

# Determinación del grado de contaminación del molusco *Enoplochiton Niger* por cobre en la bahía de Huarmey

DETERMINATION OF SHELLFISH COPPER POLLUTION DEGREE AT HUARMEY BAY

Jesús Acha E.\* y Carlos Cabrera C.\*\*

RECIBIDO: 23/10/2012 - APROBADO 25/02/2013

## RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el contenido de cobre en el molusco *Enoplochiton Niger* existente en la bahía de Huarmey, provincia de Huarmey, departamento de Ancash, Perú, se determinó la concentración ( $\mu\text{g/g}$ ) de cobre en el músculo del molusco mediante la técnica de espectrofotometría de absorción atómica en el Laboratorio de CERPER que utilizó el Método: NOM-117-SSA 1- 1994. Las muestras obtenidas fueron homogenizadas y sometidas a digestión húmeda. Para la recolección de muestras de los moluscos fue necesario establecer trece estaciones de muestreo, a lo largo de la bahía de Huarmey y alrededores. Siete de esas estaciones se localizaron al norte de Puerto Punta Lobitos y seis se localizaron al sur. El año 2001 en el Puerto Punta Lobitos ocurrió un derrame accidental de concentrado de cobre directamente al mar. Se realizaron análisis de varianza para comparar los datos de peso de cobre en relación a la talla del molusco (Tamaño II  $> 40$  mm y Tamaño I  $\leq 40$  mm) y con relación a la distancia al Puerto Punta Lobitos. La concentración de cobre en el músculo del molusco fue de  $1.648 \pm 0.132 \mu\text{g/g}$  para la Talla II y  $1.395 \pm 0.075 \mu\text{g/g}$  para la Talla I. Esta concentración determinada no excede el Límite Internacional Máximo Permisible para cobre en moluscos el cual es de  $30 \mu\text{g/g}$ . La concentración de cobre más elevada fue de  $1.82 \mu\text{g/g}$  en Punta Boquerón. La concentración de cobre en el músculo del molusco presenta una correlación inversa con respecto a la distancia al Puerto Punta Lobitos. Se comparó la concentración de cobre, según las tallas del molusco en una misma estación de muestreo.

**Palabras clave:** metales pesados, moluscos, derrame

## ABSTRACT

In order to evaluate the copper concentration of the Huarmey bay shellfish at Huarmey province, Ancash department, Peru, we determined the copper concentration ( $\mu\text{g/g}$ ) in the shellfish muscle using the atomic absorption spectrophotometry of CERPER laboratory. The method used is known as NOM-117-SSA 1-1994. Samples were uniformly blended and subjected to humid digestion. Thirteen sample stations along the Huarmey bay and outskirts were established for sample collection of shellfish. Seven of these stations were located at Punta Lobitos North side and six on the South side. A copper concentrate spillage occurred in year 2001 at Punta Lobitos Port. This spillage was directly on sea water. A variance analysis was performed in order to compare data on copper weight in relation to both mollusc tallness (tallness II  $> 40$  mm and tallness I  $\leq 40$  mm), and distance to Punta Lobitos port. Mollusc muscle copper concentration was  $1.648 \pm 0.132 \mu\text{g/g}$  for the II tallness and  $1.395 \pm 0.075 \mu\text{g/g}$  for the I tallness. These concentrations do not exceed the maximum permissible international concentration for copper in molluscs which is  $30 \mu\text{g/g}$ . The maximum copper concentration detected was  $1.82 \mu\text{g/g}$  at Punta Boqueton. The copper concentration in mollusc muscle shows inverse correlation to Punta Lobitos port distance. Copper concentration was also compared with mollusc tallness at the same sample station.

**Keywords:** heavy metals, mollusks, spillage

\* Tesista de la Maestría en Ciencias Ambientales, UPG, FIGMMG-UNMSM. E-mail: [jesuswalteracha@hotmail.com](mailto:jesuswalteracha@hotmail.com)

\*\* Docente asesor de tesis. Departamento de Ingeniería Geográfica, FIGMMG-UNMSM. E-mail: [ccabrera@unmsm.pe](mailto:ccabrera@unmsm.pe)

## I. INTRODUCCIÓN

### I.1. Situación problemática

Ha aumentado considerablemente la cantidad de metales pesados en los estuarios y en las costas como consecuencia de las actividades humanas, sin embargo es difícil evaluar el nivel de toxicidad que producen en medio marino, ya que sus concentraciones naturales, además de ser poco conocidas varían en aguas no contaminadas.

Las operaciones mineras generan numerosos desechos, algunos de los cuales en condiciones subóptimas de manejo pueden contribuir a elevar los niveles de cobre y otros elementos en suelos, cursos de agua y bahías cercanas a las operaciones de las mineras. Si bien estas emisiones y su control son un problema de creciente importancia para la industria minera, su impacto es de carácter local, asociado a los sitios de operación y zonas aledañas.

Teniendo como objetivo principal: Determinar el grado de contaminación por cobre en el molusco *Enoplochiton Niger* en la bahía de Huarney y comparar dicho valor con el límite permisible de las norma vigentes.

## II. HIPÓTESIS Y VARIABLES

### 2.1 Hipótesis general

El molusco *Enoplochiton Nigers* presenta índices de contaminación en el músculo que supera la normativa vigente.

H<sub>1</sub> La concentración de cobre en la musculatura del *Enoplochiton Niger* es mayor al límite permisible (30 µg/g).

H<sub>2</sub> A menor distancia al foco de contaminación le corresponde mayor concentración de cobre en el *Enoplochiton Niger*.

H<sub>3</sub> A mayor tamaño del molusco le corresponde mayor grado de concentración de cobre.

### 2.2. Unidad de análisis

El molusco *Enoplochiton Niger*. Se considerarán dos tallas para el estudio. Talla I para los moluscos cuyo tamaño sea igual o menor a 40 mm y Talla II para moluscos cuyo tamaño sea mayor a 40 mm. En la unidad de análisis se determinará el grado de concentración de cobre en el músculo por el método de espectrofotometría de absorción atómica.

## III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados

Tabla N.º 1. Concentraciones promedio de cobre por cada estación de muestreo para moluscos de Talla I y Talla II .

ESTACIÓN	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	Concentración de cobre (µg / g)		Límite permisible Cu (µg/g) FAO
		Talla II	Talla I	
VII	Tuquillo	1.51	1.23	30
VI	Punta Marin	1.57	1.31	30
V	Playa la Honda	1.60	1.42	30
IV	Punta Salinas	1.62	1.43	30
III	Playa La Victoria	1.65	1.50	30
II	Isla Manache	1.66	1.46	30
I	Punta Boqueron	1.82	1.51	30
VIII	Punta San Antonio	1.62	1.43	30
IX	Punta Cabeza de Lagarto	1.61	1.41	30
X	Punta Negra	1.60	1.41	30
XI	Punta Huaschica	1.56	1.35	30
XII	Punta Cabo de Hornos	1.57	1.36	30
XIII	Punta Cerro Negro	1.55	1.34	30

Fuente: Elaboración propia.

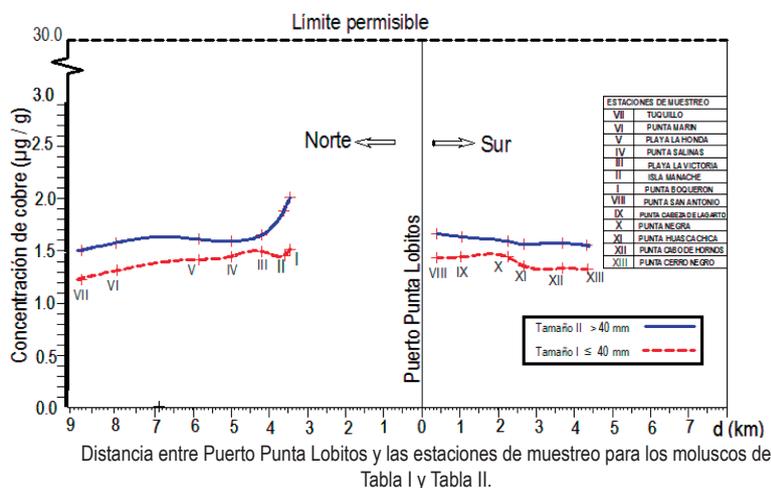


Figura N.º 1. Concentración de cobre vs. distancia al Puerto Punta Lobitos para los moluscos de Talla I y Talla II.

En la Figura N.º 1 se ha graficado la variación de la concentración de cobre en el molusco para una de las estaciones tanto para ambas tallas con el fin de comparar sus valores, y se puede observar que en general el molusco de Talla II (el de mayor tamaño) presenta mayor concentración de cobre en su musculatura. Se puede observar que la concentración de cobre es mayor cuando la distancia al Puerto Punta Lobitos disminuye, y esto se ocurre tanto en la zona norte como en la zona sur.

Finalmente, el programa proporciona los coeficientes de la curva de regresión (inversa) (Ver Figuras N.º 2 y 3), de manera que:

$$\%Cu = \text{coeficiente} / d + \text{constante}$$

$$\% Cu = 1.112 / d + 1.414$$

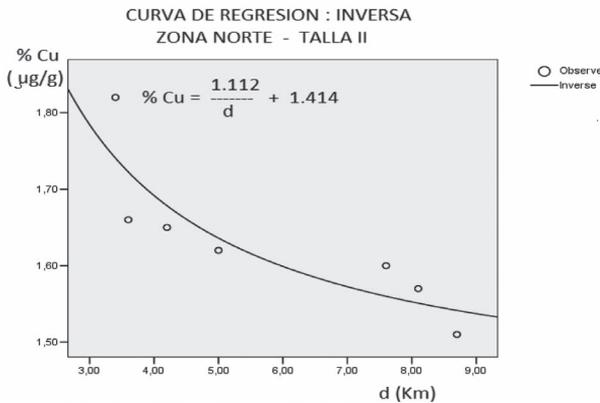


Figura N.º 2. Concentración de cobre vs. distancia al Puerto Punta Lobitos para los moluscos de la Zona Norte - Talla II.

Fuente: Elaboración propia. Software SPSS

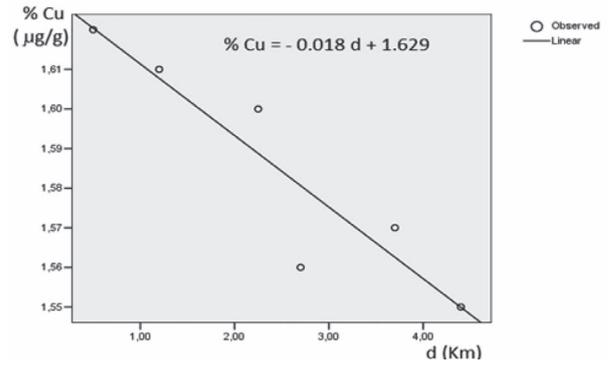


Figura N.º 3. Recta de Regresión para los moluscos de la Zona Sur -Talla II.

Fuente: Elaboración propia. Software SPSS.

La Tabla N.º 2 y Figura N.º 4 proporcionan los coeficientes de la recta de regresión, de manera que:

$$\% Cu = 1.643 - 0.040 \text{ distancia}$$

En la columna  $\beta$  no se analiza por tratarse de una Regresión Simple. Finalmente vemos los estadísticos t (t de Student) y sus significaciones los que constriñen las siguientes hipótesis:

$H_0$  : la recta pasa por el origen de coordenadas ( $\beta_0 = 0$ )

$H_1$  : la pendiente de la recta es cero ( $\beta_1 = 0$ )

En ambos casos se rechaza las hipótesis de forma que las estimaciones son correctas válidas y el modelo por tanto es teóricamente válido para efectos de predicciones. Si tenemos en cuenta también el  $R^2 = 79.3\%$  podemos concluir que es un modelo totalmente válido.

Tabla N.º 2. Coeficientes para moluscos de la Talla I en la Zona Norte.

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.643	.057		28.816	.000
	DISTANCIA	-.040	.009	-.890	-4.376	.007

a. Dependent Variable: CONCENTRACION

Fuente: Elaboración propia. Software SPSS.

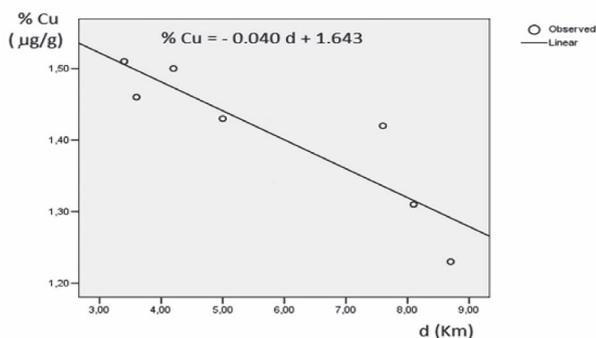


Figura N.º 4. Recta de Regresión para los moluscos de la Zona Norte - Talla I.

Fuente: Elaboración propia. Software SPSS.

Tabla N.º 3. Coeficientes para moluscos de la Talla I en la Zona Sur

Model	Coefficients				Sig
	Unstandardized coefficients		Standardized coefficients	Beta	
	B	Std error	Beta		
1 (Constant)	1.440	.016	.020	88.700	.000
Distancia	-.023	.006	.007	-3.143	.027

Fuente: Elaboración propia. Software SPSS.

Finalmente, en la Tabla N.º 3 y Figura N.º 5 se aprecian los coeficientes de la recta de regresión para moluscos de Talla I en la Zona Sur, de manera que:

$$\% \text{ Cu} = b_0 + b_1 (\text{Distancia})$$

$$\% \text{ Cu} = 1.440 - 0.023 (\text{Distancia})$$

Así en la columna B podemos ver en primer lugar, la estimación de  $b_0$ , el punto de corte de la recta, llamado constante que se interpreta de esta forma:

Cuando la distancia es cero la concentración de un molusco de esta población es de 1.440  $\mu\text{g/g}$  y en segundo lugar vemos la estimación de la pendiente  $b_1$  que se interpreta así: Cuando la distancia aumenta en un kilómetro la concentración del molusco disminuye en 0.023  $\mu\text{g/g}$ .

Junto a estas estimaciones está la columna con sus errores típicos o desviaciones estándar. En el caso de la constante (1.440) y en el caso de la pendiente 0.023 se observa que son valores muy pequeños, lo cual indica que estamos frente a una estimación precisa.

En la siguiente columna  $\beta$  no se analiza por tratarse de una Regresión Simple.

Finalmente vemos los estadísticos t (t de Student) y sus significaciones los que constriñen las siguientes hipótesis:

$H_0$  : la recta pasa por el origen de coordenadas ( $\beta_0 = 0$ )

$H_1$  : la pendiente de la recta es cero ( $\beta_1 = 0$ )

En ambos casos se rechaza las hipótesis de forma que las estimaciones son correctas válidas y el modelo por tanto es teóricamente válido para efectos de predicciones. Si tenemos en cuenta también el  $R^2 = 82\%$  podemos concluir que es un modelo totalmente válido.

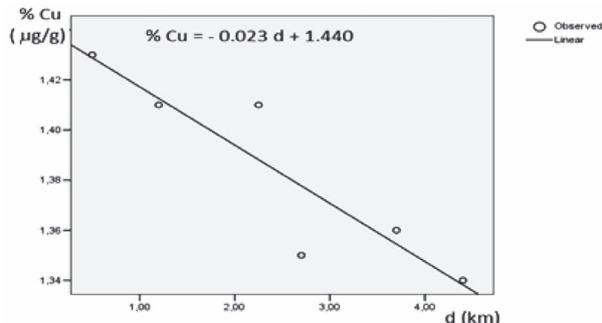


Figura N.º 5. Recta de Regresión para moluscos de Talla I de la Zona Sur.

Fuente: Elaboración propia. Software SPSS.

### Zona de aceptación

La Tabla N.º 4 y Figura N.º 6 muestran que la diferencia de medias para las tallas I y II de la zona norte cae fuera de la zona de aceptación, lo cual significa que las medias de la concentración de cobre para las tallas I y II son diferentes, los resultados muestrales indican que para las trece estaciones la concentración de cobre en el músculo de los moluscos de Talla II son mayores que en los de Talla I.

Tabla N.º 4 Media y Desviación Estándar para moluscos de Talla I y II en la zona Norte One-Sample Statistics

	N.º	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
TALLA I	650	1.3954	.09479	.00468
TALLA II	473	1.7225	.22308	.01026

Fuente: Elaboración propia. Software SPSS.

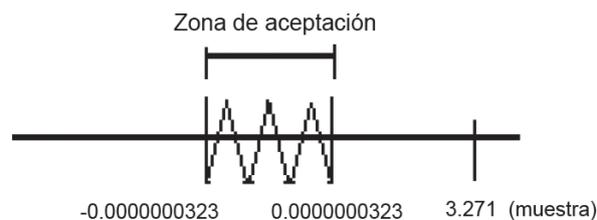


Figura N.º 6. Zona de aceptación de hipótesis.

Fuente: Elaboración propia. Software SPSS.

La Figura N.º 8 muestra como los datos de los moluscos de Talla II para las zonas norte y sur en conjunto se pueden ajustar a una estimación cuadrática, se puede ver claramente que a menor distancia al Puerto Punta Lobitos existe mayor concentración de cobre en el músculo del molusco. La Figura N.º 7 muestra los datos de los moluscos de Talla I en la zona norte y sur que la concentración de cobre es menor que los moluscos de la Talla II.

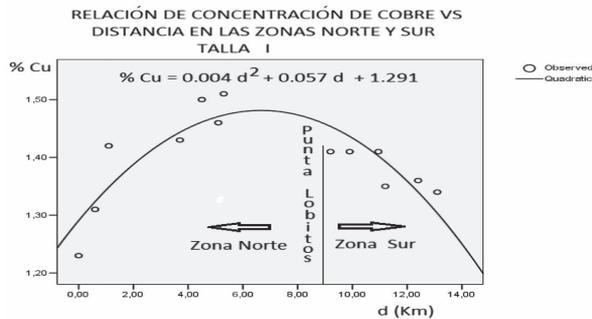


Figura N.º 7. Curva de regresión para una estimación cuadrática para moluscos de Talla I en las zonas Norte y Sur.

Fuente: Elaboración propia. Software SPSS.

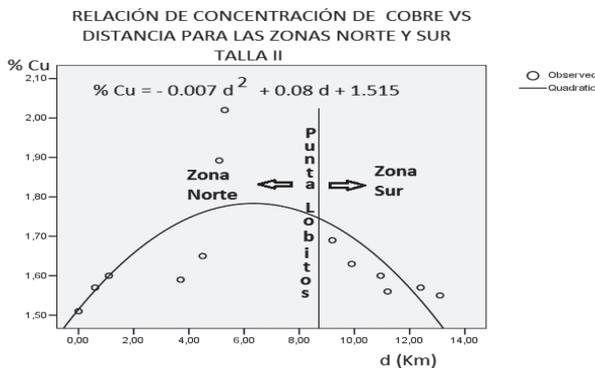


Figura N.º 8. Curva de regresión para una estimación cuadrática para moluscos de Talla II en las zonas Norte y Sur.

Fuente: Elaboración propia. Software SPSS.

**IV. CONCLUSIONES**

La concentración de cobre en el molusco *Enoplochiton Niger* en ningún caso supera el límite permisible de 30 µg/g siendo sus valores los siguientes según la zona de recolección y Talla del molusco:

- Zona Norte Talla II : 1.7226 µg/g
- Zona Norte Talla I : 1.3952 µg/g
- Zona Sur Talla II : 1.5801 µg/g
- Zona Sur Talla I : 1.3971 µg/g

Dichos valores son mucho menores que el límite permisible por lo cual se concluye que no existe riesgo para la salud de los habitantes de Huarney.

El rango de la concentración de cobre varía desde la máxima concentración de cobre 1.82 µg/g se determinó en la Punta Boquerón a 3.4 km de la zona de derrame de cobre en moluscos de Talla II ( mayor de 40 mm) y la mínima concentración de cobre 1.23 µg/g se determinó en Playa Tuquillo a 8.7 km de la zona de derramen moluscos de Talla I (≤ 40 mm)

Se determinó que a mayor alejamiento de la zona de derrame de cobre los moluscos presentan menor concentración de cobre en su musculatura es decir es decir las variables presentan una correlación inversa y en base al elevado coeficiente de correlación (cercano a la unidad) obtenido por medio del software SPSS en cada zona se determinó que la relación entre las variables concentración de cobre (%Cu) vs. distancia (d) a la zona de derrame siendo la relación de tipo inversa para los moluscos de la zona Norte Talla II y de tipo lineal para las otras zonas siendo las ecuaciones y sus coeficientes de correlación para cada una de las zonas las siguientes:

- Zona Norte Talla II  
Ecuación inversa: % Cu = 1.12/ d + 1.414
- Zona Norte Talla I  
Ecuación de la recta: % Cu = - 0.040 d + 1.643
- Zona Sur Talla II  
Ecuación de la recta: % Cu = - 0.018 d + 1.629
- Zona Sur Talla I  
Ecuación de la recta: % Cu = - 0.023 d + 1.440

Respecto a la comparación de concentración de Cu vs. Talla se halló que tanto en la Zona Norte como en la Zona Sur para cada estación de muestreo siempre se cumple que los moluscos de Talla II presentan mayor concentración de cobre que los moluscos de Talla I siendo en promedio la diferencia de :

- 0.2817 µg/g para los moluscos de la Zona Norte
- 0.22 µg/g para los moluscos de la Zona Sur

Desde un punto de vista alimentario, se puede afirmar que la inclusión de este molusco en la dieta de los pobladores no supone ningún riesgo toxicológico y además contribuye a satisfacer las necesidades mínimas diarias de cobre que una dieta debe aportar.

Las ecuaciones de las curvas de regresión para una estimación cuadrática obtenidas con el software SPSS para las regiones norte y sur en conjunto según tallas son :

- Talla I            Zona Norte y Sur  
% Cu = - 0.0058 d2 - 1.6
- Talla II            Zona Norte y Sur  
% Cu = - 0.0389 d2 + 0.1879 d +1.544

**V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ATSDR (2004). Reseña Toxicológica del cobre. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE.UU., Atlanta.
2. Berrí, Pedro (2005). Prospección bioceanográfica en el litoral de Huarmey: delimitación de zonas de pesca artesanal, bancos naturales de invertebrados y áreas propuestas para maricultura. Instituto del Mar del Perú (IMARPE). Unidad de Investigación de Invertebrados Marinos.
3. Cabrera, Carlos (2003). Riesgos ambientales en el Puerto de Huarmey. Monografía, Maestría en Geografía. Mención Gestión Ambiental. Facultad de Geología UNMSM. Revista del Instituto de investigación de la FCGMMCG, Vol. 6 N.º 12
4. Ecometrix Incorporated (2005); Resumen del Programa de Monitoreo de Efectos Ambientales para las Operaciones Portuarias de Antamina, Ref. 05-1230, diciembre.
6. FDA (2001). Fish and Fisheries Products Hazards and Controls Guidance, Third Ed. Centre for Food Safety and Applied Nutrition, US Food and Drug Administration.
7. Jacinto, María Elena (2007). Concentraciones traza de metales en especies marinas de la bahía de Huarmey, Ancash, Perú, Revista Peruana de Biología, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú, Vol. 7 N.º 14, N.º 2, diciembre, pp. 307-311.