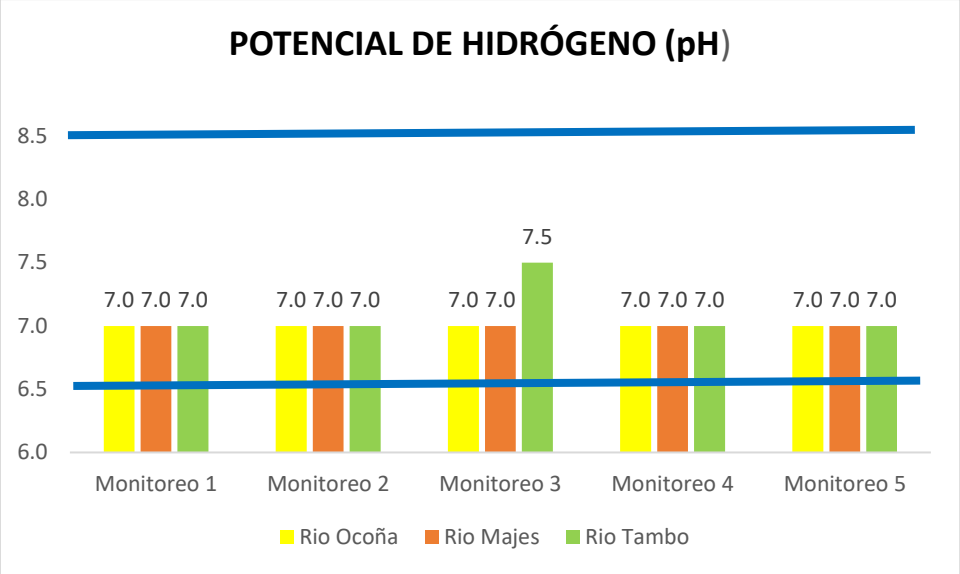


Fig. 6 pH del río Ocoña, Majes y Tambo.

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, el pH de las aguas naturales se debe a la composición de los terrenos atravesados, así pues, el pH alcalino indica que estos son calizos, y un pH ácido que son silíceos.

Según la EPA debe estar entre 6.5 a 8.5 el agua para consumo humano; y según el Codex Alimentarius el agua debe estar entre 7.8 y 8.3 para cultivo de camarón. Según un estudio de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) realizado para las aguas del río Ocoña en el año 2015 dio un valor de pH de 8.16 exactamente para el afluente río Chichas Arma (1364 R. Chich) (890 msnm). Y en el año 2016 para el mismo río dio un valor de 8.43 de pH. En el 2016 también se evaluaron otros dos rio siendo el afluente río Maran (1367 R. Mara 1) (824 msnm) dando un pH de 8.92 y para el río Ocoña 2 (132 R. Ocoña 2) (398 msnm) dio un valor de 8.31. Con estos datos podemos concluir que los valores de pH para estos ríos están dentro del rango permisible y frente al presente trabajo de investigación los valores no son muy lejanos para el río Ocoña.

Otro estudio realizado por ANA en el río Camaná – Majes en el 2014 dieron valores de pH de 7.19 para el afluente río Mamacocha (134 R. Mama 1) (1698 msnm); para el afluente río Capiza (134 R. Capi 1) (910 msnm) el pH fue de 8.84. Para el río Majes propiamente dicho (134 R. Maje 1) (608 msnm) fue de 9. En el año 2015 para los ríos Mamacocha y Capiza los valores de pH fueron 7.18 y 8.45

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

respectivamente. Podemos ver que entre los años mencionados los valores no cambian drásticamente.

Sin embargo, un estudio realizado por ANA en el año 2015 para el río Tambo también dieron valores de pH muy cercanos a los ya mencionados siendo así río Tambo (1318 R Tam 5A) (154 msnm) con un pH de 8.82 y en otro punto de muestreo (río Tambo (1318 R. Tam 6) (110 msnm)) dio un valor de 8.79.

En el año 2016 en otros puntos de muestreo (río Colaraque (1318 R. Cora) (3563), río Carumas (1318 Caru 1) (2467) y río Omate (1318 R Omat) (1310 msnm)) afluentes del río Tambo dieron valores de 6.54, 7.96 y 8.22 respectivamente.

Los ríos mencionados descargan sus aguas en el río Ocoña, Majes y Tambo, están cercanos al punto de muestreo de esta investigación; por esa razón se tomaron en cuenta sus valores de pH; y podemos concluir que todos los valores están dentro del rango permisible para la vida acuática según SENAMHI.

Para el tratamiento de aguas hay fases siendo estos como la precipitación coagulación, desinfección, entre otros; y todos depende del pH; por ejemplo, para una desinfección de agua con cloro sea eficaz es preferible que el pH sea inferior a 8.

A una temperatura determinada, la intensidad de carácter ácido o básico de una solución viene dada por la actividad del ión hidrógeno.

Finalmente podemos decir también que el pH es un factor que afecta la acumulación y disponibilidad de metales pesados ya que define la movilidad, solubilidad del catión.

B) Temperatura: Es importante porque influye en la obtención de resultados confiables en campo o en el laboratorio. La variación de la temperatura del agua depende del clima local y de las influencias del entorno. Según la siguiente grafica podemos ver, la temperatura tiene un comportamiento estacional, estrechamente relacionado a las condiciones climáticas prevalentes en cada región; tal como refleja el valor del río Majes siendo mayor que la del rio Ocoña y Tambo en los cinco monitoreos. Para el río Ocoña la temperatura promedio de los cinco muestreos es 24.9 °C, con una desviación estándar de +/-0.8319. Río Majes está con una temperatura de 29.3 °C con una D.S. de +/-1.5556, siendo mayor la fluctuación entre cada monitoreo y finalmente la temperatura del río

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tambo esta 27 °C con una D.S igual a +/-0.9418. Comparando a grandes rasgos los tres ríos muestran diferentes temperaturas, pero dentro del valor normal (excepto la del rio Majes) según el Instituto del Mar del Perú 2017, ya que para los camarones (un punto de esta investigación) la temperatura ideal para su desarrollo, crecimiento fluctúa entre 15 y 27 °C. Se puede ver que los 29.3 °C no es impedimento para el crecimiento de estos seres en el rio Majes, aunque estadísticamente al 95 % hay diferencia significativa, ya que se acepta la hipótesis alternativa frente a un t teórico de 2.13. Por otra parte, cuando se recolectó la muestra, en las fechas indicadas en su momento, la abundancia era representativa. Ninguna medida excede de los 30ºC, esto nos indicaría que no hay una contaminación térmica que sea proveniente de una industria, relave, etc. Según SENAMHI. Pero por otra parte más adelante vemos que hay presencia de metales pesados en la investigación.

Los factores del medio influyen notoriamente en la tasa de absorción y captación de ciertos metales. Por lo tanto, la temperatura del agua es importante para la vida acuática, para las reacciones químicas y velocidad de reacción (el aumento en las velocidades de reacciones químicas produce un aumento de temperatura); siendo un indicador de la calidad de agua y que influye en el comportamiento de otros indicadores como el pH, déficit de oxígeno, conductividad eléctrica, etc.

La temperatura óptima para el desarrollo de las actividades se detiene cuando alcanza los 50 °C.

Un estudio de temperatura realizado por ANA para el río Ocoña en el año 2015 dio valores de temperatura siendo 16.09 °C, 20.42 °C y 19.96 °C para los siguientes puntos de muestreo (río Chichas Arma (1364 R Chich) (890 msnm), Río Maran (1367 R Mara 1) (929 msnm), río Ocoña (132 R Ocoñ 2) (406 msnm)) respectivamente. Estos valores serian ideal para el crecimiento de camarones según el IMP. En el 2016 estos valores se asemejan a lo mencionado anteriormente.

ANA también realizó un estudio similar en el 2014 y 2015 para el río Camaná - Majes dando valores de temperatura similares para los siguientes puntos (río Mamacocha (134 R Mama 1) (1698 msnm) T° = 18.2 °C. Río Capiza (134 R Capi 1) (910 msnm) T° = 17.5 °C).

Los puntos de muestreo para el río Tambo en el 2015 fueron, río Tambo (1318 R Tam 5A) (154 msnm) T° = 23.3 °C. Río Tambo (1318 R Tamb 6) (110 msnm)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

T° = 23 °C. Los puntos de muestreo se tomaron en cuenta tratando de aproximarse a los puntos de muestreo de este trabajo; para así concluir que los resultados del presente trabajo no están muy lejos de los valores reales. Aunque siempre tomando en cuenta las estaciones de muestreo.

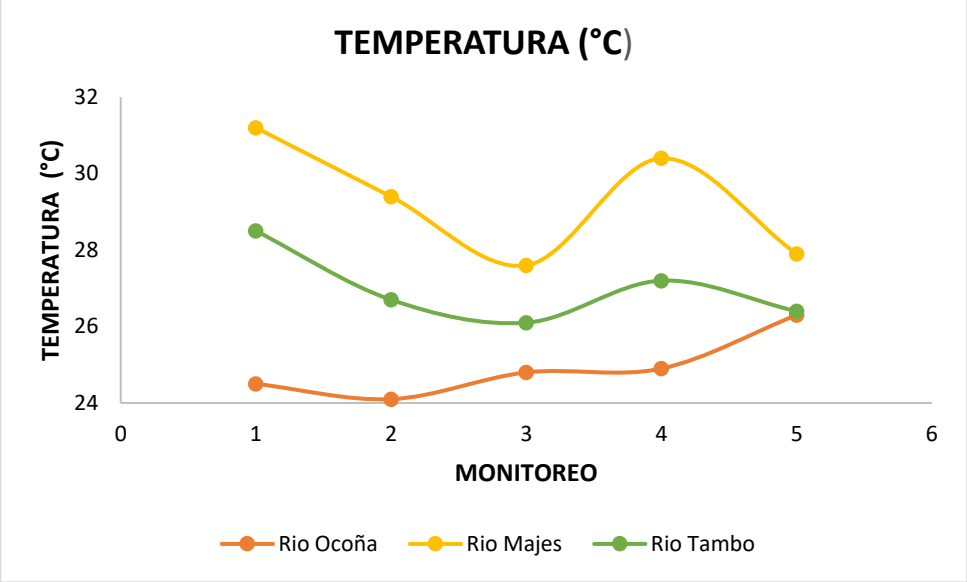


Fig. 7 Temperatura del río Ocoña, Majes y Tambo.

Fuente: Elaboración propia

C) **Conductividad Eléctrica:** La conductividad eléctrica es la capacidad del agua para transportar corriente eléctrica, esta capacidad depende de los iones presentes en el agua debido a la división de sales inorgánicas, ácidos y bases (concentración total, movilidad, valencia, concentraciones relativas y temperatura). Ósea la conductividad eléctrica depende de la actividad de los tipos de iones disueltos y la temperatura a la que se analiza. Su importancia, nos permite verificar en forma rápida la variación del contenido de sales disueltas en aguas superficiales; y estimar cuantitativamente los sólidos totales disueltos o minerales en el agua (como una medida indirecta). Por otra parte, los cambios en la conductividad nos pueden indicar intrusión salina u otras fuentes de contaminación. La unidad de medida de la conductividad son los Siemens por centímetro.

Se realizó una curva de calibración con la sal cloruro de sodio a diferentes concentraciones, usando el conductímetro; con el fin de verificar si el aparato está trabajando en buenas condiciones. Se trabajó durante tres días consecutivos para

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

observar la variación, de la misma manera se midió la temperatura; así como se aprecia en el anexo 15.

En el anexo 16 se observa que a medida que disminuye la concentración disminuye la conductividad, manteniéndose constante en los tres últimos datos de concentración. Esta capacidad está determinada por la presencia de iones, en este caso sal de cloruro de sodio. También podemos concluir, observando la gráfica que no hay variación durante los tres días en cuanto a la temperatura y la conductividad.

El presente trabajo de investigación muestra un resultado de conductividad eléctrica bastante variable al comparar los tres ríos entre sí como se muestra en la siguiente figura, donde encontramos un valor promedio de los 5 monitoreos, de 410.8 µS/cm para el río Ocoña, para el caso del río Majes, se incrementa, siendo 1272.8 µS/cm; finalmente para el caso del río Tambo la conductividad es mucho mayor que los anteriores estando con 2462 µS/cm. Estos valores, están dentro del rango normal (2500 µS/cm D.S. 004 - 2017 ECA-MINAM, categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales); estando por debajo e indicando baja concentración de sales disueltas en el agua. Sin embargo, no dejan de ser un indicador importante de la presencia de sales disueltas. Por otra parte, los valores encontrados en el rio Ocoña y Majes indica que hay una mediana mineralización, considerando sus aguas aptas para el uso de riego.

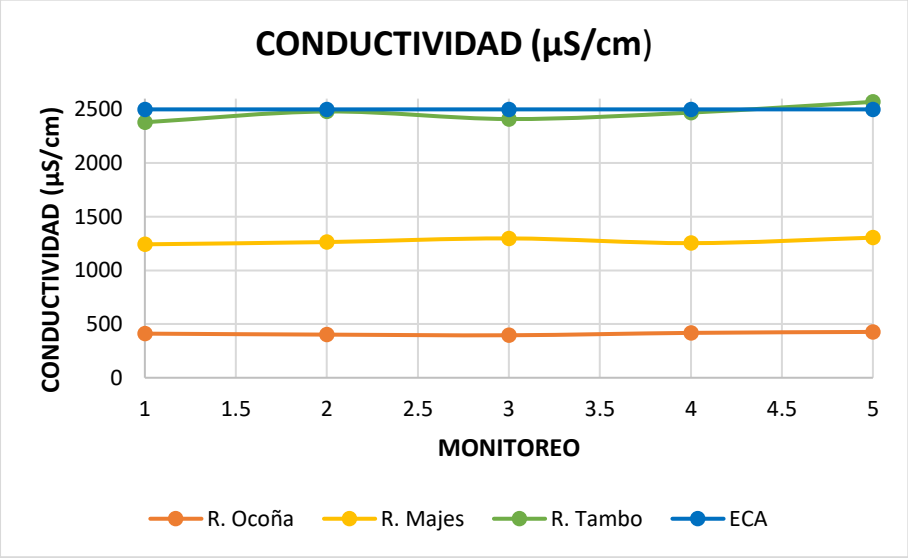


Fig. 8 Conductividad del río Ocoña, Majes y Tambo.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Si fuera un valor alto puede ser influenciado también por factores naturales como vulcanológicos y por factores humanos como la actividad minera.

En aguas continentales los iones responsables de la conductividad son calcio, magnesio, potasio, sodio, carbonatos, sulfatos, etc.

Y si mencionamos sobre el agua pura, esta tiene muy poca conductividad, por lo que su medida nos da idea de sólidos disueltos en ella. Mientras que las soluciones de la mayoría de ácidos, bases y sales presentan coeficientes de conductividad altas. Las moléculas de compuestos orgánicos que no se disocian en soluciones acuosas tienen conductividad baja.

ANA realizó análisis de conductividad eléctrica de las aguas del río Ocoña, Majes y Tambo. En el año 2015 para el río Chichas Arma (1364 R. Chich) (890 msnm) la conductividad eléctrica fue 259.6 µS/cm. Río Ocoña (132 R. Ocoña 2) (406 msnm) 484.2 µS/cm. En el 2016 mostraron valores de 329 µS/cm, 231 µS/cm y 326 µS/cm para los afluentes del río Ocoña siendo río Maran (1367 R Mara 1) (824 msnm), río Chichas Arma (1364 R. Chich) (895 msnm) y río Ocoña 2 (132 R. Ocoñ 2) (398 msnm) respectivamente. Y para el río Camaná - Majes en el 2014 y 2015 los valores fueron 125.2 µS/cm incrementándose a 258.4 µS/cm para el afluente río Mamacocha (134 R Mama 1) (1698). Para el río Capiza (134 R Capi 1) (910 msnm) fue de 405.6 µS/cm incrementándose a 776.2 µS/cm. Cabe mencionar que todos estos valores están dentro del rango permisible al igual que el presente estudio; siendo muy diferente a los estudios del río Tambo que superan los 2000 µS/cm en el presente trabajo y en los valores dados por ANA (río Tambo (1318 R Tamb 5A) (154 msnm) (2640 µS/cm), río Tambo (1318 R Tamb 6) (110 msnm) (2640 µS/cm)) para el 2015. Para el 2016, (río Colaraque (1318 R Cora) (3563 msnm) (665 µS/cm)); (río Carumas (1318 Caru 1) (2467 msnm) (475.7 µS/cm)) y para el río Omate (1318 R Omat) (1310 msnm) (2800 µS/cm) lo que significa que los valores de este estudio no están lejos de los valores dados por esta institución.

D) Sólidos Totales: Es la expresión que se aplica a los residuos del material que queda en un recipiente después de la evaporación de una muestra y su consecutivo secado en estufa a una temperatura definida. Es la unión de solidos disueltos y solidos suspendidos o en suspensión.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Sólidos totales es un indicador para medir la contaminación por desechos orgánicos, y permite evaluar si un cuerpo de agua cumple con las condiciones exigidas y está disponible para satisfacer necesidades básicas, recreativas o industriales.

En el presente trabajo podemos observar un valor dentro de lo normal de sólidos totales del río Majes, siendo 1184 ppm como promedio de los 5 monitoreos. Sin embargo, los valores del río Tambo está fuera del rango siendo 2178 ppm respectivamente; (valor normal 2000 mg/L para aguas superficiales según INRENA). (Fig. 9) Se evaluó estadísticamente, con el fin de ver si estos valores son significativos frente al rango normal; dando como resultado que para el río Ocoña no hay diferencia significativa al 95% porque se aceptó la hipótesis nula frente a un t teórico de 2.13; es decir el valor de sólidos totales para el río Ocoña no excede el rango permitido. Siendo muy diferente para el caso del río Tambo, donde si hay diferencia significativa al 95%, es decir el agua de este río no es apto para uso de riego. Se concluye que los valores de conductividad eléctrica son proporcionales a los valores de sólidos totales disueltos para los tres ríos, teniendo muy en cuenta el mismo resultado para el caso de las aguas del río Tambo.

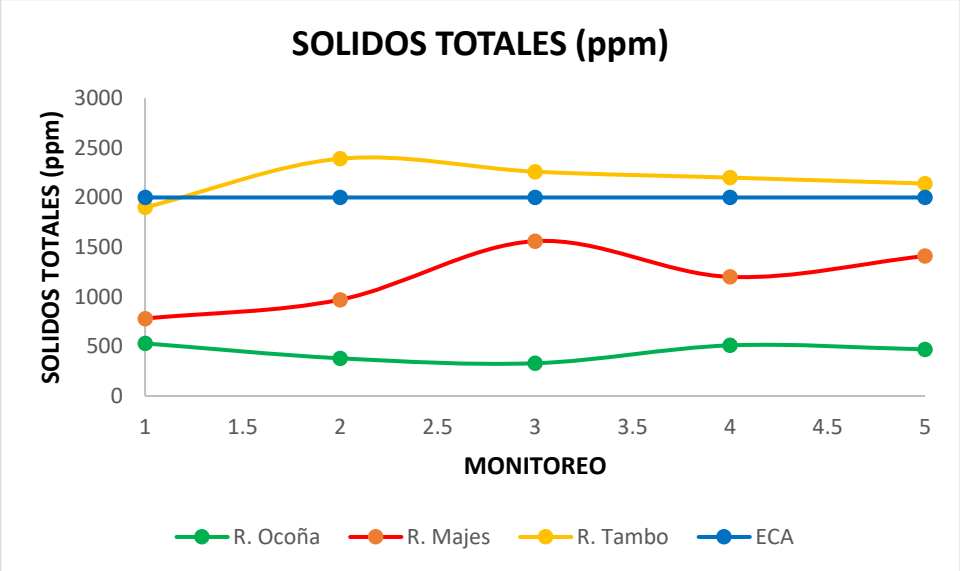


Fig. 9 Sólidos Totales del río Ocoña, Majes y Tambo.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Por otra parte, las partículas suspendidas en las aguas ayudan a la adhesión de metales pesados y muchos otros compuestos orgánicos tóxicos y pesticidas que contienen las aguas y al ser usadas para el riego ocasionan problemas de toxicidad ya que estos compuestos son absorbidos por la zona radicular de la planta y por las hojas acumulándose en tejidos; en concentraciones altas para provocar daños y reducir sus rendimientos. La magnitud del daño depende de la cantidad de iones absorbidos y de la sensibilidad de la planta.

Como consecuencia de la sedimentación de las partículas en el fondo, los lagos poco profundos se colmatan más rápido, los huevos de peces y larvas de insectos son cubiertos y sofocados, dañándose de esta forma.

Los sólidos totales disueltos y la conductividad eléctrica están estrechamente relacionados. Cuanto mayor sea la cantidad de sales disueltas en el agua, mayor será la conductividad eléctrica. Las altas concentraciones de sólidos disueltos son debido al arrastre de materiales provocados por el aumento del caudal de los ríos.

E) Demanda Química de Oxígeno (DQO): (ASTM), (NMX-AA-030-SCFI-2001).

Es una medida de la cantidad de oxígeno consumido por una porción de materia orgánica existente en la muestra y oxidable por un agente químico oxidante fuerte. Específicamente representa el contenido orgánico total de la muestra oxidable por dicromato de potasio en solución ácida y/o bajo condiciones controladas.

La Demanda Química de Oxígeno, consumo de oxígeno que puede ser excesivo por componentes orgánicos como el petróleo, la gasolina, plásticos entre otros y que puede afectar a los seres vivos marinos.

En el anexo 18 se realizó una curva de calibración con el fin de hallar la concentración exacta de las muestras de aguas de los ríos Ocoña, Majes y Tambo. Según la técnica que se usó, para este caso es digestión sellada y espectrofotométrica; el procedimiento se detalló en el capítulo II. La técnica usada es un método colorimétrico que se define como la cantidad de un oxidante específico que reacciona con una muestra bajo condiciones controladas. La cantidad oxidante consumida se expresa en términos de su equivalencia en oxígeno (mg O_2/L). El método colorimétrico se basa en la oxidación de la materia orgánica por medio de un oxidante fuerte como el dicromato, Cr^{+6} de color

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

naranja presente en la solución de análisis se reduce a Cr^{+3} de color verde, la reducción de cromo depende directamente de su reacción con la materia orgánica total existente en la muestra; lo que permite cuantificar la materia orgánica presente en la muestra por medio del método colorimétrico que mide la absorbancia del Cr^{+3} a 600 nm.

El anexo 17 nos muestra que se tomó 6 puntos para hallar la curva de calibración a partir de la concentración y absorbancia encontrada. Es así como se obtuvo el anexo 18. Este anexo nos muestra una línea recta y un coeficiente de correlación de 0.99 lo nos cual indica que eta en óptimas condiciones para leer las muestras en el espectrofotómetro. A partir de ello se hallará las concentraciones de las muestras respectivas.

En la figura 10 se aprecia los valores de DQO en cada monitoreo de las aguas de los ríos Ocoña, Majes y Tambo frente al ECA que establece un valor de 40 ppm según la norma del D.S. 004 – 2017 MINAM que está establecido para aguas de ríos; categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

En esta figura se aprecia que el rio Ocoña tiene una fluctuación ligera entre cada monitoreo; con un DQO promedio de 17 ppm, y una desviación estándar de +/- 3.7014 (anexo N° 2); la fluctuación pueda que se deba a la temperatura variada en cada monitoreo para el respectivo rio. Pero al comparar con el ECA está dentro de los valores normales, indicando así que esta agua de este río no presenta mayor cantidad de materia orgánica que afectaría la flora y fauna correspondiente.

Por otro lado, el valor de DQO para el río Majes también está dentro del valor normal, mostrando un promedio de 32 ppm y una desviación estándar de +/- 7.4297 (anexo N° 2). Si observamos la figura 12 detenidamente con respecto a este rio los valores de cada monitoreo son mayores frente a los del río Ocoña lo que no se puede decir lo mismo para el río Tambo. Al parecer hay mayor contaminación en este último río, los valores que se muestra son mayores a la de los ríos Ocoña y Majes en cada monitoreo. El valor promedio de DQO es 53 con una desviación estándar de +/-10.7145; el DQO está fuera del límite permitido considerando que el agua de este río no es apto para su consumo

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

respectivo. Hay mayor carga orgánica e inorgánica, se puede deber que el río está siendo usado como vertedero de desechos orgánicos como gasolina, plástico, etc

Sin embargo, estudios realizados por ANA en los ríos Ocoña, Majes y Tambo en el año 2015 y 2016 y en los mismos puntos de muestreo mencionados arriba muestran un DQO que no supera los 40 ppm, siendo diferente al río Tambo del presente estudio que sobrepasa el ECA dado por el MINAM. Este hecho puede deberse a que los muestreos fueron tomados en diferentes épocas del año, razón por la cual hay diferencia.

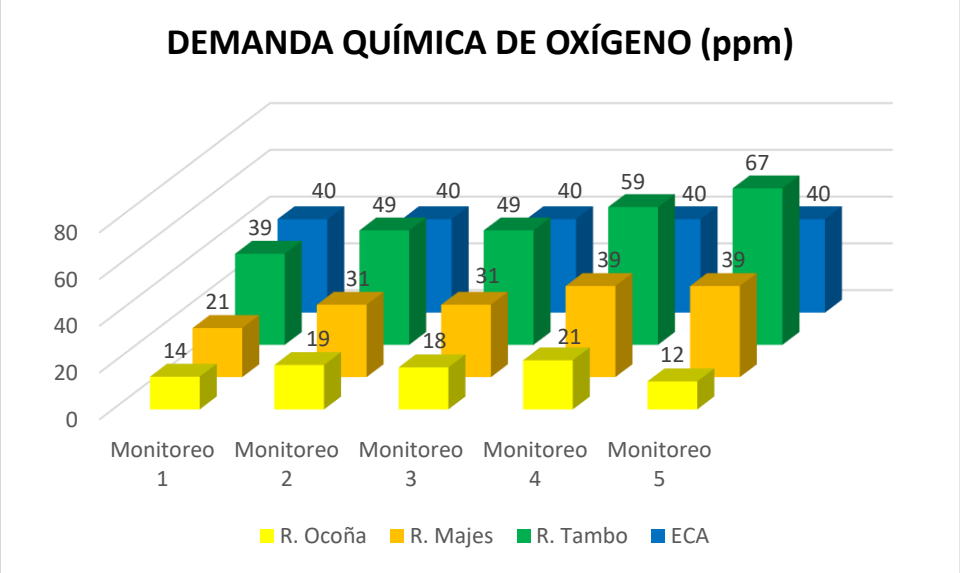


Fig. 10 DQO de las aguas del río Ocoña, Majes y Tambo.

Fuente: Elaboración propia

Como se dijo DQO es la cantidad de O_2 requerido para la oxidación química de la materia orgánica e inorgánica en agua, se emplea un oxidante como el dicromato de potasio que se determina en tres horas y muy diferente a DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) que es cinco días. DQO es una medida directa de la cantidad de materia orgánica y es reconocido como un parámetro a monitorear por agencias de control ambiental como la EPA.

La desventaja de esta técnica es que en una muestra hay compuestos orgánicos que, aunque son oxidados por el dicromato de potasio no son biodegradables por lo tanto no son oxidados al ser descargados en un río.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4. Determinación de la cantidad de Al, As, B, Cd, Cr, Mn, Hg y Pb en aguas de los ríos Ocoña, Majes y Tambo; durante los cinco muestreos y Evaluación estadística:

(Baboli, M. J., Velayatzadeh, M., & Branch, A. 2013), (Chand V., & Prasad S. 2013), (Clesceri, S. L., Greenberg, E. Arnold., Trusseli, R. Rhodes., 1992), (Fatema, K., Naher, K., Choudhury, T., Islam, M., Tamim, U., Hossain, S., . . . MP, A. 2015), (Feist, B., Mikula, B., Pytlakowska, K., Puzio, B., Buhl, F. 2008), (Hussein, A., & Khaled, A. 2014), (Ismahene, G., & El Hadi, K. (2012), (Mendoza, D. F., 2010), (Omoigberale, M. O., & Ikponmwosa-Eweka, O. 2010), (Öztürk, M., Özözen, G., Minareci, O., & Minareci, E. 2009), (Uysal, K., Emre, Y., Köse E. 2008).

En la siguiente tabla observamos la concentración obtenida para cada metal, a partir de la curva de calibración que se realizó previamente para cada metal y/o metaloide en el ICP-OES.

También se validó el método, el cual fue preciso, exacto y selectivo para cada metal con un LOD y LOQ dentro del rango permisible para los ocho metales.

Tab. 2 Concentración promedio en ppm de metales y metaloides en aguas de los ríos Ocoña, Majes y Tambo.

Concentración (ppm)								
Monitoreo 1								
	Al	**As**	**B**	**Cd**	**Cr**	**Mn**	**Hg**	**Pb**
Río Ocoña	0.291	0.048	1.030	0.002	0.001	0.116	0.000	0.000
Río Majes	0.000	0.001	1.150	0.003	0.000	0.046	0.000	0.000
Río Tambo	1.420	0.357	8.410	0.003	0.001	0.088	0.000	0.000
Monitoreo 2								

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Río Ocoña	0.391	0.045	1.120	0.003	0.001	0.126	0.000	0.000
Río Majes	0.000	0.002	1.173	0.003	0.000	0.024	0.000	0.000
Río Tambo	0.956	0.371	8.437	0.003	0.001	0.078	0.000	0.000
Monitoreo 3								
Río Ocoña	0.147	0.036	0.942	0.004	0.001	0.066	0.000	0.000
Río Majes	0.000	0.001	1.027	0.006	0.000	0.050	0.000	0.000
Río Tambo	0.935	0.271	6.987	0.006	0.001	0.069	0.000	0.000
Monitoreo 4								
Río Ocoña	0.124	0.031	0.934	0.004	0.000	0.063	0.000	0.000
Río Majes	0.000	0.000	0.962	0.004	0.000	0.026	0.000	0.000
Río Tambo	0.473	0.256	7.110	0.004	0.000	0.035	0.000	0.000
Monitoreo 5								
Río Ocoña	0.095	0.032	0.911	0.004	0.000	0.052	0.000	0.000
Río Majes	0.040	0.000	0.932	0.004	0.000	0.043	0.000	0.000
Río Tambo	0.647	0.210	6.710	0.004	0.000	0.048	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior también podemos observar la cantidad de cada metal/metaloide presente en cada río. A continuación, se describirá cada uno.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

A) ALUMINIO:

En la fig. 11, A simple vista se puede observar que hay presencia de aluminio en los rio Ocoña y Tambo en los cinco monitoreos. Comparando estos valores con el ECA (Estándar de Calidad Ambiental) que da el D.S. 004 – 2017 MINAM, (5 ppm) podemos concluir que están dentro de lo normal es decir dentro del rango permisible. En el río Ocoña los valores fluctúan entre 0.095 ppm a 0.391 ppm, con un valor promedio de 0.210 ppm. En el río Tambo los valores son mayores va de 0.473 ppm a 1.420 ppm, con un valor promedio de 0.886 ppm. Sin embargo, el río Majes no muestra presencia de aluminio más que en el monitoreo 5, dando 0.040 ppm, esto se puede deber a que el aluminio es un constituyente natural de suelos, plantas y tejidos animales. El aluminio soluble puede hallarse en aguas tratadas o residuales. Otra fuente de contaminación puede ser que las mineras Aruntani S.A.C y Buenaventura S.A.A que se encuentran en la cabecera de la cuenca Tambo puedan influir en estas concentraciones de aluminio; ya que las concentraciones son mayores que las otras dos cuencas. Cabe resaltar que el límite de detección para este metal fue de 0.0067 ppm, significando que es lo correcto ya que los valores en la muestra fueron mayores y los valores de las aguas están correctos. Río Tambo > Río Ocoña > Río Majes respectivamente 0.886 ppm > 0.210 ppm > 0.008 ppm. Estos fueron los valores promedio obtenidos de los cinco monitoreos; con D.S. de +/- 0.126 para río Tambo, +/- 0.018 para río Majes y +/- 0.361 para el río Tambo; que indica la dispersión de datos que se maneja. A mayor D.S. menor precisión y viceversa.

Estadísticamente se evaluó si existía diferencia significativa en la concentración de aluminio al 95% para los 5 monitoreos y en cada río. Dando como resultado de una probabilidad (p) de 0.0003 para los ríos, siendo $p < 0.05$. Quiere decir que hay diferencia significativa estadísticamente entre ríos, mas no entre monitoreos. Al realizar el test adicional LSD (Least significant difference) nos muestra que al menos el río Tambo difiere del río Ocoña y Majes; como se muestra en el anexo 8. Se usó STATGRAPHICS CENTURION XVI Versión 16.1.11

Por otra parte, al comparar estos valores obtenidos de los puntos muestreados (tab. 1) de este trabajo de investigación no está muy lejos de los valores que da ANA (Autoridad Nacional del Agua) para aluminio para las aguas del río Ocoña, en el año 2015. Los puntos de muestreo fueron (río Chichas Arma (1364 R. Chich) (890

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

msnm), río Maran (1367 R. Mara 1) (929 msnm), río Ocoña (132 R. Ocoñ 2) (406 msnm) cuyos valores de aluminio fueron 0.110 ppm, 0.198 ppm y 0.188 ppm. En el año 2016 mostraron valores de 0.338 ppm, 0.261 ppm y 0.268 ppm respectivamente para los mismos afluentes. Para el río Camaná – Majes en el 2014 los puntos de muestreo fueron (río Capiza (134 R Capi 1) (910 msnm), río Majes (134 R Maje 1) (608 msnm)) cuyos valores de aluminio son 0.12 ppm, y 0.11 ppm respectivamente. Y en el 2015 para el afluente Capiza incrementó a 0.155 ppm; en el 2016 para este mismo afluente incrementó a 5.24 ppm. En este mismo año para el río Majes fue de 23.31 ppm. Como se observa estos últimos valores sobrepasan los 5 ppm de estándar de calidad ambiental para aluminio en aguas de río.

ANA también analizó las aguas del río Tambo en el año 2015, dando como resultado 0.043 ppm y 0.930 ppm de aluminio para los puntos de muestreo río Tambo (1318 R Tam 5 A) (154 msnm) y río Tambo (1318 R. Tamb 6) (110 msnm). En el 2016 para el afluente río Colaraque (1318 R. Cora) (3563 msnm) dio 4.43 ppm de aluminio; para el río Carumas (1318 Caru 1) (2467 msnm) dio 1.66 ppm y para el río Omate (1318 R Omat) (1310 msnm) fue 1.22 ppm.

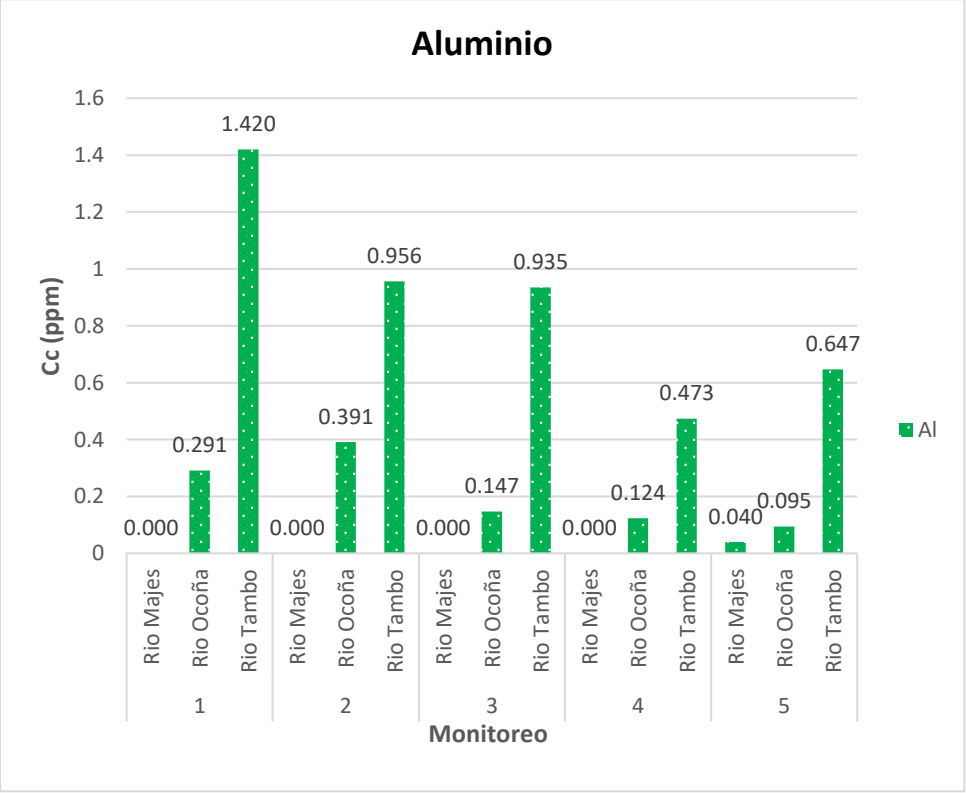


Fig. 11 Representación gráfica de la concentración de Al de los 5 monitoreos y en los ríos Ocoña, Majes y Tambo

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El aluminio puro es blando, pero puede formar aleaciones con otros elementos para aumentar su resistencia. El aluminio resiste al ataque de la mayor parte de ácidos, pero se disuelve en agua regia. La forma soluble en agua causa efectos perjudiciales.

B) ARSÉNICO:

En la siguiente figura se observa que hay presencia de arsénico en el río Tambo como en los ríos Ocoña y Majes. Los valores de concentración de arsénico en el río Tambo durante los cinco muestreos superan los valores permisibles dados por el D.S. 004 – 2017 MINAM (0.1 ppm) (línea azul indica el valor del ECA).

También podemos ver los valores que fluctúan van de 0.210 ppm a 0.371 ppm de arsénico para el río Tambo. Esto se puede deber a la época de muestreo. Cambios climáticos entre otros. El valor promedio de arsénico en el rio Tambo es 0.293 ppm con una D.S. de +/- 0.069. Por otro lado, una fuente de contaminación para el río Tambo puede ser los residuos que eliminan la minera Aruntani S.A.C y la Compañía Minera Buenaventura S.A.A. que se encuentran en la cabecera de la Cuenca Tambo. El arsénico no es un elemento esencial para el ser humano, la principal fuente de arsénico en el agua es la disolución de minerales y menas de origen natural y también se da por exposición por vía oral consumo de alimentos y bebidas. Su concentración está estrechamente relacionada con la profundidad de pozo. La reactividad y toxicidad de arsénico inorgánico trivalente (As^{+3}) es mucho mayor que la del arsénico inorgánico pentavalente (As^{+5}). La fuente natural de arsénico es de origen hidrotermal (yacimientos hidrotermales de cobre). En el proceso de oxidación en la zona de meteorización (superficie) se descompone con relativa rapidez. La acción de las aguas y su contenido ácido produce lixiviación de los minerales ayudado por la alta temperatura y alta presión del manto terráqueo extraen elementos en solución acuosa.

También se encuentra el arsénico en minerales de origen secundario formados por la alteración en la superficie de otros minerales preexistentes. Así es como se origina la eritina ($Co_3(AsO_4)_2.8H_2O$), etc. También se da por la influencia de cenizas volcánicas que se forman por actividad volcánica de la zona y son de efecto inmediato en plantas y animales.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

En aguas superficiales muy oxigenadas As^{+5} es más común, en sedimentos de lagos profundos o aguas subterráneas predomina As^{+3}. A un pH alto puede aumentar la concentración de arsénico disuelto en agua.

Estadísticamente con un nivel de confianza al 95 % hay diferencia significativa entre las concentraciones de arsénico para los ríos, dando un valor de p = 0.000 siendo este valor menor a 0.05. Ver anexo 8. Es decir, cada río es único como fuente de arsénico.

ANA analizó las aguas del río Ocoña en el 2015 y los resultados de arsénico fueron 0.046 ppm, 0.063 ppm y 0.027 ppm para los afluentes río Chichas Arma (1364 R Chich) (890 msnm), río Maran (1367 Mara 1) (929 msnm) y río Ocoña (132 R Ocoñ 2) (406 msnm). Estos valores se asemejan a los valores del presente estudio. En el 2016 también hay resultados de arsénico en los mismos puntos de muestreo y son 0.050 ppm, 0.033 ppm y 0.031 ppm respectivamente.

En el río Camaná – Majes, 2014 muestran los siguientes datos de arsénico 0.021 ppm para el río Majes (134 R Maje 1) (608 msnm).

En el río Tambo, en el año 2015 ANA muestra valores que sobrepasa los ECA siendo así 0.2646 ppm y 0.2448 ppm respectivamente para los ríos Tambo (1318 R Tam 5A) (154 msnm) y rio Tambo (1318 R Tamb 6) (110 msnm). En el 2016 en afluente río Colaraque (1318 R. Cora) (3563 msnm) da 0.1422 ppm de arsénico, y en el afluente río Omate (1318 R Omat.) (1310 msnm) muestra 2.840 ppm de arsénico. Concluyendo se puede decir que aun con el pasar del tiempo continúa contaminado este río; siendo no apto para consumo de animales y mucho menos para humanos.

Como se mencionó anteriormente el arsénico no es vital para la vida humana. Y sobrepasando los límites permisibles se puede afirmar que la cuenca de Tambo está sumamente contaminada como fuente de camarones.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

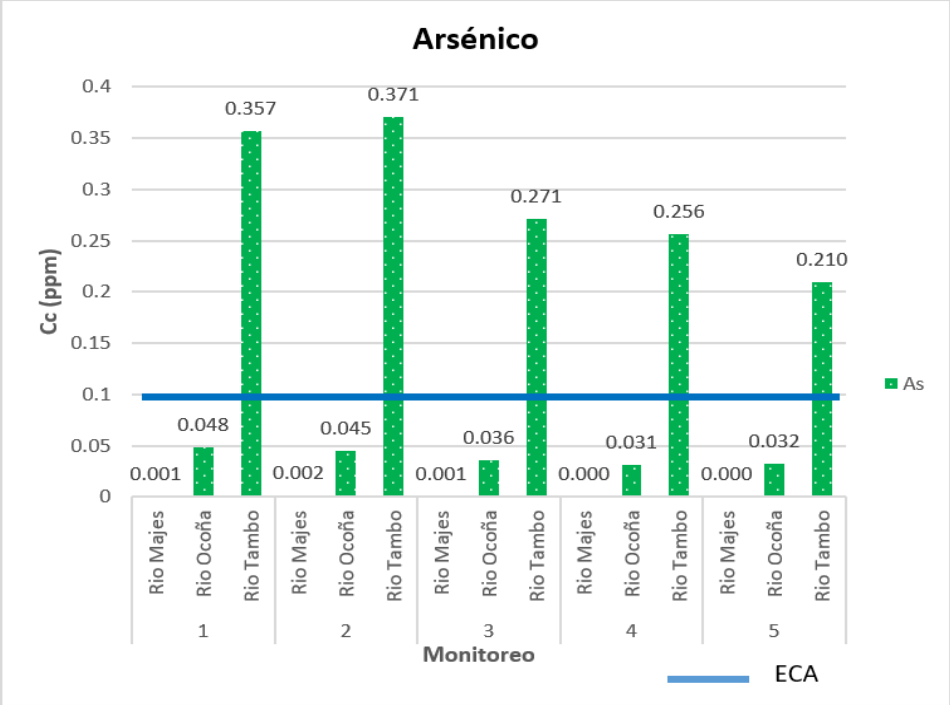


Fig. 12 Representación gráfica de la concentración de As de los 5 monitoreos y en los ríos Ocoña, Majes y Tambo

Hay presencia de arsénico en los ríos Ocoña y Majes, pero no implica que el agua de estos ríos sea tóxica para sus diferentes usos, siendo más para la agricultura.

Los compuestos de arsénico se usan en la industria (fuentes antropogénicas) como agentes de aleación, en la fabricación de transitores, láseres y semiconductores; e industrialmente en la elaboración de aditivos para preservar madera, alimentos, en veterinaria, en medicina y productos farmacéutico (solución de fowler). A mayor concentración es usado como plaguicidas, fabricación de vidrio, pigmentos, textiles, etc. El arsénico elemental tiene pocos usos.

Generalmente el cáncer en el ser humano es por consumo de agua potable con arsénico inorgánico; siendo los más comunes cáncer de piel, vejiga y pulmones.

C) BORO:

En la figura 13 se observa que la concentracion de boro en el río Tambo es mucho mayor que la de los demas rios. El ECA es de 5 ppm dado mediante Decreto Supremo Nº 004-2017-MINAM, publicado el 19 de diciembre de 2015. Es decir, la

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

concentración de Boro en el río Tambo supera los valores normales. Estos valores fluctúan entre 6.710 ppm a 8.437 ppm; y el valor promedio es de 7.531 ppm con una D.S. de +/- 0.828. Mientras que los valores del río Ocoña y Majes están por debajo de los valores normales. A bajas concentraciones es necesaria para las plantas, pero en este caso es excesivo, se puede considerar como un compuesto tóxico. Los compuestos de boro tienen aplicación en síntesis orgánica, y algunos se emplean como conservante de madera por su baja toxicidad. Se desprende boro de la quema de productos agrícolas, basura, leña, etc.

Estadísticamente se evaluó, y si hay diferencia estadística, la concentración del rio Tambo es diferente a la concentración de los ríos Ocoña y Majes. Con una probabilidad de $p = 0.000$, siendo $p < 0.05$ al 95 %.

ANA también realizo estudios para la determinación de boro en los ríos Ocoña, Majes y Tambo. Siendo así en el año 2015, en el mes de setiembre, en el rio Ocoña se muestra afluentes con presencia de boro. Río Chichas Arma (1364 R Chich) (890 msnm), Río Maran (1367 R. Mara 1) (929 msnm), Río Ocoña (132 R. Ocoñ 2) (406 msnm); cuyos valores de boro son 0.353 ppm, 1.298 ppm y 0.594 ppm respectivamente. Y para el 2016 mostraron valores de 0.394 ppm, 0.896 ppm y 0.602 ppm respectivamente para los mismos ríos. Cabe mencionar que estos valores no superan el ECA.

Los valores de boro para los afluentes del río Camaná-Majes en el 2014 fueron los siguientes; Río Mamacocha (134 R Mama 1) (1698 msnm) con 0.107 ppm, Río Capiza (134 R Capi 1) (910 msnm) con 0.652 ppm y Río Majes (134 R Maje 1) (608 msnm) con 0.626 ppm. En el año 2015 fueron 0.090 ppm, y 0.422 ppm para el río Mamacocha y río Capiza. También estos valores no superan los ECA.

Río Tambo, año 2015, los afluentes son Río Tambo (1318 R Tam 5A) (154 msnm) con un valor de boro de 6.67 ppm, Río Tambo (1318 R Tamb 6) (110 msnm) con 7.12 ppm de boro. En el año 2016, Río Colaraque (1318 R. Cora) (3563 msnm) con 5.71 ppm de boro; este río es el principal tributario del río Tambo. Río Omate (1318 R Omat.) (1310 msnm) con 31.42 ppm de boro, como se dijo anteriormente una fuente de contaminación puede ser la Compañía Minera Buenaventura S.A.A.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

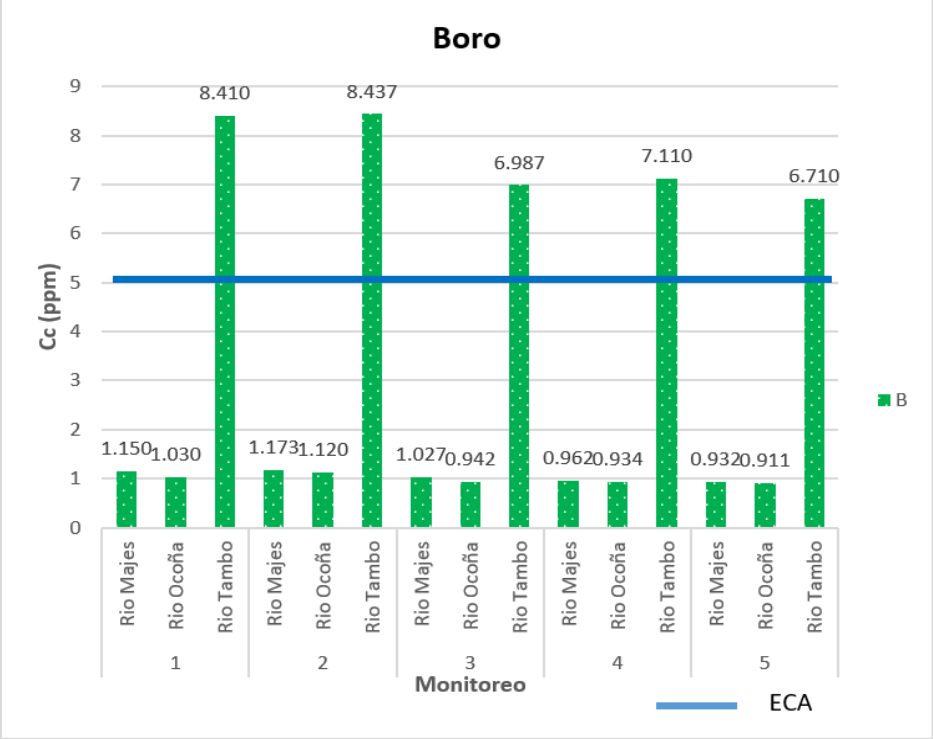


Fig. 13 Representación gráfica de la concentración de B de los 5 monitoreos y en los ríos Ocoña, Majes y Tambo

El boro nunca se ha encontrado libre, está presente en el agua de mar. Existe en pequeñas cantidades en la mayoría de los suelos y es un constituyente esencial de varios silicatos. La mayor fuente de boro son los boratos de depósitos evaporíticos como el bórax, la colemanita. Se forman menas de boro natural en proceso de solidificación de magmas silicatados, estos depósitos son las pegmatitas.

Las fibras de boro son usadas en aplicaciones mecánicas, en el ámbito aeroespacial. El boro amorfo se usa en juegos artificiales por su color verde.

D) CADMIO:

Es frecuente encontrar pequeñas cantidades de cadmio acompañando a los minerales zinc, cobre y plomo. Debido a su alta toxicidad, junto con plomo y mercurio forman el denominado “Big Three” de los metales pesados.

En la siguiente figura podemos ver que las concentraciones de cadmio están entre 0.002 ppm y 0.006 ppm entre los tres ríos y en los cinco monitoreos. Valores que no

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

sobrepasan los límites permisibles (ECA para cadmio en aguas de río es de 0.01 ppm). Esto puede deberse a que la fuente de liberación de cadmio al medio ambiente es el uso de combustibles fósiles (carbón, petróleo), siendo este escaso en la zona. Por otra parte, proviene de agua derramada de lluvias minas etc.

La solubilidad de cadmio en agua se debe a su acidez. Se usa como fuente de fertilizantes a partir de fosfatos, siendo un contaminante.

Estadísticamente con un nivel de confianza al 95 % hay diferencia significativa entre las concentraciones de cadmio para cada monitoreo, dando un valor de p = 0.0017 siendo este valor menor a 0.05. (Ver anexo 8). Es decir, cada monitoreo es diferente. Los monitoreos 4 y 5 difieren de 1 y 2. El monitoreo 3 tiene diferencia marcada. Y en cuanto a los ríos no hay diferencia significativa.

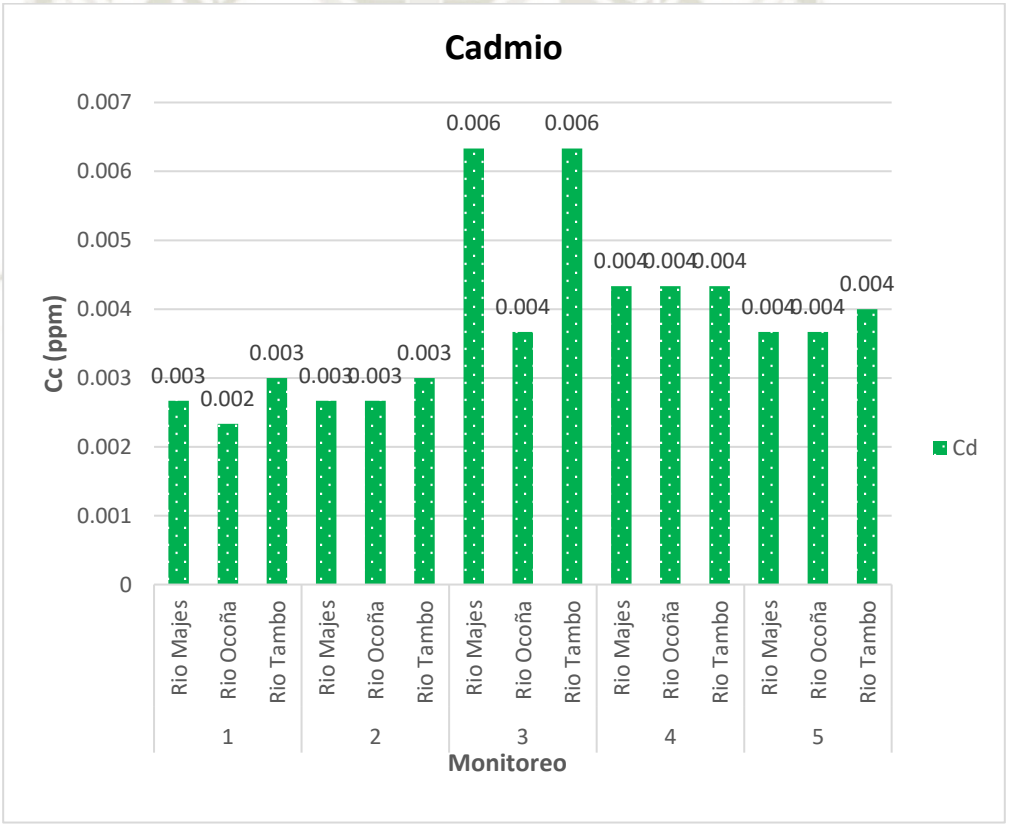


Fig. 14 Representación gráfica de la concentración de Cd de los 5 monitoreos y en los ríos Ocoña, Majes y Tambo

El cadmio es altamente resistente a la corrosión por lo que se usa como protector de hierro, acero y cobre. También puede alearse con níquel, oro, plata o bismuto para recubrir electrodos en soldadura.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El cadmio es altamente anticorrosivo y los compuestos de cadmio se usan como estabilizantes de plástico.

E) CROMO:

Las concentraciones de cromo no supera el 0.001 ppm en los ríos Ocoña, Majes y Tambo durante los cinco monitoreos como se ve en la figura 17. El ECA de aguas de ríos para cromo es de 0.1 ppm según D.S. 004 – 2017 MINAM. Comparando los resultados del presente trabajo respecto al ECA está por debajo las concentraciones de cromo. Es decir, el agua está libre de cromo y aparentemente se puede usar en la agricultura como ya viene siendo así desde hace algunos años.

El Cromo VI es un metal que se halla espontáneamente en el agua, suelo y rocas; aunque también hay niveles traza provenientes de la industria. Los compuestos de cromo VI se disuelven con facilidad. Los compuestos hexavalentes menos solubles son los cromatos de calcio, estaño y zinc.

Estadísticamente con un nivel de confianza al 95 % hay diferencia significativa entre las concentraciones de cromo para cada río, dando un valor de p = 0.0256 siendo este valor menor a 0.05. Las concentraciones de Majes difieren de Ocoña y Tambo según el test estadístico LSD. También hay diferencia significativa en cuanto a los monitoreos dando una probabilidad de 0.0453, valor menor a 0.05. Los monitoreos 4 y 5 difieren de 3, 1 y 2. (Ver anexo 8)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

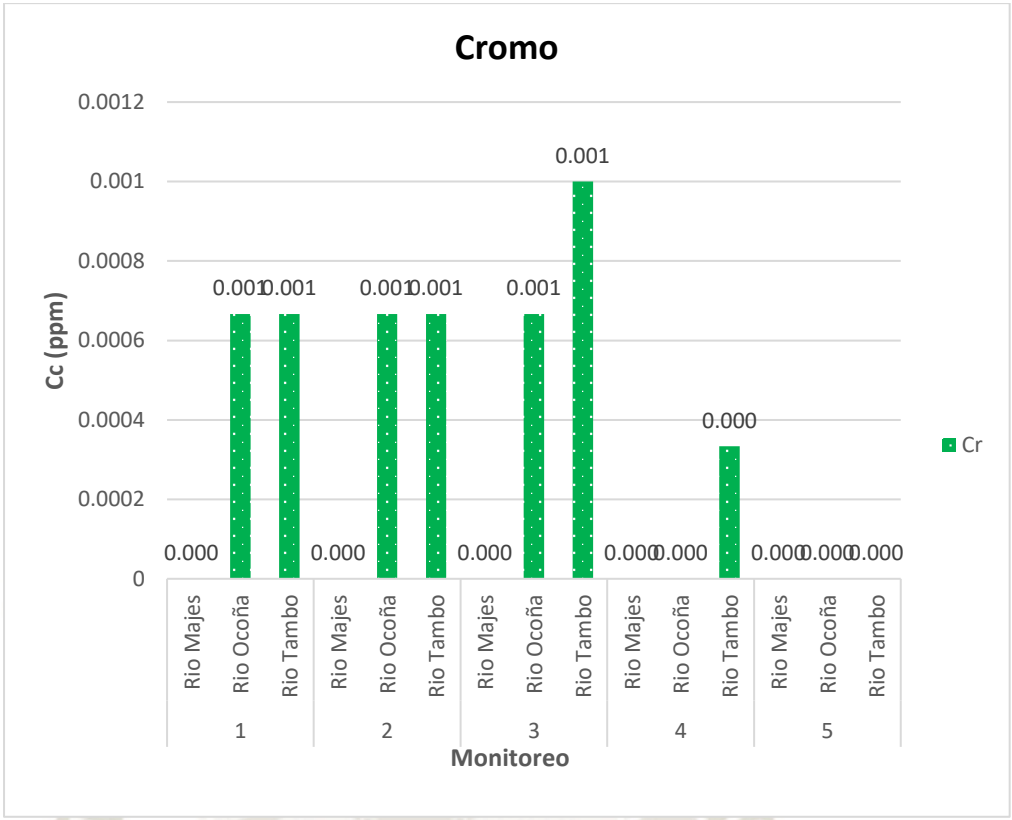


Fig. 15 Representación gráfica de la concentración de Cr de los 5 monitoreos y en los ríos Ocoña, Majes y Tambo

El cromo se encuentra en la naturaleza casi exclusivamente en forma de compuestos. Los compuestos de cromo VI en condiciones naturales y en presencia de materia orgánica oxidable se reduce a compuestos oxidantes, moléculas orgánicas, resultado la formación de cromo III.

El cromo es un metal de transición duro, frágil, brillante, gris acerado, muy resistente a la corrosión. Existe en tres estados de valencia Cr^{+2}, Cr^{+3} y Cr^{+6}. Es un metal pesado, muy usado como colorante y en pinturas; en acero inoxidable. Sus sales son usadas en mordientes (agentes fijadores), en telas. También es usado en el curtido del cuero llamado también curtido al cromo.

F) MANGANESO:

El manganeso es un elemento esencial poco abundante y necesario para la buena salud. Se puede encontrar en varios artículos alimenticios como las espinacas, té, hierbas y en altas concentraciones está en granos, arroz, semilla de soya huevos frutos secos, aceite de oliva, ostras.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

En la figura 16 podemos ver que hay presencia de manganeso en los ríos Ocoña Majes y Tambo. Fluctúan las concentraciones de 0.052 ppm a 0.126 ppm; 0.024 ppm a 0.050 ppm; 0.035 ppm a 0.088 ppm; respectivamente para cada río. La presencia de manganeso en el río Ocoña con un promedio en la concentración es de 0.085 ppm para los cinco monitoreos. D.S. = +/- 0.034. En cuanto al río Majes la concentración es de 0.038 ppm con una D.S. de +/- 0.012. El río Tambo muestra una concentración promedio de 0.064 ppm con una D.S. de +/- 0.022. Concluyendo podemos decir que comparado con el valor de ECA para manganeso en aguas de ríos (0.2 ppm) está por debajo de este en los tres casos.

No se aprecia manganeso en altas concentraciones en los ríos según este estudio, puede deberse a múltiples factores, empezando que cada río tiene diferente origen.

El manganeso es un metal que ocurre naturalmente, se encuentra en muchos tipos de rocas. El manganeso es de color plateado, pero no ocurre naturalmente en esta forma.

Estadísticamente con un nivel de confianza al 95 % hay diferencia significativa entre las concentraciones de manganeso para cada río, dando un valor de p = 0.0182 siendo este valor menor a 0.05. Las concentraciones del río Majes difieren del río Ocoña y río Tambo como el del río Ocoña difiere del río Majes, según el test estadístico LSD. (Ver anexo 8)

ANA también determinó manganeso en las aguas de los ríos Ocoña, Camaná- Majes y río Tambo. Siendo así en el afluente del río Ocoña, río Maran (1367 R Mara 1) (929 msnm) dio un valor de 0.025 ppm en el año 2015. Y en el 2016 fue de 0.014 ppm para el mismo río. En el 2016, en el afluente del río Camaná – Majes, río Capiza (134 R Capi 1) (910 msnm) el valor fue de 0.74 ppm y para el río Majes (134 R Maje 2) (368 msnm) fue de 1.09 ppm. Finalmente, los afluentes del río Tambo en el 2016 mostraron valores de 0.815 ppm y 0.214 ppm para el río Colaraque (1318 R. Cora) (3563 msnm) y río Omate (1318 R Omat.) (1310 msnm) respectivamente.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

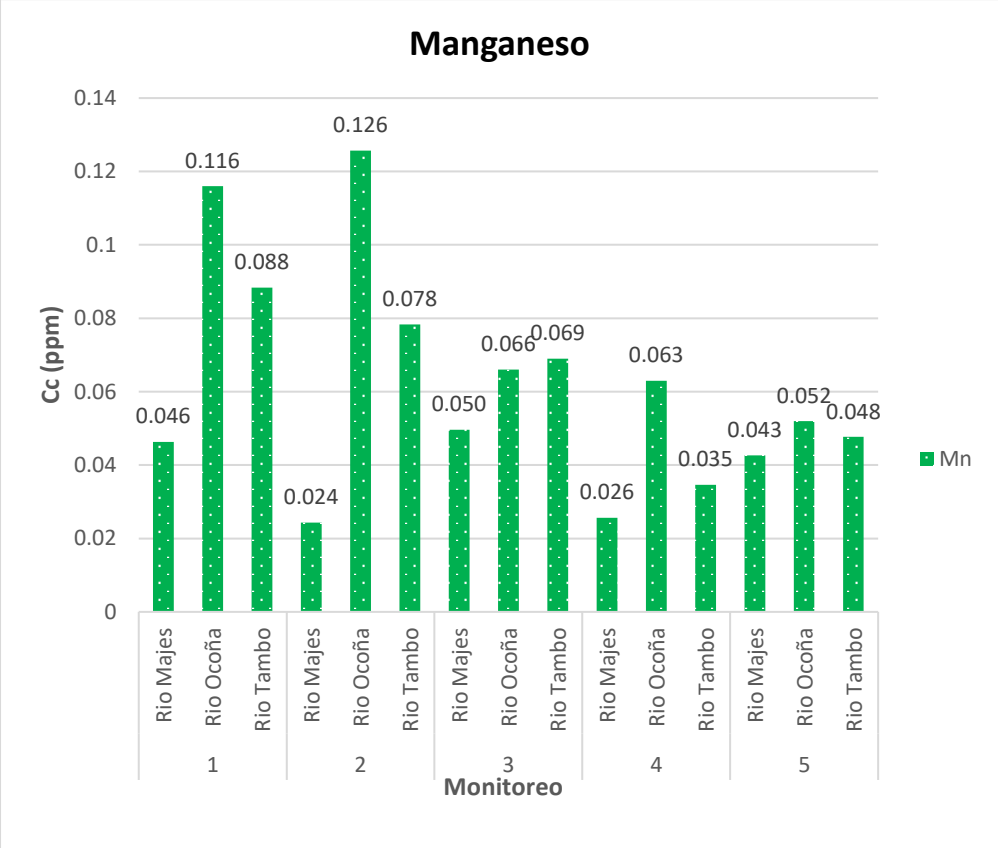


Fig. 16 Representación gráfica de la concentración de Mn de los 5 monitoreos y en los ríos Ocoña, Majes y Tambo

El manganeso es un metal bastante reactivo, aunque el metal sólido reacciona lentamente, el polvo metálico reacciona con facilidad y más vigorosamente.

Algunos compuestos orgánicos de manganeso incluyen pesticidas, también existe como un aditivo en ciertas gasolinas (metilciclopentadienil manganeso tricarbonil (MMT)).

G) MERCURIO:

En el presente trabajo se reporta que los niveles de mercurio en los ríos Ocoña, Majes y Tambo fueron no detectable (ND). Pero cabe resaltar que este metal pesado es sumamente tóxico, y si no se encuentra en aguas de estos ríos no significa que no se puede hallar en sedimento o en productos biológicos como los camarones (*Cryphiops caementarius*). El ECA para mercurio en aguas de ríos es de 0.01 ppm.

Sus efectos tóxicos son conocidos desde hace siglos, es muy poco abundante en la corteza terrestre. Aparece en depósitos de sulfuro formando parte del cinabrio (HgS). Es un contaminante global que proviene de forma natural de la desgasificación de la

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

corteza terrestre, de las emisiones volcánicas y de la evaporación de las masas de agua. Depósitos de mercurio ocurre en todos los tipos de roca. Este metal está presente en la atmósfera como vapor de mercurio metálico y como compuestos orgánicos volatilizados de mercurio.

El mercurio existe en tres formas de oxidación, elemental mercurioso y mercúrico. En agua desionizada bajo condiciones oxidantes moderadas y pH sobre 5 la especie predominante es mercurio elemental. El mercurio elemental siendo volátil puede ser transferido a la atmósfera y en aguas está presente en forma inorgánica divalente.

Por otra parte, se usa en amalgamas de plata para empastes de dientes.

H) PLOMO:

En el presente trabajo se reporta que los niveles de plomo en los ríos Ocoña, Majes y Tambo fueron no detectable (ND). Pero cabe resaltar que este metal pesado es sumamente tóxico, y si no se encuentra en aguas de estos ríos no significa que no se puede hallar en sedimento o en productos biológicos como los camarones (*Cryphiops caementarius*). El ECA para plomo en aguas de ríos es de 0.05 ppm.

Los tetraalquilplomados no son solubles en agua, pero se absorben rápidamente a través de la piel y pasa directo a los tejidos. El plomo se encuentra en utensilios de cocina. El plomo a pH bajo corroe las tuberías de esa manera entra al agua potable.

Las valencias químicas del plomo son dos y cuatro. De mayor interés son los compuestos organoplomados tetravalentes (se descomponen en disolución por acción de la luz) R_4Pb, formados con el grupo etilo, metilo y sus derivados son muy volátiles. Tetraetilplomo, tetrametilplomo se añaden a la gasolina para retrasar la explosión del carburante y provechar así al máximo la caída del pistón generando una máxima potencia. Sin embargo, el plomo debe ser eliminado del motor para evitar la formación de depósitos metálicos y para ello se añaden también pequeñas cantidades de dibromuro o dicloruro de etileno. La fuente de plomo puede ser minero.

Tiene diferentes usos como herbicida, insecticida, como pigmento ($PbCO_3$), también se usa como detonador ($Pb(NO_3)_2$) (azuro de plomo). Agente anticorrosivo, detonante en el petróleo (tetraetil y tetrametil de plomo). Fosfatos y fosfitos de plomo usados como estabilizantes de plásticos. Las aleaciones de plomo usados para unir metales entre sí o vidrio.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El plomo metálico y sus óxidos son muy usados en la fabricación de baterías de plomo, usados también como acumuladores de energía eléctrica en los vehículos de motor. El plomo se usa para obtener aleaciones de Pb-Ag de la que es posible extraer el metal precioso y Pb como subproducto.

5. **Determinar la cantidad de Al, As, B, Cd, Cr, Mn, Hg y Pb en cabeza, músculo y caparazón de camarón (*Cryphiops caementarius*) de los ríos Ocoña, Majes y Tambo; durante los cinco muestreos y Evaluación estadística:**

(Baboli, M. J., Velayatzadeh, M., & Branch, A. 2013), (Chand V., & Prasad S. 2013), (Clesceri, S. L., Greenberg, E. Arnold., Trusseli, R. Rhodes., 1992), (Fatema, K., Naher, K., Choudhury, T., Islam, M., Tamim, U., Hossain, S., . . . MP, A. 2015), (Feist, B., Mikula, B., Pytlakowska, K., Puzio, B., Buhl, F. 2008), (Hussein, A., & Khaled, A. 2014), (Ismahene, G., & El Hadi, K. (2012), (Mendoza, D. F., 2010), (Omoigberale, M. O., & Ikponmwosa-Eweka, O. 2010), (Öztürk, M., Özözen, G., Minareci, O., & Minareci, E. 2009), (Uysal, K., Emre, Y., Köse E. 2008).

En la siguiente tabla, número 3, podemos ver las cantidades en mg/kg de los 8 metales en las tres partes del camarón; cabeza, músculo y caparazón; en los ríos Ocoña, Majes y Tambo y en los 5 monitoreos.

Tab. 3 Concentración de metales y metaloides en a) cabeza, b) músculo y c) caparazón de camarón (*Cryphiops caementarius*) de los ríos Ocoña, Majes y Tambo.

MONITOREO 1				mg/kg
Al		a	cabeza	221.23
	Río Ocoña	b	músculo	32.02
		c	caparazón	183.32
		a	cabeza	230.00
	Río Majes	b	músculo	7.71
		c	caparazón	26.98
		a	cabeza	348.62
	Río Tambo	b	músculo	3.90
		c	caparazón	42.56
As		a	cabeza	3.03
	Río Ocoña	b	músculo	0.78
		c	caparazón	1.70
		a	cabeza	1.92

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

	Río Majes	b	músculo	0.70
		c	caparazón	0.74
		a	cabeza	10.91
	Río Tambo	b	músculo	0.19
		c	caparazón	1.80
B		a	cabeza	0.44
	Río Ocoña	b	músculo	0.16
		c	caparazón	1.46
		a	cabeza	0.38
	Río Majes	b	músculo	0.00
		c	caparazón	0.84
		a	cabeza	3.53
	Río Tambo	b	músculo	0.02
		c	caparazón	1.93
Cd		a	cabeza	0.32
	Río Ocoña	b	músculo	0.11
		c	caparazón	0.18
		a	cabeza	1.11
	Río Majes	b	músculo	0.19
		c	caparazón	0.41
		a	cabeza	1.03
	Río Tambo	b	músculo	0.01
		c	caparazón	0.18
Cr		a	cabeza	0.36
	Río Ocoña	b	músculo	0.08
		c	caparazón	0.16
		a	cabeza	0.28
	Río Majes	b	músculo	0.01
		c	caparazón	0.10
		a	cabeza	0.54
	Río Tambo	b	músculo	0.00
		c	caparazón	0.20
Mn		a	cabeza	46.45
	Río Ocoña	b	músculo	8.19
		c	caparazón	47.65
		a	cabeza	37.29
	Río Majes	b	músculo	7.90
		c	caparazón	62.52
		a	cabeza	82.57
	Río Tambo	b	músculo	1.37
		c	caparazón	30.32
Hg		a	cabeza	0.04
	Río Ocoña	b	músculo	0.00
		c	caparazón	0.00
		a	cabeza	0.00
	Río Majes	b	músculo	0.00

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

		c	caparazón	0.00
		a	cabeza	0.15
	Río Tambo	b	músculo	0.00
		c	caparazón	0.00
Pb		a	cabeza	0.00
	Río Ocoña	b	músculo	0.00
		c	caparazón	0.00
		a	cabeza	0.03
	Río Majes	b	músculo	0.00
		c	caparazón	0.00
		a	cabeza	0.35
	Río Tambo	b	músculo	0.00
		c	caparazón	0.00
MONITOREO 2				
Al		a	cabeza	393.68
	Río Ocoña	b	músculo	42.15
		c	caparazón	97.45
		a	cabeza	182.80
	Río Majes	b	músculo	16.18
		c	caparazón	36.05
		a	cabeza	34.34
	Río Tambo	b	músculo	19.23
		c	caparazón	51.55
As		a	cabeza	2.90
	Río Ocoña	b	músculo	0.82
		c	caparazón	1.57
		a	cabeza	2.11
	Río Majes	b	músculo	0.59
		c	caparazón	1.41
		a	cabeza	2.74
	Río Tambo	b	músculo	1.38
		c	caparazón	2.25
B		a	cabeza	0.00
	Río Ocoña	b	músculo	0.00
		c	caparazón	1.03
		a	cabeza	0.00
	Río Majes	b	músculo	0.00
		c	caparazón	0.00
		a	cabeza	0.93
	Río Tambo	b	músculo	0.71
		c	caparazón	9.38
Cd		a	cabeza	0.26
	Río Ocoña	b	músculo	0.06
		c	caparazón	0.09
		a	cabeza	0.72
	Río Majes	b	músculo	0.15

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

		c	caparazón	0.15
		a	cabeza	0.63
	Río Tambo	b	músculo	0.11
		c	caparazón	0.20
Cr		a	cabeza	0.38
	Río Ocoña	b	músculo	0.02
		c	caparazón	0.07
		a	cabeza	0.18
	Río Majes	b	músculo	0.00
		c	caparazón	0.11
		a	cabeza	0.04
	Río Tambo	b	músculo	0.00
		c	caparazón	0.00
Mn		a	cabeza	36.71
	Río Ocoña	b	músculo	10.01
		c	caparazón	38.68
		a	cabeza	22.66
	Río Majes	b	músculo	4.43
		c	caparazón	19.70
		a	cabeza	14.86
	Río Tambo	b	músculo	5.19
		c	caparazón	37.20
Hg		a	cabeza	0.03
	Río Ocoña	b	músculo	0.00
		c	caparazón	0.00
		a	cabeza	0.00
	Río Majes	b	músculo	0.00
		c	caparazón	0.00
		a	cabeza	0.00
	Río Tambo	b	músculo	0.00
		c	caparazón	0.00
Pb		a	cabeza	0.24
	Río Ocoña	b	músculo	0.00
		c	caparazón	0.00
		a	cabeza	0.00
	Río Majes	b	músculo	0.00
		c	caparazón	0.00
		a	cabeza	0.00
	Río Tambo	b	músculo	0.00
		c	caparazón	0.00
MONITOREO 3				
Al		a	cabeza	52.74
	Río Ocoña	b	músculo	19.33
		c	caparazón	40.68
		a	cabeza	47.77
	Río Majes	b	músculo	16.07

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

		c	caparazón	54.12
		a	cabeza	36.77
	Río Tambo	b	músculo	22.10
		c	caparazón	80.65
As		a	cabeza	3.46
	Río Ocoña	b	músculo	1.46
		c	caparazón	1.74
		a	cabeza	2.42
	Río Majes	b	músculo	1.07
		c	caparazón	1.83
		a	cabeza	4.07
	Río Tambo	b	músculo	1.47
		c	caparazón	2.84
B		a	cabeza	0.00
	Río Ocoña	b	músculo	0.00
		c	caparazón	0.00
		a	cabeza	0.00
	Río Majes	b	músculo	0.00
		c	caparazón	0.21
		a	cabeza	0.52
	Río Tambo	b	músculo	0.68
		c	caparazón	5.32
Cd		a	cabeza	0.22
	Río Ocoña	b	músculo	0.00
		c	caparazón	0.14
		a	cabeza	0.50
	Río Majes	b	músculo	0.06
		c	caparazón	0.17
		a	cabeza	0.72
	Río Tambo	b	músculo	0.11
		c	caparazón	0.13
Cr		a	cabeza	0.07
	Río Ocoña	b	músculo	0.01
		c	caparazón	0.02
		a	cabeza	0.05
	Río Majes	b	músculo	0.02
		c	caparazón	0.14
		a	cabeza	0.00
	Río Tambo	b	músculo	0.00
		c	caparazón	0.18
Mn		a	cabeza	26.53
	Río Ocoña	b	músculo	9.63
		c	caparazón	39.56
		a	cabeza	71.88
	Río Majes	b	músculo	18.47
		c	caparazón	131.50

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

		a	cabeza	21.61
	Río Tambo	b	músculo	11.39
		c	caparazón	62.80
Hg		a	cabeza	0.00
	Río Ocoña	b	músculo	0.00
		c	caparazón	0.00
		a	cabeza	0.00
	Río Majes	b	músculo	0.00
		c	caparazón	0.00
		a	cabeza	0.00
	Río Tambo	b	músculo	0.00
		c	caparazón	1.43
Pb		a	cabeza	0.00
	Río Ocoña	b	músculo	0.00
		c	caparazón	0.00
		a	cabeza	0.17
	Río Majes	b	músculo	0.00
		c	caparazón	0.14
		a	cabeza	0.00
	Río Tambo	b	músculo	0.00
		c	caparazón	0.00
MONITOREO 4				
Al		a	cabeza	254.34
	Río Ocoña	b	músculo	29.13
		c	caparazón	102.20
		a	cabeza	579.72
	Río Majes	b	músculo	8.95
		c	caparazón	15.43
		a	cabeza	47.63
	Río Tambo	b	músculo	13.44
		c	caparazón	47.00
As		a	cabeza	2.24
	Río Ocoña	b	músculo	0.55
		c	caparazón	0.85
		a	cabeza	3.80
	Río Majes	b	músculo	0.89
		c	caparazón	0.77
		a	cabeza	4.00
	Río Tambo	b	músculo	0.91
		c	caparazón	1.87
B		a	cabeza	0.00
	Río Ocoña	b	músculo	0.00
		c	caparazón	1.11
		a	cabeza	0.68
	Río Majes	b	músculo	0.00
		c	caparazón	0.96

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

		a	cabeza	1.69
	Río Tambo	b	músculo	0.89
		c	caparazón	6.77
Cd		a	cabeza	0.37
	Río Ocoña	b	músculo	0.05
		c	caparazón	0.27
		a	cabeza	0.57
	Río Majes	b	músculo	0.16
		c	caparazón	0.19
		a	cabeza	1.73
	Río Tambo	b	músculo	0.13
		c	caparazón	0.27
Cr		a	cabeza	0.79
	Río Ocoña	b	músculo	0.05
		c	caparazón	0.31
		a	cabeza	0.46
	Río Majes	b	músculo	0.03
		c	caparazón	0.00
		a	cabeza	0.04
	Río Tambo	b	músculo	0.01
		c	caparazón	0.05
Mn		a	cabeza	34.93
	Río Ocoña	b	músculo	9.82
		c	caparazón	53.95
		a	cabeza	53.46
	Río Majes	b	músculo	5.83
		c	caparazón	23.29
		a	cabeza	20.64
	Río Tambo	b	músculo	5.47
		c	caparazón	30.41
Hg		a	cabeza	2.21
	Río Ocoña	b	músculo	0.95
		c	caparazón	1.13
		a	cabeza	1.59
	Río Majes	b	músculo	0.76
		c	caparazón	0.11
		a	cabeza	0.22
	Río Tambo	b	músculo	0.13
		c	caparazón	0.42
Pb		a	cabeza	0.12
	Río Ocoña	b	músculo	0.00
		c	caparazón	0.00
		a	cabeza	0.00
	Río Majes	b	músculo	0.00
		c	caparazón	0.00
		a	cabeza	0.00

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

	Río Tambo	b	músculo	0.00
		c	caparazón	0.00
MONITOREO 5				
Al		a	cabeza	121.71
	Río Ocoña	b	músculo	5.94
		c	caparazón	32.46
		a	cabeza	169.14
	Río Majes	b	músculo	6.02
		c	caparazón	25.17
		a	cabeza	373.05
	Río Tambo	b	músculo	23.28
		c	caparazón	75.48
As		a	cabeza	2.75
	Río Ocoña	b	músculo	0.58
		c	caparazón	1.67
		a	cabeza	2.84
	Río Majes	b	músculo	0.67
		c	caparazón	1.32
		a	cabeza	11.01
	Río Tambo	b	músculo	1.07
		c	caparazón	2.79
B		a	cabeza	0.00
	Río Ocoña	b	músculo	0.00
		c	caparazón	0.00
		a	cabeza	0.05
	Río Majes	b	músculo	0.00
		c	caparazón	2.23
		a	cabeza	2.71
	Río Tambo	b	músculo	1.75
		c	caparazón	6.92
Cd		a	cabeza	0.52
	Río Ocoña	b	músculo	0.11
		c	caparazón	0.14
		a	cabeza	1.27
	Río Majes	b	músculo	0.22
		c	caparazón	0.36
		a	cabeza	1.37
	Río Tambo	b	músculo	0.10
		c	caparazón	0.32
Cr		a	cabeza	0.29
	Río Ocoña	b	músculo	0.02
		c	caparazón	0.00
		a	cabeza	0.30
	Río Majes	b	músculo	0.13
		c	caparazón	0.11
		a	cabeza	0.45

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

	Río Tambo	b	músculo	0.03
		c	caparazón	0.05
Mn		a	cabeza	20.89
	Río Ocoña	b	músculo	3.30
		c	caparazón	14.95
		a	cabeza	57.33
	Río Majes	b	músculo	6.54
		c	caparazón	34.48
		a	cabeza	79.34
	Río Tambo	b	músculo	10.46
		c	caparazón	58.26
Hg		a	cabeza	0.54
	Río Ocoña	b	músculo	0.10
		c	caparazón	0.09
		a	cabeza	0.41
	Río Majes	b	músculo	0.23
		c	caparazón	0.49
		a	cabeza	0.82
	Río Tambo	b	músculo	0.14
		c	caparazón	0.27
Pb		a	cabeza	0.00
	Río Ocoña	b	músculo	0.00
		c	caparazón	0.00
		a	cabeza	0.00
	Río Majes	b	músculo	0.00
		c	caparazón	0.00
		a	cabeza	0.00
	Río Tambo	b	músculo	0.00
		c	caparazón	0.00

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se describirá cada metal.

A) ALUMINIO:

La concentración de aluminio en alimentos varía dependiendo de su naturaleza. El uso de aditivos alimentarios conteniendo aluminio tales como preservantes, colorantes, emulsificantes, levadura contribuyen a la ingesta diaria igual que la lixiviación de utensilios de cocina y empaques de alimentos de aluminio.

Al observar el anexo 11 se ve la cantidad de aluminio promedio en camarones de los cinco monitoreos como peso húmedo y los ríos respectivos. En la tabla 3 se observa

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

también la cantidad de aluminio, pero detalladamente para cada monitoreo. En el siguiente gráfico se observa la cantidad porcentual de aluminio en cada parte del camarón, en los respectivos ríos y monitoreos; es decir la gráfica siguiente representa los valores de la tabla 3 en porcentaje, del cual se explicará a continuación.

Podemos ver las barras de color naranja, que representa la cabeza del camarón y que sobrepasan el 50 %, a excepción del monitoreo 2, 3, y 4 en el río Tambo. Es sabido que la cabeza es la zona donde acumula sus desechos el camarón, entonces se deduce que se está acumulando más de la mitad de aluminio en esta zona. Por lo tanto, se puede decir afirmar que en la cabeza se está concentrando mayor cantidad de aluminio cuestión que no es de suma alarma. Por otra parte, vemos que en el río Tambo de los monitoreos 2, 3, y 4 tiene porcentajes de 32.67 %, 26.35% y 44.07 % esto puede deberse a que el medio ambiente está influenciando en la captación del aluminio por otra parte del cuerpo del camarón.

También podemos apreciar barras de color amarillo que representa el caparazón del camarón, vemos que en todos los monitoreos y ríos no sobrepasa el 50 % de aluminio a excepción del río Tambo en el monitoreo 3, lo cual se puede deber a un error técnico. Pero aun así la concentración es alta, lo cual significaría que el aluminio se estaría concentrando en esta zona; y se sabe que el humano consume el camarón haciéndolo hervir con esta parte. La literatura dice que el caparazón contiene quitina, siendo este un polisacárido. El metal aluminio puede que este reaccionando con la quitina y de esta manera se acumula. No influyendo así el calor del hervor.

Las barras verdes indican que se trata del músculo del camarón o comúnmente llamado pulpa; vemos que hay cantidades pequeñas de aluminio en esta parte de camarón, en los cinco monitoreos y en los tres ríos respectivos. Hay una acumulación en pequeñas cantidades. Según la bibliografía no hay exactamente normas, que mencione el límite permisible para aluminio con excepción la norma Suiza del Codex Alimentarius; menciona que los límites permisibles de aluminio para camarón no deben sobrepasar los 15 mg/kg en peso húmedo. Y efectivamente así es, a excepción del monitoreo 3 en los ríos Ocoña, Majes y Tambo; donde se observa concentración entre 15 % y 18 % respecto a los demás, pero estadísticamente no es significativo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Concluyendo, se puede afirmar que el hombre estaría consumiendo camarones con aluminio, pero no llegando a la toxicidad. Y de ser así, se acumularía produciendo a largo plazo la enfermedad de Alzheimer.

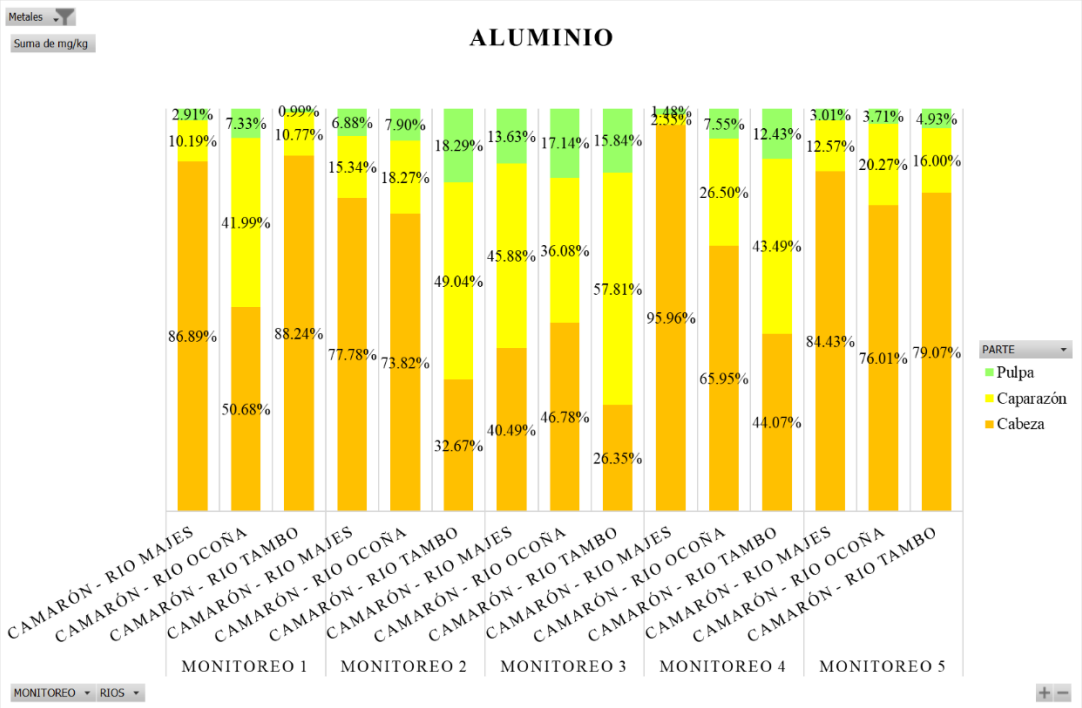


Fig. 17 Representación gráfica de la concentración de Al en partes de camarón (*Cryphiops caementarius*) de los 5 monitoreos y en los ríos Ocoña, Majes y Tambo

Para la evaluación estadística se usó el test ANOVA de dos vías para hallar si hay o no diferencias significativas entre ríos, monitoreos, partes del camarón; con un nivel de confianza al 95 %. Según el anexo 12 nos muestra los resultados de ANOVA realizados en el programa STATGRAPHICS. Para Aluminio dio una probabilidad de $p = 0.0000$ siendo $p < 0.005$ para la concentración de aluminio respecto a las partes del camarón, siendo así que estadísticamente existe una diferencia significativa al 95 % entre las partes del camarón, cabeza, músculo y caparazón. Aplicando un test adicional LSD (Least Significant Difference) da como resultado que la parte del camarón, la cabeza difiere del músculo y del caparazón. Es decir que la cabeza tiene mayor cantidad de aluminio en los diferentes ríos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

En cuanto a la concentración de aluminio respecto a los monitoreos y diferentes ríos no hay diferencia significativa siendo $p > 0.05$. Por lo tanto, da lo mismo aplicar el valor de aluminio de cualquiera de los cinco monitoreos para cada río.

Sus compuestos son usados como antiácidos, antitranspirantes, aditivos alimentarios y adyuvantes de vacuna. La toma de aluminio puede tener lugar a través de la comida, respirándolo, o por contacto de piel. En concentraciones altas causa demencia, pérdida de memoria, apatía, temblores en el SNC.

B) ARSÉNICO:

El arsénico es un metaloide; tiene gran afinidad por los grupos hidroxilo y tioles lo que explicaría su interacción con ciertas enzimas y proteínas. El arsénico es muy afín a la queratina (proteína rica en azufre). Las langostas almacenan As de 1.5 mg/kg a 122 mg/kg. La queratina está presente en tejidos córneos del cuerpo, como las uñas, cabellos y parte superficial de la piel; por lo tanto, el arsénico se acumula aquí. El arsénico es de fácil absorción en el tracto gastrointestinal, el selenio es similar, por lo tanto, compiten, ganando así el selenio. El arsenito, MMA, DMA deben su toxicidad a la inhibición de grupos SH de las enzimas.

Los peces absorben arsénico del agua donde viven, pero la forma orgánica es menos dañina. Sea orgánico e inorgánico el arsénico se presenta en mariscos, peces. La arsenobetaina en mariscos no es tóxica, y está comprobado. el arsénico en alimentos de origen marino como crustáceos y peces tienen alta concentración (0.1 ug/L a 90 ug/L). (DIGESA)

La toxicidad del arsénico depende de su estado de oxidación y su solubilidad. Toxicidad: gas arsina (arsenamina) > As inorgánico > As orgánico > As elemental. El arsenito tiene rápida reacción con ácido lipoico. El arseniato debe su toxicidad a la inhibición de la fosforilación oxidativa.

El arsenito no se excreta rápido, se acumula en el organismo unido a proteínas, hígado, cabello, uñas (con alto nivel de cisteina), piel, leucocitos. Y se excreta por vía biliar. El arseniato se excreta rápido en orina y aparentemente no se acumula en tejidos. La toxicidad de compuestos orgánicos con arsénico es diferente dependiendo del estado de oxidación, velocidad de absorción, excreción y distribución en el

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

organismo. El ácido arsanílico, ácido amino benceno arsónico son de baja toxicidad en el cerdo ya que se excreta rápidamente.

En la siguiente figura se observa barras de colores que representa las partes de camarón siendo así, la barra de color naranja, el cual indica la cabeza del camarón, y se ve que se excreta más del cincuenta por ciento de arsénico en esta zona. Siendo de no gran importancia ya que esa zona no es consumida por el humano. Las barras amarillas representan el caparazón que conjuntamente con el músculo o pulpa va a cocción a altas temperaturas para ser consumida por el hombre. Se observa que en los cinco monitoreos y en los tres ríos va de 13.97 % a 35.32 % siendo representativa estas cantidades.

La barra verde representa el músculo que netamente es lo que se consume del camarón (*Cryphiops caementarius)* y principalmente por el paladar arequipeño, ya que el departamento de Arequipa es el origen de esta especie de río. Como se ve en el grafico la barra verde a comparación de la barra naranja y amarilla está en mínimas cantidades; lo cual no se debe pasar por desapercibido; ya que el arsénico es un elemento muy tóxico para la salud humana. Según bibliografía los límites permisibles de arsénico para camarón (tejido muscular) según la legislación Brasileña 2016 en peso húmedo es de 1 mg/kg. Concluyendo así que esta especie está contaminada y no es apto para consumo humano a excepción del río Ocoña y Majes que muestra como promedio valores de 0.84 mg/kg y 0.78 mg/kg como valor promedio de este metaloide solamente en músculo (ver anexo 11).

Según Fatema, K., Naher, K., Choudhury, T., Islam, M., Tamim, U., Hossain, S., ... MP, A. este metal se puede acumular en camarones, niveles de este metal tóxico en mariscos es de gran preocupación a nivel mundial; ya que los camarones son fuente rica en proteínas, enzimas, vitaminas, calorías, minerales y elementos tóxicos. Los humanos pueden estar expuestos al arsénico a través de los alimentos, agua y aire. Si una gran cantidad de arsénico es ingerido, en una forma que se absorba, puede causar rápidamente envenenamiento y muerto. El intestino, el corazón y los nervios son principalmente afectados; por ello es de suma importancia evaluar los alimentos periódicamente.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

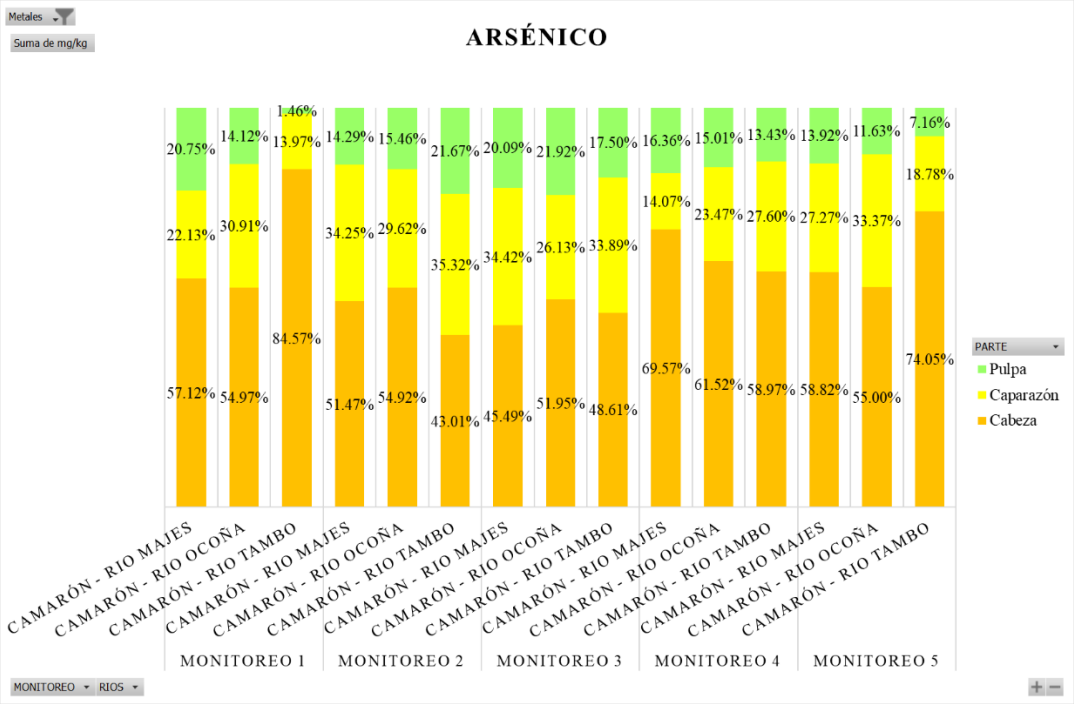


Fig. 18 Representación gráfica de la concentración de As en partes de camarón (*Cryphiops caementarius*) de los 5 monitoreos y en los ríos Ocoña, Majes y Tambo

Según el test ANOVA (análisis de varianza) de dos vías muestra una probabilidad, p = 0.0000 siendo p < 0.05 para las partes del camarón, es decir hay diferencia significativa al 95 % en cuanto a la concentración de arsénico en las partes del camarón. La cabeza difiere del músculo y caparazón, hay más concentración de este metaloide en cabeza que en las otras partes.

En cuanto si hay diferencia significativa entre ríos, este test muestra que p = 0.0086 entonces p es menor a 0.05; afirmando así que si hay diferencia significativa entre ríos. Es decir, la cantidad de arsénico en el río Tambo es mayor que la del río Majes y Ocoña (según LSD). En cuanto a los monitoreos no hay diferencia significativa, concluyendo que se puede obtener un promedio de las concentraciones de arsénico es decir o colocar cualquier valor dado como respuesta.

El arsénico penetra en el organismo por piel o inhalación. Cuando se elevan las dosis de arsénico orgánico causa lesión a los nervios, dolor de cabeza, etc.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

C) BORO:

El Boro, metal usado en cantidades pequeñas para nutrir suelos, y en altas cantidades resulta muy tóxico.

Al observar el anexo 11 se puede apreciar las cantidades promedio de boro en las tres partes de camarón (cabeza, músculo y caparazón) de los tres ríos. Cabe resaltar que estas cantidades no superan los límites permisibles (80 mg/kg); que establece la legislación Suiza, como un único ente que habla de Boro en alimentos. Estas cantidades promedio son 0.09 mg/kg, 0.03mg/kg, y 0.72 mg/kg en cabeza, músculo y caparazón del camarón del río Ocoña. 0.22 mg/kg, 0.00 mg/kg y 0.85 mg/kg en cabeza, músculo y caparazón respectivamente pertenecientes al río Majes. Finalmente 1.88 mg/kg, 0.81 mg/kg y 6.06 mg/kg en las tres partes de camarón respectivamente del río Tambo. En la siguiente figura vemos estos resultados detalladamente en cada monitoreo, y en valores porcentuales.

En la figura 19 se observa a grandes rasgos que hay mayor cantidad de boro en caparazón del camarón viéndose así las franjas amarillas. Valores que llegan hasta el 100 % como en el caso del río Ocoña del monitoreo 2 y 4, río Majes del monitoreo 3; como no se puede observar totalmente nada (no detectable) en el monitoreo 2, para el río Majes, monitoreo 3 y 5 para el río Ocoña. Las diferencias entre monitoreos no tienen importancia significativa como se puede ver más adelante con el test ANOVA.

En cuanto a las barras verdes, si hay presencia de boro predominando en el río Tambo y siendo significativa.

Concluyendo se puede afirmar que el camarón de río (*Cryphiops caementarius*) es apto para ser consumido por el hombre en cuanto no hay presencia significativa de boro.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

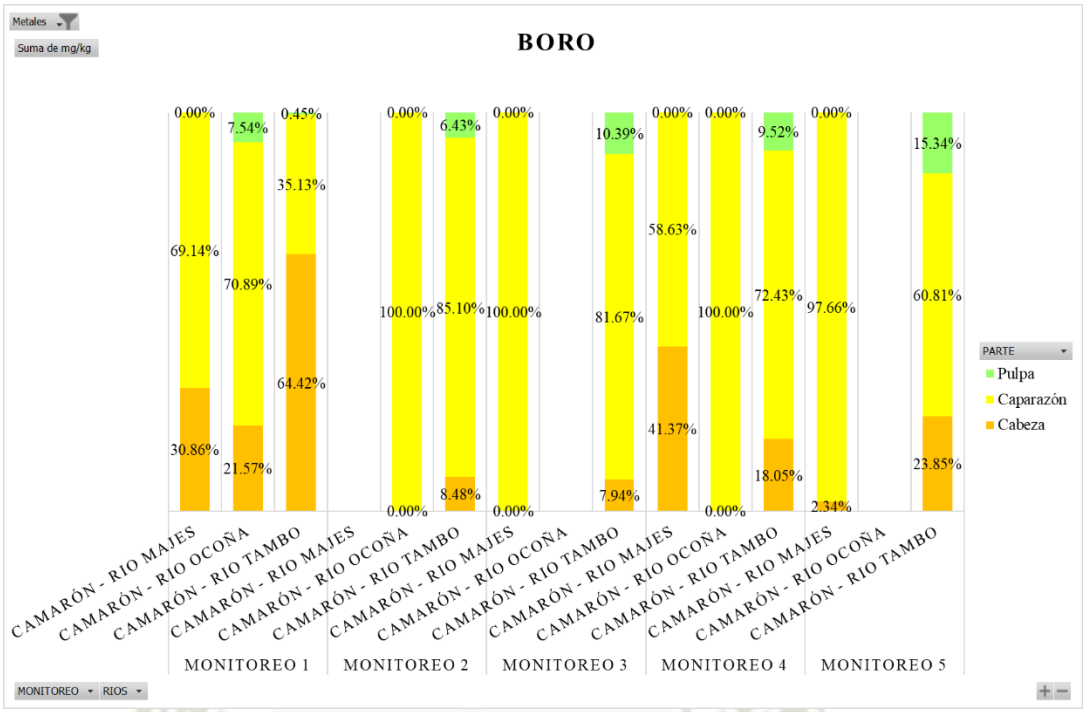


Fig. 19 Representación gráfica de la concentración de B en partes de camarón (*Cryphiops caementarius*) de los 5 monitoreos y en los ríos Ocoña, Majes y Tambo

Realizando el test ANOVA, da como resultado p = 0.0003, siendo p < 0.05, en cuanto a las partes de camarón (ver anexo 12) lo cual significa que hay diferencia significativa en la cantidad de boro entre las partes del camarón. LSD dice que el caparazón del camarón tiene mayor cantidad de boro que el resto de las partes; y pertenece al río Tambo. Ya que en cuanto al parámetro río dio p = 0.0000, siendo este valor menor a 0.05. El test LSD menciona que el río Tambo difiere del río Majes y Ocoña.

A concentraciones altas el boro en alimentos es dañino para el hombre causando daño, infección al estómago, hígado, riñón, cerebro. A bajas dosis causa irritación de nariz, ojo, etc.

D) CADMIO:

Los metales pesados son los constituyentes en mayor cantidad de efluentes industriales y estos son frecuentemente descargados a un medio acuático, causando

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

efectos adversos a la biota. La severidad de estos efectos depende del metal propiamente dicho, de sus propiedades, cantidad y duración de exposición.

Los crustáceos son conocidos como contenedores de cantidades moderadas de este metal pesado, cadmio. El límite permisible de cadmio en camarones es de 1 mg/kg (peso húmedo), para tejido muscular; según la legislación Brasileña 2016. (ver anexo 15)

Al observar el anexo 11 se puede apreciar las cantidades promedio de cadmio en las tres partes de camarón (cabeza, músculo y caparazón) siendo 0.34 mg/kg, 0.07 mg/kg y 0.17 mg/kg para el río Ocoña. 0.84 mg/kg, 0.16 mg/kg y 0.25 mg/kg para el río Majes. 1.10 mg/kg, 0.09 mg/kg y 0.22 mg/kg para el río Tambo. En todos los casos la cantidad no supera los límites permisibles, a excepción de la cabeza en el río Tambo, pero no es relevante porque es una parte del camarón que no es consumida por el hombre. A continuación, se describirá la siguiente figura 20.

Las barras anaranjadas están por encima del 50 % lo cual indica que la mayor cantidad de cadmio se está excretando por la cabeza. Seguidamente el caparazón está acumulando más cantidad de cadmio y finalmente el músculo también presenta este metal excepto en el río Ocoña del monitoreo 3.

Aunque se observa que no hay peligro de toxicidad por el bajo nivel frente a los limites permisible, pero *Cryphiops caementarius* está bioacumulando este metal pesado. Esta observación puede ser asociado a varios factores, el camarón de rio tiene un largo abdomen que no es flexible bajo el tórax y pleópodos que le favorecen a ser buenos nadadores; consecuentemente tienden a formar una columna de agua lo que ocasiona bajo nivel de acumulación de cadmio a comparación de los sedimentos. Por lo tanto, se da la bioacumulación según Omoigberale, M. O., & Ikponmwosa-Eweka, O. (2010). Evaluation of heavy metals of the Palaemonid shrimp Macrobrachium vollenhovenii Herklots, 1851 in Ovia river, Nigeria. *Biosci. Res. Commun., 22*(5), 247-254.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

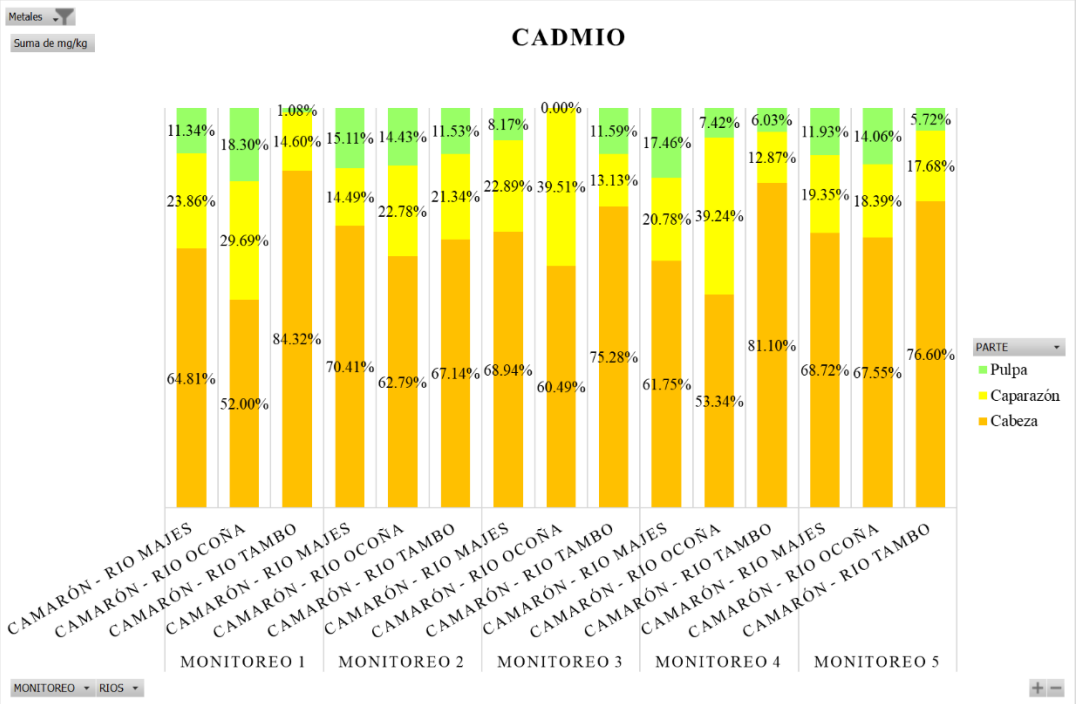


Fig. 20 Representación gráfica de la concentración de Cd en partes de camarón (*Cryphiops caementarius*) de los 5 monitoreos y en los ríos Ocoña, Majes y Tambo

Mediante el test ANOVA se evaluó y dio una probabilidad de 0.0000 siendo menor a 0.05 queriendo decir que hay una diferencia significativa entre las partes de camarón, como se dijo anteriormente la cabeza está acumulando más cantidad de este metal (ver anexo 12). Por otra parte, para el parámetro río nos da una probabilidad de 0.0048 siendo este menor a 0.05 quiere decir que hay diferencia significativa entre ríos al 95 % o al menos el río Ocoña tiene menos cantidad de cadmio comparado con los otros dos. En cuanto al parámetro monitoreo el test no menciona que haya diferencia significativa.

El cadmio se acumula en riñones, hígado, ocasionando cálculos renales. Por otro lado, causa náuseas, vómitos, diarrea, fractura de huesos, desarrollando cáncer.

E) CROMO:

El cromo está actualmente prohibido en alimentos marinos en algunos países desarrollados, ya que provoca carcinogenicidad sobre todo del cromo hexavalente en humanos y mamíferos. Sin embargo, la prevalencia del uso de este metal en cuero e

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

industrias textiles da suficiente motivación para que se siga dando una continua monitorización sobre todo en crustáceos

Los límites permisibles de cromo en camarón, peso húmedo es 0.1 mg/kg según legislación Brasileña 2016. Al observar el anexo 11 se puede apreciar las cantidades de cromo en las tres partes de camarón (cabeza, músculo y caparazón), siendo mayor en cabeza, pero irrelevante por no ser consumido por las personas. En cuanto al músculo nos sobrepasa los límites permisibles; y caparazón solo hay mayor cantidad de cromo en el río Ocoña con un 0.11 mg/kg.

De la figura 21 se puede obtener las mismas conclusiones observando así la franja amarilla en el rio Tambo del monitoreo 3 queriéndonos decir que la cantidad de cromo es total en el caparazón del camarón.

El cromo es un elemento muy común en la corteza terrestre y en agua de mar. El cromo trivalente encontrado en alimentos y suplementos nutritivos, es un nutriente esencial de baja toxicidad. El cromo hexavalente es el más tóxico y puede causar la muerte.

Según Hussein, A., & Khaled, A. (2014). Determination of metals in tuna species and bivalves from Alexandria, Egypt. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, *40*(1), 9-17; se encontró cantidades de hasta 1.36 mg/kg de cromo en peces en supermercados de la India. Este metal se halló exactamente en tejidos, hígados, branquias. Hecho de cual podemos ver que si es factible que se dé grandes cantidades de cromo en crustáceos y/o bivalvos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

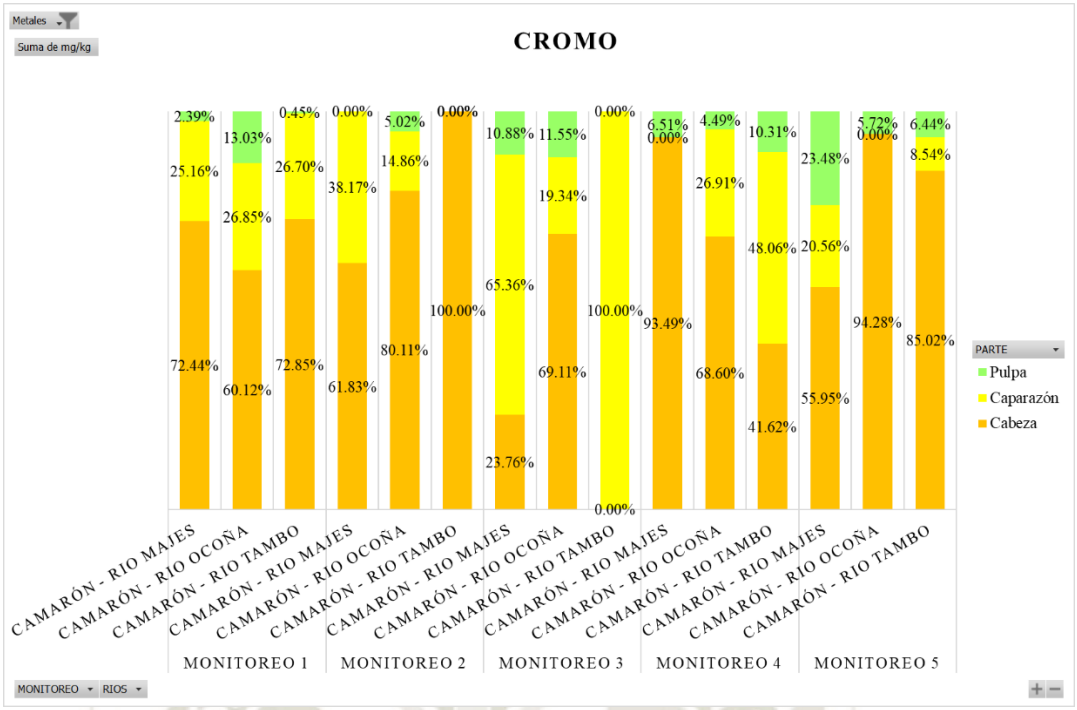


Fig. 21 Representación gráfica de la concentración de Cr en partes de camarón (*Cryphiops caementarius*) de los 5 monitoreos y en los ríos Ocoña, Majes y Tambo

ANOVA, análisis de varianza de dos vías muestra que para el parámetro de parte del camarón nos da una p = 0.0000 siendo p < 0.05. hay diferencia estadística al 95 %, la cabeza del camarón está absorbiendo más cantidad de cromo y eso también se puede corroborar con la figura 23.

En cuanto a la concentración de cromo en los tres ríos mencionados anteriormente y en los cinco muestreos diferentes no hay diferencia significativa porque p > 0.05; p = 0.3652 y p = 0.1260 respectivamente.

El cromo es tóxico sobre la piel, causando dermatitis, erupciones, úlceras; por otro lado, causa irritación de las mucosas, alergia respiratoria, cáncer bronquial debido a los compuestos hexavalentes. Cromo VI es tóxico por tener efectos teratogenéticos. Las personas que fuman tabaco, están expuestos al cromo VI, causando la muerte a largo plazo.

F) MANGANESO:

Después de absorbido el manganeso se transporta al hígado, riñones, páncreas y glándulas endocrinas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El manganeso en concentraciones altas es tóxico para el cerebro, tracto respiratorio; se da alucinaciones, daños en los nervios. Puede causar parkinson, embolia de pulmones. Un síndrome que es causado por manganeso tiene los siguientes síntomas, esquizofrenia, depresión, debilidad de músculos, dolor de cabeza e insomnio.

El límite permisible de manganeso, es de 0.05 mg/kg según la legislación Suiza. De la siguiente figura se puede rescatar que hay presencia de manganeso en las tres partes del camarón. En cabeza y caparazón hay mayor cantidad de manganeso que en músculo, al observar claramente las barras amarillas y naranjas están en mayor proporción que las barras verdes. Las cantidades promedio son 33.10 mg/kg, 8.19 mg/kg, y 38.96 mg/kg para el río Ocoña. 48.52 mg/kg, 8.63 mg/kg, y 54.30 mg/kg, para río Majes. 43.81 mg/kg, 6.78 mg/kg y 43.80 mg/kg para el río Tambo. Cabeza, musculo y caparazón respectivamente. Se concluye que todas las partes de camarón están por encima de los límites permisibles; siendo de relevancia no consumir ni el músculo de los tres ríos mencionados anteriormente.

Los niveles de manganeso pueden ser atribuidos a la combinación de funciones, como un co-factor metabólico; el manganeso es reconocido como un elemento traza esencial para los humanos y varios de sus roles metabólicos han sido determinados. Sin embargo, los requerimientos del hombre o niveles de absorción de la dieta aún no han sido claramente determinados. (Baboli, M. J., Velayatzadeh, M., & Branch, A. (2013). Determination of heavy metals and trace elements in the muscles of marine shrimp, Fenneropenaeus merguiensis from Persian Gulf, Iran. *JAPS, Journal of Animal and Plant Sciences*, *23*(3), 786-791.)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

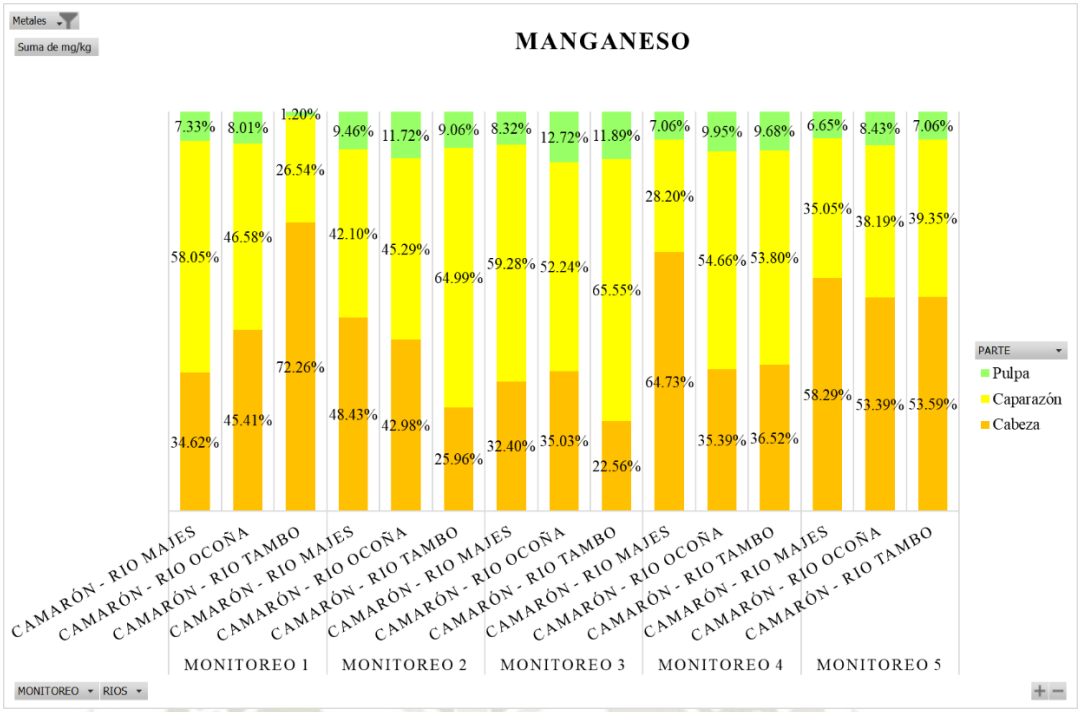


Fig. 22 Representación gráfica de la concentración de Mn en partes de camarón (*Cryphiops caementarius*) de los 5 monitoreos y en los ríos Ocoña, Majes y Tambo

El test estadístico ANOVA muestra como resultado de manganeso una probabilidad de 0.0000 al 95 %. Siendo $p < 0.05$ significa que hay diferencia significativa de la concentración de este metal en las partes del camarón, es decir según LSD la concentración de manganeso en músculo es poco comparado con las partes caparazón y cabeza. En cuanto al parámetro río y monitoreo no hay diferencia significativa. Ver anexo 12. Significa que los valores de cada monitoreo se pueden promediar o tomar uno de ellos. Ho hay alteración significativa.

La disminución de la concentración de manganeso causa efectos en la salud, como engorde, intolerancia a la glucosa, coágulos de sangre, problemas de piel, bajo nivel de colesterol, desorden del esqueleto, defectos de nacimiento, cambios en el color de pelo, síntomas neurológicos, entre otros, etc.

G) MERCURIO:

El mercurio no se encuentra de forma natural en los seres vivos, aunque algunos procesos biológicos naturales con bacterias anaerobias pueden ocasionar compuestos

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

metilados de mercurio que se pueden bioacumular en los organismos vivos como los peces.

En hábitats dulceacuícolas es común que los compuestos de mercurio sean absorbidos en materia particulada y sedimenten. La adsorción de mercurio II es importante. La forma metilada esta como residuo en peces y otros. Los factores de bioconcentración es alto (10^4) por rápido consumo y lenta depuración. El tiempo de vida media biológico en peces es de 2 años. La principal fuente contaminación de ingreso es por cadena alimentaria y no por inhalación.

Por lo tanto, su consumo puede causar daño al SNC a los pulmones, riñones; causa también dolor de cabeza, disminución de la visión reacciones alérgicas a la piel, cansancio, mongolismo, etc.

En el gráfico 23 se ve la cantidad porcentual de mercurio en las tres partes de camarón de río (*Cryphiops caementarius*) (cabeza, músculo y caparazón) destacándose así mismo solo el monitoreo 4 y 5 para los ríos Ocoña, Majes y Tambo. Esto se puede deber a la diferencia en la temporada de recolección de las muestras, ya que cada fecha es única debido a la variación de la temperatura, pH, conductividad eléctrica entre otros que favorecen la captación de mercurio por parte del crustáceo estudiado. El límite permisible de mercurio en tejido muscular de camarones de peso húmedo es 0.01 mg/kg. En este estudio se puede ver claramente que los valores promedio de mercurio en camarón de río sobrepasan este límite. Siendo estos valores lo siguiente; para el río Ocoña es de 0.56 mg/kg, 0.21 mg/kg, 0.24 mg/kg, en cabeza, músculo y caparazón. Para el río Majes 0.40 mg/kg, 0.20 mg/kg y 0.12 mg/kg. y para el río Tambo es de 0.24 mg/kg, 0.05 mg/kg y 0.43 mg/kg.

Al realizar un test estadístico como es el caso de ANOVA, observamos que no hay diferencia significativa en cuanto a las partes del camarón concluyendo que la parte cabeza, musculo y caparazón tienen proporción similar de mercurio siendo toxico para su consumo. No hay diferencia significativa en los tres ríos queriendo decir que los tres están contaminados por este metal pesado.

En cuanto al parámetro monitoreo si hay diferencia significativa y eso claramente a simple vista se puede ver en la figura 25. El anexo 12 muestra una $p = 0.0005$ siendo

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

este valor menor a 0.05. Concluyendo cabe decir que es de importancia el colocar el valor de cada monitoreo ya que difieren mucho.

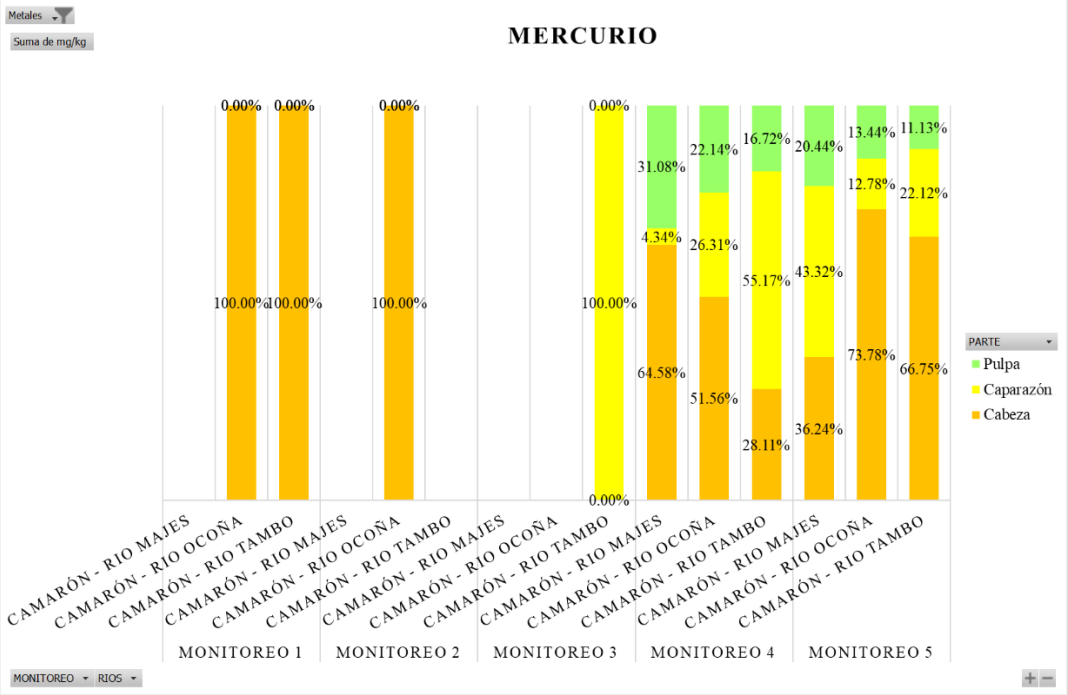


Fig. 23 Representación gráfica de la concentración de Hg en partes de camarón (*Cryphiops caementarius*) de los 5 monitoreos y en los ríos Ocoña, Majes y Tambo

El mercurio es ubicuo, está presente en niveles traza en organismos vivos en ambas formas orgánico e inorgánico. Su efecto tóxico es muy visto por casos de envenenamiento colectivo para quienes consumen grandes cantidades de peces. Los alimentos marinos representan una mayor fuente de mercurio en la cadena alimenticia humana y son capaces de acumular este metal.

Los ganados y las plantas también contienen mercurio debido a la bioconcentración del agua, sedimentos, suelos, atmosfera y debido a la biomagnificación por ingerir otros alimentos con mercurio. (Fatema, K., Naher, K., Choudhury, T., Islam, M., Tamim, U., Hossain, S., . . . MP, A. (2015). Determination of Toxic Metal Accumulation in Shrimps by Atomic Absorption Spectrometry (AAS). *Journal of Environmental Analytical Chemistry, 2015, 2:3.* 1-7.)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

H) PLOMO:

El plomo es bioacumulable, cuando el ión tiene la capacidad de combinarse con grupos SH de proteínas, inhibiendo su acción mediante el bloqueo de sitios activos que debe estar disponible para cationes calcio.

En la figura 24 se puede ver que no hay presencia de plomo en partes comestibles del camarón. cabe señalar que moluscos y crustáceos están presentes en nuestra dieta, y ellos son grande bioacumuladores de metales. Los crustáceos son importantes debido a su valor en el mercado y la alta demanda en el mundo del mercado. Si no hay plomo en camarones se puede afirmar claramente que en la zona no hay incremento adicional de polvo urbano, gases de escape de automóviles, industrias, movimientos motorizados. La cuenca de Ocoña Majes y Tambo muestra una naturaleza rural, que cuenta con ríos muy fluidos y una agricultura prospera.

El Límite permisible de plomo en peso húmedo para camarones (tejido muscular) es 0.8 mg/kg según legislación Brasileña 2016. Los organismos acuáticos pueden acumular grandes cantidades de plomo sin mostrar cambios visibles en su apariencia.

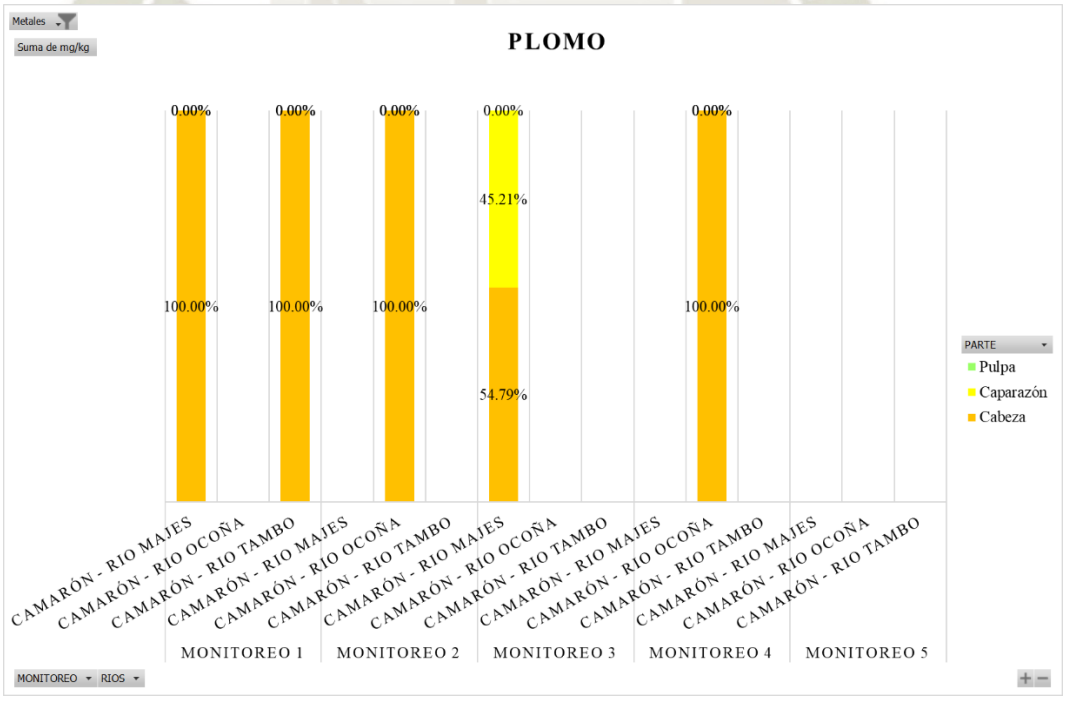


Fig. 24 Representación gráfica de la concentración de Pb en partes de camarón (*Cryphiops caementarius*) de los 5 monitoreos y en los ríos Ocoña, Majes y Tambo

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Los tetraalquilplomados causan toxicidad neurológica. El plomo causa encefalopatías. Los compuestos orgánicos se absorben por vía cutánea y los compuestos inorgánicos de plomo se absorben por vía respiratoria y digestiva.

6. **Evaluación estadística de Al, As, B, Cd, Cr, Mn, Hg y Pb entre aguas y camarones (*Cryphiops caementarius*) de los ríos Ocoña, Majes y Tambo; durante los cinco muestreos:**

La evaluación estadística que se realizará es la *correlación* que existiría entre las concentraciones de agua y concentraciones de camarones en los tres diferentes ríos; es decir se observará si hay proporcionalidad entre ambos. Al tener datos a y b se puede construir un modelo predictivo, ayuda a resolver dudas. Se observará si hay una relación lineal.

Se analizará si hay correlación de regresión lineal ($\mathbf{R^2}$) entre las muestras de agua y camarones (*Cryphiops caementarius*) (músculo y caparazón) para cada metal y en cada río. Para ello se considerará que un valor de 0.7 es correlación alta, 0.5 es correlación media y un valor de 0.3 es correlación baja. Cabe resaltar que la unidad representa la máxima correlación, pero en este caso se trabajó con muestras mas no con estándares; motivo por el cual sería imposible llegar al menos a un valor de 0.9 de correlación.

Para el caso de **ALUMINIO**; al analizar la concentración de agua del río Ocoña frente a la concentración de la parte músculo del camarón muestreado en el mismo punto del rio Ocoña hay una correlación de 0.7152 lo que indicaría que la cantidad de aluminio en las aguas está siendo absorbida por los camarones (*Cryphiops caementarius*); como se muestra en la siguiente figura y los datos de correlación para cada metal y en cada parte del camarón se observa en el anexo 13 y 14.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

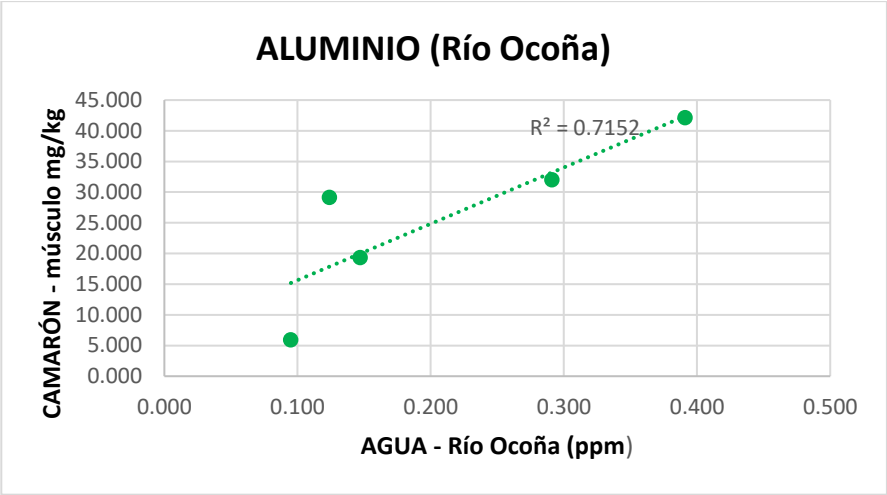


Fig. 25 Representación gráfica de la correlación de agua y camarón para Al de los 5 monitoreos y en el río Ocoña

En el caso del río Majes dio una correlación de 0.3338 y para el caso del río Tambo dio una correlación de 0.3332, indicando que se trata de una correlación baja para ambos casos; ambos frente a la concentración de músculo de camarón. Lo cual indicaría que si hay relación agua/camarón por lo tanto bioacumulación.

Por otro lado, la correlación entre la concentración de aluminio de la parte caparazón de camarón frente a la concentración de aguas de cada río es de 0.3303, 0.0598 y 0.0830; río Ocoña, Majes y Tambo correspondientemente por lo tanto no hay correlación para ningún caso.

ARSÉNICO; bioindicadores de contaminación son definidos como especies que acumulan metales pesados en sus tejidos que pueden ser usados para la determinación de concentración de cada contaminante en el ecosistema. Las especies más frecuentes usados como indicadores son los moluscos bivalvos y crustáceos. Para el caso del arsénico dio valores de correlación de 0.0203, 0.082 y 0.0627 para los ríos Ocoña, Majes y Tambo en la parte músculo de camarón. Esto quiere decir que no hay correlación. Valores como 0.2327, 0.1197 y 0.2871 para los mismos ríos correspondientes en caso de caparazón de camarón también no hay correlación o al menos es bajísima. Concluyendo que se da relación agua/camarón porque hay presencia de arsénico en el río Tambo (valor más alto que los otros ríos) y también en camarón y así se confirma la bioacumulación de este metaloide.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La tendencia de bioacumulación de estos metales por los tejidos de los organismos vivos enmarca una necesidad de continua monitorización de impacto ambiental para asegurar que los niveles de peligro no crezcan**.**

En cuanto a **BORO**; hay una correlación de 0.3522 para el río Ocoña frente al caparazón de camarón. y para el río Majes hay una correlación de 0.4808 frente a la parte caparazón de camarón. Estos valores son más altos frente a los demás. Para **CADMIO**; el valor predominante es de correlación agua/camarón (rio Majes frente a músculo de camarón) es 0.5556. Para el caso de cromo de **CROMO**; el valor predominante de correlación es 0.7059 río Tambo frente a músculo de camarón; queriendo decir que hay una correlación alta solo en este caso. (Anexo 13)

MANGANESO; principalmente los moluscos y crustáceos acumulan hidrocarburos metales (cobre, hierro, mercurio, manganeso cadmio, níquel, zinc y plomo), compuestos órgano fosforados, pesticidas y herbicidas.

Anteriormente se concluyó que hay concentración de manganeso, que superan los límites permisibles en aguas y en camarones; pues claro está que hay una buena y alta correlación para manganeso, entre aguas del río Majes y camarones siendo r = 0.5176 y r = 0.6229 para músculo y caparazón correspondientemente.

MERCURIO; los metales pesados pueden alterar la fisiología de organismos en varias formas, o por la unión con biomoléculas solubles (enzimas, DNA) o membrana (fosfolípidos) o reaccionando con grupos tioles (SH).

En el anexo 13 se ve que no existe correlación agua/camarón. Aunque las concentraciones de agua sean bajas frente a los límites permisibles del camarón, un daño potencial puede emerger en un futuro, dependiendo de los residuos domésticos en agua y/o actividades industriales en la región. Incluso cuando la bioacumulación no sea critica la monitorización debe continuar.

En cuanto al **PLOMO**; no hay presencia de este metal en camarones (*Cryphiops caementarius*) ni en aguas, ya que de no ser así su introducción a la cadena alimenticia afectaría la salud humana. En el presente estudio no hay correlación agua/camarón (ver anexo 13).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

La variabilidad observada en los diferentes ríos de los niveles de los metales pesados y metaloides depende de los hábitos de alimentación, necesidades ecológicas, metabolismo, edad, tamaño, hábitat y la longitud de la especie.

Cabe resaltar que muchos de nuestros ríos se ven afectados principalmente por fuentes de contaminación externas que limitan aún más el uso del recurso hídrico. Principalmente la contaminación por actividad minera, industrial y antropogénica está dañando y destruyendo nuestros ecosistemas de agua dulce.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CONCLUSIONES

1.- El monitoreó metales y metaloides en camarones (*Cryphiops caementarius*) y aguas de los ríos Ocoña, Majes y Tambo; se realizó en cinco semanas (una vez por semana). En todas las muestras procesadas de camarones el porcentaje de Humedad, fue mayor al 20 %.

2.- Se determinó pH, Temperatura, Conductividad Eléctrica, Sólidos totales y Demanda Química de Oxígeno (DQO). Se concluye que el río Tambo está más contaminado que el resto.

3.- Se determinó de la cantidad de As, 0.293 ppm, B, 7.531 ppm en aguas del río Tambo. Ambos están fuera del rango permisible. En cuanto a Al, Cd, Cr, Mn, sus concentraciones están por debajo del estándar de calidad ambiental en los tres ríos. Hg y Pb dieron como resultado no detectable.

4.- Se determinó la cantidad de Hg < As < Mn < Al en cabeza, músculo y caparazón del camarón (*Cryphiops caementarius*) de los ríos Ocoña, Majes y Tambo. Principalmente los valores de mercurio en músculo son 0.21mg/kg, 0.20 mg/kg, y 0.05 mg/kg en los respectivos ríos. Indicando que sobrepasa los límites permisibles. Arsénico, 0.84 mg/kg, 0.78 mg/kg y 1.00 mg/kg; valores en músculo de camarón y en los tres ríos respectivamente. Indicando que también sobrepasa los límites permisibles. En cuanto a manganeso, 8.19 mg/kg, 8.63 mg/kg, 6.78 mg/kg siendo valores en músculo de camarón en los ríos Ocoña, Majes y Tambo. Aluminio, 25.71 mg/kg, 10.99 mg/kg y 16.39 mg/kg valores que sobrepasan los límites normales igual que el anterior.

Hay presencia de B, Cd, Cr y Pb en las tres partes de camarón, en los tres ríos, pero están por debajo del límite permisible.

5.- Se halló la correlación entre aguas y camarones (músculo y caparazón) en Al, As, y Mn, siendo alta lo cual indica que se da bioacumulación de estos metales en el camarón.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

SUGERENCIAS

1.- Tomar mínimo tres puntos de muestreo de distancias considerablemente significativas para monitorear metales pesados y metaloides en los ríos Ocoña, Majes, Tambo y otros.

2.- Determinar los respectivos metales de este trabajo de investigación en quelas y músculo de *Cryphiops caementarius* en los ríos Ocoña, Majes, Tambo y otros.

3.- Monitorear la presencia de metales pesados en camarones hembras y machos (*Cryphiops caementarius*), especiación; en los ríos Ocoña, Majes, Tambo y otros.

4.- Monitorear metales pesados en camarones de los ríos Quilca, Pisco, Cañete, Vitor, La Joya y Corire como puntos de muestreo en diferentes épocas del año.

5.- Monitorear sedimento de los ríos Ocoña, Majes, Tambo y otros para comparar con los resultados del presente trabajo.

6.- Trabajar con materiales de referencia para comparar con los valores obtenidos experimentalmente durante el trabajo.

7.- Difundir los resultados, una vez realizado más investigaciones, a las respectivas instituciones para tomar medidas necesarias.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

American Society for Testing and Materials (ASTM). (2012). Standard Test Methods for Chemical Oxygen Demand (Dichromate Oxygen Demand) of Water. Designation: D 1252 – 00.

Baboli, M. J., Velayatzadeh, M., & Branch, A. (2013). Determination of heavy metals and trace elements in the muscles of marine shrimp, Fenneropenaeus merguiensis from Persian Gulf, Iran. *JAPS, Journal of Animal and Plant Sciences, 23*(3), 786-791.

Bocardo, D., E. (2001). Variación del tiempo de supervivencia de *Cryphiops caementarius* (Molina, 1782) por efecto del barro anaeróbico en el río Tambo. (Tesis de Maestría). Universidad Católica de Santa María, Arequipa.

Carranza, V. J. L., Fraizy Pascal, Guyot J. L., (2007). Informe de Misión PE 41. Instituto de Investigación para el Desarrollo. Lima.

Casquet, C., Fannin, C. M., Galindo, C., Pankhurst, R. J., Rapela, C. W., Torres, P. (2010) The Arequipa Massif of Peru: New shrimp and isotope constraints on a Paleoproterozoic inlier in the Grenvillian orogen. *Journal of South American Eath Sciences, 29*, 128-142.

CEM Corporation, (1978). Method Notes for Acid Digestion.

Cerdan, Cuba, W. K., & Chipana, Huamani, R. Y. (2006). Determinación de cadmio y plomo por voltametría de redisolución anódica en *Fisurella sp* (lapa), *Octopus sp* (pulpo), *Aulacomya ater* (choro), y *Laxechinus albus* (erizo). (Tesis de pre-grado). Universidad Católica de Santa María. Arequipa.

Chand, V., & Prasad S. (2013). ICP-OES assessment of heavy metal contamination in tropical marine sediments: A comparative study of two digestion techniques. *Microchemical Journal,111*, 53-61.

Clesceri, S. L., Greenberg, E. Arnold., Trusseli, R. Rhodes., (1992). Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. España. Díaz de Santos, S.A.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Das, Dipankar, Chatterjee A., Mandal Badal K., (1995). Arsenic in ground water in six districts of west Bengal, India: the biggest arsenic calamity in the world. Arsenic concentration in drinking water, hair, nails, unrine, skin – scale and liver tissue (biopsy) of affected people. *Analyst,120*, 917-924.

Eguren, V., M. C., (2012). "Atlas de Histología del camarón de río (C*ryphiops Caementarius*)". Arequipa: Offset.

EPA 200.7. (Environment Protection Agency). (1994). Method 200.7 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry.

Fatema, K., Naher, K., Choudhury, T., Islam, M., Tamim, U., Hossain, S., . . . MP, A. (2015). Determination of Toxic Metal Accumulation in Shrimps by Atomic Absorption Spectrometry (AAS). *Journal of Environmental Analytical Chemistry, 2015*, *2:3.* 1-7.

Feist, B., Mikula, B., Pytlakowska, K., Puzio, B., Buhl, F. (2008). Determination of heavy metals by ICP-OES and F-AAS after preconcentration with 2,2-bipyridyl and erythrosine. *Journal of Hazardous Materials*, *152*, 1122-1129.

Fenney, R., Kounaves, S. P. (2001). Voltammetric measurement of arsenic in natural waters. *Talanta, 58*, 23-31.

Guillen, Zegarra, R., E., & Torres, Cornejo, V., K., (2015). Determinación y Monitoreo de Arsénico en agua potable de fuentes superficiales y de manantial, provistas por sedapar. (Tesis de pre-grado). UCSM. Arequipa.

Gough, L. P., Shacklette, H. T., & Case, A. A. (1979). *Element concentrations toxic to plants, animals, and man*. Retrieved from.

Higham, A. M., Tomkins, R. P. T. (1993). Determination of trace quantities of selenium and arsenic in canned tuna fish by using electroanalytical techniques. *Food Chemistry, 48*, 85-93.

Hussein, A., & Khaled, A. (2014). Determination of metals in tuna species and bivalves from Alexandria, Egypt. *The Egyptian Journal of Aquatic Research, 40*(1), 9-17.

Infa, C. G. E., (2013). Determinación de la capacidad de adsorción de plomo (Pb^{+2}) de la cáscara de pecana (*Carya illinoensis*). (Tesis de Maestría). UCSM. Arequipa.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Ismahene, G., & El Hadi, K. (2012). Assessment of heavy metal concentrations (Lead, Cadmium and Zinc) in three Crustacean species fished for in two regions of eastern Algeria. *Annals of Biological Research, 3*(6), 2838-2842.

Locatelli, C., Torsi, G. (2001). Voltammetric trce metal determinations by cathodic and anodic stripping voltammetry in environmental matrices in the presence of mutual interference. *Journal of Electroanalytical Chemistry, 509*, 80-89.

Mendoza, D. F., (2010). Determinación de metales pesados Cd, Cu, Cr y Pb en *Farfantepenaeus aztecus* (Ives, 1981) recolectados en la laguna de Tampamachoco, Veracruz. (Tesis pre-grado). Universidad Veracruzana. México.

Mialhe, F., Gunnell, Y., Mering, C. (2013). The impacts of shrimp farming on land use, employment and migration in Tumbes, northern Peru. *Ocean and Coastal Management, 73*, 1-12.

Ministerio de Agricultura. Autoridad Nacional del Agua. (2011). Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en cuerpos naturales de agua superficial. Perú.

Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental. DIGESA. (2007). Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de los Recursos Hídricos Superficiales". Dirección de Ecología y Protección del Ambiente. Área de Protección de los Recursos Hídricos. Perú.

Muñoz, O., Vélez D., Cervera M. L., Montoro R. (1999). Rapid and quantitate release, separation and determination of inorganic arsenic (As III + As V) in seafood products by microwave-assisted destillation and hydride generation atomic absortion spectrometry. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry, 14*, 1607-1613.

NMX-AA-030-SCFI-2001. Análisis de Agua - Determinación de la Demanda Química de Oxígeno en Aguas Naturales, Residuales y Residuales Tratadas - Método de Prueba (CANCELA A LA NMX-AA-030-1981).

Nordberg, G., & Nordberg, G. (2013). Metales: Propiedades Químicas y Toxicidad Productos Químicos.

Omoigberale, M. O., & Ikponmwosa-Eweka, O. (2010). Evaluation of heavy metals of the Palaemonid shrimp Macrobrachium vollenhovenii Herklots, 1851 in Ovia river, Nigeria. *Biosci. Res. Commun., 22*(5), 247-254.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Öztürk, M., Özözen, G., Minareci, O., & Minareci, E. (2009). Determination of heavy metals in fish, water and sediments of Avsar Dam Lake in Turkey. *Journal of Environmental Health Science & Engineering, 6*(2), 73-80.

Popek, Emma, P. (2003). Sampling and analysis of environmental chemical pollutants. A complete Guide. AP.

Profumo, A., Merdi, D., Pesavento M. (2005). Voltammetric determination of inorganic As (III) and total inorganic As in natural waters. *Journal of Electroanalytical Chemistry,* 1-8.

Quattrochi, O. A., Abelaira de Adrizzi, S. I., Laba, R. F. (1992). Introducción a la HPLC Aplicación y Práctica. Buenos Aires: Artes Gáficas Farro SA.

Rasul, S. B., Munir A. K. M., Hosssain Z. A., Khan A. H., (2002). Electroquimical measurement and speciation of inorganic arsenic in groundwater of Bangladesh. *Journal of Electroanalytical Chemistry,* 1-4.

Rodier, J. (1981). Análisis de Aguas: aguas naturales, aguas residuales, agua de mar. Omega, Barcelona.

Shraim, A., Chiswell, B., Olszowy, H. (1999). Speciation of arsenic by hidride generation – atomic absorption spectrometry (HG-AAS) in hydrochloric acid reaction medium. *Talanta, 50,* 1109-1127.

USP 30-NF 25. (United States Pharmacopeia). (2007). The Standard of Quality.

Uysal, K., Emre, Y., Köse E. (2008). The determination of heavy metal accumulation ratios in muscle, skin and gills of some migratory fish species by inductively coupled plasma-optical emission spectrometry (ICP-OES) in Beymelek Lagoon (Antalya/Turkey). *Microchemical Journal, 90,* 67-70.

West, T.S. (1988). The determination of trace metals in natural waters. Blackwell scientific publications. *Journal of Electroanalytical Chemistry,* 8-12.

Zhang, Chunlong. (2007). Fundamentals of environmental sampling and analysis. Houston. Wiley-Interscience.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ANEXOS

Anexo N° 1 Parámetros físico-químicos en aguas de los ríos Ocoña, Majes y Tambo. (Elaboración propia)

	pH	T° (°C)	Conductividad (µS/cm)	Sólidos totales (mg/L)	DQO	
					Abs	[CC] ppm
Monitoreo 1 (22/11/2015)						
Río Ocoña	7	24.5	411	530	0.0083	14
Río Majes	7	31.2	1243	780	0.0108	21
Río Tambo	7	28.5	2380	1900	0.0179	39
Monitoreo 2 (29/11/2015)						
Río Ocoña	7	24.1	402	380	0.0102	19
Río Majes	7	29.4	1264	970	0.0151	31
Río Tambo	7	26.7	2480	2390	0.0219	49
Monitoreo 3 (06/12/2015)						
Río Ocoña	7	24.8	396	330	0.0099	18
Río Majes	7	27.6	1298	1560	0.0148	31
Río Tambo	7.5	26.1	2410	2260	0.0222	49
Monitoreo 4 (13/12/2015)						
Río Ocoña	7	24.9	418	510	0.0110	21

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Río Majes	7	30.4	1254	1200	0.0185	39
Río Tambo	7	27.2	2470	2200	0.0261	59
Monitoreo 5 (20/12/2015)						
Río Ocoña	7	26.3	427	470	0.0072	12
Río Majes	7	27.9	1305	1410	0.0184	39
Río Tambo	7	26.4	2570	2140	0.0296	67

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo N° 2 Lecturas promedio de los parámetros fisicoquímicos de los ríos Ocoña, Majes y Tambo

TEMPERATURA (°C)							
	Monitoreo 1	Monitoreo 2	Monitoreo 3	Monitoreo 4	Monitoreo 5	PROMEDIO	D. S.
R. Ocoña	24.5	24.1	24.8	24.9	26.3	24.9	0.8319
R. Majes	31.2	29.4	27.6	30.4	27.9	29.3	1.5556
R. Tambo	28.5	26.7	26.1	27.2	26.4	27.0	0.9418

CONDUCTIVIDAD (µS/cm)							
	Monitoreo 1	Monitoreo 2	Monitoreo 3	Monitoreo 4	Monitoreo 5	PROMEDIO	D. S.
R. Ocoña	411	402	396	418	427	410.8	11.0526
R. Majes	1243	1264	1298	1254	1305	1272.8	24.4573
R. Tambo	2380	2480	2410	2470	2570	2462	65.5439

SOLIDOS TOTALES (ppm)							
	Monitoreo 1	Monitoreo 2	Monitoreo 3	Monitoreo 4	Monitoreo 5	Promedio	D. S.
R. Ocoña	530	380	330	510	470	444	85.9069
R. Majes	780	970	1560	1200	1410	1184	316.9069
R. Tambo	1900	2390	2260	2200	2140	2178	180.8867

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (ppm)							
	Monitoreo 1	Monitoreo 2	Monitoreo 3	Monitoreo 4	Monitoreo 5	Promedio	D. S.
R. Ocoña	14	19	18	21	12	17	3.7014
R. Majes	21	31	31	39	39	32	7.4297
R. Tambo	39	49	49	59	67	53	10.7145

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo N° 3 Resultados promedio del Porcentaje de Humedad del Camarón (*Cryphiops caementarius*), donde: a) cabeza b) músculo c) caparazón. (Elaboración propia)

Porcentaje de Humedad (%)								
Ríos		**Monitoreo 1**	**Monitoreo 2**	**Monitoreo 3**	**Monitoreo 4**	**Monitoreo 5**	**Promedio**	**D. S.**
Ocoña	**a**	68.6	60.9	59.6	65.5	72.6	65.44	5.3845
	b	75.5	74.0	72.8	77.1	79.8	75.84	2.7392
	c	56.1	48.4	53.7	59.2	65.7	56.62	6.4317
Majes	**a**	76.8	65.9	61.8	61.0	60.2	65.14	6.8781
	b	79.4	77.5	73.2	75.5	74.2	75.96	2.5066
	c	56.6	59.5	46.8	53.3	50.7	53.38	4.9575
Tambo	**a**	69.6	54.5	49.4	52.4	54.5	56.08	7.8414
	b	76.5	73.7	72.8	75.6	74.3	74.58	1.4789
	c	60.7	44.2	43.2	45.1	50.2	48.68	7.2406

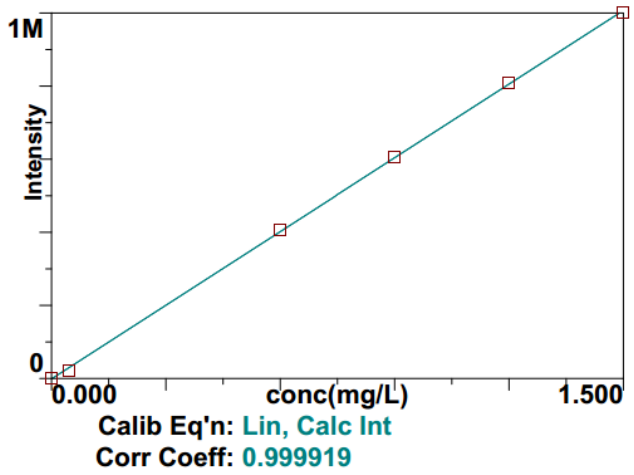
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

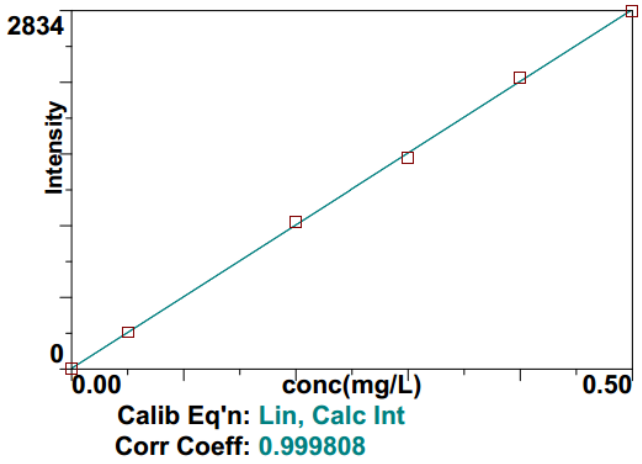
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo N° 4 Gráfica de calibración de Al; As; B; Cd; Cr; Mn; Hg; Pb. (ICP-OES)

Al 396.153



As 193.696

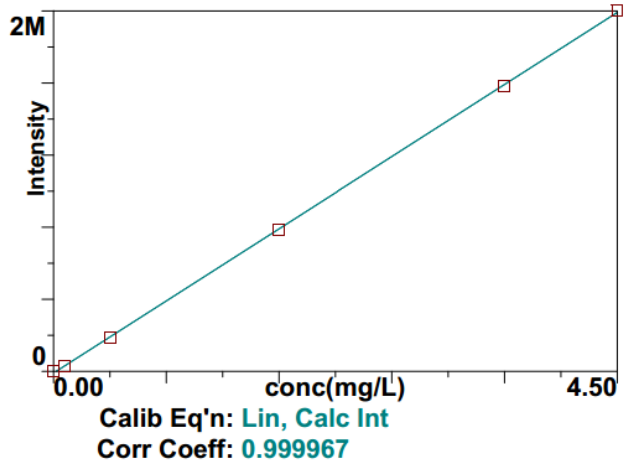


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

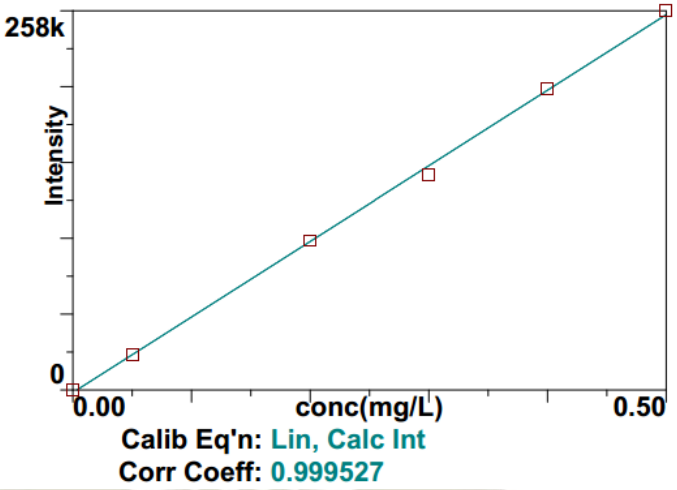
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

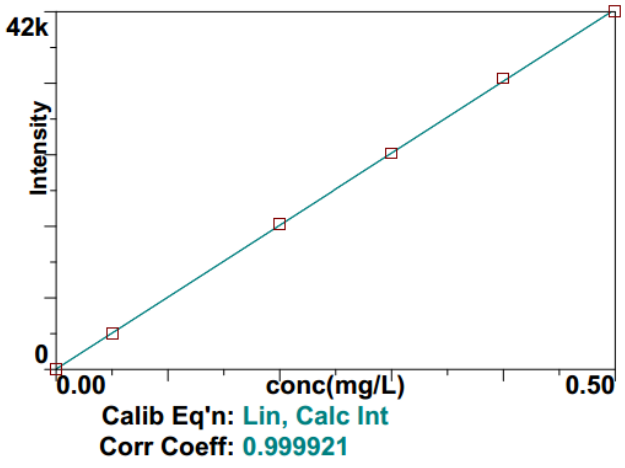
B 249.677



Cd 226.502



Cr 205.560

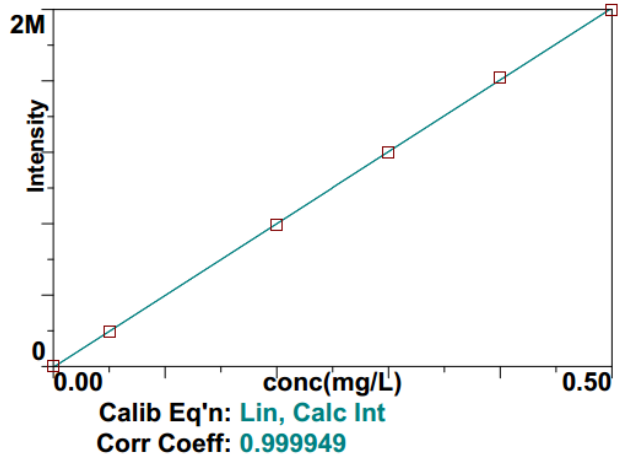


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

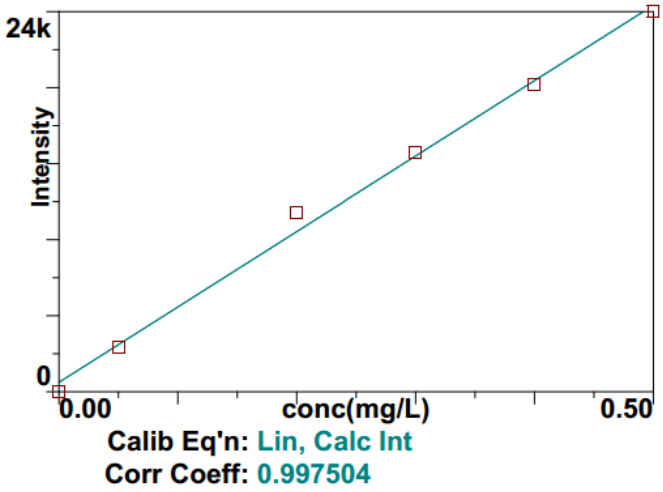
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Mn 257.610



Hg 253.652

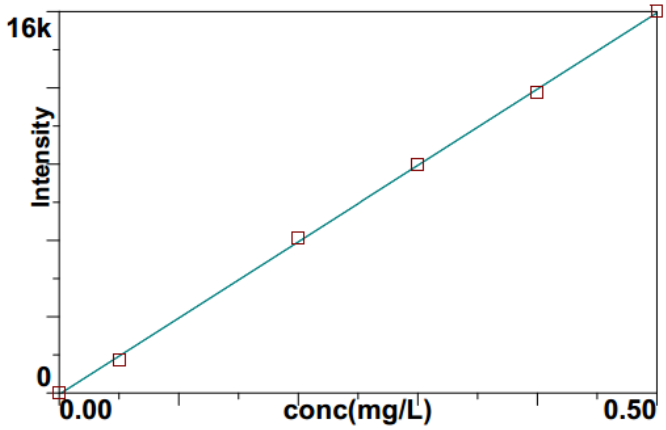


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Pb 220.353



Calib Eq'n: Lin, Calc Int
Corr Coeff: 0.999823

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Anexo N° 5 Vista de la pantalla táctil de equipo MARS 6. (Elaboración propia)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo N° 6 Concentración por triplicado en ppm de las aguas del río Ocoña, Majes y Tambo en los 5 monitoreos (Elaboración propia)

		MONITOREO				
Metal	**Río**	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**
Al	Rio Ocoña	0.267	0.410	0.131	0.112	0.093
		0.326	0.451	0.158	0.131	0.095
		0.280	0.313	0.153	0.129	0.096
	Rio Majes	0.000	0.000	0.000	0.000	0.048
		0.000	0.000	0.000	0.000	0.039
		0.000	0.000	0.000	0.000	0.033
	Rio Tambo	1.370	0.889	0.963	0.482	0.619
		1.440	1.050	0.917	0.476	0.654
		1.450	0.929	0.926	0.462	0.669
As	Rio Ocoña	0.053	0.045	0.034	0.033	0.033
		0.049	0.045	0.040	0.029	0.032
		0.042	0.044	0.034	0.032	0.031
	Rio Majes	0.000	0.006	0.002	0.000	0.000
		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
	Rio Tambo	0.353	0.369	0.270	0.251	0.208
		0.357	0.373	0.271	0.260	0.215
		0.360	0.371	0.272	0.257	0.207
B	Rio Ocoña	1.030	1.150	0.925	0.937	0.914
		1.020	1.110	0.943	0.946	0.912
		1.040	1.100	0.957	0.918	0.907
	Rio Majes	1.160	1.170	1.040	0.964	0.935
		1.140	1.180	1.030	0.955	0.926
		1.150	1.170	1.010	0.966	0.935
	Rio Tambo	8.240	8.450	7.000	7.160	6.670
		8.560	8.430	7.000	7.070	6.770
		8.430	8.430	6.960	7.100	6.690
Cd	Rio Ocoña	0.004	0.005	0.002	0.004	0.004
		0.001	0.001	0.005	0.005	0.003
		0.002	0.002	0.004	0.004	0.004
	Rio Majes	0.005	0.005	0.007	0.004	0.003
		0.001	0.001	0.005	0.005	0.004
		0.002	0.002	0.007	0.004	0.004
	Rio Tambo	0.005	0.005	0.007	0.004	0.004
		0.002	0.002	0.005	0.005	0.004
		0.002	0.002	0.007	0.004	0.004
Cr	Rio Ocoña	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
		0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
	Rio Majes	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Rio Tambo	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
		0.001	0.000	0.001	0.001	0.000
		0.000	0.001	0.001	0.000	0.000
Hg	Rio Ocoña	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Rio Majes	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Rio Tambo	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	Rio Ocoña	0.114	0.142	0.063	0.062	0.052
		0.121	0.136	0.071	0.063	0.052
		0.113	0.099	0.064	0.064	0.052
	Rio Majes	0.048	0.029	0.050	0.026	0.044
		0.046	0.023	0.052	0.025	0.043
		0.045	0.021	0.047	0.026	0.041
	Rio Tambo	0.088	0.070	0.073	0.036	0.047
		0.088	0.091	0.067	0.036	0.048
		0.089	0.074	0.067	0.032	0.048
Pb	Rio Ocoña	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Rio Majes	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Rio Tambo	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo N° 7 Concentración promedio y desviación estándar de las aguas de los ríos Ocoña, Majes y Tambo en los 5 monitoreos (Elaboración propia)

Monitoreo	Metal	Río	Cc (ppm)	Desv. Std.
1	Al	Rio Majes	0.000	0.000
1	As	Rio Majes	0.001	0.001
1	B	Rio Majes	1.150	0.010
1	Cd	Rio Majes	0.003	0.002
1	Cr	Rio Majes	0.000	0.000
1	Hg	Rio Majes	0.000	0.000
1	Mn	Rio Majes	0.046	0.002
1	Pb	Rio Majes	0.000	0.000
1	Al	Rio Ocoña	0.291	0.031
1	As	Rio Ocoña	0.048	0.006
1	B	Rio Ocoña	1.030	0.010
1	Cd	Rio Ocoña	0.002	0.002
1	Cr	Rio Ocoña	0.001	0.001
1	Hg	Rio Ocoña	0.000	0.000
1	Mn	Rio Ocoña	0.116	0.004
1	Pb	Rio Ocoña	0.000	0.000
1	Al	Rio Tambo	1.420	0.044
1	As	Rio Tambo	0.357	0.004
1	B	Rio Tambo	8.410	0.161
1	Cd	Rio Tambo	0.003	0.002
1	Cr	Rio Tambo	0.001	0.001
1	Hg	Rio Tambo	0.000	0.000
1	Mn	Rio Tambo	0.088	0.001
1	Pb	Rio Tambo	0.000	0.000
2	Al	Rio Majes	0.000	0.000
2	As	Rio Majes	0.002	0.003
2	B	Rio Majes	1.173	0.006
2	Cd	Rio Majes	0.003	0.002
2	Cr	Rio Majes	0.000	0.000
2	Hg	Rio Majes	0.000	0.000
2	Mn	Rio Majes	0.024	0.004
2	Pb	Rio Majes	0.000	0.000
2	Al	Rio Ocoña	0.391	0.071
2	As	Rio Ocoña	0.045	0.001
2	B	Rio Ocoña	1.120	0.026
2	Cd	Rio Ocoña	0.003	0.002
2	Cr	Rio Ocoña	0.001	0.001
2	Hg	Rio Ocoña	0.000	0.000
2	Mn	Rio Ocoña	0.126	0.023
2	Pb	Rio Ocoña	0.000	0.000
2	Al	Rio Tambo	0.956	0.084

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2	As	Rio Tambo	0.371	0.002
2	B	Rio Tambo	8.437	0.012
2	Cd	Rio Tambo	0.003	0.002
2	Cr	Rio Tambo	0.001	0.001
2	Hg	Rio Tambo	0.000	0.000
2	Mn	Rio Tambo	0.078	0.011
2	Pb	Rio Tambo	0.000	0.000
3	Al	Rio Majes	0.000	0.000
3	As	Rio Majes	0.001	0.001
3	B	Rio Majes	1.027	0.015
3	Cd	Rio Majes	0.006	0.001
3	Cr	Rio Majes	0.000	0.000
3	Hg	Rio Majes	0.000	0.000
3	Mn	Rio Majes	0.050	0.003
3	Pb	Rio Majes	0.000	0.000
3	Al	Rio Ocoña	0.147	0.014
3	As	Rio Ocoña	0.036	0.003
3	B	Rio Ocoña	0.942	0.016
3	Cd	Rio Ocoña	0.004	0.002
3	Cr	Rio Ocoña	0.001	0.001
3	Hg	Rio Ocoña	0.000	0.000
3	Mn	Rio Ocoña	0.066	0.004
3	Pb	Rio Ocoña	0.000	0.000
3	Al	Rio Tambo	0.935	0.024
3	As	Rio Tambo	0.271	0.001
3	B	Rio Tambo	6.987	0.023
3	Cd	Rio Tambo	0.006	0.001
3	Cr	Rio Tambo	0.001	0.000
3	Hg	Rio Tambo	0.000	0.000
3	Mn	Rio Tambo	0.069	0.003
3	Pb	Rio Tambo	0.000	0.000
4	Al	Rio Majes	0.000	0.000
4	As	Rio Majes	0.000	0.000
4	B	Rio Majes	0.962	0.006
4	Cd	Rio Majes	0.004	0.001
4	Cr	Rio Majes	0.000	0.000
4	Hg	Rio Majes	0.000	0.000
4	Mn	Rio Majes	0.026	0.001
4	Pb	Rio Majes	0.000	0.000
4	Al	Rio Ocoña	0.124	0.010
4	As	Rio Ocoña	0.031	0.002
4	B	Rio Ocoña	0.934	0.014
4	Cd	Rio Ocoña	0.004	0.001
4	Cr	Rio Ocoña	0.000	0.000
4	Hg	Rio Ocoña	0.000	0.000
4	Mn	Rio Ocoña	0.063	0.001

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4	Pb	Rio Ocoña	0.000	0.000
4	Al	Rio Tambo	0.473	0.010
4	As	Rio Tambo	0.256	0.005
4	B	Rio Tambo	7.110	0.046
4	Cd	Rio Tambo	0.004	0.001
4	Cr	Rio Tambo	0.000	0.001
4	Hg	Rio Tambo	0.000	0.000
4	Mn	Rio Tambo	0.035	0.002
4	Pb	Rio Tambo	0.000	0.000
5	Al	Rio Majes	0.040	0.008
5	As	Rio Majes	0.000	0.000
5	B	Rio Majes	0.932	0.005
5	Cd	Rio Majes	0.004	0.001
5	Cr	Rio Majes	0.000	0.000
5	Hg	Rio Majes	0.000	0.000
5	Mn	Rio Majes	0.043	0.002
5	Pb	Rio Majes	0.000	0.000
5	Al	Rio Ocoña	0.095	0.002
5	As	Rio Ocoña	0.032	0.001
5	B	Rio Ocoña	0.911	0.004
5	Cd	Rio Ocoña	0.004	0.001
5	Cr	Rio Ocoña	0.000	0.000
5	Hg	Rio Ocoña	0.000	0.000
5	Mn	Rio Ocoña	0.052	0.000
5	Pb	Rio Ocoña	0.000	0.000
5	Al	Rio Tambo	0.647	0.026
5	As	Rio Tambo	0.210	0.004
5	B	Rio Tambo	6.710	0.053
5	Cd	Rio Tambo	0.004	0.000
5	Cr	Rio Tambo	0.000	0.000
5	Hg	Rio Tambo	0.000	0.000
5	Mn	Rio Tambo	0.048	0.001
5	Pb	Rio Tambo	0.000	0.000

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo N° 8 Resultado estadístico de metales y metaloides en aguas del río Ocoña, Majes y Tambo en los 5 monitoreos (STATGRAPHICS CENTURION XVI)

ALUMINIO

Analysis of Variance for Cc (mg/L) Al- Type III Sums of Squares

Source	*Sum of Squares*	*Df*	*Mean Square*	*F-Ratio*	*P-Value*
MAIN EFFECTS					
A:Río	2.11611	2	1.05805	26.25	0.0003
B:Monitoreo	0.262905	4	0.0657262	1.63	0.2575
RESIDUAL	0.322433	8	0.0403041		
TOTAL (CORRECTED)	2.70145	14			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Multiple Range Tests for Cc (mg/L) Al by Río

Method: 95.0 percent LSD

Río	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
R. Majes	5	0.008	0.0897821	X
R. Ocoña	5	0.2096	0.0897821	X
R. Tambo	5	0.8862	0.0897821	X

Multiple Range Tests for Cc (mg/L) Al by Monitoreo

Method: 95.0 percent LSD

Monitoreo	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
M4	3	0.199	0.115908	X
M5	3	0.260667	0.115908	X
M3	3	0.360667	0.115908	X
M2	3	0.449	0.115908	X
M1	3	0.570333	0.115908	X

ARSÉNICO

Analysis of Variance for Cc (mg/L) As- Type III Sums of Squares

Source	*Sum of Squares*	*Df*	*Mean Square*	*F-Ratio*	*P-Value*
MAIN EFFECTS					
A:Río	0.252693	2	0.126346	89.41	0.0000
B:Monitoreo	0.0078576	4	0.0019644	1.39	0.3198
RESIDUAL	0.0113044	8	0.00141305		
TOTAL (CORRECTED)	0.271855	14			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Multiple Range Tests for Cc (mg/L) As by Río

Method: 95.0 percent LSD

Río	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
R. Majes	5	0.0008	0.016811	X
R. Ocoña	5	0.0384	0.016811	X
R. Tambo	5	0.293	0.016811	X

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Multiple Range Tests for Cc (mg/L) As by Monitoreo

Method: 95.0 percent LSD

Monitoreo	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
M5	3	0.0806667	0.0217029	X
M4	3	0.0956667	0.0217029	X
M3	3	0.102667	0.0217029	X
M1	3	0.135333	0.0217029	X
M2	3	0.139333	0.0217029	X

BORO

Analysis of Variance for Cc (mg/L) B - Type III Sums of Squares

Source	*Sum of Squares*	*Df*	*Mean Square*	*F-Ratio*	*P-Value*
MAIN EFFECTS					
A:Río	141.394	2	70.6968	391.03	0.0000
B:Monitoreo	1.37178	4	0.342945	1.90	0.2045
RESIDUAL	1.44638	8	0.180798		
TOTAL (CORRECTED)	144.212	14			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Multiple Range Tests for Cc (mg/L) B by Río

Method: 95.0 percent LSD

Río	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
R. Ocoña	5	0.9874	0.190157	X
R. Majes	5	1.0488	0.190157	X
R. Tambo	5	7.5308	0.190157	X

Multiple Range Tests for Cc (mg/L) B by Monitoreo

Method: 95.0 percent LSD

Monitoreo	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
M5	3	2.851	0.245491	X
M3	3	2.98533	0.245491	X
M4	3	3.002	0.245491	X
M1	3	3.53	0.245491	X
M2	3	3.57667	0.245491	X

CADMIO

Analysis of Variance for Cc (mg/L) Cd - Type III Sums of Squares

Source	*Sum of Squares*	*Df*	*Mean Square*	*F-Ratio*	*P-Value*
MAIN EFFECTS					
A:Río	0.0000012	2	6.E-7	2.25	0.1678
B:Monitoreo	0.0000130667	4	0.00000326667	12.25	0.0017
RESIDUAL	0.00000213333	8	2.66667E-7		
TOTAL (CORRECTED)	0.0000164	14			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Multiple Range Tests for Cc (mg/L) Cd by Río

Method: 95.0 percent LSD

Río	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
R. Ocoña	5	0.0034	0.00023094	X

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

R. Tambo	5	0.004	0.00023094	X
R. Majes	5	0.004	0.00023094	X

Multiple Range Tests for Cc (mg/L) Cd by Monitoreo

Method: 95.0 percent LSD

Monitoreo	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
M1	3	0.00266667	0.000298142	X
M2	3	0.003	0.000298142	X
M4	3	0.004	0.000298142	X
M5	3	0.004	0.000298142	X
M3	3	0.00533333	0.000298142	X

CROMO

Analysis of Variance for Cc (mg/L) Cr - Type III Sums of Squares

Source	*Sum of Squares*	*Df*	*Mean Square*	*F-Ratio*	*P-Value*
MAIN EFFECTS					
A:Río	0.0000012	2	6.E-7	6.00	0.0256
B:Monitoreo	0.0000016	4	4.E-7	4.00	0.0453
RESIDUAL	8.E-7	8	1.E-7		
TOTAL (CORRECTED)	0.0000036	14			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Multiple Range Tests for Cc (mg/L) Cr by Río

Method: 95.0 percent LSD

Río	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
R. Majes	5	0	0.000141421	X
R. Tambo	5	0.0006	0.000141421	X
R. Ocoña	5	0.0006	0.000141421	X

Multiple Range Tests for Cc (mg/L) Cr by Monitoreo

Method: 95.0 percent LSD

Monitoreo	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
M4	3	0	0.000182574	X
M5	3	0	0.000182574	X
M3	3	0.000666667	0.000182574	X
M2	3	0.000666667	0.000182574	X
M1	3	0.000666667	0.000182574	X

MANGANESO

Analysis of Variance for Cc (mg/L) Mn - Type III Sums of Squares

Source	*Sum of Squares*	*Df*	*Mean Square*	*F-Ratio*	*P-Value*
MAIN EFFECTS					
A:Río	0.0054948	2	0.0027474	6.89	0.0182
B:Monitoreo	0.00385133	4	0.000962833	2.41	0.1343
RESIDUAL	0.00318987	8	0.000398733		
TOTAL (CORRECTED)	0.012536	14			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Multiple Range Tests for Cc (mg/L) Mn by Río

Method: 95.0 percent LSD

Río	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
R. Majes	5	0.0378	0.0089301	X
R. Tambo	5	0.0636	0.0089301	XX
R. Ocoña	5	0.0846	0.0089301	X

Multiple Range Tests for Cc (mg/L) Mn by Monitoreo

Method: 95.0 percent LSD

Monitoreo	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
M4	3	0.0413333	0.0115287	X
M5	3	0.0476667	0.0115287	XX
M3	3	0.0616667	0.0115287	XX
M2	3	0.076	0.0115287	XX
M1	3	0.0833333	0.0115287	X

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo N° 9 Concentración promedio en ppm de metales y metaloides en camarones (*Cryphiops caementarius*), donde: a) cabeza b) músculo c) caparazón. (Elaboración propia)

Concentración (ppm)									
Monitoreo 1 (22/11/2015)									
		Al	**As**	**B**	**Cd**	**Cr**	**Mn**	**Hg**	**Pb**
Río Ocoña	**a**	5.140	0.070	0.010	0.007	0.008	1.080	0.001	0.000
	b	0.961	0.023	0.005	0.003	0.002	0.246	0.000	0.000
	c	3.050	0.028	0.024	0.003	0.003	0.794	0.000	0.000
Río Majes	**a**	7.360	0.061	0.012	0.036	0.009	1.190	0.000	0.001
	b	0.277	0.025	0.000	0.007	0.000	0.284	0.000	0.000
	c	0.460	0.013	0.014	0.007	0.002	1.070	0.000	0.000
Río Tambo	**a**	8.680	0.272	0.088	0.026	0.013	2.060	0.004	0.009
	b	0.785	0.038	0.005	0.003	0.001	0.277	0.000	0.000
	c	0.795	0.034	0.036	0.003	0.004	0.567	0.000	0.000
Monitoreo 2 (29/11/2015)									
Río Ocoña	**a**	7.640	0.056	0.000	0.005	0.007	0.712	0.001	0.005
	b	1.190	0.023	0.000	0.002	0.001	0.282	0.000	0.000
	c	1.390	0.022	0.015	0.001	0.001	0.552	0.000	0.000
Río Majes	**a**	4.060	0.047	0.000	0.016	0.004	0.504	0.000	0.000
	b	0.524	0.019	0.000	0.005	0.000	0.143	0.000	0.000
	c	0.649	0.025	0.000	0.003	0.002	0.355	0.000	0.000
Río Tambo	**a**	0.564	0.045	0.015	0.010	0.001	0.244	0.000	0.000
	b	0.534	0.038	0.020	0.003	0.000	0.144	0.000	0.000
	c	0.687	0.030	0.125	0.003	0.000	0.496	0.000	0.000
Monitoreo 3 (06/12/2015)									
Río Ocoña	**a**	0.950	0.062	0.000	0.004	0.001	0.478	0.000	0.000
	b	0.521	0.039	0.000	0.000	0.000	0.260	0.000	0.000
	c	0.655	0.028	0.000	0.002	0.000	0.637	0.000	0.000
Río Majes	**a**	0.919	0.047	0.000	0.010	0.001	1.380	0.000	0.003

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

	b	0.450	0.030	0.000	0.002	0.001	0.517	0.000	0.000
	c	0.757	0.026	0.003	0.002	0.002	1.840	0.000	0.002
Río Tambo	**a**	0.545	0.060	0.008	0.011	0.000	0.320	0.000	0.000
	b	0.598	0.040	0.018	0.003	0.000	0.308	0.000	0.000
	c	1.071	0.038	0.071	0.002	0.002	0.834	0.019	0.000
Monitoreo 4 (13/12/2015)									
Río Ocoña	**a**	5.500	0.048	0.000	0.008	0.047	0.755	0.048	0.003
	b	0.943	0.018	0.000	0.002	0.002	0.318	0.031	0.000
	c	1.880	0.016	0.020	0.005	0.006	0.991	0.021	0.000
Río Majes	**a**	10.83	0.071	0.013	0.011	0.009	0.999	0.030	0.000
	b	0.277	0.028	0.000	0.005	0.001	0.181	0.024	0.000
	c	0.241	0.012	0.015	0.003	0.000	0.364	0.002	0.000
Río Tambo	**a**	0.734	0.062	0.026	0.027	0.001	0.318	0.003	0.000
	b	0.418	0.028	0.028	0.004	0.000	0.170	0.004	0.000
	c	0.627	0.025	0.090	0.004	0.001	0.406	0.006	0.000
Monitoreo 5 (20/12/2015)									
Río Ocoña	**a**	3.310	0.075	0.000	0.014	0.008	0.568	0.015	0.000
	b	0.222	0.022	0.000	0.004	0.001	0.123	0.004	0.000
	c	0.694	0.036	0.000	0.003	0.000	0.320	0.002	0.000
Río Majes	**a**	3.160	0.053	0.001	0.024	0.006	1.070	0.008	0.000
	b	0.173	0.019	0.000	0.006	0.004	0.188	0.007	0.000
	c	0.376	0.020	0.033	0.005	0.002	0.515	0.007	0.000
Río Tambo	**a**	6.100	0.180	0.044	0.022	0.007	1.300	0.013	0.000
	b	0.685	0.031	0.051	0.003	0.001	0.308	0.004	0.000
	c	1.120	0.041	0.102	0.005	0.001	0.862	0.004	0.000

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo N° 10 Desviación estándar y peso de camarones (*Cryphiops caementarius*) de los ríos Ocoña, Majes y Tambo en los 5 monitoreos (Elaboración propia)

MONITOREO 1 (22/11/2015)				DESV. ESTD.	PESO SECO (g)
Al		a	cabeza	0.330	0.1825
	Rio Ocoña	b	músculo	0.188	0.1839
		c	caparazón	0.425	0.1828
		a	cabeza	1.004	0.1856
	Rio Majes	b	músculo	0.060	0.1849
		c	caparazón	0.070	0.1851
		a	cabeza	0.492	0.1893
	Rio Tambo	b	músculo	0.723	0.1835
		c	caparazón	0.071	0.1836
As		a	cabeza	0.002	0.1825
	Rio Ocoña	b	músculo	0.002	0.1839
		c	caparazón	0.008	0.1828
		a	cabeza	0.006	0.1856
	Rio Majes	b	músculo	0.002	0.1849
		c	caparazón	0.007	0.1851
		a	cabeza	0.005	0.1893
	Rio Tambo	b	músculo	0.002	0.1835
		c	caparazón	0.002	0.1836
B		a	cabeza	0.010	0.1825
	Rio Ocoña	b	músculo	0.008	0.1839
		c	caparazón	0.003	0.1828
		a	cabeza	0.003	0.1856
	Rio Majes	b	músculo	0.000	0.1849
		c	caparazón	0.003	0.1851
		a	cabeza	0.008	0.1893
	Rio Tambo	b	músculo	0.001	0.1835
		c	caparazón	0.004	0.1836
Cd		a	cabeza	0.001	0.1825
	Rio Ocoña	b	músculo	0.003	0.1839
		c	caparazón	0.003	0.1828
		a	cabeza	0.008	0.1856
	Rio Majes	b	músculo	0.004	0.1849
		c	caparazón	0.000	0.1851
		a	cabeza	0.007	0.1893
	Rio Tambo	b	músculo	0.002	0.1835
		c	caparazón	0.003	0.1836
Cr		a	cabeza	0.001	0.1825
	Rio Ocoña	b	músculo	0.002	0.1839
		c	caparazón	0.001	0.1828
		a	cabeza	0.001	0.1856

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

	Rio Majes	b	músculo	0.001	0.1849
		c	caparazón	0.001	0.1851
		a	cabeza	0.002	0.1893
	Rio Tambo	b	músculo	0.001	0.1835
		c	caparazón	0.003	0.1836
Mn		a	cabeza	0.044	0.1825
	Rio Ocoña	b	músculo	0.033	0.1839
		c	caparazón	0.038	0.1828
		a	cabeza	0.093	0.1856
	Rio Majes	b	músculo	0.003	0.1849
		c	caparazón	0.049	0.1851
		a	cabeza	0.049	0.1893
	Rio Tambo	b	músculo	0.012	0.1835
		c	caparazón	0.018	0.1836
Hg		a	cabeza	0.002	0.1825
	Rio Ocoña	b	músculo	0.000	0.1839
		c	caparazón	0.000	0.1828
		a	cabeza	0.000	0.1856
	Rio Majes	b	músculo	0.000	0.1849
		c	caparazón	0.000	0.1851
		a	cabeza	0.002	0.1893
	Rio Tambo	b	músculo	0.000	0.1835
		c	caparazón	0.000	0.1836
Pb		a	cabeza	0.000	0.1825
	Rio Ocoña	b	músculo	0.000	0.1839
		c	caparazón	0.000	0.1828
		a	cabeza	0.001	0.1856
	Rio Majes	b	músculo	0.000	0.1849
		c	caparazón	0.000	0.1851
		a	cabeza	0.004	0.1893
	Rio Tambo	b	músculo	0.000	0.1835
		c	caparazón	0.000	0.1836
MONITOREO 2 (29/11/2015)					
Al		a	cabeza	0.765	0.1897
	Rio Ocoña	b	músculo	0.377	0.1829
		c	caparazón	0.130	0.1840
		a	cabeza	0.143	0.1895
	Rio Majes	b	músculo	0.041	0.1821
		c	caparazón	0.049	0.1823
		a	cabeza	0.102	0.1868
	Rio Tambo	b	músculo	0.053	0.1826
		c	caparazón	0.190	0.1860
As		a	cabeza	0.001	0.1897
	Rio Ocoña	b	músculo	0.005	0.1829
		c	caparazón	0.004	0.1840
		a	cabeza	0.007	0.1895

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

	Rio Majes	b	músculo	0.000	0.1821
		c	caparazón	0.005	0.1823
		a	cabeza	0.002	0.1868
	Rio Tambo	b	músculo	0.003	0.1826
		c	caparazón	0.006	0.1860
B		a	cabeza	0.000	0.1897
	Rio Ocoña	b	músculo	0.000	0.1829
		c	caparazón	0.006	0.1840
		a	cabeza	0.000	0.1895
	Rio Majes	b	músculo	0.000	0.1821
		c	caparazón	0.000	0.1823
		a	cabeza	0.009	0.1868
	Rio Tambo	b	músculo	0.002	0.1826
		c	caparazón	0.025	0.1860
Cd		a	cabeza	0.003	0.1897
	Rio Ocoña	b	músculo	0.003	0.1829
		c	caparazón	0.002	0.1840
		a	cabeza	0.005	0.1895
	Rio Majes	b	músculo	0.000	0.1821
		c	caparazón	0.002	0.1823
		a	cabeza	0.005	0.1868
	Rio Tambo	b	músculo	0.003	0.1826
		c	caparazón	0.002	0.1860
Cr		a	cabeza	0.001	0.1897
	Rio Ocoña	b	músculo	0.001	0.1829
		c	caparazón	0.000	0.1840
		a	cabeza	0.001	0.1895
	Rio Majes	b	músculo	0.000	0.1821
		c	caparazón	0.001	0.1823
		a	cabeza	0.001	0.1868
	Rio Tambo	b	músculo	0.000	0.1826
		c	caparazón	0.000	0.1860
Mn		a	cabeza	0.023	0.1897
	Rio Ocoña	b	músculo	0.049	0.1829
		c	caparazón	0.010	0.1840
		a	cabeza	0.056	0.1895
	Rio Majes	b	músculo	0.001	0.1821
		c	caparazón	0.001	0.1823
		a	cabeza	0.003	0.1868
	Rio Tambo	b	músculo	0.013	0.1826
		c	caparazón	0.057	0.1860
Hg		a	cabeza	0.001	0.1897
	Rio Ocoña	b	músculo	0.000	0.1829
		c	caparazón	0.000	0.1840
		a	cabeza	0.000	0.1895
	Rio Majes	b	músculo	0.000	0.1821

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

		c	caparazón	0.000	0.1823
		a	cabeza	0.000	0.1868
	Rio Tambo	b	músculo	0.000	0.1826
		c	caparazón	0.000	0.1860
Pb		a	cabeza	0.007	0.1897
	Rio Ocoña	b	músculo	0.000	0.1829
		c	caparazón	0.000	0.1840
		a	cabeza	0.000	0.1895
	Rio Majes	b	músculo	0.000	0.1821
		c	caparazón	0.000	0.1823
		a	cabeza	0.000	0.1868
	Rio Tambo	b	músculo	0.000	0.1826
		c	caparazón	0.000	0.1860
MONITOREO 3 (06/12/2015)					
Al		a	cabeza	0.117	0.1820
	Rio Ocoña	b	músculo	0.215	0.1833
		c	caparazón	0.060	0.1863
		a	cabeza	0.152	0.1838
	Rio Majes	b	músculo	0.055	0.1877
		c	caparazón	0.094	0.1861
		a	cabeza	0.085	0.1875
	Rio Tambo	b	músculo	0.034	0.1841
		c	caparazón	0.124	0.1885
As		a	cabeza	0.005	0.1820
	Rio Ocoña	b	músculo	0.005	0.1833
		c	caparazón	0.001	0.1863
		a	cabeza	0.005	0.1838
	Rio Majes	b	músculo	0.008	0.1877
		c	caparazón	0.002	0.1861
		a	cabeza	0.003	0.1875
	Rio Tambo	b	músculo	0.001	0.1841
		c	caparazón	0.001	0.1885
B		a	cabeza	0.000	0.1820
	Rio Ocoña	b	músculo	0.000	0.1833
		c	caparazón	0.000	0.1863
		a	cabeza	0.000	0.1838
	Rio Majes	b	músculo	0.000	0.1877
		c	caparazón	0.003	0.1861
		a	cabeza	0.006	0.1875
	Rio Tambo	b	músculo	0.016	0.1841
		c	caparazón	0.011	0.1885
Cd		a	cabeza	0.004	0.1820
	Rio Ocoña	b	músculo	0.000	0.1833
		c	caparazón	0.002	0.1863
		a	cabeza	0.004	0.1838
	Rio Majes	b	músculo	0.003	0.1877

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

		c	caparazón	0.003	0.1861
		a	cabeza	0.004	0.1875
	Rio Tambo	b	músculo	0.003	0.1841
		c	caparazón	0.003	0.1885
Cr		a	cabeza	0.001	0.1820
	Rio Ocoña	b	músculo	0.001	0.1833
		c	caparazón	0.001	0.1863
		a	cabeza	0.000	0.1838
	Rio Majes	b	músculo	0.001	0.1877
		c	caparazón	0.000	0.1861
		a	cabeza	0.000	0.1875
	Rio Tambo	b	músculo	0.000	0.1841
		c	caparazón	0.001	0.1885
Mn		a	cabeza	0.117	0.1820
	Rio Ocoña	b	músculo	0.014	0.1833
		c	caparazón	0.018	0.1863
		a	cabeza	0.152	0.1838
	Rio Majes	b	músculo	0.048	0.1877
		c	caparazón	0.044	0.1861
		a	cabeza	0.005	0.1875
	Rio Tambo	b	músculo	0.016	0.1841
		c	caparazón	0.041	0.1885
Hg		a	cabeza	0.000	0.1820
	Rio Ocoña	b	músculo	0.000	0.1833
		c	caparazón	0.000	0.1863
		a	cabeza	0.000	0.1838
	Rio Majes	b	músculo	0.000	0.1877
		c	caparazón	0.000	0.1861
		a	cabeza	0.000	0.1875
	Rio Tambo	b	músculo	0.000	0.1841
		c	caparazón	0.016	0.1885
Pb		a	cabeza	0.000	0.1820
	Rio Ocoña	b	músculo	0.000	0.1833
		c	caparazón	0.000	0.1863
		a	cabeza	0.006	0.1838
	Rio Majes	b	músculo	0.000	0.1877
		c	caparazón	0.003	0.1861
		a	cabeza	0.000	0.1875
	Rio Tambo	b	músculo	0.000	0.1841
		c	caparazón	0.000	0.1885
MONITOREO 4 (13/12/2015)					
Al		a	cabeza	0.462	0.1864
	Rio Ocoña	b	músculo	0.162	0.1854
		c	caparazón	0.040	0.1873
		a	cabeza	1.443	0.1822
	Rio Majes	b	músculo	0.055	0.1897

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

		c	caparazón	0.031	0.1823
		a	cabeza	0.186	0.1833
	Rio Tambo	b	músculo	0.017	0.1896
		c	caparazón	0.005	0.1831
As		a	cabeza	0.005	0.1864
	Rio Ocoña	b	músculo	0.004	0.1854
		c	caparazón	0.004	0.1873
		a	cabeza	0.004	0.1822
	Rio Majes	b	músculo	0.002	0.1897
		c	caparazón	0.002	0.1823
		a	cabeza	0.001	0.1833
	Rio Tambo	b	músculo	0.003	0.1896
		c	caparazón	0.004	0.1831
B		a	cabeza	0.000	0.1864
	Rio Ocoña	b	músculo	0.000	0.1854
		c	caparazón	0.003	0.1873
		a	cabeza	0.006	0.1822
	Rio Majes	b	músculo	0.000	0.1897
		c	caparazón	0.001	0.1823
		a	cabeza	0.001	0.1833
	Rio Tambo	b	músculo	0.001	0.1896
		c	caparazón	0.003	0.1831
Cd		a	cabeza	0.002	0.1864
	Rio Ocoña	b	músculo	0.003	0.1854
		c	caparazón	0.000	0.1873
		a	cabeza	0.002	0.1822
	Rio Majes	b	músculo	0.000	0.1897
		c	caparazón	0.001	0.1823
		a	cabeza	0.001	0.1833
	Rio Tambo	b	músculo	0.001	0.1896
		c	caparazón	0.001	0.1831
Cr		a	cabeza	0.003	0.1864
	Rio Ocoña	b	músculo	0.001	0.1854
		c	caparazón	0.002	0.1873
		a	cabeza	0.002	0.1822
	Rio Majes	b	músculo	0.000	0.1897
		c	caparazón	0.000	0.1823
		a	cabeza	0.001	0.1833
	Rio Tambo	b	músculo	0.001	0.1896
		c	caparazón	0.001	0.1831
Mn		a	cabeza	0.017	0.1864
	Rio Ocoña	b	músculo	0.010	0.1854
		c	caparazón	0.008	0.1873
		a	cabeza	0.177	0.1822
	Rio Majes	b	músculo	0.017	0.1897
		c	caparazón	0.007	0.1823

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

		a	cabeza	0.030	0.1833
	Rio Tambo	b	músculo	0.010	0.1896
		c	caparazón	0.003	0.1831
Hg		a	cabeza	0.004	0.1864
	Rio Ocoña	b	músculo	0.001	0.1854
		c	caparazón	0.001	0.1873
		a	cabeza	0.001	0.1822
	Rio Majes	b	músculo	0.001	0.1897
		c	caparazón	0.001	0.1823
		a	cabeza	0.004	0.1833
	Rio Tambo	b	músculo	0.001	0.1896
		c	caparazón	0.001	0.1831
Pb		a	cabeza	0.003	0.1864
	Rio Ocoña	b	músculo	0.000	0.1854
		c	caparazón	0.000	0.1873
		a	cabeza	0.000	0.1822
	Rio Majes	b	músculo	0.000	0.1897
		c	caparazón	0.000	0.1823
		a	cabeza	0.000	0.1833
	Rio Tambo	b	músculo	0.000	0.1896
		c	caparazón	0.000	0.1831
MONITOREO 5 (20/12/2015)					
Al		a	cabeza	0.015	0.1861
	Rio Ocoña	b	músculo	0.028	0.1883
		c	caparazón	0.017	0.1834
		a	cabeza	0.006	0.1857
	Rio Majes	b	músculo	0.044	0.1856
		c	caparazón	0.012	0.1841
		a	cabeza	0.115	0.1859
	Rio Tambo	b	músculo	0.003	0.1890
		c	caparazón	0.015	0.1842
As		a	cabeza	0.003	0.1861
	Rio Ocoña	b	músculo	0.001	0.1883
		c	caparazón	0.001	0.1834
		a	cabeza	0.002	0.1857
	Rio Majes	b	músculo	0.002	0.1856
		c	caparazón	0.007	0.1841
		a	cabeza	0.009	0.1859
	Rio Tambo	b	músculo	0.004	0.1890
		c	caparazón	0.005	0.1842
B		a	cabeza	0.000	0.1861
	Rio Ocoña	b	músculo	0.000	0.1883
		c	caparazón	0.000	0.1834
		a	cabeza	0.002	0.1857
	Rio Majes	b	músculo	0.000	0.1856
		c	caparazón	0.002	0.1841

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

		a	cabeza	0.003	0.1859
	Rio Tambo	b	músculo	0.006	0.1890
		c	caparazón	0.007	0.1842
Cd		a	cabeza	0.002	0.1861
	Rio Ocoña	b	músculo	0.000	0.1883
		c	caparazón	0.001	0.1834
		a	cabeza	0.001	0.1857
	Rio Majes	b	músculo	0.002	0.1856
		c	caparazón	0.001	0.1841
		a	cabeza	0.001	0.1859
	Rio Tambo	b	músculo	0.003	0.1890
		c	caparazón	0.001	0.1842
Cr		a	cabeza	0.001	0.1861
	Rio Ocoña	b	músculo	0.001	0.1883
		c	caparazón	0.000	0.1834
		a	cabeza	0.001	0.1857
	Rio Majes	b	músculo	0.004	0.1856
		c	caparazón	0.001	0.1841
		a	cabeza	0.001	0.1859
	Rio Tambo	b	músculo	0.000	0.1890
		c	caparazón	0.001	0.1842
Mn		a	cabeza	0.040	0.1861
	Rio Ocoña	b	músculo	0.013	0.1883
		c	caparazón	0.004	0.1834
		a	cabeza	0.010	0.1857
	Rio Majes	b	músculo	0.043	0.1856
		c	caparazón	0.025	0.1841
		a	cabeza	0.042	0.1859
	Rio Tambo	b	músculo	0.010	0.1890
		c	caparazón	0.025	0.1842
Hg		a	cabeza	0.004	0.1861
	Rio Ocoña	b	músculo	0.001	0.1883
		c	caparazón	0.001	0.1834
		a	cabeza	0.001	0.1857
	Rio Majes	b	músculo	0.001	0.1856
		c	caparazón	0.001	0.1841
		a	cabeza	0.001	0.1859
	Rio Tambo	b	músculo	0.002	0.1890
		c	caparazón	0.003	0.1842
Pb		a	cabeza	0.000	0.1861
	Rio Ocoña	b	músculo	0.000	0.1883
		c	caparazón	0.000	0.1834
		a	cabeza	0.000	0.1857
	Rio Majes	b	músculo	0.000	0.1856
		c	caparazón	0.000	0.1841
		a	cabeza	0.000	0.1859

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

	Rio Tambo	b	músculo	0.000	0.1890
		c	caparazón	0.000	0.1842

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo N° 11 Cantidad promedio y desviación estándar de metales pesados y metaloides en camarones (*Cryphiops caementarius*) de los ríos Ocoña, Majes y Tambo (Elaboración propia)

METAL	RÍO	PARTES	CAMARÓN	Cc. (mg/kg)	D.S.
Al		a	cabeza	208.74	130.718
	Rio Ocoña	b	músculo	25.71	13.721
		c	caparazón	91.22	60.515
		a	cabeza	241.88	200.461
	Rio Majes	b	músculo	10.99	4.805
		c	caparazón	31.55	14.586
		a	cabeza	168.08	176.240
	Rio Tambo	b	músculo	16.39	7.951
		c	caparazón	59.45	17.386
As		a	cabeza	2.87	0.444
	Rio Ocoña	b	músculo	0.84	0.368
		c	caparazón	1.51	0.370
		a	cabeza	2.62	0.746
	Rio Majes	b	músculo	0.78	0.196
		c	caparazón	1.21	0.462
		a	cabeza	6.55	4.064
	Rio Tambo	b	músculo	1.00	0.508
		c	caparazón	2.31	0.491
B		a	cabeza	0.09	0.199
	Rio Ocoña	b	músculo	0.03	0.070
		c	caparazón	0.72	0.677
		a	cabeza	0.22	0.299
	Rio Majes	b	músculo	0.00	0.000
		c	caparazón	0.85	0.873
		a	cabeza	1.88	1.247
	Rio Tambo	b	músculo	0.81	0.618
		c	caparazón	6.06	2.732
Cd		a	cabeza	0.34	0.115
	Rio Ocoña	b	músculo	0.07	0.046
		c	caparazón	0.17	0.067
		a	cabeza	0.84	0.339
	Rio Majes	b	músculo	0.16	0.061
		c	caparazón	0.25	0.120
		a	cabeza	1.10	0.458
	Rio Tambo	b	músculo	0.09	0.045
		c	caparazón	0.22	0.076
Cr		a	cabeza	0.38	0.258
	Rio Ocoña	b	músculo	0.04	0.027
		c	caparazón	0.11	0.126

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

		a	cabeza	0.26	0.153
	Rio Majes	b	músculo	0.04	0.051
		c	caparazón	0.09	0.054
		a	cabeza	0.21	0.257
	Rio Tambo	b	músculo	0.01	0.014
		c	caparazón	0.09	0.087
Mn		a	cabeza	33.10	9.835
	Rio Ocoña	b	músculo	8.19	2.827
		c	caparazón	38.96	14.810
		a	cabeza	48.52	18.990
	Rio Majes	b	músculo	8.63	5.637
		c	caparazón	54.30	46.312
		a	cabeza	43.81	34.031
	Rio Tambo	b	músculo	6.78	4.131
		c	caparazón	43.80	15.610
Hg		a	cabeza	0.56	0.944
	Rio Ocoña	b	músculo	0.21	0.415
		c	caparazón	0.24	0.495
		a	cabeza	0.40	0.687
	Rio Majes	b	músculo	0.20	0.331
		c	caparazón	0.12	0.213
		a	cabeza	0.24	0.338
	Rio Tambo	b	músculo	0.05	0.073
		c	caparazón	0.43	0.591
Pb		a	cabeza	0.07	0.108
	Rio Ocoña	b	músculo	0.00	0.000
		c	caparazón	0.00	0.000
		a	cabeza	0.04	0.075
	Rio Majes	b	músculo	0.00	0.000
		c	caparazón	0.03	0.064
		a	cabeza	0.07	0.156
	Rio Tambo	b	músculo	0.00	0.000
		c	caparazón	0.00	0.000

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo N° 12 Resultado estadístico de metales y metaloides en camarón (*Cryphiops caementarius*) del río Ocoña, Majes y Tambo en los 5 monitoreos (STATGRAPHICS CENTURION XVI)

ALUMINIO

Analysis of Variance for Cc Aluminio (mg/kg) - Type III Sums of Squares

Source	*Sum of Squares*	*Df*	*Mean Square*	*F-Ratio*	*P-Value*
MAIN EFFECTS					
A:Parte (Camarón)	292844.	2	146422.	15.08	0.0000
B:Río	5570.19	2	2785.1	0.29	0.7523
C:Monitoreo	39230.1	4	9807.52	1.01	0.4150
RESIDUAL	349471.	36	9707.54		
TOTAL (CORRECTED)	687116.	44			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Multiple Range Tests for Cc Aluminio (mg/kg) by Parte (Camarón)

Method: 95.0 percent LSD

Parte (Camarón)	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
músculo	15	17.6967	25.4395	X
caparazón	15	60.74	25.4395	X
cabeza	15	206.236	25.4395	X

Contrast	*Sig.*	*Difference*	*+/- Limits*
cabeza - caparazón	*	145.496	72.9647
cabeza - músculo	*	188.539	72.9647
caparazón - músculo		43.0433	72.9647

* denotes a statistically significant difference.

Multiple Range Tests for Cc Aluminio (mg/kg) by Río

Method: 95.0 percent LSD

Río	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
R. Tambo	15	81.3067	25.4395	X
R. Majes	15	94.8073	25.4395	X
R. Ocoña	15	108.559	25.4395	X

Contrast	*Sig.*	*Difference*	*+/- Limits*
R. Majes - R. Ocoña		-13.7513	72.9647
R. Majes - R. Tambo		13.5007	72.9647
R. Ocoña - R. Tambo		27.252	72.9647

* denotes a statistically significant difference.

Multiple Range Tests for Cc Aluminio (mg/kg) by Monitoreo

Method: 95.0 percent LSD

Monitoreo	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
Monitoreo 3	9	41.1367	32.8423	X
Monitoreo 5	9	92.4722	32.8423	X
Monitoreo 2	9	97.0478	32.8423	X
Monitoreo 1	9	121.816	32.8423	X
Monitoreo 4	9	121.982	32.8423	X

Contrast	*Sig.*	*Difference*	*+/- Limits*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Monitoreo 1 - Monitoreo 2		24.7678	94.197
Monitoreo 1 - Monitoreo 3		80.6789	94.197
Monitoreo 1 - Monitoreo 4		-0.166667	94.197
Monitoreo 1 - Monitoreo 5		29.3433	94.197
Monitoreo 2 - Monitoreo 3		55.9111	94.197
Monitoreo 2 - Monitoreo 4		-24.9344	94.197
Monitoreo 2 - Monitoreo 5		4.57556	94.197
Monitoreo 3 - Monitoreo 4		-80.8456	94.197
Monitoreo 3 - Monitoreo 5		-51.3356	94.197
Monitoreo 4 - Monitoreo 5		29.51	94.197

* denotes a statistically significant difference.

ARSÉNICO

Analysis of Variance for Cc Arsénico (mg/kg) - Type III Sums of Squares

Source	*Sum of Squares*	*Df*	*Mean Square*	*F-Ratio*	*P-Value*
MAIN EFFECTS					
A:Parte (Camarón)	79.746	2	39.873	15.82	0.0000
B:Río	27.4411	2	13.7205	5.44	0.0086
C:Monitoreo	6.63975	4	1.65994	0.66	0.6247
RESIDUAL	90.7316	36	2.52032		
TOTAL (CORRECTED)	204.558	44			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Multiple Range Tests for Cc Arsénico (mg/kg) by Parte (Camarón)

Method: 95.0 percent LSD

Parte (Camarón)	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
músculo	15	0.875333	0.409904	X
caparazón	15	1.67667	0.409904	X
cabeza	15	4.01333	0.409904	X

Contrast	*Sig.*	*Difference*	*+/- Limits*
cabeza - caparazón	*	2.33667	1.17567
cabeza - músculo	*	3.138	1.17567
caparazón - músculo		0.801333	1.17567

* denotes a statistically significant difference.

Multiple Range Tests for Cc Arsénico (mg/kg) by Río

Method: 95.0 percent LSD

Río	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
R. Majes	15	1.53867	0.409904	X
R. Ocoña	15	1.74	0.409904	X
R. Tambo	15	3.28667	0.409904	X

Contrast	*Sig.*	*Difference*	*+/- Limits*
R. Majes - R. Ocoña		-0.201333	1.17567
R. Majes - R. Tambo	*	-1.748	1.17567
R. Ocoña - R. Tambo	*	-1.54667	1.17567

* denotes a statistically significant difference.

Multiple Range Tests for Cc Arsénico (mg/kg) by Monitoreo

Method: 95.0 percent LSD

Monitoreo	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
Monitoreo 2	9	1.75222	0.529184	X
Monitoreo 4	9	1.76444	0.529184	X
Monitoreo 3	9	2.26222	0.529184	X
Monitoreo 1	9	2.41889	0.529184	X
Monitoreo 5	9	2.74444	0.529184	X

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Contrast	*Sig.*	*Difference*	*+/- Limits*
Monitoreo 1 - Monitoreo 2		0.666667	1.51779
Monitoreo 1 - Monitoreo 3		0.156667	1.51779
Monitoreo 1 - Monitoreo 4		0.654444	1.51779
Monitoreo 1 - Monitoreo 5		-0.325556	1.51779
Monitoreo 2 - Monitoreo 3		-0.51	1.51779
Monitoreo 2 - Monitoreo 4		-0.0122222	1.51779
Monitoreo 2 - Monitoreo 5		-0.992222	1.51779
Monitoreo 3 - Monitoreo 4		0.497778	1.51779
Monitoreo 3 - Monitoreo 5		-0.482222	1.51779
Monitoreo 4 - Monitoreo 5		-0.98	1.51779

* denotes a statistically significant difference.

BORO

Analysis of Variance for Cc Boro (mg/kg) - Type III Sums of Squares

Source	*Sum of Squares*	*Df*	*Mean Square*	*F-Ratio*	*P-Value*
MAIN EFFECTS					
A:Parte (Camarón)	43.0941	2	21.547	10.09	0.0003
B:Río	67.5574	2	33.7787	15.81	0.0000
C:Monitoreo	3.56229	4	0.890572	0.42	0.7953
RESIDUAL	76.9015	36	2.13615		
TOTAL (CORRECTED)	191.115	44			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Multiple Range Tests for Cc Boro (mg/kg) by Parte (Camarón)

Method: 95.0 percent LSD

Parte (Camarón)	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
músculo	15	0.280667	0.377373	X
cabeza	15	0.728667	0.377373	X
caparazón	15	2.544	0.377373	X

Contrast	*Sig.*	*Difference*	*+/- Limits*
cabeza - caparazón	*	-1.81533	1.08237
cabeza - músculo		0.448	1.08237
caparazón - músculo	*	2.26333	1.08237

* denotes a statistically significant difference.

Multiple Range Tests for Cc Boro (mg/kg) by Río

Method: 95.0 percent LSD

Río	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
R. Ocoña	15	0.28	0.377373	X
R. Majes	15	0.356667	0.377373	X
R. Tambo	15	2.91667	0.377373	X

Contrast	*Sig.*	*Difference*	*+/- Limits*
R. Majes - R. Ocoña		0.0766667	1.08237
R. Majes - R. Tambo	*	-2.56	1.08237
R. Ocoña - R. Tambo	*	-2.63667	1.08237

* denotes a statistically significant difference.

Multiple Range Tests for Cc Boro (mg/kg) by Monitoreo

Method: 95.0 percent LSD

Monitoreo	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Monitoreo 3	9	0.747778	0.487186	X
Monitoreo 1	9	0.973333	0.487186	X
Monitoreo 2	9	1.33889	0.487186	X
Monitoreo 4	9	1.34444	0.487186	X
Monitoreo 5	9	1.51778	0.487186	X

Contrast	*Sig.*	*Difference*	*+/- Limits*
Monitoreo 1 - Monitoreo 2		-0.365556	1.39733
Monitoreo 1 - Monitoreo 3		0.225556	1.39733
Monitoreo 1 - Monitoreo 4		-0.371111	1.39733
Monitoreo 1 - Monitoreo 5		-0.544444	1.39733
Monitoreo 2 - Monitoreo 3		0.591111	1.39733
Monitoreo 2 - Monitoreo 4		-0.00555556	1.39733
Monitoreo 2 - Monitoreo 5		-0.178889	1.39733
Monitoreo 3 - Monitoreo 4		-0.596667	1.39733
Monitoreo 3 - Monitoreo 5		-0.77	1.39733
Monitoreo 4 - Monitoreo 5		-0.173333	1.39733

* denotes a statistically significant difference.

CADMIO

Analysis of Variance for Cc Cadmio (mg/kg) - Type III Sums of Squares

Source	*Sum of Squares*	*Df*	*Mean Square*	*F-Ratio*	*P-Value*
MAIN EFFECTS					
A:Parte (Camarón)	3.65265	2	1.82633	34.30	0.0000
B:Río	0.66196	2	0.33098	6.22	0.0048
C:Monitoreo	0.431142	4	0.107786	2.02	0.1117
RESIDUAL	1.91696	36	0.053249		
TOTAL (CORRECTED)	6.66272	44			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Multiple Range Tests for Cc Cadmio (mg/kg) by Parte (Camarón)

Method: 95.0 percent LSD

Parte (Camarón)	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
músculo	15	0.104667	0.0595813	X
caparazón	15	0.213333	0.0595813	X
cabeza	15	0.756	0.0595813	X

Contrast	*Sig.*	*Difference*	*+/- Limits*
cabeza - caparazón	*	0.542667	0.170889
cabeza - músculo	*	0.651333	0.170889
caparazón - músculo		0.108667	0.170889

* denotes a statistically significant difference.

Multiple Range Tests for Cc Cadmio (mg/kg) by Río

Method: 95.0 percent LSD

Río	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
R. Ocoña	15	0.189333	0.0595813	X
R. Majes	15	0.415333	0.0595813	X
R. Tambo	15	0.469333	0.0595813	X

Contrast	*Sig.*	*Difference*	*+/- Limits*
R. Majes - R. Ocoña	*	0.226	0.170889
R. Majes - R. Tambo		-0.054	0.170889
R. Ocoña - R. Tambo	*	-0.28	0.170889

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

* denotes a statistically significant difference.

Multiple Range Tests for Cc Cadmio (mg/kg) by Monitoreo

Method: 95.0 percent LSD

Monitoreo	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
Monitoreo 3	9	0.227778	0.0769192	X
Monitoreo 2	9	0.263333	0.0769192	X
Monitoreo 1	9	0.393333	0.0769192	XX
Monitoreo 4	9	0.415556	0.0769192	XX
Monitoreo 5	9	0.49	0.0769192	X

Contrast	*Sig.*	*Difference*	*+/- Limits*
Monitoreo 1 - Monitoreo 2		0.13	0.220617
Monitoreo 1 - Monitoreo 3		0.165556	0.220617
Monitoreo 1 - Monitoreo 4		-0.0222222	0.220617
Monitoreo 1 - Monitoreo 5		-0.0966667	0.220617
Monitoreo 2 - Monitoreo 3		0.0355556	0.220617
Monitoreo 2 - Monitoreo 4		-0.152222	0.220617
Monitoreo 2 - Monitoreo 5	*	-0.226667	0.220617
Monitoreo 3 - Monitoreo 4		-0.187778	0.220617
Monitoreo 3 - Monitoreo 5	*	-0.262222	0.220617
Monitoreo 4 - Monitoreo 5		-0.0744444	0.220617

* denotes a statistically significant difference.

CROMO

Analysis of Variance for Cc Cromo (mg/kg) - Type III Sums of Squares

Source	*Sum of Squares*	*Df*	*Mean Square*	*F-Ratio*	*P-Value*
MAIN EFFECTS					
A:Parte (Camarón)	0.516298	2	0.258149	14.20	0.0000
B:Río	0.0376578	2	0.0188289	1.04	0.3652
C:Monitoreo	0.140564	4	0.0351411	1.93	0.1260
RESIDUAL	0.654311	36	0.0181753		
TOTAL (CORRECTED)	1.34883	44			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Multiple Range Tests for Cc Cromo (mg/kg) by Parte (Camarón)

Method: 95.0 percent LSD

Parte (Camarón)	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
músculo	15	0.0273333	0.0348093	X
caparazón	15	0.1	0.0348093	X
cabeza	15	0.282	0.0348093	X

Contrast	*Sig.*	*Difference*	*+/- Limits*
cabeza - caparazón	*	0.182	0.0998388
cabeza - músculo	*	0.254667	0.0998388
caparazón - músculo		0.0726667	0.0998388

* denotes a statistically significant difference.

Multiple Range Tests for Cc Cromo (mg/kg) by Río

Method: 95.0 percent LSD

Río	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
R. Tambo	15	0.106	0.0348093	X
R. Majes	15	0.128	0.0348093	X
R. Ocoña	15	0.175333	0.0348093	X

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Contrast	*Sig.*	*Difference*	*+/- Limits*
R. Majes - R. Ocoña		-0.0473333	0.0998388
R. Majes - R. Tambo		0.022	0.0998388
R. Ocoña - R. Tambo		0.0693333	0.0998388

* denotes a statistically significant difference.

Multiple Range Tests for Cc Cromo (mg/kg) by Monitoreo

Method: 95.0 percent LSD

Monitoreo	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
Monitoreo 3	9	0.0544444	0.0449386	X
Monitoreo 2	9	0.0888889	0.0449386	XX
Monitoreo 5	9	0.153333	0.0449386	XX
Monitoreo 1	9	0.192222	0.0449386	X
Monitoreo 4	9	0.193333	0.0449386	X

Contrast	*Sig.*	*Difference*	*+/- Limits*
Monitoreo 1 - Monitoreo 2		0.103333	0.128891
Monitoreo 1 - Monitoreo 3	*	0.137778	0.128891
Monitoreo 1 - Monitoreo 4		-0.00111111	0.128891
Monitoreo 1 - Monitoreo 5		0.0388889	0.128891
Monitoreo 2 - Monitoreo 3		0.0344444	0.128891
Monitoreo 2 - Monitoreo 4		-0.104444	0.128891
Monitoreo 2 - Monitoreo 5		-0.0644444	0.128891
Monitoreo 3 - Monitoreo 4	*	-0.138889	0.128891
Monitoreo 3 - Monitoreo 5		-0.0988889	0.128891
Monitoreo 4 - Monitoreo 5		0.04	0.128891

* denotes a statistically significant difference.

MANGANESO

Analysis of Variance for Cc Manganeso (mg/kg) - Type III Sums of Squares

Source	*Sum of Squares*	*Df*	*Mean Square*	*F-Ratio*	*P-Value*
MAIN EFFECTS					
A:Parte (Camarón)	12986.8	2	6493.41	15.78	0.0000
B:Río	813.929	2	406.965	0.99	0.3819
C:Monitoreo	2737.71	4	684.427	1.66	0.1800
RESIDUAL	14817.4	36	411.594		
TOTAL (CORRECTED)	31355.8	44			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Multiple Range Tests for Cc Manganeso (mg/kg) by Parte (Camarón)

Method: 95.0 percent LSD

Parte (Camarón)	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
músculo	15	7.86667	5.23828	X
cabeza	15	41.81	5.23828	X
caparazón	15	45.6847	5.23828	X

Contrast	*Sig.*	*Difference*	*+/- Limits*
cabeza - caparazón		-3.87467	15.0242
cabeza - músculo	*	33.9433	15.0242
caparazón - músculo	*	37.818	15.0242

* denotes a statistically significant difference.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Multiple Range Tests for Cc Manganeso (mg/kg) by Río

Method: 95.0 percent LSD

Río	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
R. Ocoña	15	26.75	5.23828	X
R. Tambo	15	31.4593	5.23828	X
R. Majes	15	37.152	5.23828	X

Contrast	*Sig.*	*Difference*	*+/- Limits*
R. Majes - R. Ocoña		10.402	15.0242
R. Majes - R. Tambo		5.69267	15.0242
R. Ocoña - R. Tambo		-4.70933	15.0242

* denotes a statistically significant difference.

Multiple Range Tests for Cc Manganeso (mg/kg) by Monitoreo

Method: 95.0 percent LSD

Monitoreo	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
Monitoreo 2	9	21.0489	6.76259	X
Monitoreo 4	9	26.4222	6.76259	XX
Monitoreo 5	9	31.7278	6.76259	XX
Monitoreo 1	9	36.0289	6.76259	XX
Monitoreo 3	9	43.7078	6.76259	X

Contrast	*Sig.*	*Difference*	*+/- Limits*
Monitoreo 1 - Monitoreo 2		14.98	19.3962
Monitoreo 1 - Monitoreo 3		-7.67889	19.3962
Monitoreo 1 - Monitoreo 4		9.60667	19.3962
Monitoreo 1 - Monitoreo 5		4.30111	19.3962
Monitoreo 2 - Monitoreo 3	*	-22.6589	19.3962
Monitoreo 2 - Monitoreo 4		-5.37333	19.3962
Monitoreo 2 - Monitoreo 5		-10.6789	19.3962
Monitoreo 3 - Monitoreo 4		17.2856	19.3962
Monitoreo 3 - Monitoreo 5		11.98	19.3962
Monitoreo 4 - Monitoreo 5		-5.30556	19.3962

* denotes a statistically significant difference.

MERCURIO

Analysis of Variance for Cc Mercurio (mg/kg) - Type III Sums of Squares

Source	*Sum of Squares*	*Df*	*Mean Square*	*F-Ratio*	*P-Value*
MAIN EFFECTS					
A:Parte (Camarón)	0.458484	2	0.229242	1.40	0.2596
B:Río	0.100671	2	0.0503356	0.31	0.7372
C:Monitoreo	4.23543	4	1.05886	6.47	0.0005
RESIDUAL	5.89384	36	0.163718		
TOTAL (CORRECTED)	10.6884	44			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Multiple Range Tests for Cc Mercurio (mg/kg) by Parte (Camarón)

Method: 95.0 percent LSD

Parte (Camarón)	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
músculo	15	0.154	0.104473	X
caparazón	15	0.262667	0.104473	X
cabeza	15	0.400667	0.104473	X

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Contrast	*Sig.*	*Difference*	*+/- Limits*
cabeza - caparazón		0.138	0.299645
cabeza - músculo		0.246667	0.299645
caparazón - músculo		0.108667	0.299645

* denotes a statistically significant difference

Multiple Range Tests for Cc Mercurio (mg/kg) by Río

Method: 95.0 percent LSD

Río	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
R. Tambo	15	0.238667	0.104473	X
R. Majes	15	0.239333	0.104473	X
R. Ocoña	15	0.339333	0.104473	X

Contrast	*Sig.*	*Difference*	*+/- Limits*
R. Majes - R. Ocoña		-0.1	0.299645
R. Majes - R. Tambo		0.000666667	0.299645
R. Ocoña - R. Tambo		0.100667	0.299645

* denotes a statistically significant difference.

Multiple Range Tests for Cc Mercurio (mg/kg) by Monitoreo

Method: 95.0 percent LSD

Monitoreo	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
Monitoreo 2	9	0.00333333	0.134874	X
Monitoreo 1	9	0.0211111	0.134874	X
Monitoreo 3	9	0.158889	0.134874	X
Monitoreo 5	9	0.343333	0.134874	X
Monitoreo 4	9	0.835556	0.134874	X

Contrast	*Sig.*	*Difference*	*+/- Limits*
Monitoreo 1 - Monitoreo 2		0.0177778	0.386839
Monitoreo 1 - Monitoreo 3		-0.137778	0.386839
Monitoreo 1 - Monitoreo 4	*	-0.814444	0.386839
Monitoreo 1 - Monitoreo 5		-0.322222	0.386839
Monitoreo 2 - Monitoreo 3		-0.155556	0.386839
Monitoreo 2 - Monitoreo 4	*	-0.832222	0.386839
Monitoreo 2 - Monitoreo 5		-0.34	0.386839
Monitoreo 3 - Monitoreo 4	*	-0.676667	0.386839
Monitoreo 3 - Monitoreo 5		-0.184444	0.386839
Monitoreo 4 - Monitoreo 5	*	0.492222	0.386839

* denotes a statistically significant difference.

PLOMO

Analysis of Variance for Cc Plomo (mg/kg) - Type III Sums of Squares

Source	*Sum of Squares*	*Df*	*Mean Square*	*F-Ratio*	*P-Value*
MAIN EFFECTS					
A:Parte (Camarón)	0.0320133	2	0.0160067	3.25	0.0503
B:Río	0.0000133333	2	0.00000666667	0.00	0.9986
C:Monitoreo	0.0102222	4	0.00255556	0.52	0.7220
RESIDUAL	0.177151	36	0.00492086		
TOTAL (CORRECTED)	0.2194	44			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Multiple Range Tests for Cc Plomo (mg/kg) by Parte (Camarón)

Method: 95.0 percent LSD

Parte (Camarón)	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
músculo	15	0	0.0181124	X
caparazón	15	0.00933333	0.0181124	XX
cabeza	15	0.0606667	0.0181124	X

Contrast	*Sig.*	*Difference*	*+/- Limits*
cabeza - caparazón		0.0513333	0.0519492
cabeza - músculo	*	0.0606667	0.0519492
caparazón - músculo		0.00933333	0.0519492

* denotes a statistically significant difference.

Multiple Range Tests for Cc Plomo (mg/kg) by Río

Method: 95.0 percent LSD

Río	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
R. Majes	15	0.0226667	0.0181124	X
R. Tambo	15	0.0233333	0.0181124	X
R. Ocoña	15	0.024	0.0181124	X

Contrast	*Sig.*	*Difference*	*+/- Limits*
R. Majes - R. Ocoña		-0.00133333	0.0519492
R. Majes - R. Tambo		-0.000666667	0.0519492
R. Ocoña - R. Tambo		0.000666667	0.0519492

* denotes a statistically significant difference.

Multiple Range Tests for Cc Plomo (mg/kg) by Monitoreo

Method: 95.0 percent LSD

Monitoreo	*Count*	*LS Mean*	*LS Sigma*	*Homogeneous Groups*
Monitoreo 5	9	0	0.023383	X
Monitoreo 4	9	0.0133333	0.023383	X
Monitoreo 2	9	0.0266667	0.023383	X
Monitoreo 3	9	0.0344444	0.023383	X
Monitoreo 1	9	0.0422222	0.023383	X

Contrast	*Sig.*	*Difference*	*+/- Limits*
Monitoreo 1 - Monitoreo 2		0.0155556	0.0670662
Monitoreo 1 - Monitoreo 3		0.00777778	0.0670662
Monitoreo 1 - Monitoreo 4		0.0288889	0.0670662
Monitoreo 1 - Monitoreo 5		0.0422222	0.0670662
Monitoreo 2 - Monitoreo 3		-0.00777778	0.0670662
Monitoreo 2 - Monitoreo 4		0.0133333	0.0670662
Monitoreo 2 - Monitoreo 5		0.0266667	0.0670662
Monitoreo 3 - Monitoreo 4		0.0211111	0.0670662
Monitoreo 3 - Monitoreo 5		0.0344444	0.0670662
Monitoreo 4 - Monitoreo 5		0.0133333	0.0670662

* denotes a statistically significant difference.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo N° 13 Correlación de metales pesados y metaloides entre aguas y tejido muscular del camarón (*Cryphiops caementarius*) de los ríos Ocoña, Majes y Tambo

METAL	RÍO	MONITOREO	AGUA (ppm)	CAMARÓN (mg/kg)	CORRELACIÓN
Al	R. OCOÑA	M1	0.291	32.020	
		M2	0.391	42.150	
		M3	0.147	19.330	0.7152
		M4	0.124	29.130	
		M5	0.095	5.940	
	R. MAJES	M1	0.000	7.710	
		M2	0.000	16.180	
		M3	0.000	16.070	0.3338
		M4	0.000	8.950	
		M5	0.040	6.020	
	R. TAMBO	M1	1.420	3.900	
		M2	0.956	19.230	
		M3	0.935	22.100	0.3332
		M4	0.473	13.440	
		M5	0.647	23.280	
As	R. OCOÑA	M1	0.048	0.780	
		M2	0.045	0.820	
		M3	0.036	1.460	0.0203
		M4	0.031	0.550	
		M5	0.032	0.580	
	R. MAJES	M1	0.001	0.700	
		M2	0.002	0.590	
		M3	0.001	1.070	0.0820
		M4	0.000	0.890	
		M5	0.000	0.670	
	R. TAMBO	M1	0.357	0.190	
		M2	0.371	1.380	
		M3	0.271	1.470	0.0627
		M4	0.256	0.910	
		M5	0.210	1.070	
B	R. OCOÑA	M1	1.030	0.160	
		M2	1.120	0.000	
		M3	0.942	0.000	0.0752
		M4	0.934	0.000	
		M5	0.911	0.000	
	R. MAJES	M1	1.150	0.000	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

		M2	1.173	0.000	
		M3	1.027	0.000	N/A
		M4	0.962	0.000	
		M5	0.932	0.000	
	R. TAMBO	M1	8.410	0.020	
		M2	8.437	0.710	
		M3	6.987	0.680	0.5468
		M4	7.110	0.890	
		M5	6.710	1.750	
Cd	R. OCOÑA	M1	0.002	0.110	
		M2	0.003	0.060	
		M3	0.004	0.000	0.2466
		M4	0.004	0.050	
		M5	0.004	0.110	
	R. MAJES	M1	0.003	0.190	
		M2	0.003	0.150	
		M3	0.006	0.060	0.5556
		M4	0.004	0.160	
		M5	0.004	0.220	
	R. TAMBO	M1	0.003	0.010	
		M2	0.003	0.110	
		M3	0.006	0.110	0.1877
		M4	0.004	0.130	
		M5	0.004	0.100	
Cr	R. OCOÑA	M1	0.001	0.080	
		M2	0.001	0.020	
		M3	0.001	0.010	0.0010
		M4	0.000	0.050	
		M5	0.000	0.020	
	R. MAJES	M1	0.000	0.010	
		M2	0.000	0.000	
		M3	0.000	0.020	N/A
		M4	0.000	0.030	
		M5	0.000	0.130	
	R. TAMBO	M1	0.001	0.000	
		M2	0.001	0.000	
		M3	0.001	0.000	0.7059
		M4	0.000	0.010	
		M5	0.000	0.030	
Mn	R. OCOÑA	M1	0.116	8.190	
		M2	0.126	10.010	
		M3	0.066	9.630	0.2042
		M4	0.063	9.820	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

		M5	0.052	3.300	
	R. MAJES	M1	0.046	7.900	
		M2	0.024	4.430	
		M3	0.050	18.470	0.5176
		M4	0.026	5.830	
		M5	0.043	6.540	
	R. TAMBO	M1	0.088	1.370	
		M2	0.078	5.190	
		M3	0.069	11.390	0.1739
		M4	0.035	5.470	
		M5	0.048	10.460	
Hg	R. OCOÑA	M1	0.000	0.000	
		M2	0.000	0.000	
		M3	0.000	0.000	N/A
		M4	0.000	0.950	
		M5	0.000	0.100	
	R. MAJES	M1	0.000	0.000	
		M2	0.000	0.000	
		M3	0.000	0.000	N/A
		M4	0.000	0.760	
		M5	0.000	0.230	
	R. TAMBO	M1	0.000	0.000	
		M2	0.000	0.000	
		M3	0.000	0.000	N/A
		M4	0.000	0.130	
		M5	0.000	0.140	
Pb	R. OCOÑA	M1	0.000	0.000	
		M2	0.000	0.000	
		M3	0.000	0.000	N/A
		M4	0.000	0.000	
		M5	0.000	0.000	
	R. MAJES	M1	0.000	0.000	
		M2	0.000	0.000	
		M3	0.000	0.000	N/A
		M4	0.000	0.000	
		M5	0.000	0.000	
	R. TAMBO	M1	0.000	0.000	
		M2	0.000	0.000	
		M3	0.000	0.000	N/A
		M4	0.000	0.000	
		M5	0.000	0.000	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo N° 14 Correlación de metales pesados y metaloides entre aguas y caparazón de camarón (*Cryphiops caementarius*) de los ríos Ocoña, Majes y Tambo

METAL	RÍO	MONITOREO	AGUA (ppm)	CAMARÓN (mg/kg)	CORRELACIÓN
Al	R. OCOÑA	M1	0.291	183.320	
		M2	0.391	97.450	
		M3	0.147	40.680	0.3303
		M4	0.124	102.200	
		M5	0.095	32.460	
	R. MAJES	M1	0.000	26.980	
		M2	0.000	36.050	
		M3	0.000	54.120	0.0598
		M4	0.000	15.430	
		M5	0.040	25.170	
	R. TAMBO	M1	1.420	42.560	
		M2	0.956	51.550	
		M3	0.935	80.650	0.0830
		M4	0.473	47.000	
		M5	0.647	75.480	
As	R. OCOÑA	M1	0.048	1.700	
		M2	0.045	1.570	
		M3	0.036	1.740	0.2327
		M4	0.031	0.850	
		M5	0.032	1.670	
	R. MAJES	M1	0.001	0.740	
		M2	0.002	1.410	
		M3	0.001	1.830	0.1197
		M4	0.000	0.770	
		M5	0.000	1.320	
	R. TAMBO	M1	0.357	1.800	
		M2	0.371	2.250	
		M3	0.271	2.840	0.2871
		M4	0.256	1.870	
		M5	0.210	2.790	
B	R. OCOÑA	M1	1.030	1.460	
		M2	1.120	1.030	
		M3	0.942	0.000	0.3522
		M4	0.934	1.110	
		M5	0.911	0.000	
	R. MAJES	M1	1.150	0.840	
		M2	1.173	0.000	
		M3	1.027	0.210	0.4808

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

		M4	0.962	0.960	
		M5	0.932	2.230	
	R. TAMBO	M1	8.410	1.930	
		M2	8.437	9.380	
		M3	6.987	5.320	0.0183
		M4	7.110	6.770	
		M5	6.710	6.920	
Cd	R. OCOÑA	M1	0.002	0.180	
		M2	0.003	0.090	
		M3	0.004	0.140	0.0304
		M4	0.004	0.270	
		M5	0.004	0.140	
	R. MAJES	M1	0.003	0.410	
		M2	0.003	0.150	
		M3	0.006	0.170	0.1402
		M4	0.004	0.190	
		M5	0.004	0.360	
	R. TAMBO	M1	0.003	0.180	
		M2	0.003	0.200	
		M3	0.006	0.130	0.1062
		M4	0.004	0.270	
		M5	0.004	0.320	
Cr	R. OCOÑA	M1	0.001	0.160	
		M2	0.001	0.070	
		M3	0.001	0.020	0.0959
		M4	0.000	0.310	
		M5	0.000	0.000	
	R. MAJES	M1	0.000	0.100	
		M2	0.000	0.110	
		M3	0.000	0.140	N/A
		M4	0.000	0.000	
		M5	0.000	0.110	
	R. TAMBO	M1	0.001	0.200	
		M2	0.001	0.000	
		M3	0.001	0.180	0.2252
		M4	0.000	0.050	
		M5	0.000	0.050	
Mn	R. OCOÑA	M1	0.116	47.650	
		M2	0.126	38.680	
		M3	0.066	39.560	0.1253
		M4	0.063	53.950	
		M5	0.052	14.950	
	R. MAJES	M1	0.046	62.520	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

		M2	0.024	19.700	
		M3	0.050	131.500	0.6229
		M4	0.026	23.290	
		M5	0.043	34.480	
	R. TAMBO	M1	0.088	30.320	
		M2	0.078	37.200	
		M3	0.069	62.800	0.0146
		M4	0.035	30.410	
		M5	0.048	58.260	
Hg	R. OCOÑA	M1	0.000	0.000	
		M2	0.000	0.000	
		M3	0.000	0.000	N/A
		M4	0.000	1.130	
		M5	0.000	0.090	
	R. MAJES	M1	0.000	0.000	
		M2	0.000	0.000	
		M3	0.000	0.000	N/A
		M4	0.000	0.110	
		M5	0.000	0.490	
	R. TAMBO	M1	0.000	0.000	
		M2	0.000	0.000	
		M3	0.000	1.430	N/A
		M4	0.000	0.420	
		M5	0.000	0.270	
Pb	R. OCOÑA	M1	0.000	0.000	
		M2	0.000	0.000	
		M3	0.000	0.000	N/A
		M4	0.000	0.000	
		M5	0.000	0.000	
	R. MAJES	M1	0.000	0.000	
		M2	0.000	0.000	
		M3	0.000	0.140	N/A
		M4	0.000	0.000	
		M5	0.000	0.000	
	R. TAMBO	M1	0.000	0.000	
		M2	0.000	0.000	
		M3	0.000	0.000	N/A
		M4	0.000	0.000	
		M5	0.000	0.000	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo N° 15 Curva de calibración con NaCl para determinar la Conductividad.

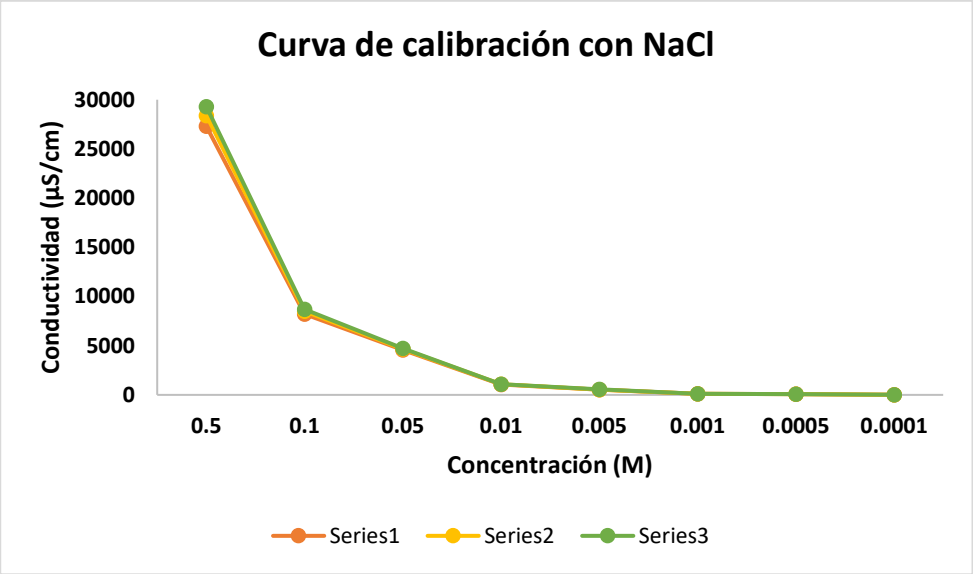
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 1	Día 2	Día 3
Cc (M)	Conduc. (µS/cm)	Conduc. (µS/cm)	Conduc. (µS/cm)	T° (°C)	T° (°C)	T° (°C)
0.5	27300	28400	29300	21.1	20.9	22.2
0.1	8210	8490	8690	21.1	21.1	22.3
0.05	4550	4670	4740	21.6	21.0	22.3
0.01	1066	1093	1099	21.2	20.6	22.2
0.005	528	530	549	21.4	20.5	22.1
0.001	119.8	120	122	21.5	20.6	21.2
0.0005	61.7	67.2	68.2	21.1	20.3	21.6
0.0001	10.9	11.1	11.5	21.3	20.4	21.4

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo N° 16 Curva de calibración con NaCl por triplicado para Conductividad



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Anexo N° 17 Datos para la Curva de calibración de DQO. (Elaboración propia)

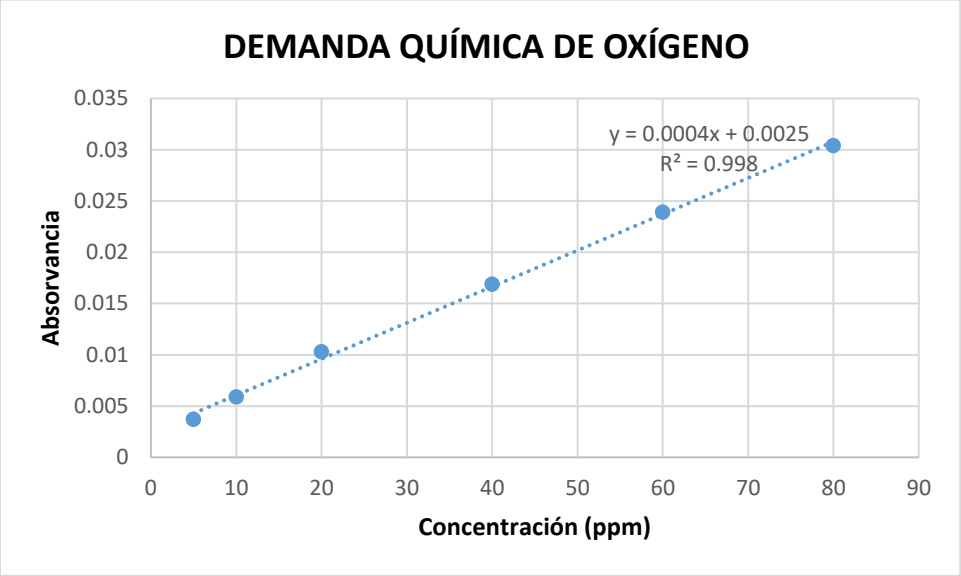
CC [ppm]	Abs.
5	0.0037
10	0.0059
20	0.0103
40	0.0169
60	0.0239
80	0.0304

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Anexo N° 18 Curva de calibración para DQO. (Elaboración propia)



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo N° 19 Límites de metales pesados en el tejido muscular del camarón (*Cryphiops caementarius*)

		Legislación							
Metales Pesados	**Unid.**	**Unión Europea**	**Española**	**Australiana y Neozelandesa**	**Brasileña**	**Codex Alimentarius**	**Suiza**	**MERCOSUR**	**Norma Oficial Mexicana NMX-F-559-1999**
Antimonio (Sb)	mg/Kg	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsénico (As)	mg/Kg	-	-	2	1	-	-	1	80
Cadmio (Cd)	mg/Kg	0.5	1	-	1	0.5	1	0.5	0.5
Cobre (Cu)	mg/Kg	-	-	-	30	-	-	-	-
Cromo (Cr)	mg/Kg	-	-	-	0.1	-	-	-	-
Hierro (Fe)	mg/Kg	-	-	-	-	-	-	-	-
Manganeso (Mn)	mg/Kg	-	-	-	-	-	-	-	-
Mercurio (Hg)	mg/Kg	0.5	-	0.5	0.01	-	0.5	0.5	1
Níquel (Ni)	mg/Kg	-	-	-	5	-	-	-	-
Plomo (Pb)	mg/Kg	0.5	5	-	0.8	0.5	1	0.5	0.5
Vanadio (V)	mg/Kg	-	-	-	-	-	-	-	-
Zinc (Zn)	mg/Kg	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Legislación, 2016.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo N° 20 Normativa y estándares de la calidad del agua de río

Mediante Decreto Supremo Nº 004-2017-MINAM, publicado el 19 de diciembre de 2017.

Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/ Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO_3^--N) + Nitritos (NO_2^--N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO_2^--N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
ORGÁNICO				
Bifenilos Policlorados				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04		0,045
PLAGUICIDAS				
Paratión	µg/L	35		35
Organoclorados				
Aldrín	µg/L	0,004		0,7
Clordano	µg/L	0,006		7
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001		30
Dieldrín	µg/L	0,5		0,5
Endosulfán	µg/L	0,01		0,01
Endrin	µg/L	0,004		0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01		0,03
Lindano	µg/L	4		4
Carbamato				
Aldicarb	µg/L	1		11
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
Escherichia coli	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helmintos	Huevo/L	1	1	**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis