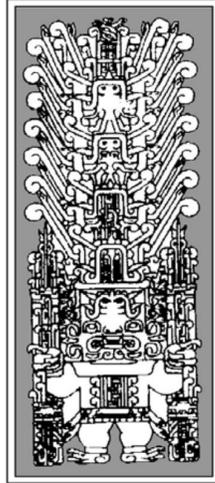


UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
ESCUELA UNIVERSITARIA DE POST GRADO



TESIS:

**¿COBRE TOTAL EN ORGANISMOS BENTÓNICOS Y SU RELACIÓN CON
ACCIONES ANTRÓPICAS Y NATURALES?**

PRESENTADO POR:

JESÚS MANUEL GUZMÁN ROCA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS DEL MAR

LIMA - PERÚ

2014

DEDICATORIA

*A Mariela, mi esposa y
a mis adorados hijos:
Fernando y Diego, por todo el amor
que me brindan.*

*A la memoria de mis padres Lucio y
Manuela.
A mis hermanos José y Nancy.
A mis ahijados César e Isabel.*

*A la memoria de
DON RAMÓN HUMBERTO FUENTES TAPIA
Biólogo del IMARPE*

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento al Dr. Wilfredo Sáenz, Dr. Jorge Tam, Dr. Rubén Rodríguez, Dr. Noé Zamora y Dra. Marta Miyashiro por su motivación, revisión gramatical, sugerencias y asesoramiento en la presente tesis.

A la M.Sc. Marilú Bouchon y al M.Sc. Walter Zambrano por su aliento constante, el apoyo incondicional y su amistad.

Asimismo, mi gratitud a la alta dirección del IMARPE y a todos los profesionales que de una manera u otra contribuyeron en el desarrollo del presente trabajo.

RESUMEN

Se estudió la bioacumulación de cobre total en organismos bentónicos como, moluscos y crustáceos, en la bahía de Huarmey y se relacionó con las acciones naturales y antrópicas que ocurren en ella. El objetivo fue conocer qué organismo bentónico bioacumula cobre total en mayor cantidad para justificar su propuesta como organismo centinela de éste metal.

Tomando como base las capturas de organismos bentónicos realizadas por buceo en el periodo 2006 al 2012, complementadas con muestras de sedimento marino, sedimento de río y agua de río se determinó cobre total mediante espectrofotometría de absorción atómica en horno de grafito.

Las mayores concentraciones media de cobre total se encontraron en crustáceos y moluscos, como el ñcangrejo peludo, ñ *Cancer setosus* (MOLINA, 1782) (110,70 g/g), el ñcaracol negro, ñ *Stramonita chocolata* (DUCLOS, 1832) (108,79 g/g), la ñlapa, ñ *Fisurella crassa* (LAMARCK, 1822) (99,52 g/g), el ñcaracol turbante, ñ *Tegula atra* (LESSON, 1830) (88,27 g/g), el ñcaracol rosado, ñ *Bursa ventricosa* (BRODERIP, 1833) (78,54 g/g) y el ñcangrejo violáceo, ñ *Platyxanthus orbigny* (H. MILNE EDWARDS Y LUCAS, 1843) (46,30 g/g).

La concentración de cobre total en el caracol negro se relaciona con las concentraciones de cobre total en el sedimento marino, en el sedimento de río y en el agua de río. La ecuación de regresión lineal múltiple evidenció dicha asociación ($R=0,998$).

El aporte antrópico significativo se dio con el pasivo de la mina Hércules con aporte de aguas acidas, concentraciones elevadas de metales pesados y por ubicarse a 8 Km del río Huarmey.

El desembarque de los recursos hidrobiológicos fue creciente a pesar del embarque de cobre desde el 2001.

Palabras Clave: Cobre total; organismos bentónico; moluscos; crustáceos; bioacumulación; concentración; regresión lineal múltiple.

ABSTRACT

The total copper bioaccumulation in benthic organisms, such as mollusks and crustaceans, were studied in the Huarmey bay and related to natural and anthropogenic actions within the bay. The objective was to know which benthic organism bioaccumulates more total copper to justify the proposal of this organism as sentinel for this metal.

Based on samples of benthic organisms taken along the period 2006 to 2012, and supplemented with marine sediment, river sediment and river water samples, total copper was determined using atomic absorption spectrophotometry with graphite furnace.

The highest average of total copper concentrations were found between crustaceans and mollusks, in the following order: hairy rockcrab, *Cancer setosus* (MOLINA, 1782) (110,70 g/g), rock snail, *Stramonita chocolata* (DUCLOS, 1832) (108,79 g/g), keyhole limpet, *Fisurella crassa* (LAMARCK, 1822) (99,52 ug/g), turban snail, *Tegula atra* (LESSON, 1830) (88.27 g/g), pink snail, *Bursa ventricosa* (BRODERIP, 1833) (78.54 g/g) and purple crab, *Platyxanthus orbignyi* (H. MILNE EDWARDS Y LUCAS, 1843) (46.30 g/g).

The total copper concentration in rock snail was related to total copper concentrations in marine sediment, river sediment and river water. This association was quantified by a linear multiple regression equation ($R = 0.998$).

The input significant anthropogenic gave with the passive of the Hercules Mine with the contribution of acidic waters, highest concentrations of heavy metals and located 8 km from the Huarmey river.

The disembarkation of resources aquatic was increasing despite the shipment of copper since 2001.

Key words: Total copper; benthic organisms; mollusks; crustaceans; bioaccumulation; concentration; linear multiple regression.

INDICE

	Página
INTRODUCCIÓN.í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í	.....18
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMAí í í í í í í í í	.20
1.1. Antecedentesí í í í í í í í í í í í í í í í í í í í	.....20
1.2. Planteamiento del problemaí í í í í í í í í í í í	.....22
1.2.1. Problema generalí í í í í í í í í í í í í í í	22
1.2.2. Problemas específicosí í í í í í í í í í í í	.22
1.3. Objetivosí í í í í í í í í í í í í í í í í í í í ..í í í	.22
1.3.1. Objetivo generalí í í í í í í í í í í í í í í	..22
1.3.2. Objetivos específicosí í í í í í í í í í í í	...23
1.4. Justificación e importancia.í í í í í í í í í í í í í	.....23
1.5. Alcances y limitacionesí í í í í í í í í í í í í í	.....25
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICOí í í í í í í í í í í í í í	.....27
2.1. Bases teóricasí ..í í í í í í í í í í í í í í í í í	.....27
2.2. Definición de términos básicosí í í í í í í í í í í	.29
2.3. Hipótesisí í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í	31
2.3.1. Hipótesis generalí í í í í í í í í í í í í í í	.31
2.3.2. Hipótesis específicasí í í í í í í í í í í í	....31
2.4. Identificación de variables.í í í í í í í í í í í í í	...32
2.5. Operacionalización de variablesí í í í í í í í í í í	34
CAPÍTULO III: MÉTODOLOGIAí í í í í í í í í í í í í í í	.35
3.1. Tipo y nivel de investigacióní í í í í í í í í í í í	....35
3.2. Diseño de investigacióní í í .í í í í í í í í í í í	.....35

3.3.	Población y muestra de la investigación	39
3.4.	Técnicas e instrumentos de investigación	40
•	Instrumentos de recolección de datos	40
•	Pruebas de análisis de validez y confiabilidad de los instrumentos	44
3.5.	Técnicas estadísticas de análisis y procesamiento de datos	46
CAPÍTULO IV: RESULTADOS		51
4.1.	Resultados de la investigación	51
4.2.	Prueba de hipótesis	51
4.3.	Análisis e interpretación de resultados...	64
DISCUSIÓN DE RESULTADOS...		82
CONCLUSIONES		110
RECOMENDACIONES		112
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		113
ANEXOS		116
•	Modelo de los instrumentos utilizados	116
•	Otros documentos	118

RELACIÓN DE TABLAS

Página

Tabla 1. Límites legales para el contenido de metales en productos marinos establecidos por algunos paísesí í í í í í í í í í í í í í í í í ...33	33
Tabla 2. Estaciones de colecta de muestras marinas: agua, sedimento y organismos, periodo 2006 al 2012í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í .37	37
Tabla 3. Estaciones de colecta de muestras de playa y río: agua y sedimento, periodo 2006 al 2012í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í .38	38
Tabla 4. Concentración de metales pesados en sedimentos de la cuenca del río Aija Huarmey, época de estiajeí .í í í í í í í í í í í í í í í í .40	40
Tabla 5. Concentración de metales pesados en sedimentos de la cuenca del río Aija Huarmey, época de lluviaí í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í ...41	41
Tabla 6. Embarque anual de concentrado de mineral, periodo 2010 al 2012..í í í í 47	47
Tabla 7. Organismos bentónicos sometidos a contraste con la prueba no paramétrica de Kruskal-Waliisí í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í .77	77
Tabla 8. Regresión múltiple de cobre total con sedimento marino y de río, periodo 2006 al 2010í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í 84	84
Tabla 9. Análisis de varianza de cobre total con sedimento marino y de ríoí í í í ...85	85

Tabla 10. Coeficientes de la ecuación de regresión múltiple con dos variables, periodo 2006 al 2010. .86

Tabla 11. Regresión múltiple de cobre total con sedimento marino, sedimento de río y agua de río, periodo 2006 al 2010. .87

Tabla 12. Análisis de varianza de cobre total con sedimento marino, sedimento de río y agua de río, periodo 2006 al 2010. .88

Tabla 13. Coeficientes de la ecuación de regresión múltiple con tres variables independientes, periodo 2006 al 2010. .88

Tabla 14. Detalles de ubicación de pasivos mineros con un grado significativo. .93

Tabla 15. Relación de mineras metálicas con certificación ambiental. .93

Tabla 16. Niveles Máximos Permisibles de emisión para las unidades minero metalúrgicas. .104

Tabla 17. Resultados de la descarga de la mina Hércules. .104

Tabla 18. Concentración media de cobre total ($\mu\text{g/g}$) en órganos de especies bentónicas referido a base seca. 106

Tabla 19. Producción de recursos hidrobiológicos, según utilización: 2010 y 2011 (t brutas). .107

Tabla 20. Desembarque de recursos hidrobiológicos, según puerto, 2001-2010 (t brutas). .108

Figura 11. Distribución horizontal de cobre total en el sedimento superficial.
bahía de Huarmey, periodo 2006 al 2012í í í í í í í í í .í í í í54

Figura 12. Distribución horizontal de cadmio total en el sedimento superficial.
bahía de Huarmey, periodo 2006 al 2012í í í í .í í í í í í í í í55

Figura 13. Distribución horizontal de plomo total en el sedimento superficial.
bahía de Huarmey, periodo 2006 al 2012í í í í í .í í í í í í í í í56

Figura 14. Distribución horizontal de cinc total en el sedimento superficial.
Bahía de Huarmey, periodo 2006 al 2012í í í í í .í í í í í í í í í ..57

Figura 15. Velocidad del viento promedio, periodo 2006 al 2010í í í í í í í .í í .58

Figura 16. Velocidad del viento, abril 2006í í í í í í í í í í í í í í í .í í 59

Figura 17. Circulación marina, abril 2006í í í í í í í í í í í í í í ..í í í í .60

Figura 18. Circulación marina, diciembre 2009í í í í í í í í í í í í í í í .í .61

Figura 19. Concentración media de cobre total en el caracol negroí í í í í ..í í ...62

Figura 20. Concentración media de cobre total en el caracol turbanteí í í ..í ..í í 63

Figura 21. Concentración media de cobre total en la lapaí í í í í í í .í í í í í ..63

Figura 22. Distribución horizontal de materia orgánica total, 2007í í í í .í í í í í 65

Figura 23. Distribución horizontal de materia orgánica total, 2009í í í .í í í í í í 66

Figura 24. Distribución horizontal de materia orgánica total, 2010í í í í .í í í í ...67

Figura 25. Distribución horizontal de materia orgánica total, 2012í í í í í í .í í 68

Figura 26. Análisis de los componentes principales del sedimento superficial.
Bahía de Huarmey, periodo 2006 al 2012í í í í í í í ..í í í í ...69

Figura 27. Dendograma. Bahía de Huarmey, periodo 2006 al 2012í í í í í í í í 70

Figura 28. Sectorización en verano. Bahía de Huarmey, periodo
2006 al 2012í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í .í í í .71

Figura 29. Área de estudio en primavera, dividido en sectores.
Bahía de Huarmey, periodo 2006 al 2012í í í í í í í í í í í í72

Figura 30. Caudales medios mensuales. Río Huarmeyí í í í í í í í .í í í í ...73

Figura 31. Isla Corcovado, lugar de extracción de organismos bentónicos.
Punta Lobitos-Huarmeyí í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í 74

Figura 32. Captura de moluscos y crustáceos. Bahía de Huarmey, periodo
2006 al 2012í í í í í í í í í í í í .í í í í í í í í í í í í í í í .75

Figura 33. Brazo mecánico y muelle para el embarque de concentrado. Punta Lobitos-
Huarmeyí í í í í í í í í í .í í í í í í í í í í í í í í í í í 76

Figura 34. Fábricas pesqueras en plena actividadí í í í í í í í í í í í í í 76

Figura 35. Diagrama de caja y bigote; compara la media de cobre con organismos
bentónicosí í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í .78

Figura 36. Relación entre la concentración media de cobre total del caracol
negro vs. sedimento marinoí í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í ...80

Figura 37. Concentración de cobre total en el cangrejo peludoí í í í í í í í í í 83

Figura 38. Concentración de cobre en el cangrejo violáceoí í í í í í í í í í ..í 83

Figura 39. Ubicación de las estaciones de muestreo de la cuenca
alta Aija-Huarmeyí í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í .í í í í .91

Figura 40. Ubicación de los dos pasivos mineros con mayor significancia. Cuenca alta Aija
Huarmeyí í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í 92

Figura 41. Pasivos ambientales de la Empresa Minera Hércules en la microcuenca del río
Santiago, provincia de Aijaí í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í .í í ...94

Figura 42. Estiaje: efluente de la mina (salida de la mina Hércules)í í í í í í í í í 95

Figura 43. Avenida: efluente de la mina (salida de la mina Hércules)í í í í í í í í 96

Figura 44. Estado del río Santiago, cuenca alta de Aijaí í í í í í í í í í í í í í ..97

Figura 45. Estado del río Santiago, cuenca alta de Aijaí í í í í í í í í í í í í í í 98

Figura 46. Concentración media de cobre total en sedimento de río Huarmey,
cuenca bajaí í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í 99

Figura 47. Variación de la concentración media anual de cobre y cinc en sedimentos..100

Figura 48. òCaracol negroö *Stramonita chocolata* (DUCLOS, 1832)í í í ..í í í í 100

Figura 49. Frecuencia relativa respecto al embarque adecuado í í í í í í í í í 102

Figura 50. Frecuencia relativa respecto a presencia de DICAPIí í í í í í í í í 102

Figura 51. Embarque de mineral, utilizando el brazo mecánicoí í í í í í í í í 103

Figura 52. Verificación de embarque de mineralí í í í í í í ..í í í í í í í í .103

Figura 53. Desembarque de recursos hidrobiológicos en puerto Huarmeyí í í í í 109

RELACIÓN DE ECUACIONES

Página

La ecuación de Lambert-Beerí í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í í .44

Ecuación general del modelo de regresión linealí í í í í í í í í í í í í í í í í í í .80

Ecuación del modelo de regresión múltiple con dos variablesí í í í í í í í í í í .85

Ecuación del modelo de regresión múltiple con tres variablesí í í í í í í í í í í 87

Ecuación que genera la propuesta de normaí í í í í í ..í í í í í í í í í í .99

INTRODUCCIÓN

En la bahía de Huarmey se desarrollan actividades, entre las que destacan, la pesquería artesanal e industrial y la minería asociada a las operaciones portuarias de embarque de concentrados de minerales (cobre y cinc) y una pequeña agricultura circunscrita principalmente a las márgenes del río Huarmey (Jacinto y Aguilar, 2007). En la bahía existe una instalación portuaria que se encuentra ubicada a unos 293 km al norte de Lima, en la región Áncash. La instalación portuaria está contigua a puerto Grande, un pequeño pueblo de pescadores en una, área clasificada como desierto costero.

No existen cuerpos de agua superficiales en la concesión de la instalación portuaria. El curso de agua más cercano es el río Huarmey, que se encuentra a unos 3 km al norte. Este río está seco la mayor parte del año y tiene, caudal entre enero y abril (ECOMETRIX, 2010).

Al iniciarse la ejecución del megaproyecto Antamina, en Huarmey se crearon expectativas en la población, sobre todo con la esperanza de lograr una mejora de las condiciones de vida ante la posibilidad de la generación de puestos de trabajo. Simultáneamente se produjo una preocupación ante la eventual de contaminación del ambiente. Tal es así, que hubo conflictos sociales y el gobierno del momento dispuso que se conforme una Comisión Técnica Multisectorial (CTM) mediante la RM N° 149-2001-PCM, la misma que fue presidida por el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM), que trabajó desde agosto hasta noviembre del 2001.

La CTM culminó su trabajo el 12 de noviembre del 2001 y presentó al gobierno central un informe final con sus conclusiones y recomendaciones. En una de las recomendaciones, se propuso la constitución de un Comité de Monitoreo, Vigilancia y

Fiscalización Ambiental (CMVFAH), de naturaleza independiente, de carácter abierto y de índole multisectorial, con la finalidad de garantizar la participación apropiada de la comunidad en la obtención y conocimiento de información relacionada con el seguimiento y control de los parámetros más relevantes vinculados a la situación del ambiente y de los recursos naturales en relación con las operaciones de la Compañía Minera Antamina (CMA). Se propuso además como fecha de creación del Comité el 10 de diciembre del 2001. Es así como se constituyó el CMVFAH.

Dada la trascendencia del megaproyecto y la importancia creciente de la minería en nuestro país, es necesario realizar estudios del contenido de cobre total en organismos bentónicos y analizar, la relación que existe con las acciones antrópicas y naturales que se producen en la bahía.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

A finales del 2007 (Jacinto y Aguilar, 2007) realizaron un estudio en el que mencionaron haber encontrado metales traza como: cadmio, plomo, cobre y cinc en el músculo y vísceras de especies marinas. La metodología comprendió las siguientes fases: selección de muestras y liofilización, tratamiento químico con sistema de microondas MSP 1000 CEM USA (1994) y lecturas instrumentales con el espectrofotómetro de absorción atómica modelo 6701F-Shimadzu con sistema horno de grafito y flama.

En el artículo se menciona que la información vertida es puntual y se puede considerar de carácter básico y referencial.

Se concluye que respecto a las concentraciones de los diversos metales para una misma especie, en el caso de la lapa, presentaron diversas afinidades en los órganos de dicha especie. El plomo y el cadmio se concentraron principalmente en las vísceras, mientras que el cobre y cinc se fijaron en mayor concentración en el músculo, y destacó por su mayor contenido la población de la isla Manache. Se indica también que las menores concentraciones de cadmio, cobre y cinc se hallaron en el músculo de la cabrilla, debido a mecanismos fisiológicos que no facilitan la absorción en sus tejidos.

También hay un trabajo institucional y multidisciplinario, en el que se muestran resultados como línea de base de la bahía Tortugas, ubicada en la provincia de Casma de la región Áncash (IMARPE, 2008).

La metodología de estudio de la bahía Tortugas se basó en el procesamiento de antecedentes bibliográficos, la toma de información por mar, el reconocimiento del borde costero y encuestas dirigidas a los pescadores artesanales. La idea de los autores fue tener un documento de gestión para tener un buen desempeño al realizar actividades acuícolas.

Con respecto a los organismos marinos evaluados, se menciona que la acumulación es un proceso complejo en el que intervienen una serie de mecanismos internos y externos que juegan un papel determinante, como la talla de los organismos, la composición bioquímica y los factores genéticos, los ciclos de desove, la biodisponibilidad del metal, la temperatura y la salinidad.

Se indican valores elevados de cobre total en el cuerpo eviscerado del caracol negro y quejas de cangrejo, con respecto al cadmio total se menciona en el cuerpo total del chorito. Una de las conclusiones del estudio se refiere a los niveles significativos de cobre total que se encontraron en el caracol negro y en el cangrejo.

En otro trabajo, GIL M., et al (2006) mencionan haber analizado el contenido de mercurio, cadmio, plomo, cobre y cinc en tejido blando de moluscos y crustáceos, aves y mamíferos marinos (riñón, hígado y músculo) procedentes de la zona costera de la Patagonia Argentina. Señalan que no se detectaron niveles de mercurio, pero sí de cadmio en moluscos, y que los niveles superaban lo permitido para el consumo humano. Con respecto al cadmio se atribuye una procedencia natural.

Las concentraciones de plomo determinadas en crustáceos de la bahía de San Antonio se relacionaron con una antigua actividad minera. La metodología indica que los moluscos y crustáceos se recolectaron manualmente de la zona intermareal. Para el caso de aves y mamíferos se menciona que se consideraron a individuos encontrados en las playas a pocas horas de haber muerto o que fueron capturados accidentalmente durante las operaciones de pesca.

Se menciona también que las muestras fueron secadas en planchas calefactoras para posteriormente ser atacadas con ácido nítrico. Se indica que no se encontraron niveles de mercurio en ningún organismo, en contraste con los de cadmio y plomo, que fueron elevados y que superaron lo establecido por la Comunidad Europea.

En las conclusiones vertidas por los autores sobre el cadmio en moluscos se expresa la posible exposición crónica a concentraciones naturales del mismo.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿Qué ocasiona la elevada concentración de cobre total en los organismos bentónicos de la isla Corcovado e isla Blanca de la bahía de Huarmey?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿En qué situación se encuentra el mar de Huarmey?
- ¿Existe equilibrio en el hábitat de las especies bentónicas?
- ¿Hay desequilibrio por efecto de la contaminación debido a los derrames de cobre y cinc?

Este problema ambiental genera conflictos entre la población de Huarmey y la compañía minera Antamina, a la que se le atribuye ser causante de la probable contaminación.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Conocer la concentración de cobre total en los organismos bentónicos para encontrar el bioindicador natural de cobre total que permita plantear una propuesta de norma para organismos bentónicos de la bahía de Huarmey.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el contenido de cobre total en los organismos bentónicos de la isla Corcovado e isla Blanca de la bahía de Huarmey y proponer una norma referida al cobre total en organismos bentónicos.
- Examinar si el embarque portuario de concentrado de cobre extraído de las minas se realiza con las debidas previsiones técnicas.
- Verificar si la empresa minera Antamina acata la normatividad jurídica de protección ambiental.
- Observar si la vigilancia portuaria desempeña con eficacia su rol de control en los embarques de cobre para la exportación.
- Establecer el grado de significación de los pasivos ambientales mineros en la cuenca Aija-Huarmey.
- Determinar la situación de la pesquería artesanal en Huarmey.
- Verificar si existe peligro para la supervivencia de las especies bentónicas en el mar de Huarmey.
- Realizar un diagnóstico actualizado con respecto a la actividad antrópica en la cuenca Aija-Huarmey.

1.4. Justificación e importancia

Actualmente el principal motor de la economía peruana es el sector minero, que cuenta con compromisos de inversión por US\$53.423 millones hasta el 2020, de los cuales US\$10.680 millones (19,99%) corresponden a compromisos con China y tiene como pilar a la cuprífera Chinalco, con US\$1.200 millones.

También hay capitales estadounidenses por US\$8.947 millones (16,75%); canadienses por US\$6.787 millones (12,70%), y australianos por US\$4.670 millones (8,74%).

De acuerdo con datos estadísticos del Ministerio de Energía y Minas (MEM), el 0,77% del territorio peruano está en explotación y 0,27% en la etapa de exploración, por lo que existen amplios espacios para desarrollar; las exportaciones mineras en el 2011 sumaron US\$27.361 millones, siendo China el principal mercado con 20,5% (Noticias Mineras Mining.com, 2012).

La Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía (SNMPE), destacó que el Perú es un país polimetálico y que la minería dinamiza la actividad productiva y comercial, alienta la inclusión social y estimula la lucha contra la pobreza.

Sin embargo, debemos recordar también que el sector pesquería, tradicionalmente ha tenido un rol relevante en la creación del producto bruto interno (PBI), lo cual explica la presencia y acción permanente del IMARPE, con sus valiosas investigaciones de interés nacional y mundial.

La problemática de nuestro país sigue siendo responsabilidad del gobierno quien debe garantizar una alimentación sana y de alto valor nutritivo a la nación. Afortunadamente, en esta materia tenemos el cebiche, como plato de bandera nacional, y tenemos también el auge de la culinaria nacional que ha sobrepasado las fronteras del Perú, por su calidad y sabor. Es evidente que gran parte de los platos tienen como principal ingrediente a las especies marinas. Este hecho ha volcado la atención a los vaivenes de la escasez, abundancia y calidad del pescado y los moluscos de nuestros mares, y se han verificado actividades negativas que llevan a reflexionar en qué medida está en peligro, nuestra riqueza ictiológica debido a la contaminación. De allí se deriva, la justificación de este estudio: contribuir al

conocimiento de la verdadera realidad de nuestra situación en materia de especies bentónicas en el ecosistema de Huarmey.

Actualmente, el Perú no cuenta con normas nacionales que establezcan niveles máximos de cobre total en organismos bentónicos, lo cual conlleva a utilizar normas legales del exterior para regular o eliminar el contenido de metales en organismos marinos. La interpretación de los contenidos de cobre tomando como base a los límites legales y los estándares de calidad internacionales, que se respetan en el mundo, orienta esta investigación que cuenta con un sistema dinámico propio de un país pesquero, investigado en un ecosistema de nuestro litoral, específicamente en la zona de Huarmey, donde la falta de respeto y acatamiento a esos parámetros legales y científicos ha traído, como consecuencia conflictos sociales, interpretación sesgada sobre el efecto del consumo de organismos bentónicos contaminados en la salud, y la acción limitada de las autoridades.

1.5. Alcances y limitaciones

La investigación se desarrolló en la bahía de Huarmey, especialmente en la isla Corcovado, región Áncash, Perú, en el periodo 2006 a 2012.

Los conflictos sociales, que se han vuelto permanentes, generalmente se atribuyen a la probable contaminación de la bahía de Huarmey por parte de las actividades realizadas por la Compañía Minera Antamina (CMA).

Como principal preocupación se ha identificado el probable descenso de la pesca artesanal y por ende la desaparición de las especies.

Los probables impactos potenciales de las operaciones portuarias por parte de la CMA estarían relacionados con pérdidas de concentrado durante el embarque o a descargas del agua de lastre de las naves. Los concentrados de cobre y cinc son los principales metales pesados embarcados en la instalación portuaria.

Asimismo, preocupa la presencia de la fábrica de harina y aceite de pescado Pesquera Austral en el puerto Huarney (opera en forma discontinua) y la identificación de pasivos mineros (de la pequeña minería y de la minería artesanal) en la cuenca alta del río Huarney (UNASAM, 2012). Es por todo ello que es indispensable estudiar la bahía de Huarney y la isla Corcovado y su entorno a fin de deslindar responsabilidades y apaciguar los conflictos sociales.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas

Se basaron en la concepción del desarrollo sostenible que se aplica a las diversas actividades productivas, que se desarrollan en un país, y a la política ambiental del estado y de la nación, a fin de proteger sus recursos naturales contra la contaminación industrial y la sobreexplotación de estos recursos, que hace el hombre para sobrevivir, y en algunos casos para maximizar sus cuentas bancarias, sin tomar en cuenta las necesidades de las futuras generaciones respecto a estos recursos.

El horizonte del desarrollo sostenible es muy amplio; sin embargo, la dimensión de la sostenibilidad y equilibrio de los sistemas es muy importante para obtener una visión de la estabilidad como propiedad de los ecosistemas. Estabilidad, significa que un sistema funciona de manera natural y, que cumple sus funciones, sin que ningún factor externo, extraño o artificial perturbe este funcionamiento o interfiera en la vida de los seres que pueblan el ecosistema (ONU, 1992).

Debemos recordar que el equilibrio de los ecosistemas compromete la actividad proteccionista del estado, compromete a los analistas ambientales, a las autoridades regionales y los gobiernos locales, incluida la población, las organizaciones sociales y las organizaciones de base.

El problema central de la investigación consiste en determinar el peligro proveniente del cobre total en los organismos bentónicos de la isla Corcovado e isla Blanca de la bahía de Huarmey, a fin de proponer una norma jurídica para proteger de la contaminación por cobre a los organismos bentónicos. La investigación supone una ruptura del equilibrio del sistema marino localizado en Huarmey, el que se deberá eliminar para restablecer su equilibrio.

Se ha realizado un diagnóstico actualizado de la actividad antrópica, en la cuenca Aija-Huarmey, para lo cual se tomó como marco referencial un diseño de investigación observacional, basado en la teoría del desarrollo sostenible (ISO, 2009).

Se estima que el examen de los embarques portuarios del cobre y cinc, extraído de las minas, no se realiza con las debidas previsiones técnicas. La orientación teórica nos encamina a consultar con el Comité de Monitoreo, Fiscalización Ambiental de Huarmey (CMVFAH) y a los técnicos portuarios expertos en el conocimiento de esa compleja actividad, que tiende a soslayar las normas portuarias para sobredimensionar sus beneficios. Este problema se asocia también a la vigilancia portuaria y a su desempeño, el que debería basarse en un protocolo de seguridad, en su rol controlador de los embarques del cobre y cinc para la exportación.

La doctrina jurídica y la consulta a los códigos respectivos es una referencia orientadora para verificar si estamos frente a actos ilícitos penales y civiles. Sobre esta base legal es posible verificar si la empresa minera Antamina acata la normatividad jurídica de protección ambiental (Derecho Ambiental Cap. III).

Si la mencionada empresa eludiera su responsabilidad legal, estaríamos ante un caso de flagrante comisión delictiva suficiente para ameritar la intervención jurisdiccional de los magistrados especializados.

Finalmente, los estudios de la vida marina en el Perú tratan de determinar la situación de la pesquería artesanal y de verificar si en realidad existe peligro para la supervivencia de las especies bentónicas, tal como es esta preocupación con referencia al mar de Huarmey, porque la protección, mejora y sostenibilidad del ambiente es una responsabilidad de las generaciones presentes y futuras, por lo tanto, es imprescindible generar una sensibilización y conciencia ambiental.

En esta perspectiva se verificará cuáles son las reales motivaciones, porque según experiencias recientes debemos cuidarnos de los propósitos ocultos de ciertas ONG, que estimulan conflictos para fomentar la inestabilidad política nacional sin que existan causas válidas.

2.2. Definición de términos básicos

- **Acción antrópica.-** Se refiere a cualquier intervención que el ser humano implementa sobre la faz de la tierra y que producen un desequilibrio ambiental y un impacto de diversa magnitud.
- **Bioacumulación.-** Es el incremento de la bioconcentración de un contaminante a lo largo del tiempo en un organismo cuando la tasa de incorporación es superior a la de acumulación.
- **Bioindicador.-** Es un organismo o conjunto de organismos que tiene la propiedad de responder a la variación de un determinado factor abiótico o biótico del ecosistema en estudio.
- **Biodisponibilidad.-** Es cuando un metal se encuentra solubilizado en el agua y queda expuesto para que el organismo o conjunto de organismos puedan incorporarlos para su consumo.
- **Caudal del río Huarmey.** - Es la cantidad de agua que circula en la cuenca del río Huarmey en un tiempo determinado.
- **Conflictos sociales.-** Es un clima de tensión constante entre diversos actores, incluidos la población, el gobierno local, el gobierno regional y, nacional y las empresas originado por factores diversos, entre ellos la falta de comunicación y de transparencia.
- **Contenido de cobre.-** Es la cantidad de cobre total que se encuentra en una muestra marina (sedimento, organismo o agua).

- **Cuenca marina.-** Depresión del fondo oceánico, caracterizada por una gran extensión y su relativa uniformidad.
- **Desarrollo sostenible.-** Proceso mediante el cual se satisfacen las necesidades económicas, sociales, culturales y ambientales de la actual generación, sin poner en riesgo la satisfacción de las mismas a las generaciones futuras.
- **Dinámica marina.-** Es el movimiento de las aguas marinas generalmente influenciado por los vientos. Los movimientos en mención son oleajes, mareas y corrientes, los cuales permiten modelar la morfología de las costas.
- **Disponibilidad.-** Se refiere a la forma como el metal este retenido en el sedimento de tal manera que tenga una disponibilidad relativa con el planctón y por tanto su incorporación a los organismos.
- **Embarque portuario.-** Carga de un material que se realiza en un puerto hacia una nave en particular.
- **Efluente líquido minero.-** Son los flujos descargados al ambiente que provienen de depósitos de relaves u otras instalaciones que produzcan aguas residuales.
- **Muestra puntual.-** Es el tipo de muestra en un punto de control definido en el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua para el Subsector Minería.
- **Normatividad legal.-** Leyes y reglas que rigen el comportamiento adecuado de las personas naturales y jurídicas en la sociedad.
- **Normas nacionales.-** Conjunto de leyes oficiales para su cumplimiento por parte de las personas naturales y jurídicas.
- **Organismo bentónico.-** Son aquellos organismos que viven en el fondo del mar y se alimentan del detritus del fondo por filtración o ingestión.

- **Pasivos mineros.-** Son las faenas mineras abandonadas o paralizadas, incluidos sus residuos, que constituyen un riesgo significativo para la salud, la seguridad de las personas, el medio ambiente y las actividades económicas.
- **Pesquería artesanal.-** Es la actividad pesquera que utiliza técnicas tradicionales con poco desarrollo tecnológico y emplea barcos pequeños en zonas costeras y a no más de 10 millas náuticas.
- **Vigilancia portuaria.-** Se basa en que la autoridad portuaria tiene que velar por el cumplimiento del reglamento y leyes oficializados.
- **Volumen de embarque de cobre.-** Es la cantidad de concentrado de cobre como pulpa que se embarca a las naves en función de su capacidad y tiene como destino los mercados internacionales.

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

La acción antrópica y natural en la bahía de Huarmey determina el elevado contenido de cobre total en los organismos bentónicos de las islas Corcovado e isla Blanca.

2.3.2. Hipótesis específicas

- Conocer el contenido de cobre total en organismos bentónicos ayudará a saber qué organismo bioacumula en mayor cantidad este metal.
- Conocer los pasivos ambientales mineros de la cuenca alta Aija-Huarmey ayudará a discernir entre la acción antrópica y natural.
- Conocer en detalle la dinámica de la bahía ayudara a aclarar el elevado contenido de cobre en los organismos bentónicos.

- La concentración de cobre total en los organismos bentónicos servirá para encontrar el bioindicador natural de cobre total que permita plantear una norma para organismos bentónicos de la bahía de Huarmey.
- Un diagnóstico actualizado de pasivos mineros permitirá conocer el nivel de la actividad antrópica en la cuenca alta Aija-Huarmey.
- Conocer los embarques portuarios de cobre total extraído de las minas y su embarque posterior permitirá saber si se realiza con las debidas previsiones técnicas.
- Conocer la vigilancia portuaria discernirá si las autoridades se realizan con eficacia su rol de control en los embarques del cobre para la exportación.

2.4. Identificación de variables

La variable dependiente es la concentración de cobre total en organismos bentónicos expresada en peso seco ($\mu\text{g/g}$ equivalente a mg/kg). De esta variable se establecieron dos categorías:

- Nivel aceptable $\leq 10 \text{ mg/kg}$ (tabla 1)
- Nivel no aceptable $> 10 \text{ mg/kg}$

Tabla 1.- Límites legales para el contenido de metales en productos marinos
establecidos por algunos países.

Pais	Cadmio mg/Kg	Cobre mg/Kg	Mercurio mg/Kg	Plomo mg/Kg	Observaciones
CHILE	0,05	10,00		2,00	Todos los productos comestibles.
VENEZUELA	0,10	10,00	0,10	2,00	Moluscos, crustáceos y sardinas, fresco o enlatado.
AUSTRALIA	2,00	70,00	0,50	2,50	Moluscos.
NVA. ZELANDIA	1,00	30,00	0,50	2,00	Peces y productos pesqueros.
ALEMANIA OCC.	0,50		1,00	0,50	Peces.
INDIA		10,00	0,50	5,00	Peces y productos pesqueros, expresados en peso seco.
HOLANDA	1,00		1,00	2,00	Moluscos y crustáceos.
U.S.A.			1,00		Peces, moluscos, crustáceos y otros animales acuáticos.
CANADA			0,50	0,50	Productos marinos.

Las variables independientes son:

- Peso del concentrado de cobre (embarque de cobre: t/año)
- Pasivos mineros, contenido de cobre total en sedimentos de río ($\mu\text{g/g}$ equivalente a mg/kg)
- Concentración de cobre total en sedimento marino ($\mu\text{g/g}$ equivalente a mg/kg)
- Caudal del río Huarmey, concentración de cobre en el agua ($\mu\text{g/l}$)
- Dinámica de la bahía, traducida como circulación marina (cm/s) y velocidad de viento (m/s)
- Pesquería artesanal
- Vigilancia portuaria, normatividad legal, previsiones técnicas.

2.5. Operacionalización de variables

VARIABLES	INDICADORES	ÍTEMS	UNIDADES
Embarque de cobre	Peso de concentrado	Concentrado de cobre	t/año
Contenido de cobre total en organismos bentónicos	Bioacumulación de cobre total en muestra seca	Concentración en tejido, vísceras y quelas	µg/g
Contenido de cobre total en muestras marinas	Biodisponibilidad de cobre total en agua y adsorción en sedimentos	Concentración de cobre total en agua de mar y sedimento marino	µg/l ; µg/g
Contenido de materia orgánica total en sedimentos	Materia Orgánica Total (MOT)	Concentración de Materia Orgánica Total	%
Pasivos ambientales cuenca alta Aija-Huarmey	Contenido de cobre en los pasivos ambientales	Concentración en sedimento y agua	mg/kg; mg/l
Descarga del Río Huarmey	Contenido de cobre total en agua y sedimento	Concentración	µg/l; µg/g
	Caudal	Flujo volumétrico	m ³ /s
Dinámica de la bahía Huarmey	Corrientes marinas superficiales y de fondo	Afloramiento	cm/s m/s
		Circulación	
		Viento	

CAPÍTULO III MÉTODOLÓGIA

3.1. Tipo y nivel de investigación

La presente investigación es de tipo empírica y comprende un proceso desde la toma de muestra y datos básicos en el campo, hasta el procesamiento y análisis de información sobre la concentración de cobre total en organismos bentónicos, la distribución horizontal del sedimento superficial, los volúmenes de embarque de cobre, los pasivos mineros y su relación con la dinámica marina.

3.2. Diseño de investigación

El diseño será de dos clases: experimental y no experimental. El primero, para las especies bentónicas, y el segundo, para medir las actitudes de la población humana de Huarmey.

En el diseño experimental se seguirán los pasos del protocolo de investigación. El diseño es de tipo transversal o transeccional porque se centrará en el estudio del periodo 2006 al 2012 en el área geográfica de Huarmey entre los $10^{\circ} 3.9' - 10^{\circ} 6.0' \text{ LS}$ (figura 1). La bahía de Huarmey se caracteriza por ser semiabierta, con una batimetría que varía entre 5 a 30 m (Jacinto y Aguilar, 2007), velocidades de viento que varían entre 4 a 8 m/s y con aguas de mezcla (Aguas Costeras Frías, Aguas Subtropicales Superficiales y Aguas Continentales).

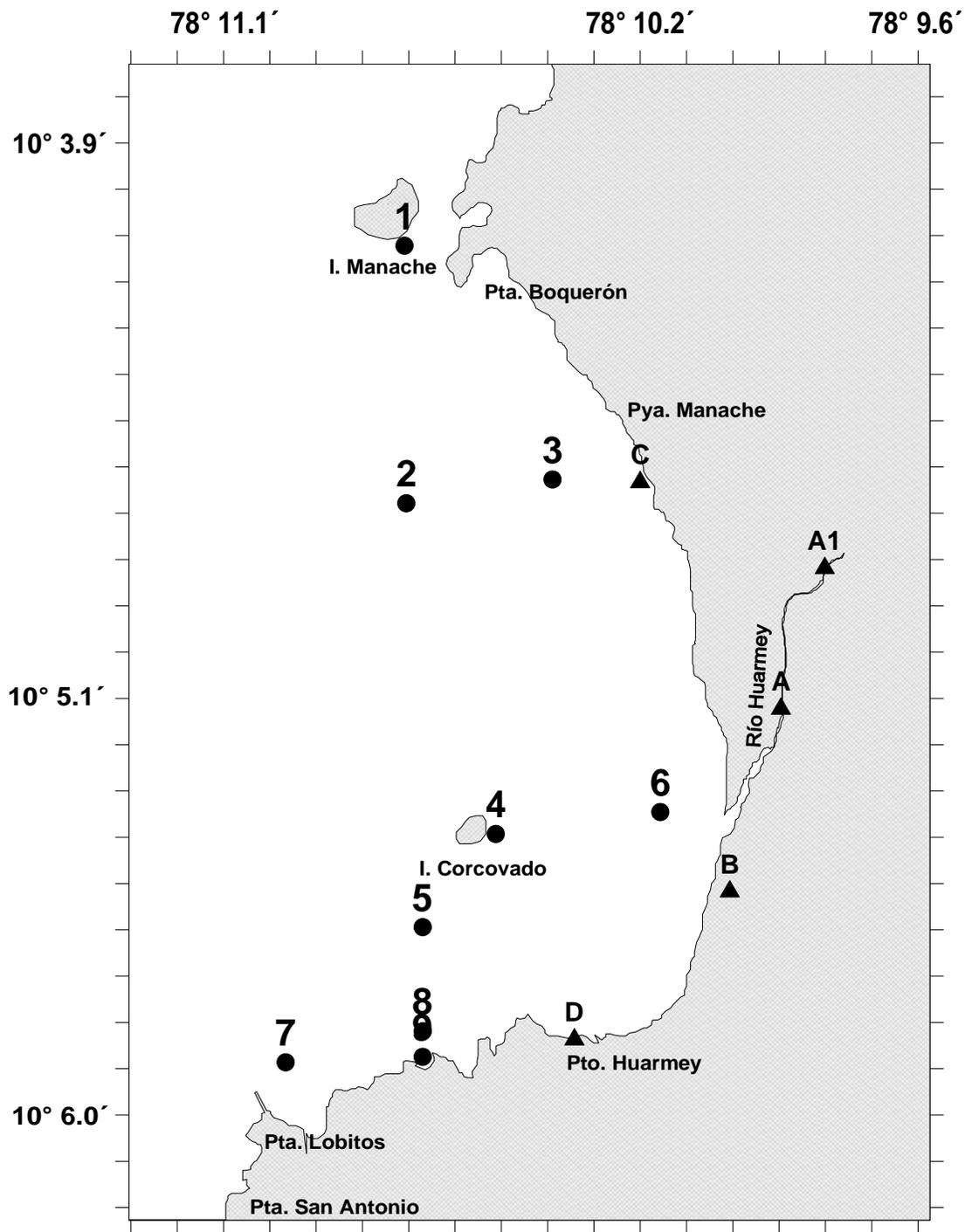


Figura 1.- Área de estudio y estaciones de colecta de muestras. Bahía de Huarney, 2006 al 2012.

La investigación se realizó mediante la colecta de las especies bentónicas capturadas al azar por el buzo, ubicadas en las islas Corcovado (E-4) e isla Blanca (E-8 y E-9), de acuerdo con las reglas del muestreo del IMARPE. El área de estudio presenta una tercera isla, la Manache (E-1) de difícil acceso para el buceo.

La recolección de datos se efectivizó con el trabajo de campo en el mar y río con posiciones pre-establecidas. Se recolectaron, sedimentos marinos superficiales (9 estaciones) y se complementó con 3 estaciones del río Huarmey (boca del río y cuenca baja) donde se obtuvieron los elementos de estudio (tablas 2 y 3), que se trabajaron en el laboratorio experimental. Se emplearon protocolos propios del IMARPE por ser un centro especializado referido a las ciencias marinas, también se utilizaron los siguientes equipos y materiales: liofilizador Labconco, digestor por microondas MARSXpress, espectrofotómetro de absorción atómica Shimadzu 6701F con horno de grafito-flama, probetas, termómetros, especímenes y reactivos.

Tabla 2.- Estaciones de colecta de muestras marinas: agua, sedimento y organismos, periodo 2006 al 2012

Estación	Latitud			Longitud		
	Grados	Minutos	Segundos	Grados	Minutos	Segundos
1	10	4	7.3	78	10	42.6
2	10	4	40.7	78	10	42.3
3	10	4	37.6	78	10	23.4
4	10	5	23.6	78	10	30.7
5	10	5	35.6	78	10	40.2
6	10	5	20.7	78	10	9.4
7	10	5	53.2	78	10	57.9
8	10	5	49.2	78	10	40.2
9	10	5	52.5	78	10	40.2

Tabla 3.- Estaciones de colecta de muestras de playa y río: agua y sedimentos,
periodo 2006 al 2012

Estación	Latitud			Longitud		
	Grados	Minutos	Segundos	Grados	Minutos	Segundos
B	10	5	30.7	78	10	0.40
A	10	5	7.0	78	9	53.8
A1	10	4	48.8	78	9	48.1
D	10	5	49.9	78	10	20.5
C	10	4	37.6	78	10	12.0

Para obtener los resultados, las muestras fueron procesadas siguiendo los pasos siguientes: ordenación, biometría, liofilización, digestión, lectura analítica, tabulación y finalmente se realizó el análisis estadístico.

La discusión, se basó en la lectura de resultados en tablas y figuras. A falta de una normatividad nacional sobre organismos y sedimentos marinos, se emplearon normas internacionales para organismos marinos establecidos por la FAO (Nauen, 1983) y sedimentos marinos (Long. et al, 1995). En el caso del agua se utilizaron los estándares de calidad ambiental del Ministerio del Ambiente (MINAM, 2008) con el correspondiente análisis lógico y especializado.

El diseño no experimental, se aplicó al estudio de actitudes, porque hubo la necesidad de realizar entrevistas y encuestas (anexo) a una muestra poblacional a fin de medir sus percepciones y opiniones respecto a la presencia de las autoridades como: DICAPI, OEFA y OSINERGMIN en el momento de embarque del

concentrado de cobre total en las naves extranjeras en punta Lobitos. La entrevista también tuvo un alcance con los pobladores y pescadores artesanales.

Se aplicaron las técnicas de la observación, fotos, videos, encuestas, entrevistas y estudio de documentación escrita. Se aplicaron escalas de medición estadística y de actitudes, con las técnicas de estudio de riesgos ambientales. Los resultados se procesaron mediante los siguientes pasos: ordenación, cómputo y tabulación.

En la discusión se realizó la interpretación de los resultados, y se basó en las ideas del marco teórico, en la lectura de tablas y gráficas, el análisis de la estadística descriptiva. También se interpretaron los resultados, con los análisis de la prueba de hipótesis, y se verificó asimismo si se lograron los objetivos del estudio.

3.3. Población y muestra de la investigación

La población estuvo compuesta por todos los organismos bentónicos que se encuentran en las islas Corcovado, Blanca y Manache. La colecta de la muestra se realizó por buceo, la captura del organismo fue aleatoria y estuvo supeditada en ocasiones a las condiciones climatológicas del mar. Entre los años 2006 al 2012 se realizaron 52 bajadas a las islas Corcovado, Blanca y Manache y fueron efectuadas por un buzo profesional.

La colecta de muestra de la población siempre se realizó en las estaciones de verano y primavera.

Con respecto a la muestra en la presente investigación se consideró a todos los organismos bentónicos que fueron capturados en tallas comerciales y no comerciales. Se agruparon en rangos de tallas a fin de tener homogenatos representativos de los invertebrados marinos.

3.4. Técnicas e instrumentos de investigación

- **Instrumentos de recolección de datos**

Las estaciones fueron pre-establecidas (figura 1) a fin de realizar un estudio complementado con colecta de sedimentos marinos superficiales y agua. También en el periodo 2006 al 2010 se realizó la colecta de sedimentos y agua de las riberas del río Huarmey (cuenca baja). Con respecto a la cuenca alta se obtuvo información de primavera y verano en los años 2011 y 2012, respectivamente (tablas 4 y 5).

Tabla 4.- Concentración de metales pesados en sedimentos de la cuenca del río Aija Huarmey, época de estiaje

Parámetro	Unidad	Estaciones de Monitoreo			
		HU-01	HB-01	SD-01	LMP (Holanda VROM)
		22/10/2011	22/10/2011	23/10/2011	
		13:55 Hrs.	16:50 Hrs.	06:00 Hrs.	
Arsénico total	mg/kg	31.86	90.42	84.24	
Cadmio total	mg/kg	1.61	4.56	10.57	20
Cobre total	mg/kg	30.90	79.63	122.41	500
Cromo total	mg/kg	31.58	24.26	21.28	
Plomo total	mg/kg	10.08	50.01	40.30	600
Zinc total	mg/kg	398.63	1530.73	2792.06	3000

Fuente: UNASAM, 2012

Dónde:

HU-01 = río Huarmey (altura aguas abajo del puente panamericana)

HB-01 = río Huarmey (aguas debajo de la unión de los ríos Aija y Malvas)

SD-01 = río Aija (altura San Damián)

LMP = Límite Máximo Permisible (necesidad urgente de restauración)

Tabla 5.- Concentración de metales pesados en sedimentos de la cuenca del río Aija
Huarmey, época de lluvia

Parámetro	Unid.	Estaciones de Monitoreo				LMP (Holanda VROM)
		HU-01	HB-01	SD-01	CHIL-01	
		24/03/2012	24/03/2012	24/03/2012	24/03/2012	
		07:55 Hrs.	15:00 Hrs.	17:55 Hrs.	11:05 Hrs.	
Arsénico total	mg/kg	26.20	69.42	70.62	10.00	
Cadmio total	mg/kg	0.40	5.02	7.44	3.06	20
Cobre total	mg/kg	22.60	59.40	101.80	4.00	500
Cromo total	mg/kg	25.00	18.60	15.70	2.00	
Plomo total	mg/kg	6.20	41.40	34.00	16.00	600
Zinc total	mg/kg	314.00	1249.40	2020.80	14.00	3000

Fuente: UNASAM, 2012

Dónde:

HU-01 = río Huarmey (altura aguas abajo del puente panamericana)

HB-01 = río Huarmey (aguas debajo de la unión de los ríos Aija y Malvas)

SD-01 = río Aija (altura San Damián)

LMP = Límite Máximo Permisible (necesidad urgente de restauración)

En el periodo 2006 al 2012 se colectaron 591 individuos de organismos bentónicos entre moluscos bivalvos, univalvos y crustáceos. Adicionalmente, entre el 2008 y 2009 se capturaron 10 peces (pintadilla y lorna) de forma referencial. Para la colecta de muestras se alquiló una embarcación marisquera de aproximadamente 7 m de eslora con motor fuera de borda. Se contrató a un buzo profesional para la colecta de organismos.

Para el caso de la colecta de sedimentos se utilizó una draga Vann Veen (figuras 2 y 3) y en el caso del agua superficial se usó un balde de plástico de 10 L de capacidad.



Figura 2.- Descenso de la draga Van Veen para la colecta de sedimentos. Bahía de Huarmey, 2006 al 2012.



Figura 3.- Análisis de Cu, Cd, Pb y Zn en sedimento marino superficial. Bahía de Huarney, 2006 al 2012.

En cuanto al pre-tratamiento de la muestra, antes de realizar las lecturas analíticas de cobre total por espectrofotometría de absorción atómica con sus sistemas horno de grafito y flama se realizó lo siguiente a los organismos bentónicos: biometría, liofilización y digestión ácida.

Se utilizaron los siguientes equipos: liofilizador, digestor por microondas, cámara fotográfica digital, computadora portátil y un espectrofotómetro por absorción atómica con sistemas horno de grafito y flama.

- **Pruebas de análisis de Validez y Confiabilidad de los instrumentos**

Se determinó el cobre total en organismos bentónicos como; a los moluscos en su tejido (cuerpo eviscerado), a los peces (músculo dorsal) y a los crustáceos en las quelas, de acuerdo con los protocolos del IMARPE por ser el centro especializado en ciencias del mar.

Los análisis se realizaron en los laboratorios del IMARPE mediante espectrofotometría de absorción atómica con sistema horno de grafito y flama. Para la determinación de cobre total en los organismos bentónicos se utilizó la técnica de horno de grafito en base a la ecuación de Lambert-Beer (1760).

$$Abs = C \cdot l \cdot \epsilon \quad (1)$$

Dónde:

Abs: Absorbancia en unidades de absorbancia

C: Concentración en ppb o ppm

:Constante

La ecuación (1) de Lambert-Beer permitió elaborar dos curvas de calibración adecuadas para la determinación de cobre total en el organismo bentónico (figura 4) y el sedimento marino o de río (figura 5). Estas dos curvas se construyeron con las soluciones certificadas de concentración conocida de cobre total (A PRIMER, 1996).

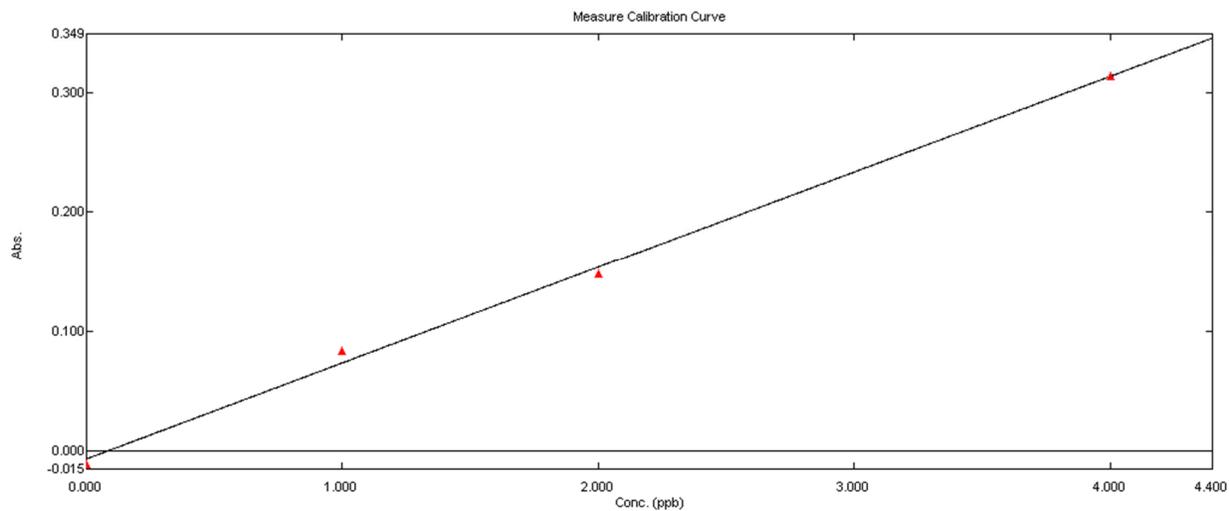


Figura 4.- Curva de calibración para la determinación de cobre total en organismos bentónicos, periodo 2006 al 2012.

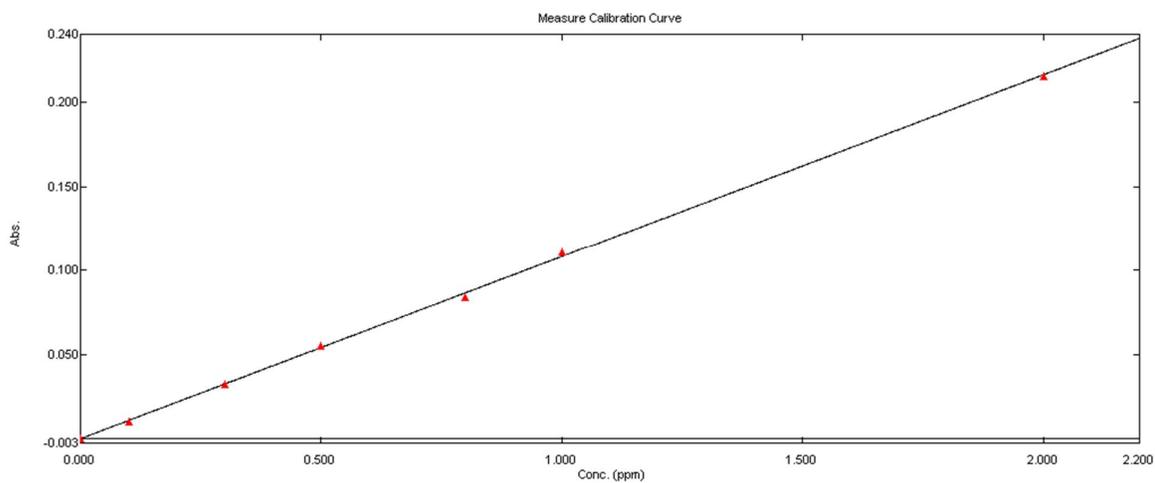


Figura 5.- Curva de calibración para la determinación de cobre total en sedimentos marinos y del río Huarney, periodo 2006 al 2012.

3.5. Técnicas estadísticas de análisis y procesamiento de datos

Se utilizó la estadística descriptiva para describir características de la población y así establecer un censo de los organismos bentónicos y determinar los rangos en los que se encuentran, con valores mínimos, máximos y promedio. Para las concentraciones medias de cobre total anuales en organismos, agua y sedimento se utilizó parcialmente la estadística inferencial.

En el presente trabajo se analizó toda la información disponible cuantitativa y no cuantitativa del periodo 2006 al 2012. Para contrastar la hipótesis e interpretar los resultados se utilizaron las herramientas Surfer versión 9, SPSS (Statistical Package for Social Sciences) versión 20 y Excel 2010. También se utilizaron fotos del embarque de concentrado de mineral, acta (junio 2007-anexo) y encuestas (a 30 asociaciones de pescadores artesanales).

Con respecto al embarque de mineral y pasivos mineros se coordinó con los miembros del Comité de Monitoreo, Vigilancia y Fiscalización Ambiental de Huarney (CMVFAH) a fin de obtener información del embarque del concentrado de mineral por parte de la compañía minera Antamina hacia las naves de bandera extranjera el cual se resume y muestra en la tabla 6. Se consiguieron fotos, actas (Anexo) y video de observación del embarque del mineral en punta Lobitos (figuras 6, 7 y 8).

Tabla 6.- Embarque anual de concentrado de mineral,

periodo 2010 al 2012

Concentrado	2010	2011	2012
Cu (t/año)	132 190	295 233	473 230
Cu + Zn (t/año)	193 299	153 182	214 717

Fuente: CMVFAH, 2012



Figura 6.- Presencia del CMVFAH en pleno embarque de concentrado en el puerto Punta Lobitos.

(Tomado de CMVFAH, 2010)



Figura 7.- Embarque del concentrado a naves extranjeras. Bahía de Huarmey,
periodo 2006 al 2012.
(Tomado de CMVFAH, 2010)



Figura 8.- Embarque de concentrado en naves extranjeras. Punta Lobitos-Huarmey.

La información obtenida, se detalló en histogramas sobre las naves que arribaron en punta Lobitos para el embarque del concentrado (t/año) y su posterior transporte hacia el exterior. El periodo mostrado fue entre el 2010 al 2012 (figuras 9 y 10).

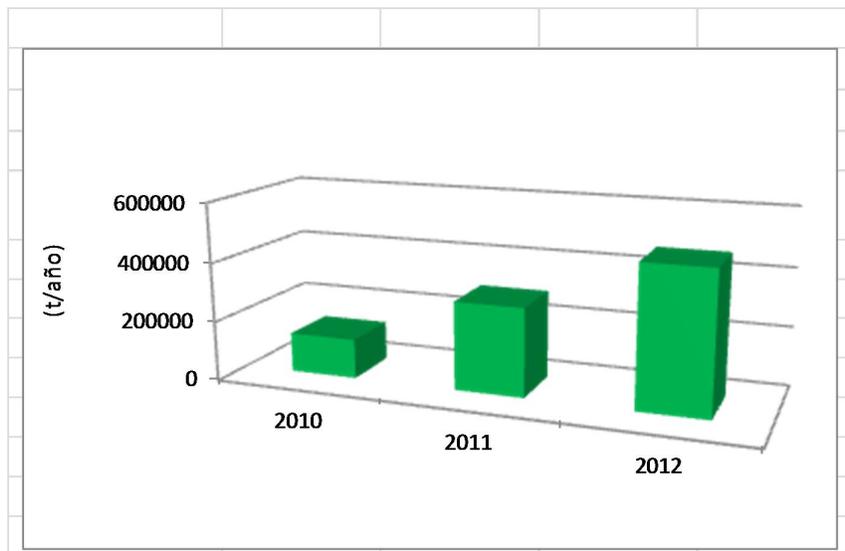


Figura 9.- Concentrado de cobre embarcado en naves extranjeras.
Bahía de Huarmey, periodo 2010 al 2012.

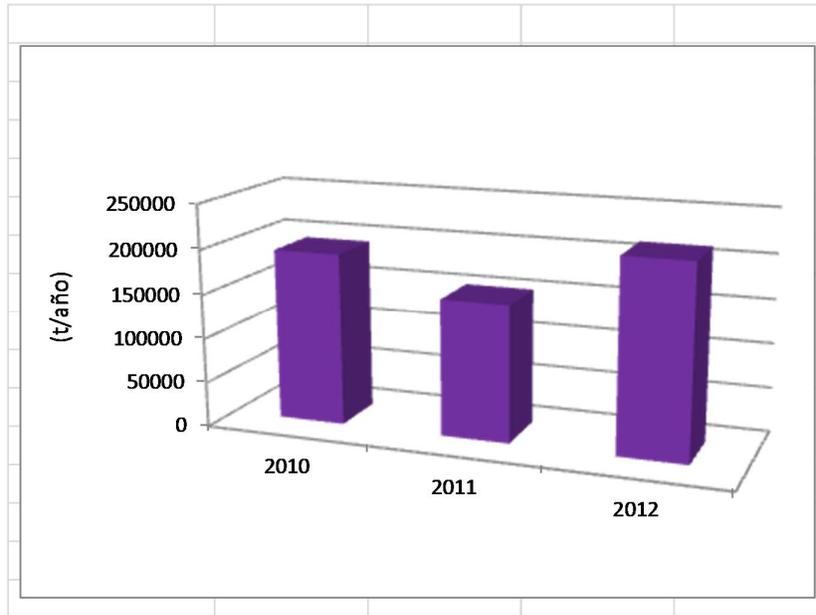


Figura 10.- Concentrado de cobre y cinc embarcado en naves extranjeras.
Bahía de Huarmey, periodo 2010 al 2012.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Resultados de la investigación

La presente investigación nos proporcionó los siguientes resultados más importantes:

- Se encontró al organismo bentónico centinela de cobre total como es el caso del òcaracol negroö *Stramonita chocolata*.
- Se determinó que el valor de 609 µg/g de cobre total en organismos bentónicos es el máximo permisible para áreas costeras con características similares a las de Huarmey.
- Se encontró que existe una participación ciudadana efectiva de vigilancia y control en los monitoreos y embarque de concentrado.
- Se encontró que existe una necesidad de encapsular el embarque de concentrado a los barcos (uso del brazo mecánico) a fin de aislarlo del viento.

4.2. Prueba de hipótesis

Se sometió a contraste la hipótesis general: la acción antrópica y natural en la bahía de Huarmey determina el elevado contenido de cobre total en los organismos bentónicos de las islas Corcovado e isla Blanca. Con las variables cuantitativas se sometieron los valores medios anuales a la técnica estadística de regresión lineal simple y múltiple.

Para el caso de las hipótesis específicas:

- Conocer el contenido de cobre en organismos bentónicos ayudará a saber qué organismo bioacumula en mayor cantidad este metal. Con los valores de concentración de cobre total en los organismos bentónicos y los ocho organismos marinos cuantificados en el periodo 2006 al 2012 se sometió al Test No paramétrico de comparación múltiple de Kruskal-Wallis todos contra todos.

- Conociendo los pasivos ambientales mineros (figura 40) de la cuenca alta Aija-Huarmey se puede discernir entre la acción antrópica y natural.

Un diagnóstico actualizado permitirá conocer el nivel de la actividad antrópica en la cuenca Aija-Huarmey (tabla 15). La ubicación de los dos pasivos mineros ayudara a ver la significancia contributiva al río Huarmey.

Estas dos hipótesis fueron sometidas a un estudio detallado en primavera del 2011 y verano del 2012 por la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo en coordinación con el Comité de Monitoreo, Vigilancia y Fiscalización Ambiental de Huarmey (CMVFAH) con el proyecto ejecutado "Evaluación Hidrológica y de Calidad de las Aguas de la Cuenca del río Aija ó Huarmey". El estudio fue realizado con un enfoque interdisciplinario, buscando permanentemente la participación activa de la población civil (UNASAM, 2012).

- Conocer en detalle la dinámica de la bahía nos ayudó a entender el porqué del elevado contenido de cobre total en los organismos bentónicos.

El software Surfer versión 9 nos proporcionó la distribución horizontal de cobre, cadmio, plomo y cinc total en sedimentos superficiales en el periodo 2006 al 2012 (figuras 11, 12, 13 y 14) con las de viento y circulación marina de verano 2006 y primavera 2009 (figuras 15, 16, 17 y 18).

- La verificación de la existencia de peligro a la supervivencia con las especies bentónicas se dio en base a los valores encontrados de cobre total en el tejido muscular y gónada de la ñorna (tabla 18). Asimismo un análisis de vísceras en el caracol negro nos indicó el tope máximo en los organismos bentónicos.
- La situación de la pesquería artesanal se analizó en base a la información emitida por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2012) no solo con el puerto Huarmey sino de todos los puertos de sur a norte (tabla 20 y figura 53).

- Las encuestas (agosto 2012) ubicados en el anexo: días 12, 13 y 14 de agosto suministraron información de campo por parte de las 30 asociaciones de pescadores artesanales participantes y ayudaron a dilucidar con respecto al embarque de concentrado, la pesquería artesanal, el cumplimiento de las normas ambientales y la presencia de las autoridades en punta Lobitos.

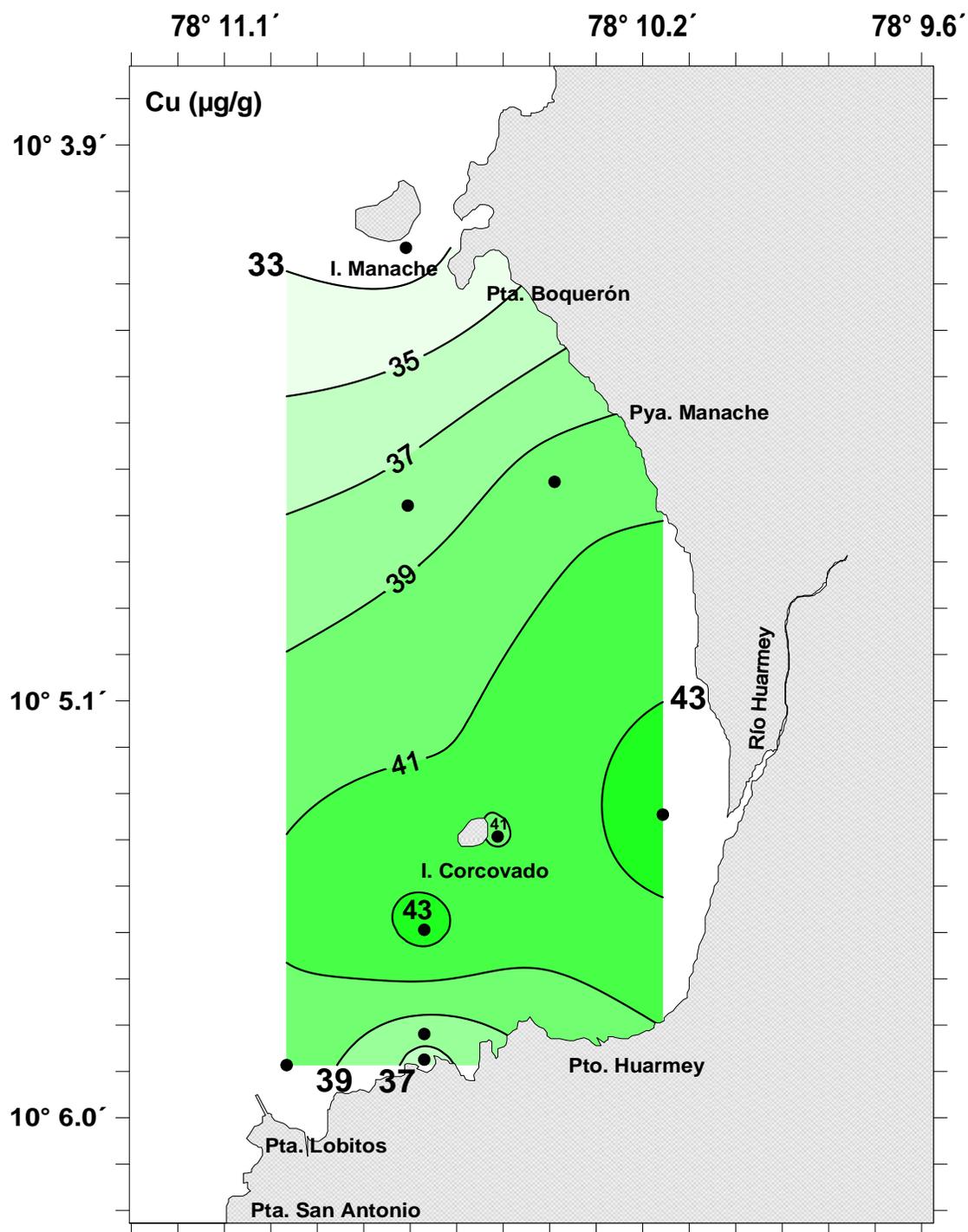


Figura 11.- Distribución horizontal de cobre total en el sedimento superficial.

Bahía de Huarmey, periodo 2006 al 2012.

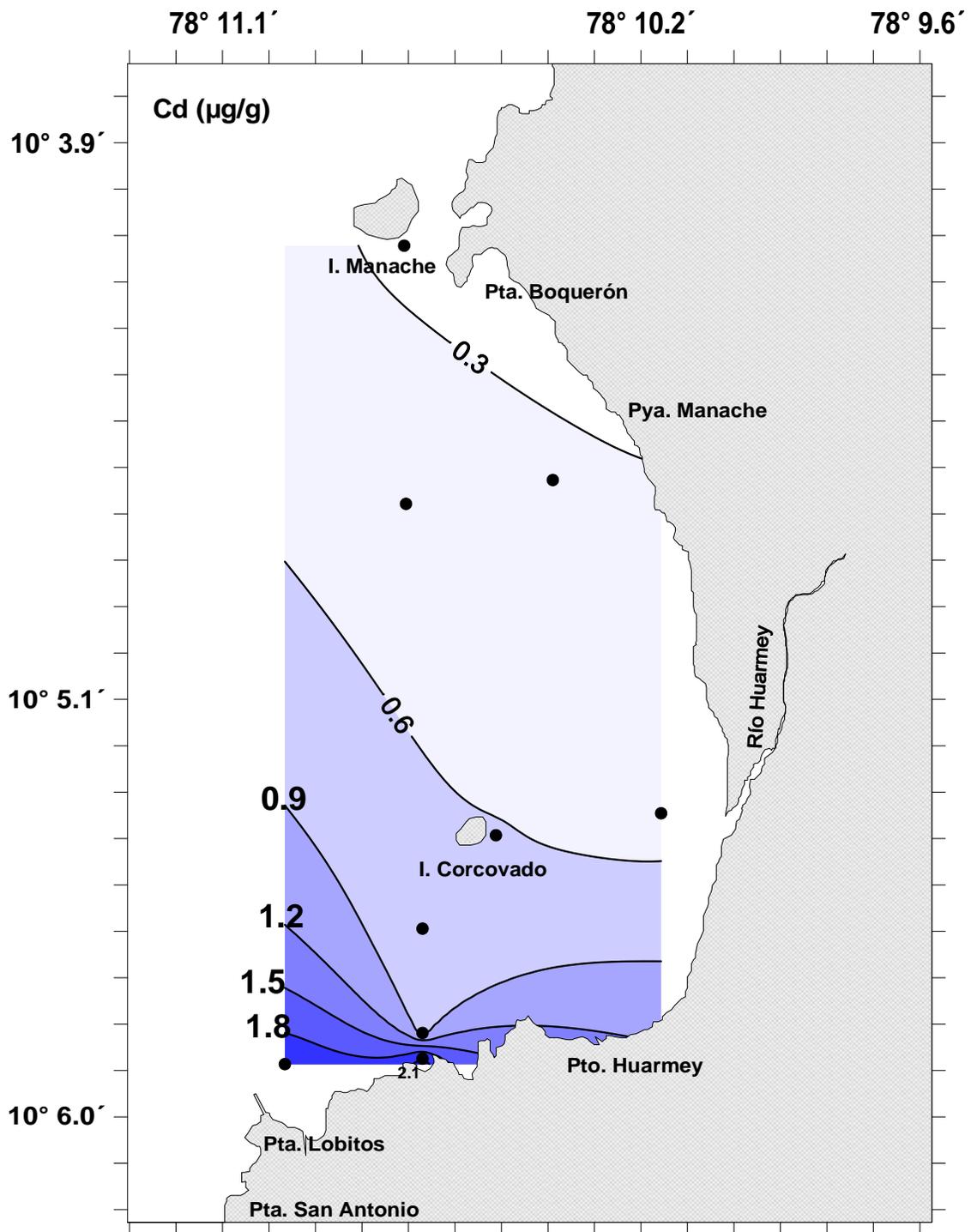


Figura 12.- Distribución horizontal de cadmio total en el sedimento superficial.

Bahía de Huarmey, periodo 2006 al 2012.

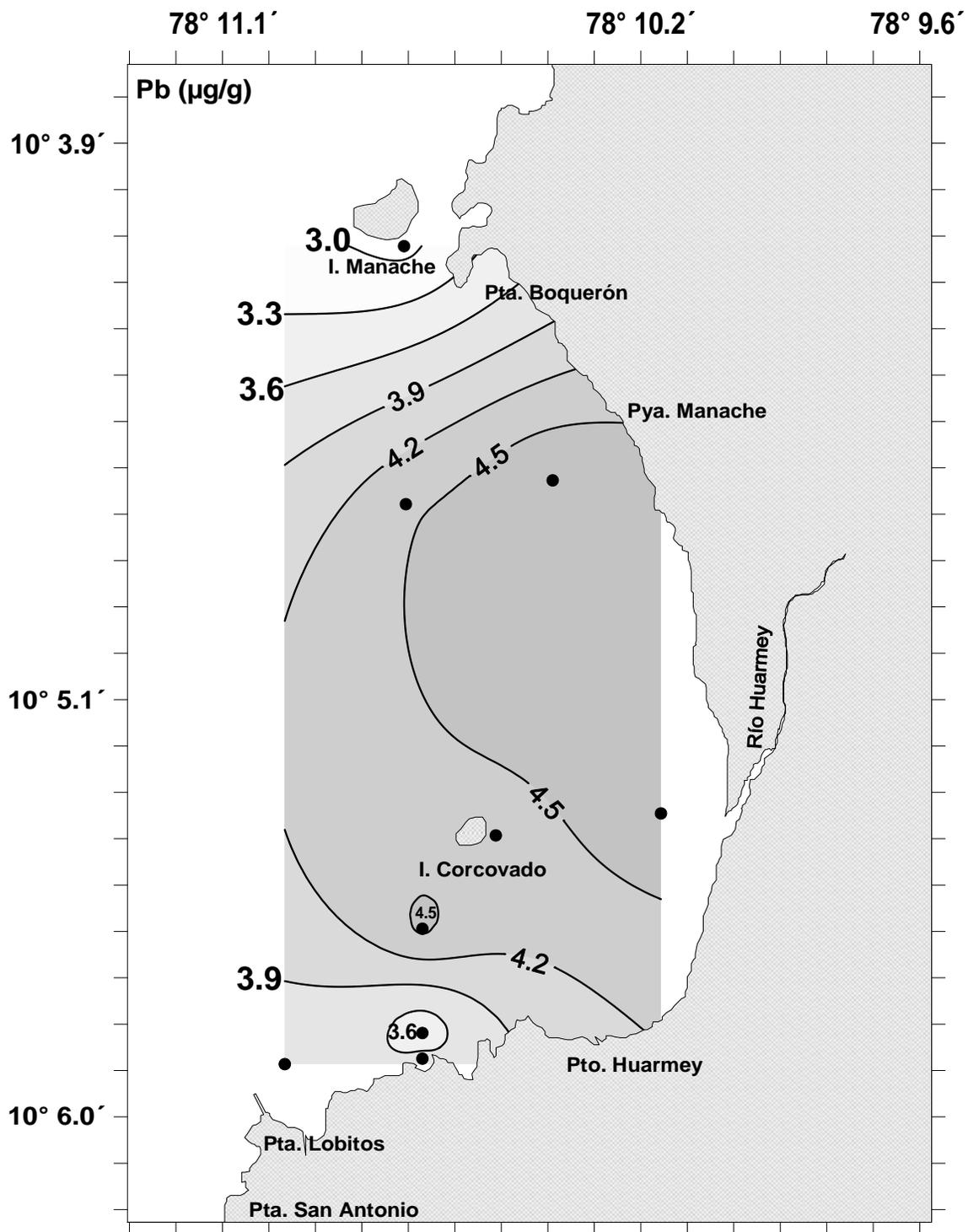


Figura 13.- Distribución horizontal de plomo total en el sedimento superficial.

Bahía de Huarney, periodo 2006 al 2012.

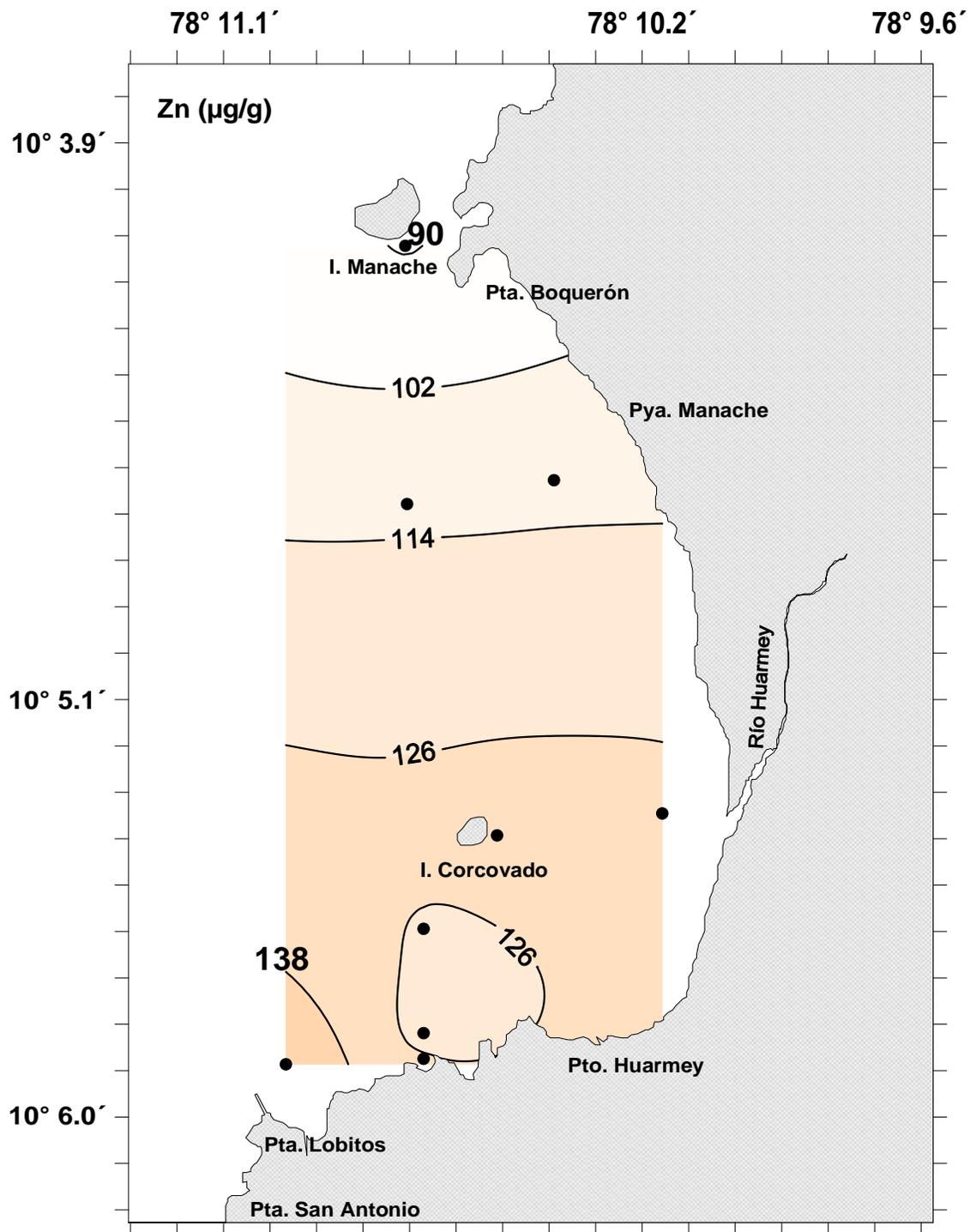


Figura 14.- Distribución horizontal de cinc total en el sedimento superficial.

Bahía de Huarmey, periodo 2006 al 2012.

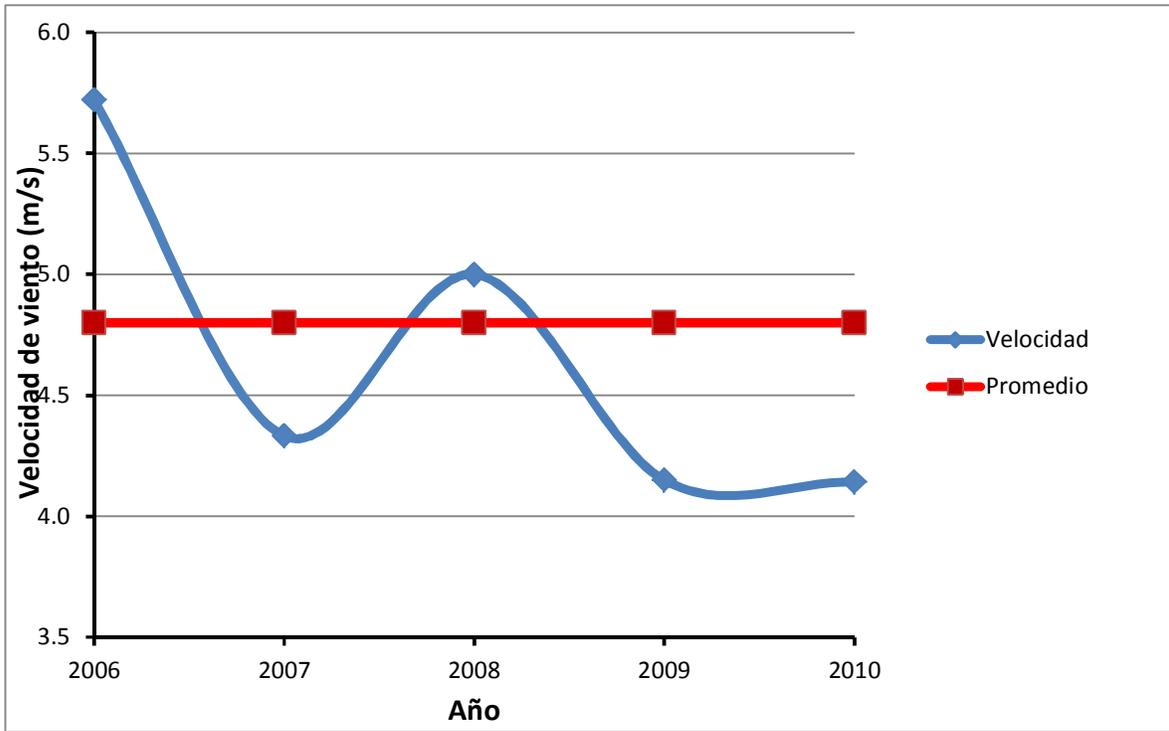


Figura 15.- Velocidad del viento promedio, periodo 2006 al 2010.

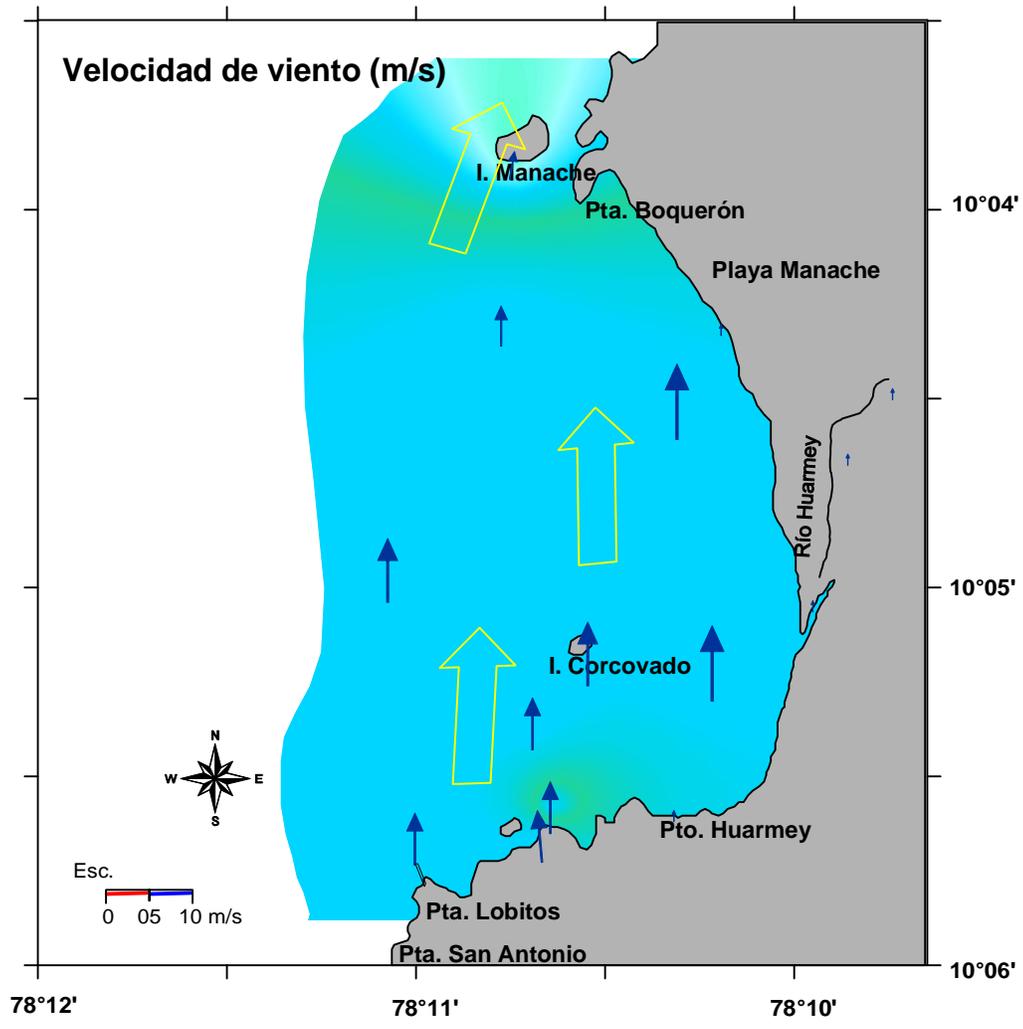


Figura 16.- Velocidad del viento, abril 2006.

Fuente: IMARPE-DGIOCC.

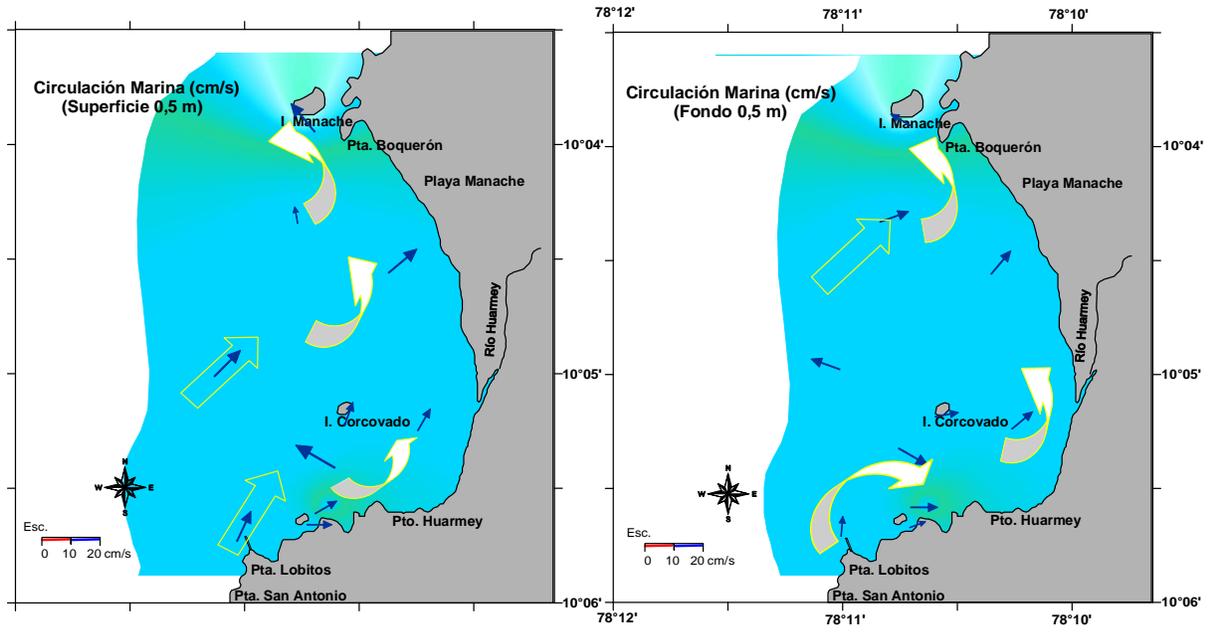


Figura 17.- Circulación marina, abril 2006.

Fuente: IMARPE-DGIOCC.

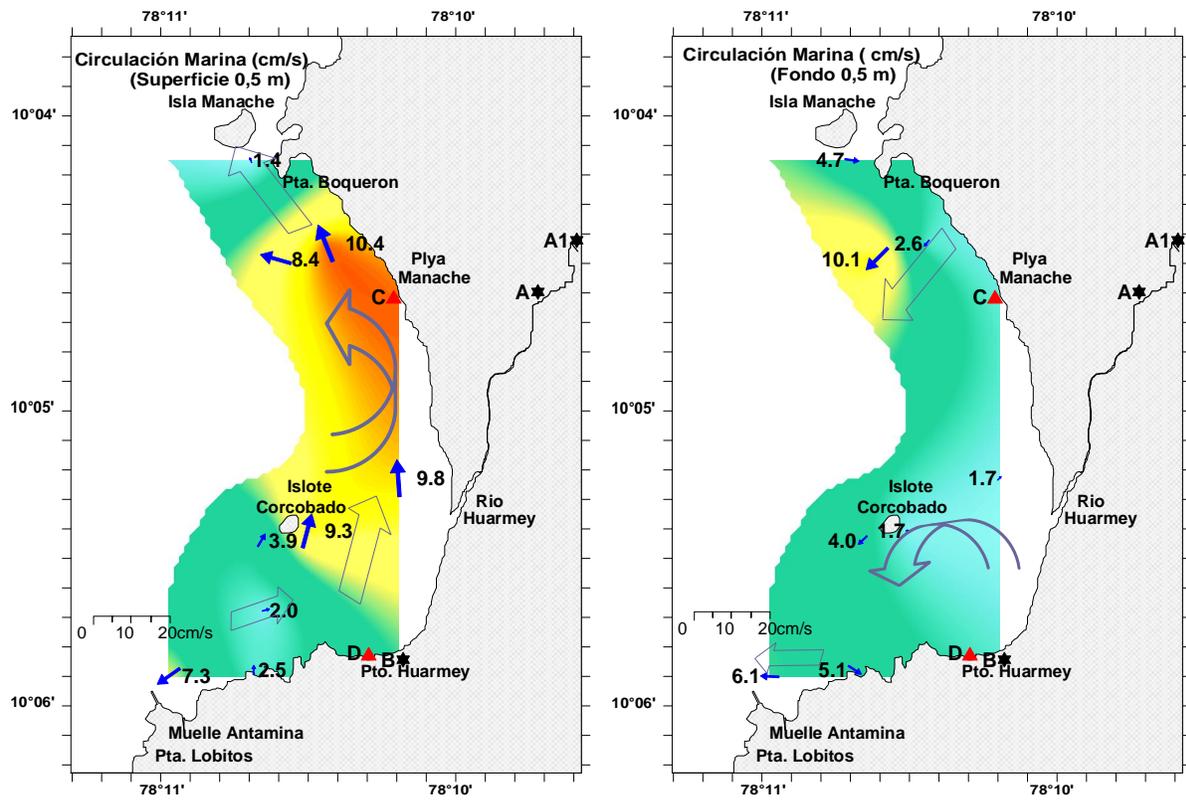


Figura 18.- Circulación marina, diciembre 2009.

Fuente: IMARPE-DGIOCC.

- Conocer la concentración de cobre total en los organismos bentónicos permitió encontrar el bioindicador natural de cobre total que permitió plantear una norma para organismos bentónicos en bahías con características similares a la de Huarmey .

Los histogramas de concentración de los organismos bentónicos (figuras 19, 20 y 21) con la regresión lineal múltiple encontrada sustentan la afirmación.

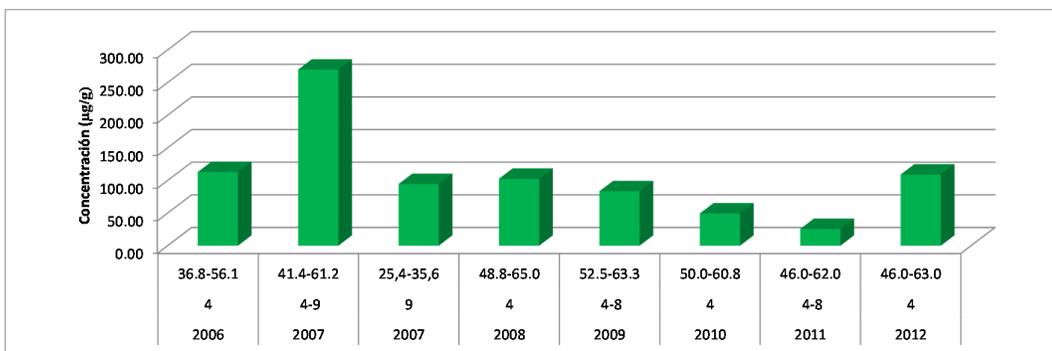


Figura 19.- Concentración media de cobre total en el caracol negro

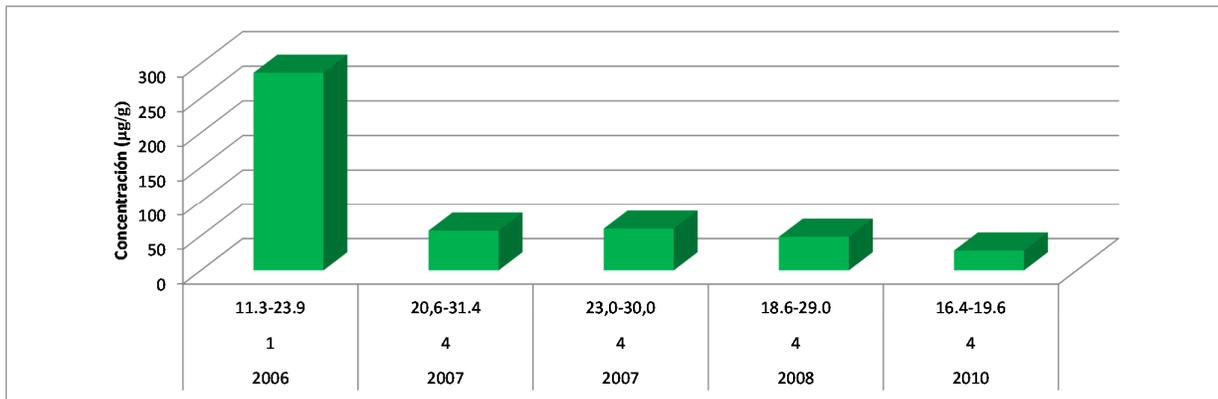


Figura 20.- Concentración media de cobre total en el caracol turbante

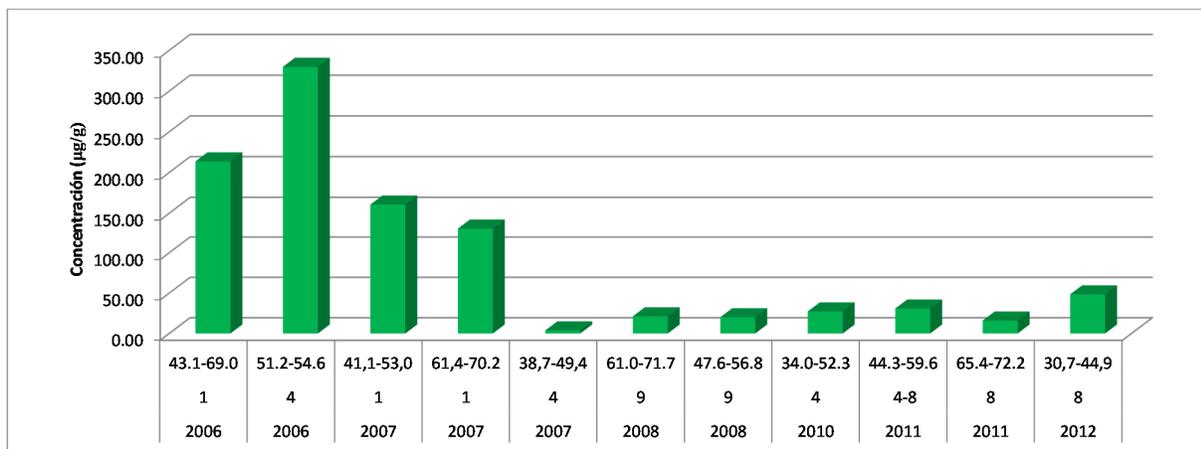


Figura 21.- Concentración media de cobre total en la lapa

- Conocer la forma como se realiza el embarque de concentrado en punta Lobitos extraído de las minas permitió saber si se realiza con las debidas previsiones técnicas.

Las fotos, video y actas suministradas por el Comité de Monitoreo Vigilancia y Fiscalización Ambiental de Huarmey (CMVFAH) contrastan la hipótesis.

- Conocer si la vigilancia portuaria se desempeña con eficacia su rol de control en los embarques del cobre para la exportación.

Las fotos de años consecutivos, encuestas y actas (junio 2007-anexo) respaldan la hipótesis.

Se analizó la concentración de cobre total en los organismos bentónicos en relación a las variables independientes e intervinientes como: concentración de cobre total en agua, concentración de cobre total en sedimento superficial, concentración de solidos suspendidos en agua, velocidad de viento, materia orgánica total en sedimento marino y río, cobre total en agua y sedimento del río Huarmey.

Se utilizó correlación bivariada a fin de establecer una relación entre la variable dependiente con las independientes especialmente con el sedimento de mar y del río Huarmey.

4.3. Análisis e interpretación de resultados

A fin de analizar el estado de la bahía en función de la concentración de cobre, cadmio, plomo y cinc total en sedimentos superficiales se introdujo toda la información de las épocas de verano y primavera en el SPSS versión 20. Se consideró al sedimento superficial, ya que es la matriz que soporta y almacena en el espacio y tiempo las acciones naturales y antrópicas que se suscitan en la bahía, incluida la información adicional de materia orgánica total (MOT) (figuras 22, 23, 24 y 25).

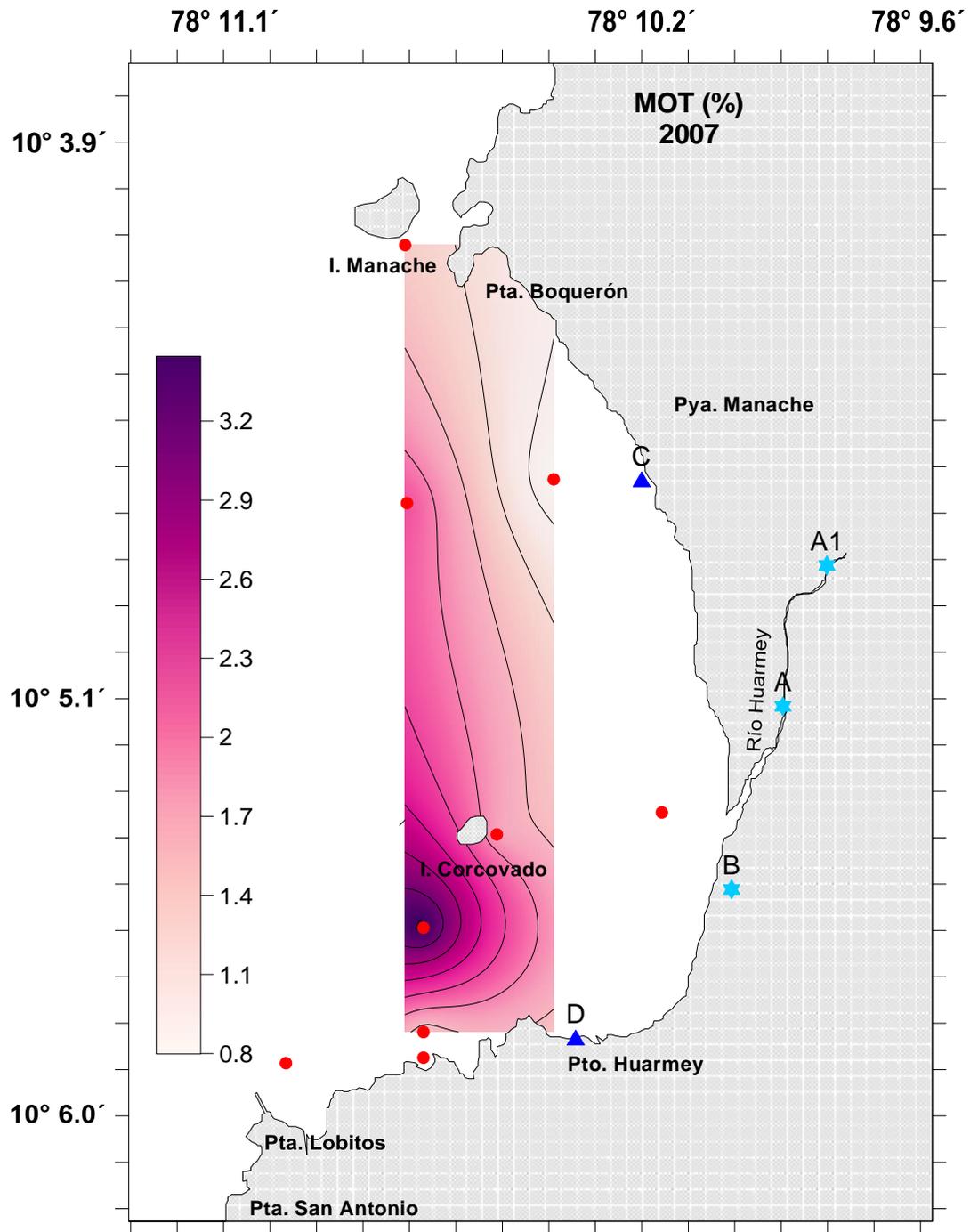


Figura 22.- Distribución horizontal de materia orgánica total, 2007.

Fuente: IMARPE-LABORATORIO COSTERO DE CHIMBOTE.

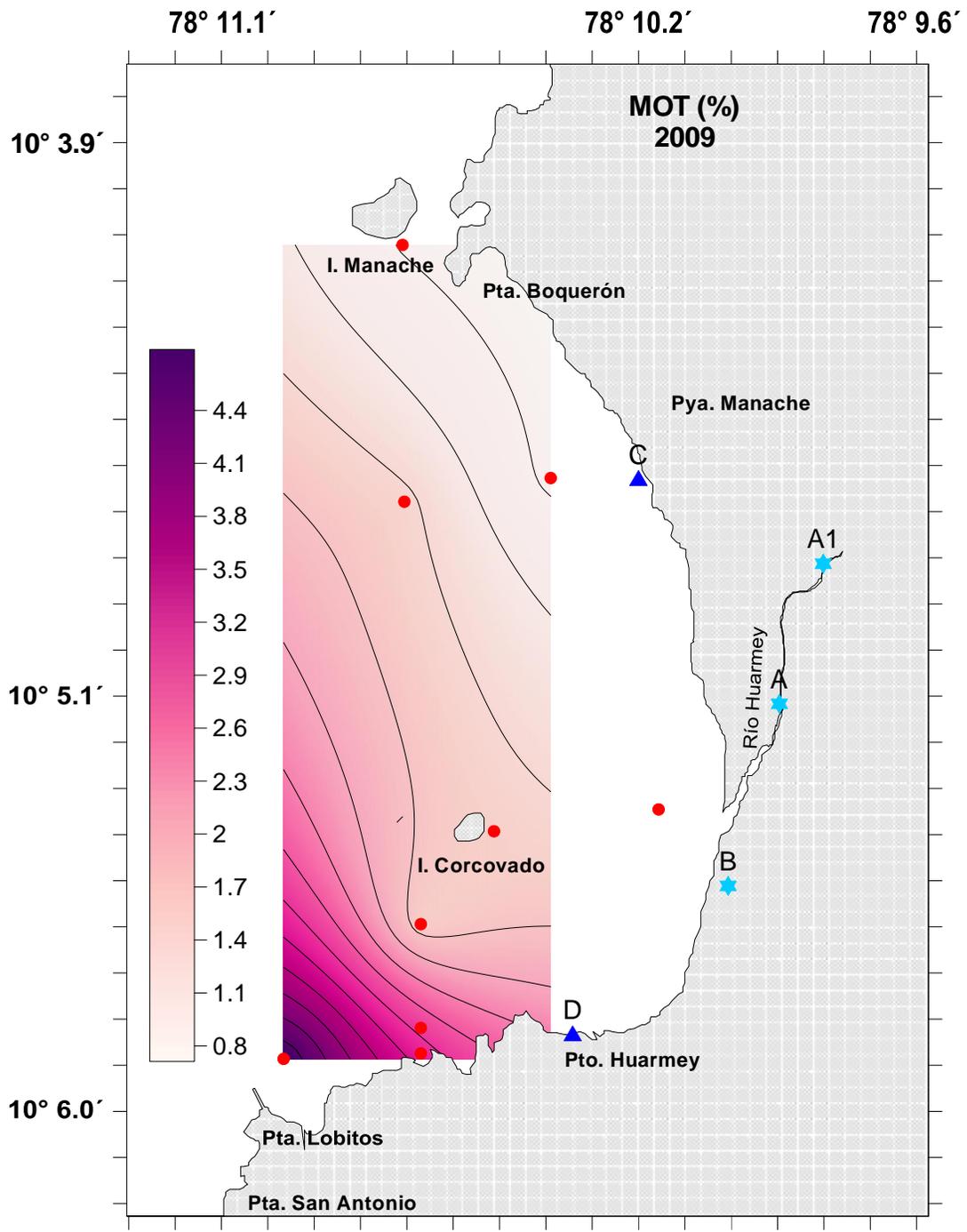


Figura 23.- Distribución horizontal de materia orgánica total, 2009.

Fuente: IMARPE-LABORATORIO COSTERO DE CHIMBOTE.

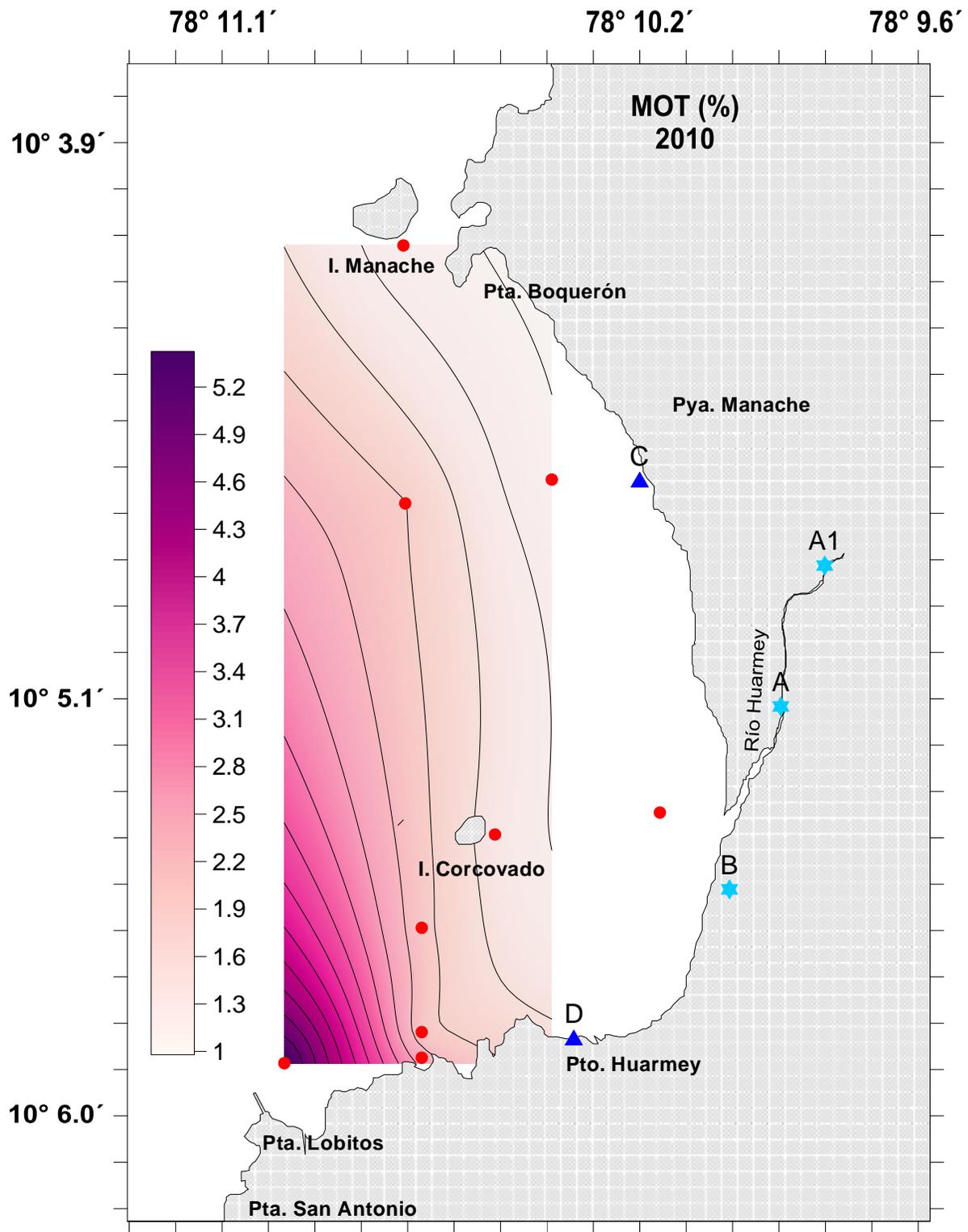


Figura 24.- Distribución horizontal de materia orgánica total, 2010.

Fuente: IMARPE-LABORATORIO COSTERO DE CHIMBOTE.

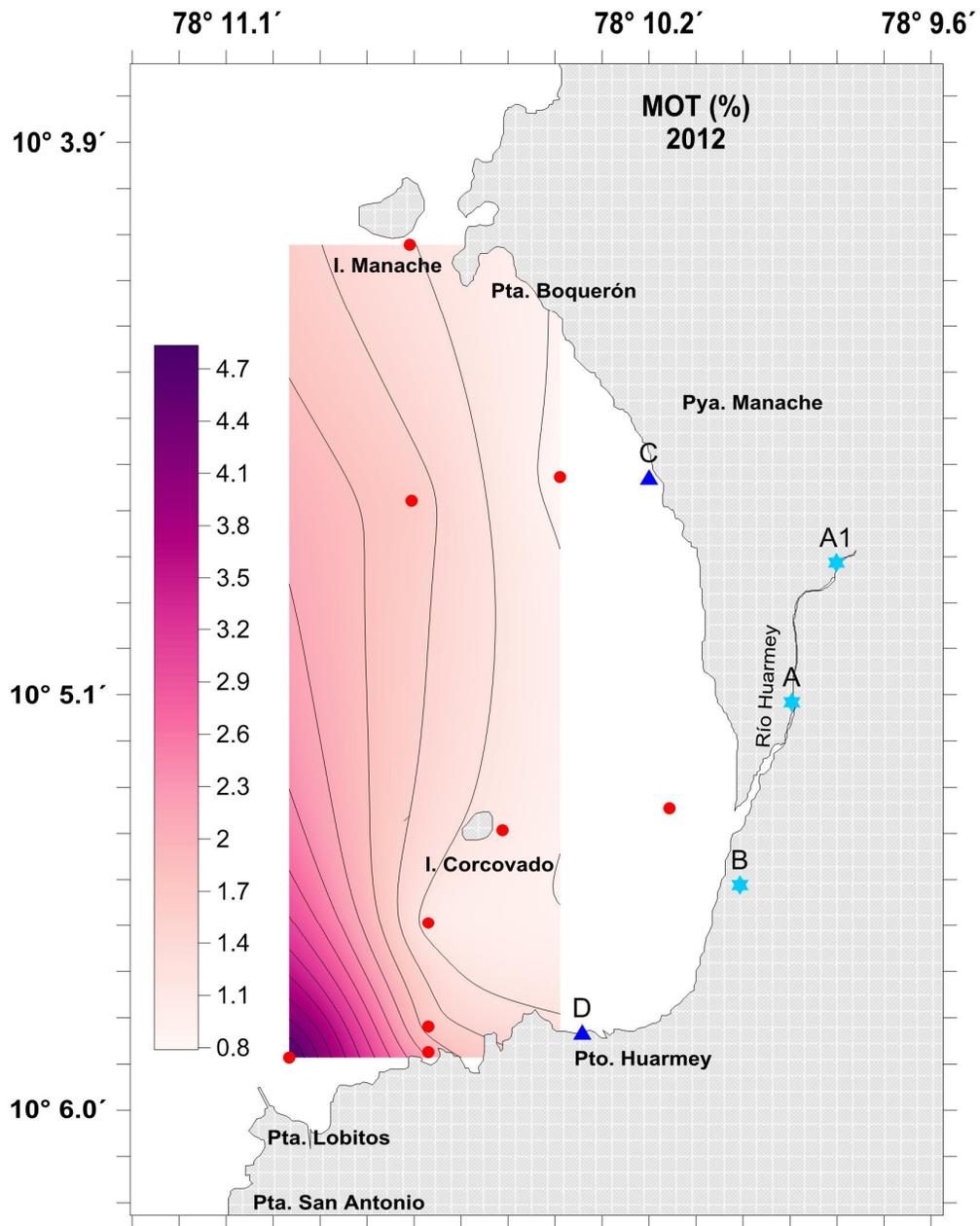


Figura 25.- Distribución horizontal de materia orgánica total, 2012.

Fuente: IMARPE-LABORATORIO COSTERO DE CHIMBOTE.

A la información de sedimentos marinos superficiales se le realizó un análisis de componentes principales, clúster a los 4 elementos (cobre, cadmio, plomo y cinc total) en el periodo de estudio (figuras 26 y 27).

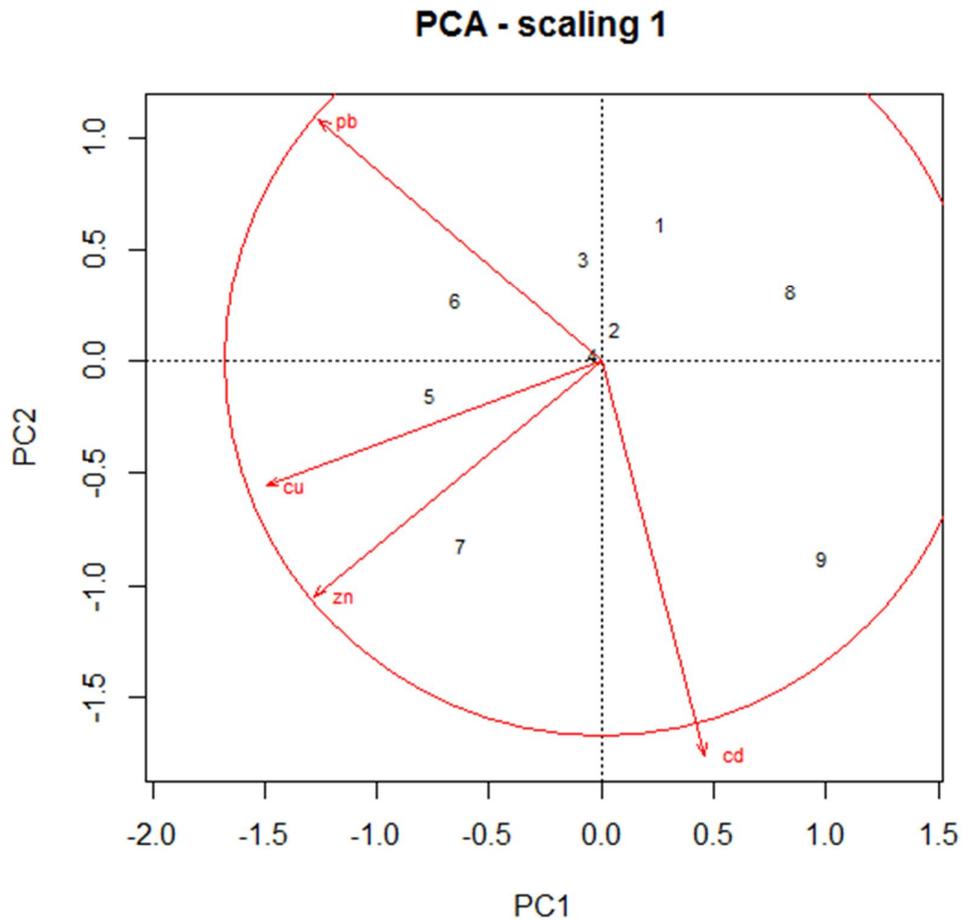


Figura 26.- Análisis de los componentes principales del sedimento superficial.

Bahía de Huarmey, periodo 2006 al 2012.

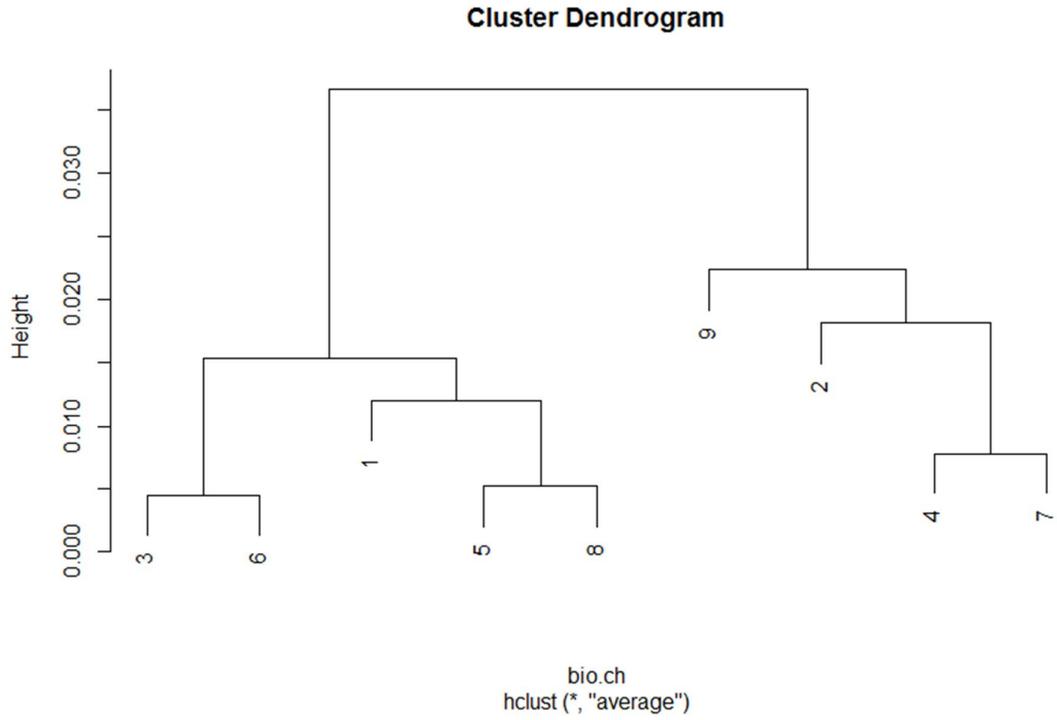


Figura 27.- Dendograma. Bahía de Huarmey,
 periodo 2006 al 2012.

Del resultado se obtuvieron dos situaciones, una en verano y otra en primavera (figuras 28 y 29).

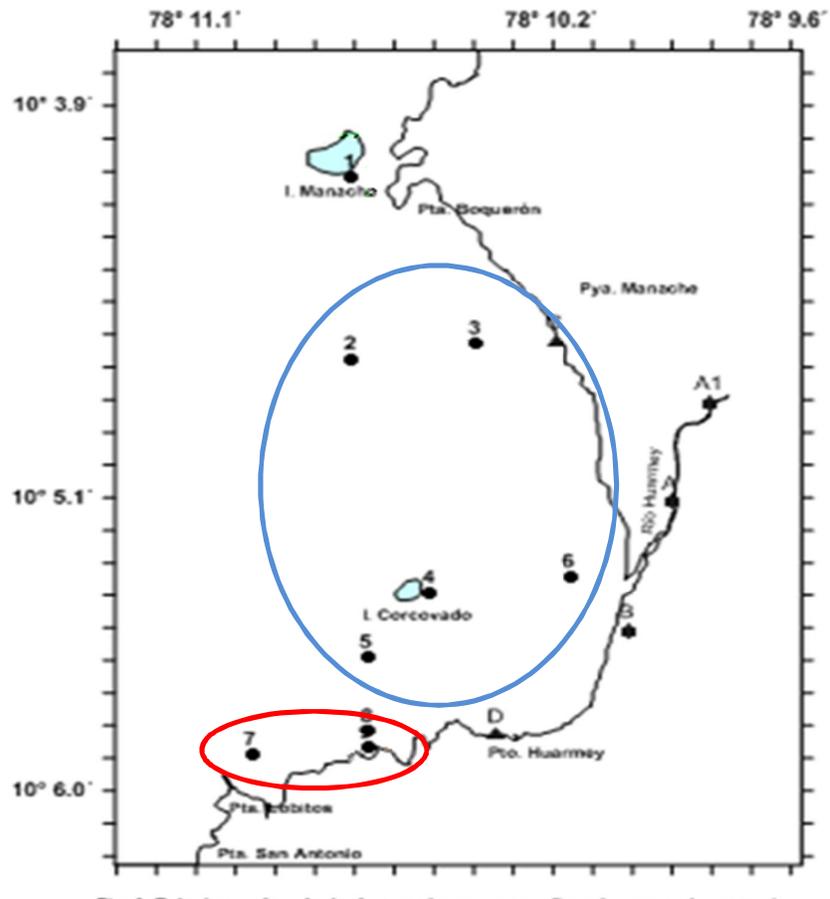


Figura 28.- Sectorización en verano. Bahía de Huarmey,

periodo 2006 al 2012.

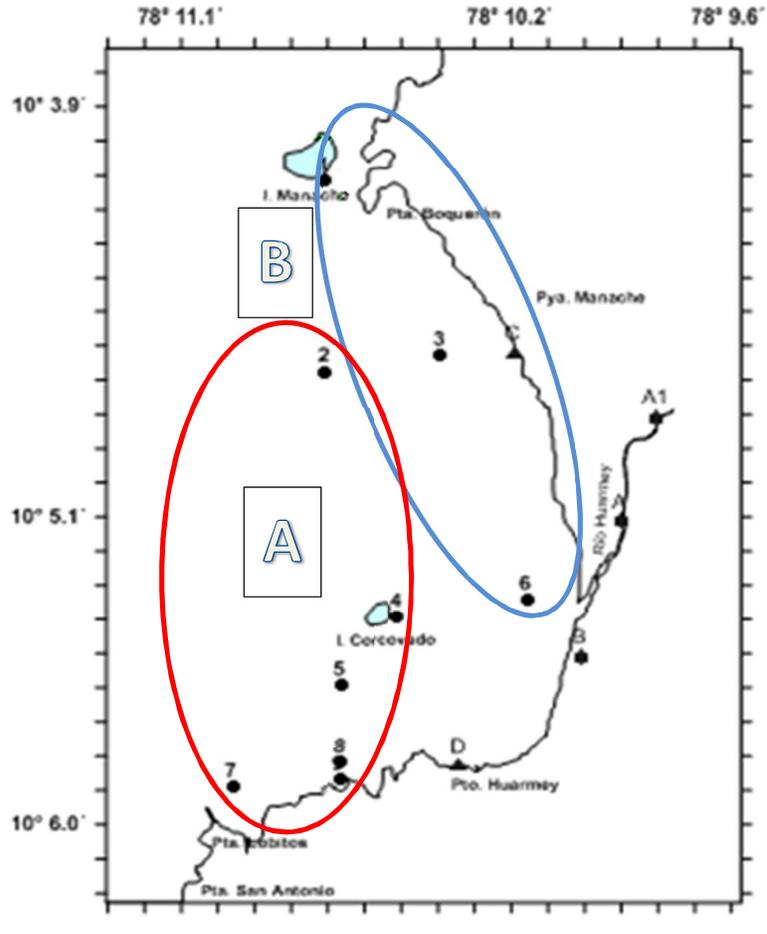


Figura 29.- Área de estudio en primavera, dividido en sectores.

Bahía de Huarmey, periodo 2006 al 2012.

Se eligió para el estudio la época de primavera para lo cual nos basamos en el resultado de la distribución horizontal de metales en sedimentos superficiales, materia orgánica total en sedimentos realizada con Surfer 9, la información del río Huarmey referida a su caudal medio histórico expresado en m^3/s (figura 30) (UNASAM, 2012). También se analizaron los datos en épocas de estiaje y avenida de la cuenca alta de río Aija-Huarmey (tablas 4 y 5) (UNASAM, 2012).

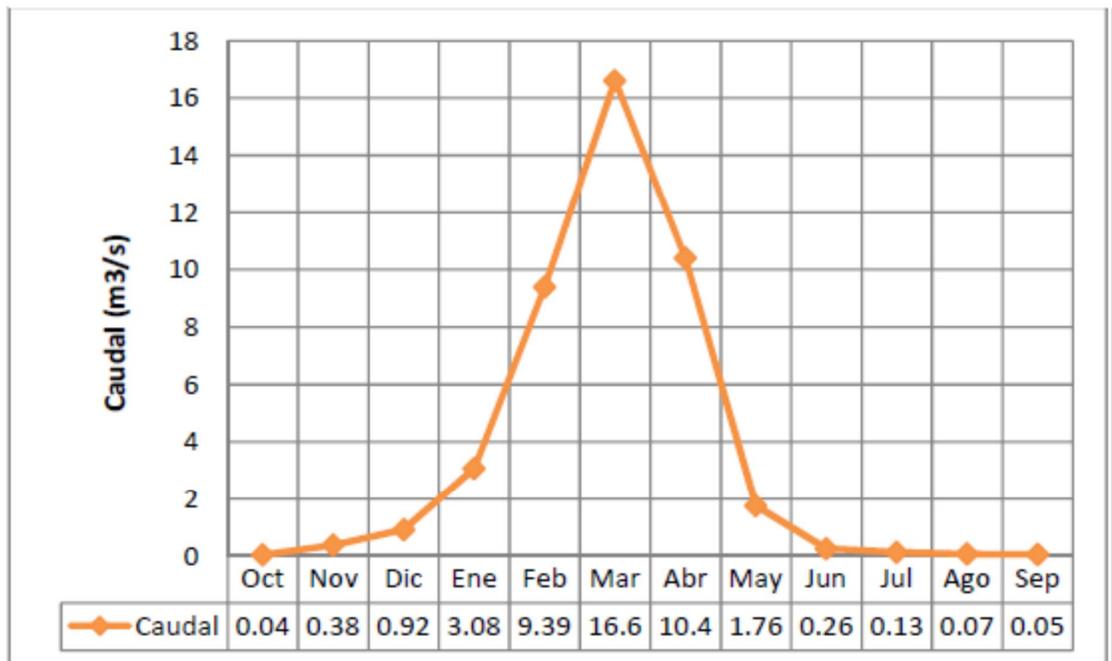


Figura 30.- Caudales medios mensuales. Río Huarmey

(Tomado de UNASAM, 2012)

Para fines de análisis e interpretación de la información en la época de primavera se dividió en dos sectores (figura 29). En el sector A se tiene a la isla Corcovado (figuras 31 y 32) e isla Blanca, también se encuentra el ducto y muelle de embarque de mineral (figura 33) y las estaciones: 2, 4, 5, 7, 8 y 9 que aporta información de cobre total en agua y sedimento marino. Con respecto al sector B se tiene a la isla Manache y las estaciones: 1, 3 y 6. Ambos sectores se encuentran influenciados en la época de verano por el caudal del río Huarney, donde se alcanza valores máximos, la actividad intermitente de las plantas pesqueras (figura 34) y la dinámica marina de la bahía.



Figura 31.- Isla Corcovado, lugar de extracción de organismos bentónicos.

Punta Lobitos-Huarney



Figura 32.- Captura de moluscos y crustáceos. Bahía de Huarmey,
periodo 2006 al 2012.



Figura 33.- Brazo mecánico y muelle para el embarque de concentrado. Punta Lobitos-Huarmey.



Figura 34.- Fábricas pesqueras en plena actividad.

A fin de someter a contraste la hipótesis específica: probablemente conocer el contenido de cobre en organismos bentónicos ayudará a saber qué organismo bioacumula en mayor cantidad este metal (tabla 7). Para esto se realizó una asociación entre una variable cuantitativa y una categórica (comparación de la concentración media de cobre total en organismos bentónicos entre dos o más grupos independientes).

Tabla 7.- Organismos bentónicos sometidos a contraste con la prueba no paramétrica de

Kruskal Wallis.

Clave	Nombre Científico
A	<i>Argopecten purpuratus</i>
B	<i>Cancer setosus</i>
C	<i>Fisurella crassa</i>
D	<i>Platyxanthus orbigny</i>
E	<i>Sciaena deliciosa</i>
F	<i>Semimytilus algosus</i>
G	<i>Stramonita chocolata</i>
H	<i>Tegula atra</i>

Los test no paramétricos de comparación múltiple de Kruskal-Wallis y el respectivo diagrama de caja y bigote (figura 35) mostraron que el caracol negro es significativamente diferente ($p < 0,05$) del ñchoritoö *Semimytilus algosus* (Gould, 1850) y ñlornaö *Sciaena deliciosa* (Tschudi) por lo que la hipótesis planteada es verdadera.

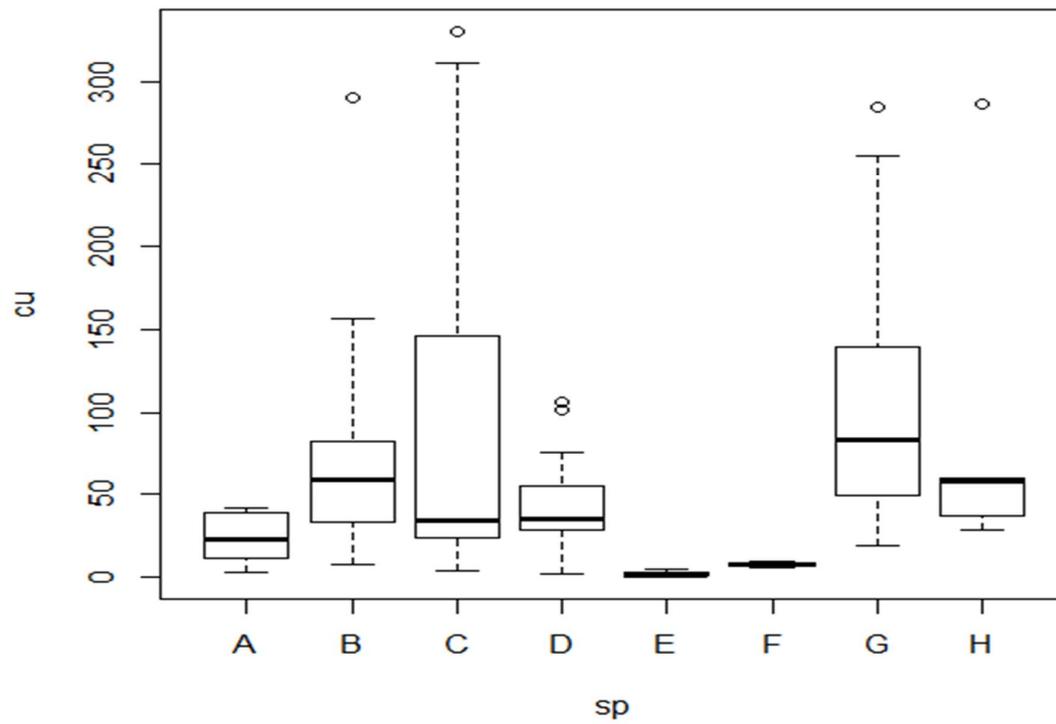


Figura 35.- Diagrama de caja y bigote; compara la media de cobre con organismos bentónicos

Fuente: Elaboración propia con datos del SPSS 20.

Tomando como base la información de que el caracol negro es significativamente diferente de los otros organismos y habiéndose identificado la hipótesis general basada en la observación, experiencia, intuición y formulada como: la acción antrópica y natural en la bahía de Huarmey determina el elevado contenido de cobre total en los organismos bentónicos de la isla Corcovado e isla Blanca.

Esta hipótesis se sometió a verificación utilizando la concentración media bioacumulada por el caracol negro y las concentraciones medias de las variables cuantitativas del sector A (figura 29).

Se aplicó el análisis de regresión lineal, en ocasiones regresión simple (una variable independiente) y en otras ocasiones múltiple a fin de encontrar una relación entre la concentración media de cobre en el caracol negro con la concentración media de cobre en el sedimento superficial en el periodo investigado. Se utilizó la correlación de Spearman debido a que los datos no están normalmente distribuidos y la exploración es entre medias (figura 36). Con esta regresión lineal se observa una relación positiva pero el test de correlación no paramétrico de Spearman no es significativo; debido a esto la hipótesis sería parcialmente verdadera ($R=0,33$).

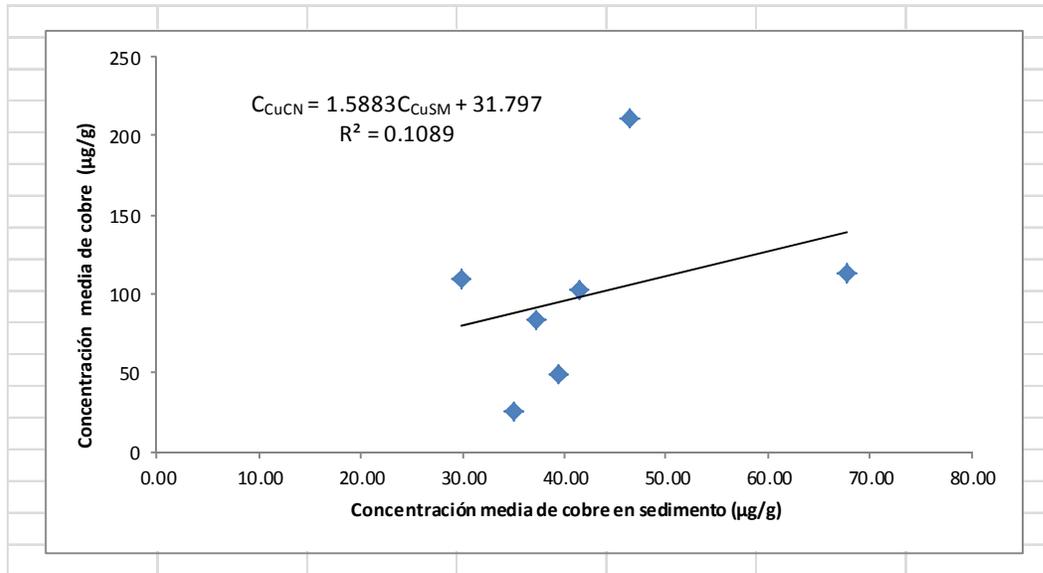


Figura 36.- Relación entre la concentración media de cobre total del Caracol negro vs. sedimento marino

Tomando como base la información obtenida se aplicó la regresión múltiple con la finalidad de que los coeficientes de regresión estandarizados permitieran valorar la importancia relativa de cada variable independiente dentro de la ecuación. Las variables independientes de periodo 2006 al 2010 en las que se cuenta con valores medios de cobre en sedimento y agua de río se relacionaron con la variable dependiente cobre total en el caracol negro.

Al aplicar la regresión múltiple se utilizó más de una variable independiente y debido a esto se ubicó un hiperplano en un espacio multidimensional. Al incluir la variable independiente concentración media de cobre total en sedimento de río se crea en el espacio tres dimensiones y la gráfica se complica y si se incluye una variable independiente como la

concentración media de cobre total en agua de río se complica más aún. Debido a esto es más práctico aplicar ecuaciones del modelo de regresión lineal de la forma:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \epsilon \quad (2)$$

En un modelo de estas características, la variable dependiente (Y) se interpreta como una combinación lineal de un conjunto de K variables independientes (X_k), cada una de las cuales va acompañada de un coeficiente (β_k) que indica el peso relativo de esa variable en la ecuación.

El modelo, incluye además una constante (β_0) y un componente aleatorio (los residuos: ϵ) que recoge todo lo que las variables independientes no son capaces de explicar.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La acumulación de cobre total en organismos bentónicos se da debido a su baja locomoción e influenciada por las acciones naturales y antrópicas que se suscitan en el entorno donde habitan. La complejidad para direccionar qué factores son los determinantes es lo que se analizó en el presente trabajo con base en la información cuantitativa, cualitativa y diversas variables intervinientes como el embarque de concentrado, plantas pesqueras, dinámica marina, caudal de río y pasivos mineros.

Otro de los factores que se debe asociar es el hábitat del organismo, por ejemplo la literatura menciona que la lapa es una especie que habita en las rocas expuestas al oleaje al nivel de las bajas mareas (Osorio et al., 1979). También se reporta que los caracoles de mar en general respiran por las branquias y poseen un pie ventral muy desarrollado que les permite la locomoción por deslizamiento.

Asimismo, la presencia o abundancia relativa de una especie en un lugar determinado depende de la disponibilidad de nichos, lo que a su vez está definido por las condiciones físicas del ambiente, adaptabilidad fisiológica de los organismos, rangos de tolerancia e interacciones tróficas y competitivas (Bernard *et al.*, 1991).

El presente trabajo se centró en la bioacumulación de cobre total en moluscos, crustáceos y bivalvos, específicamente en el músculo dorsal, quelas y cuerpo total, respectivamente. La bioacumulación de cobre total en los moluscos como el caracol negro, el caracol turbante y la lapa son elevadas (figuras 19, 20 y 21). En el caracol negro la bioacumulación de cobre total es mayor en tejido muscular que en las vísceras (Jacinto y Aguilar, 2007).

Un gráfico de barras de la concentración de cobre total en quelas de los crustáceos muestra valores inferiores a 140 g/g (figuras 37 y 38).

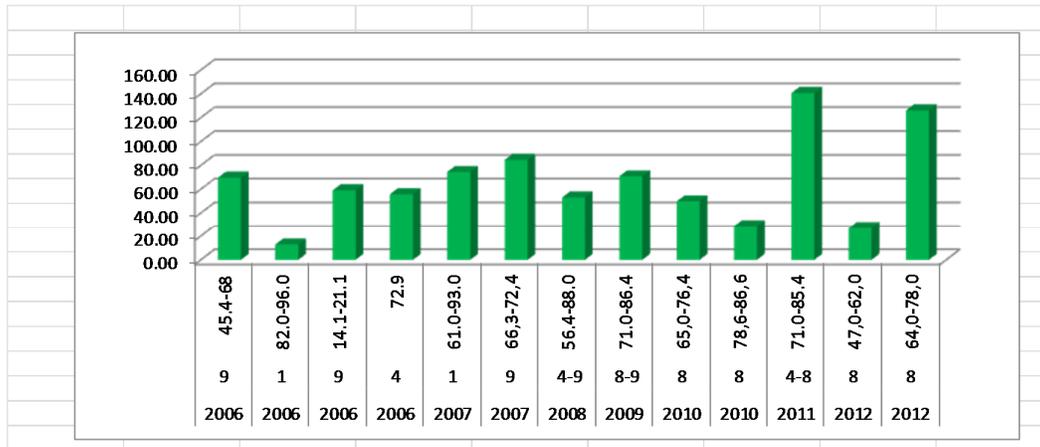


Figura 37.- Concentración de cobre total en el cangrejo peludo

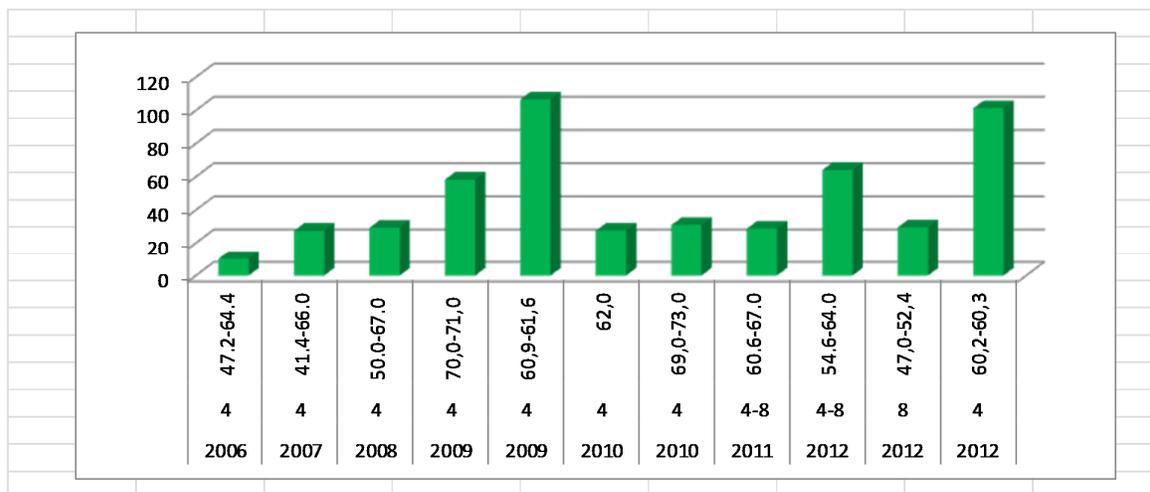


Figura 38.- Concentración de cobre total en el cangrejo violáceo

La prueba de comparación múltiple de Kruskal-Wallis permitió elegir al caracol negro como un organismo bioindicador de cobre total, ya que durante todo el periodo de

estudio apareció, a diferencia de los demás organismos, en especial el caracol turbante, y de esta manera facilitó para realizar un análisis de la bioacumulación de cobre total y su dependencia con otras variables cuantitativas.

La aparición de un organismo en condiciones adversas permite considerar a éste como un organismo centinela de cobre total. Los estudios realizados en Estados Unidos con organismos similares al caracol negro (*Stramonita chocolata*) sometido a una prueba de oxígeno (hipoxia-anoxia) indican que la *Stramonita haemastoma* murió luego de 11 días en anoxia total (Das y Stickle, 1993).

A fin de establecer la propuesta de norma referido a la concentración de cobre total en los organismos bentónicos, se tomó la concentración media de cobre total en el caracol negro y se relacionó con las concentraciones medias de cobre en sedimento marino y la concentración media de cobre en sedimento de río (cuenca baja). Con el SPSS versión 20 para el periodo 2006 al 2010 se obtuvo un primer modelo de regresión múltiple cuya bondad de ajuste se muestra en la tabla 8.

Tabla 8.- Regresión múltiple de cobre total con sedimento marino y de río,
periodo 2006 al 2010

Modelo	R	R ²	R ² corregida	Error típico de la estimación
2 variables	0.913	0.834	0.669	34.88667

Fuente: Elaboración propia con datos del SPSS 20.

El resumen del modelo se refiere básicamente a la calidad del modelo de regresión tomando dos variables independientes incluidas en el análisis. Estas variables explican un 66,9% de la varianza de la variable concentración media del caracol negro (variable dependiente).

La ecuación de regresión múltiple con un $F=5,040$ y $Sig. =0,166$ (tablas 9 y 10) es la siguiente:

$$C_{CuCN} = 91,209 - 3,907C_{CuSM} + 4,515C_{CuSR} + \dots (3)$$

$$(R^2 = 0,834)$$

El análisis de significancia (tabla 10) por variable independiente entre C_{CuSM} y C_{CuSR} permite afirmar que la concentración de cobre en el sedimento de río (C_{CuSR}) es la que se relaciona más con la concentración de cobre en el caracol negro (C_{CuCN}) al tener menor valor de significancia.

Tabla 9.- Análisis de varianza de cobre total con sedimento marino y de río,

periodo 2006 al 2010

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
2 variables	Regresión	12268.777	2	6134.388	5.040	0.166
	Residual	2434.159	2	1217.080		
	Total	14702.936	4			

Fuente: Elaboración propia con datos del SPSS 20.

Tabla 10.- Coeficientes de la ecuación de regresión múltiple con dos variables,
 periodo 2006 al 2010

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
		B	Error típico	Beta		
2 variables	(Constante)	91.209	68.294		1.336	0.313
	Concentración media de cobre en el sedimento de río.	4.515	1.480	1.369	3.052	0.093
	Concentración media de cobre en el sedimento marino.	-3.907	2.196	-0.798	-1.779	0.217

Fuente: Elaboración propia con datos del SPSS 20.

Este modelo mejoró al comparar con la regresión lineal inicial planteada en el periodo 2006 al 2012 entre la concentración de cobre en el caracol negro (C_{CuCN}) y la concentración de cobre en el sedimento marino (C_{CuSM}) cuyo $R^2 = 0,1089$.

De lo anterior, se puede afirmar que la concentración media de cobre en el caracol negro (CN) se relaciona con los sedimentos de mar y de río. Los sedimentos en general muestran lo acumulado por la acción natural y antrópica. Con respecto a los elementos traza de origen natural (geogénico) estos proceden de la roca madre, de la actividad volcánica o de la lixiviación de mineralizaciones (Galán y Romero, 2008).

La relación lineal múltiple con la variable independiente adicional como concentración de cobre en el agua de río (C_{CuAR}) ecuación (4) generó un $R^2 = 0,997$ y la siguiente ecuación de regresión múltiple con un $F=96,983$ y $Sig. =0,074$ (tablas 11, 12 y 13):

$$C_{CuCN} = 232,2 - 4,973C_{CuSM} + 9,851C_{CuAR} + 5,852C_{CuSR} + \epsilon_3 \quad (4)$$

$$(R^2 = 0,997)$$

Los términos ϵ_2 y ϵ_3 de las ecuaciones (3) y (4) mostradas por el SPSS 20 son componentes aleatorios (residuos) que recogen todo lo que las variables independientes no son capaces de explicar.

Tabla 11.- Regresión múltiple de cobre total con sedimento marino, sedimento de río y agua de río, periodo 2006 al 2010

Modelo	R	R ²	R ² corregida	Error típico de la estimación
3 variables	0.998	0.997	0.986	34.88667

Fuente: Elaboración propia con datos del SPSS 20.

Tabla 12.- Análisis de varianza de cobre total con sedimento marino, sedimento de río y agua de río, periodo 2006 al 2010

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
3 variables	Regresión	14652.575	3	4884.192	96.983	0.074
	Residual	50.361	1	50.361		
	Total	14702.936	4			

Fuente: Elaboración propia con datos del SPSS 20.

Tabla 13.- Coeficientes de la ecuación de regresión múltiple con tres variables independientes, periodo 2006 al 2010

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
		B	Error típico	Beta		
3 variables	(Constante)	232.200	24.758		9.379	0.068
	Concentración media de cobre en el sed de río.	5.852	0.358	1.775	16.335	0.039
	Concentración media de cobre en el sedimento marino	-4.973	0.473	-1.016	-10.519	0.060
	Concentración media de cobre en el agua de río	-9.851	1.432	-0.488	-6.880	0.092

Fuente: Elaboración propia con datos del SPSS 20.

Los coeficientes beta, están basados en puntuaciones típicas y son comparables directamente entre sí. Estos coeficientes beta proporcionan una pista muy útil sobre la importancia relativa de cada variable independiente en la ecuación de regresión. En general, una variable tiene tanto más peso (importancia) en la ecuación de regresión cuanto mayor (en valor absoluto) sea su beta.

El beta de mayor valor absoluto es ligado al coeficiente estandarizado ligado a la concentración media de cobre total en el sedimento de río, en segundo lugar es la concentración media de cobre en el sedimento marino y finalmente la concentración media de cobre en el agua de río.

En general, la movilidad de los metales pesados es muy baja y quedan acumulados en los primeros centímetros del suelo o sedimento marino. Los parámetros geodáficos como: pH, textura y materia orgánica llegan a ser esenciales para valorar la sensibilidad de los suelos a la agresión de los contaminantes (Galán y Romero, 2008).

La distribución horizontal de la materia orgánica total (MOT) expresada en porcentaje asociada a los metales traza, reacciona con los metales y forman complejos de cambio o quelatos.

La adsorción química puede ser tan fuerte que quedan estabilizados, como en el caso del cobre, o forman quelatos también muy estables, como puede pasar con el plomo y cinc. En muchos casos se forman complejos organometálicos, lo que facilita la solubilidad del metal, la disponibilidad y dispersión porque pueden degradarse por los organismos del suelo (Galán y Romero, 2008).

Otro parámetro esencial es la salinidad, pues el aumento de la salinidad incrementa la movilización de metales y su retención por dos mecanismos. Primeramente, los cationes Na y K pueden reemplazar a los metales pesados en lugares de intercambio catiónico. En una

segunda fase, los aniones cloruro y sulfato pueden formar compuestos más estables con metales, como el Pb, Zn, Cu, Cd y Hg.

En la cuenca alta Aija-Huarmey (figura 39 y 40) se encuentran dos pasivos mineros referido a la minas Hércules y Huinac (tabla 14) en la época de estiaje se dan las mayores concentraciones de cobre total en el sedimento E-SD-01 (122,41 mg/kg) en contraste con el verano (101,80 mg/kg) (tablas 4 y 5).

La literatura indica que la explotación y extracción de metales produce anualmente millones de toneladas de residuos, la mayoría con pirita y otros sulfuros, cuya oxidación libera grandes cantidades de metales pesados al ambiente y en particular a los suelos (Galán y Romero, 2008). En la cuenca alta Aija-Huarmey se ha otorgado certificación a 9 mineras (tabla 15) pero también existen pasivos mineros con significancia como la minera Hércules (figuras 40, 41 y 42).

La distancia estimada de la minera Hércules hacia el río Huarmey es de aproximadamente 8 Km en contraste con el de la minera Huinac cuya distancia aproximada hacia el río es de 15 Km (tabla 14).

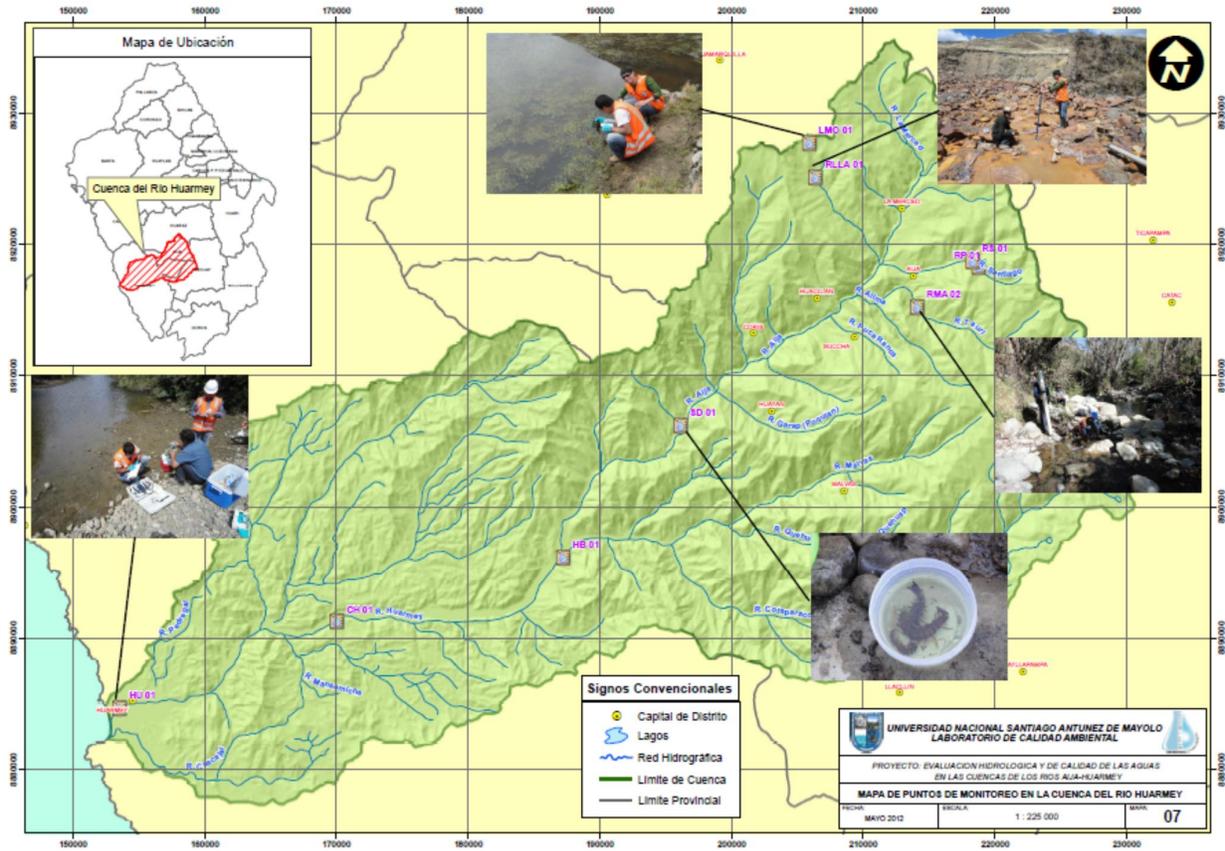


Figura 39.- Ubicación de las estaciones de muestreo de la cuenca alta Aija-Huaramey.

(Tomado de UNASAM, 2012)

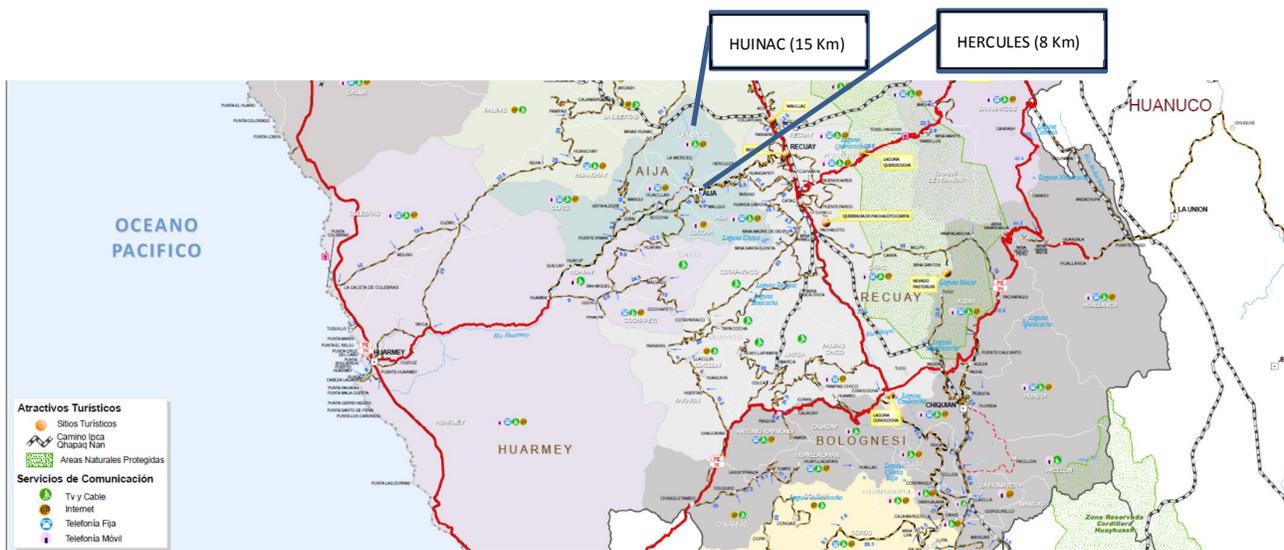


Figura 40.- Ubicación de los dos pasivos mineros con mayor significancia. Cuenca alta Aija-Huarmey.

(Tomado de UNASAM, 2012)

Tabla 14.- Detalles de ubicación de pasivos mineros con un grado significativo

Mina	Ubicación		Distrito	Altitud m.s.n.m.	Distancia a Huarmey (Km)	Distancia estimada al río Huarmey (Km)
	Norte	Este				
Hercules	8918715	218393	Aija	3898	101.4	8
Huinac	8925085	206445	La Merced	3901	108.8	15

Tabla 15.- Relación de mineras metálicas con certificación ambiental

Titular Minero Formalizado	Productos	Proyecto Minero	Ubicación			Representante Legal	Calificación
			Localidad	Distrito	Provincia		
Corporación de Servicios del Sur SRL	Plata, Plomo, Zinc y Cobre	Explotación de Minerales Polimetálicos en la Concesión Minera Miguelon	Paraje Putaca	Aija	Aija	Kenny Aly Alvarado Villaverde	No tiene
S.M.R.L. SEÑOR DE LUREN RGAN N°2 DE HUARAZ	Plata, Plomo y Zinc	Proyecto Minero en la Concesión Minera Señor de Luren RGAN N° 2	Paraje Chopijato Mutco Chico Mutco Jirca	Aija	Aija	Luciano de Silva Santisteban Oliver	PPM
Empresa Mining & Construcción Industry S.A.	Oro	Explotación Minera en la Concesión Final del Arco iris		Coris	Aija	Wilfredo Guevara Ocasas	No tiene
MINERA MAZAYO M.R. S.A.C	Ag, Pb, Cu y Zn.	Explotación de minerales polimetálicos de las concesiones mineras Tauro MR y Marcela Marcelina		Eleazar Guzman Barron y San Nicolás	Aija y Huarmey	Mauro Rigoberto Espinoza Aguayo	No tiene
MTZ SAC	Polimetálico	Proyecto Exploración de la Concesión Alpaquita	Paraje de Tucsa Alta	Succha	Aija	Elmer German Rodríguez Morales	PPM
Minera Huinac S.A.C.	Zinc, Plomo, Plata y Cobre	Proyecto Diseminado U.E.A. Admirada Atila	Paraje Huinac	La Merced	Aija	Henry Luis Vizcarra Mayorga	PPM
EMPRESA MINERA ZEUS S.A.C.	Polimetálico	Explotación Minera Zeus Concesión Félix Segundo	Falda de la Quebrada Infiernillo	Aija	Aija	Diana Mariela Depaz Salas	PMA
SALVADOR GLORIA JUAN EDUARDO	Polimetálicos	Explotación Minera UEA J Salvador		Aija/Huarmey	Aija/Huarmey		PPM
Empresa MAPSA EXPLORATION INTERNATIONAL S.A.		Proyecto de exploración minera PHONENIXOS		Culebras	Huarmey		No tiene

PPM: Pequeño Productor Minero.

PMA: Pequeño Productor Artesanal.

Fuente: UNASAM, 2012.



Figura 41.- Pasivos ambientales de la Empresa Minera Hércules en la microcuenca del río Santiago, provincia de Aija.

(Tomado de CMVFAH, 2010)



Figura 42.- Estiaje: efluente de la mina (salida de la mina Hércules)

(Tomado de UNASAM, 2012)



Figura 43.- Avenida: efluente de mina (salida de mina Hércules)

(Tomado de UNASAM, 2012)

En época de lluvia todos los pasivos abandonados son transportados hacia los ríos, como el Santiago (figuras 44 y 45) que finalmente desembocan en el río Huarmey.

El escurrimiento natural del río se origina como consecuencia de las precipitaciones estacionales que ocurren en su cuenca alta. En época de estiaje, durante los meses de Junio a Noviembre, el río Huarmey baja notoriamente su caudal hasta quedar completamente seco.

La severidad de su estiaje se debe a la falta de un elemento regulador en su cuenca alta (UNASAM, 2012).

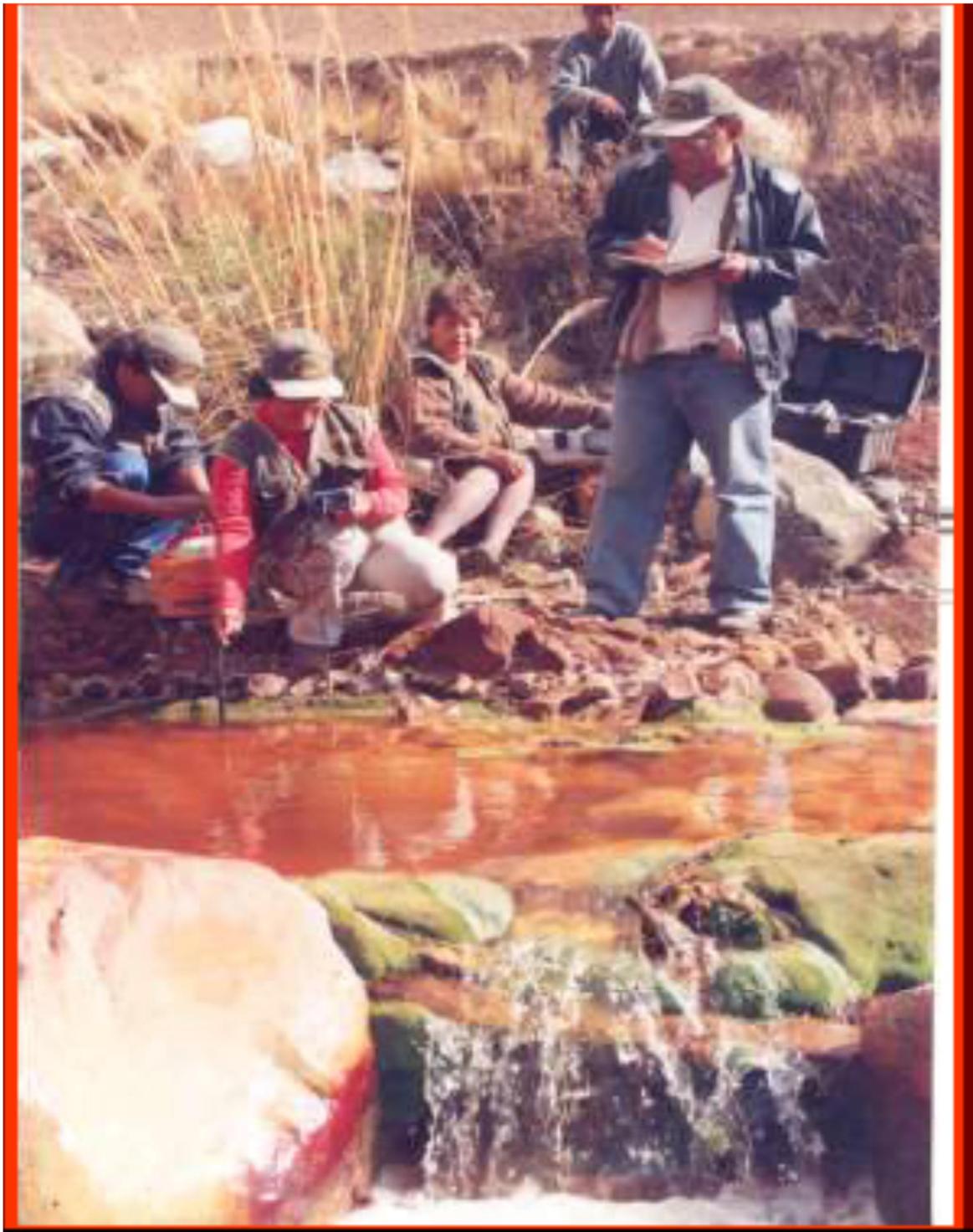


Figura 44.- Estado del río Santiago, cuenca alta de Aija

(Tomado de CMVFAH, 2010)



Figura 45.- Estado del río Santiago, cuenca alta de Aija

(Tomado de CMVFAH, 2010)

Adicional a la actividad minera, existen otras actividades antrópicas industriales como la fábrica de harina y aceite de pescado *Pesquera Austral* (de funcionamiento intermitente) en el puerto Huarmey y la agroindustria orientada a la industrialización de los espárragos, maíz amarillo duro, algodón en rama, papa, tomate, ají pprika, alcachofa, sandia, entre otros.

La producción media anual de espárragos es de 6700 t.

La ecuación de regresión lineal múltiple (4), indica que la variable que decide la bioacumulación en el òcaracol negro es la concentración de cobre total en el sedimento del río. Con las consideraciones de menor significancia, en base a los mayores valores de beta (tabla 13) y las concentraciones medias de cobre total en el sedimento marino (figura 47) y agua de río que no sobrepasaron la normatividad internacional (Long et al, 1995) en el periodo de estudio se tiene la siguiente ecuación:

$$C_{CuCN} = 232,2 + 5,852C_{CuSR} + \dots(5)$$

Los datos de concentraciones medias de cobre total en la cuenca baja del río Huarney (figura 46) permiten utilizar la concentración media de cobre total del 2006 (64,42 µg/g) y al reemplazar en la ecuación (5) se obtiene el valor 609 µg/g de cobre total en el caracol negro que sería lo máximo que se puede permitir en éste organismo bentónico.

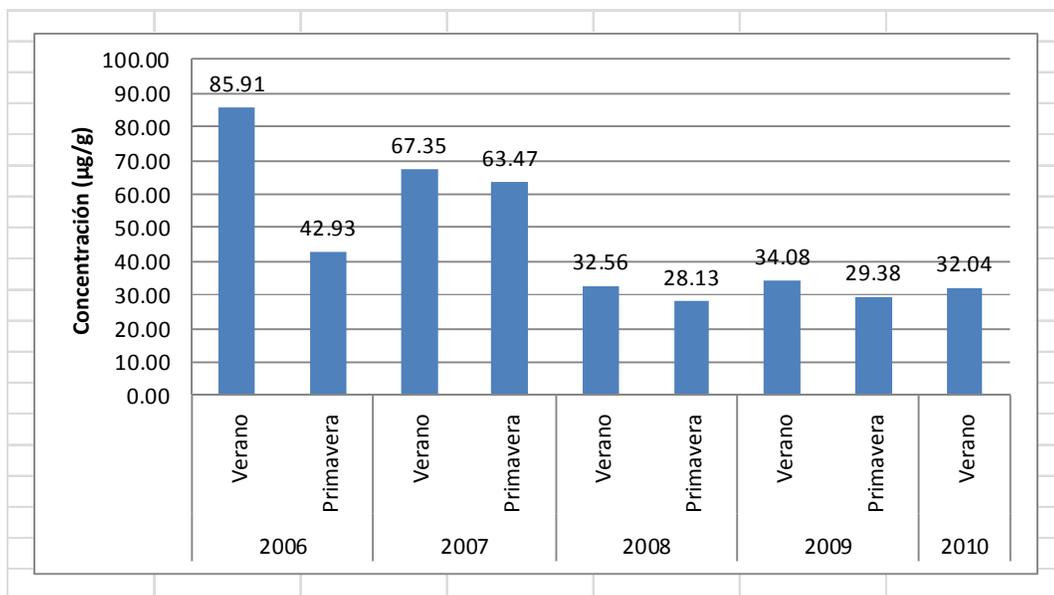


Figura 46.- Concentración media de cobre total en sedimento de río Huarney-cuenca baja

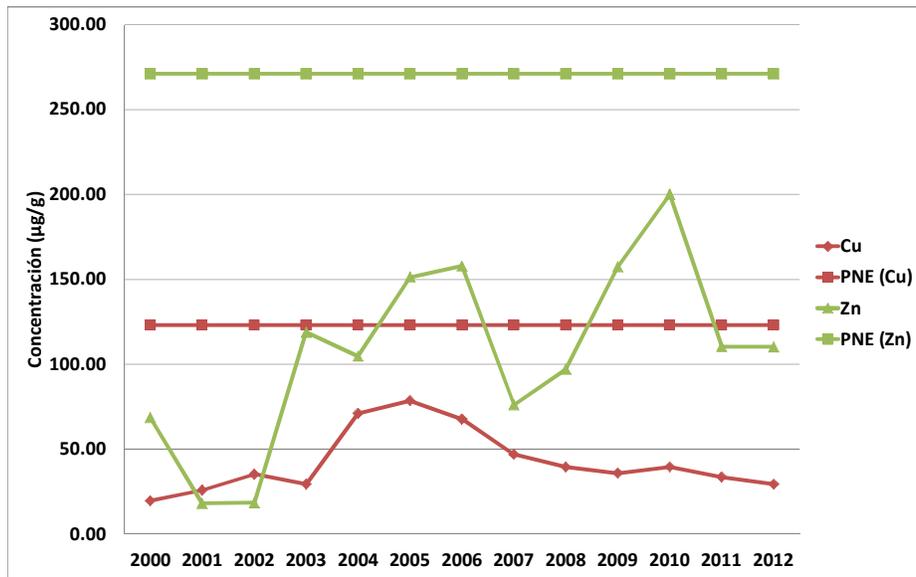


Figura 47.- Variación de la concentración media anual de cobre y cinc en sedimentos



Figura 48.- òCaracol negroö *Stramonita chocolata* (DUCLOS, 1832).

Uno de los objetivos planteados es el referido al embarque portuario, acatamiento de normatividad de protección ambiental y vigilancia portuaria. Esto se evidenció con fotos (figuras 51 y 52), con encuestas (figura 49, agosto 2012), acta (anexo, junio 2007) y video suministrado por el Comité de Monitoreo, Vigilancia y Fiscalización Ambiental de Huarney (CMVFAH). El CMVFAH fue constituido con R.M. N° 149-2001-PCM (Anexo) con la finalidad de garantizar una participación apropiada de la comunidad en la obtención y conocimiento de la información relacionada al seguimiento y control de parámetros relevantes vinculados a la calidad de los recursos naturales y humanos de la Provincia Huarney. El CMVFAH, se crea en base al informe final evacuado por la Comisión Técnica Multisectorial (Anexo).

Tal es así que al CMVFAH, se le puede ubicar vía el siguiente enlace por internet:

<http://comitemonitoreohuarney.com/portal/>

Donde, se puede apreciar aportes de las instituciones del estado que participan por más de una década en Huarney. IMARPE y la DIGESA se responsabilizaron de:

- IMARPE: Monitoreo de sedimentos marinos y organismos bentónicos.
- DIGESA: Monitoreo de la cuenca Aija-Huarney

Monitoreo de niveles de aguas subterráneas.

La encuesta se realizó en agosto de 2012 especialmente a las asociaciones de pescadores en número de 30 a fin de tener una percepción de la población. Una de las preguntas fue si ¿El embarque de concentrado se hace adecuadamente?. El 43,3 % de las personas contestaron a veces, el 36,7% respondió afirmativamente y el 20% dijeron que no lo hacían adecuadamente (figura 49).

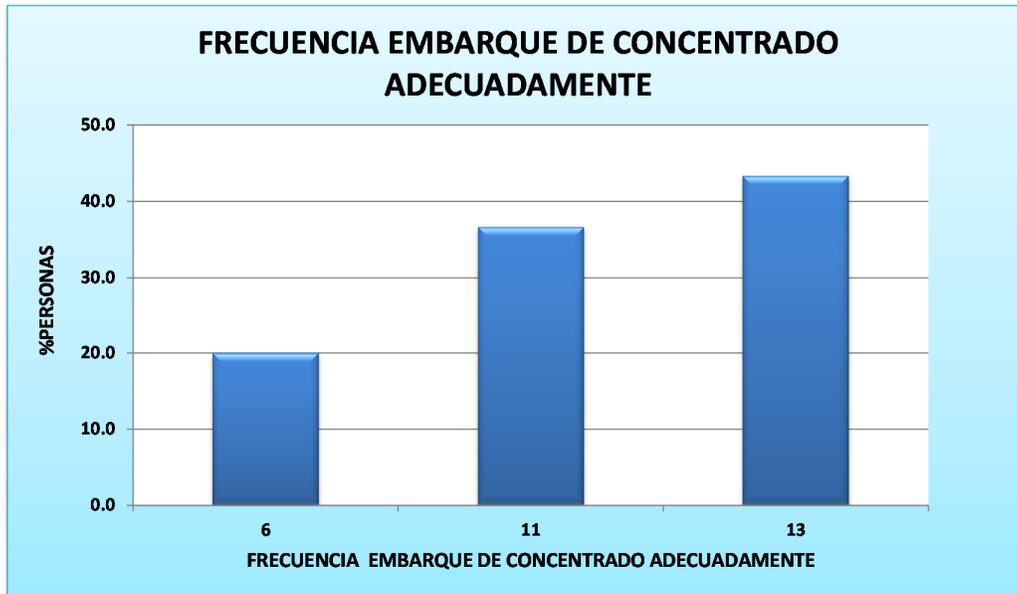


Figura 49.- Frecuencia relativa respecto al embarque adecuado.

A la pregunta ¿Hay presencia del personal de DICAPI en el embarque?. El 73,3 % de las personas contestaron que nunca y el 26,7% respondió a veces (figura 50).

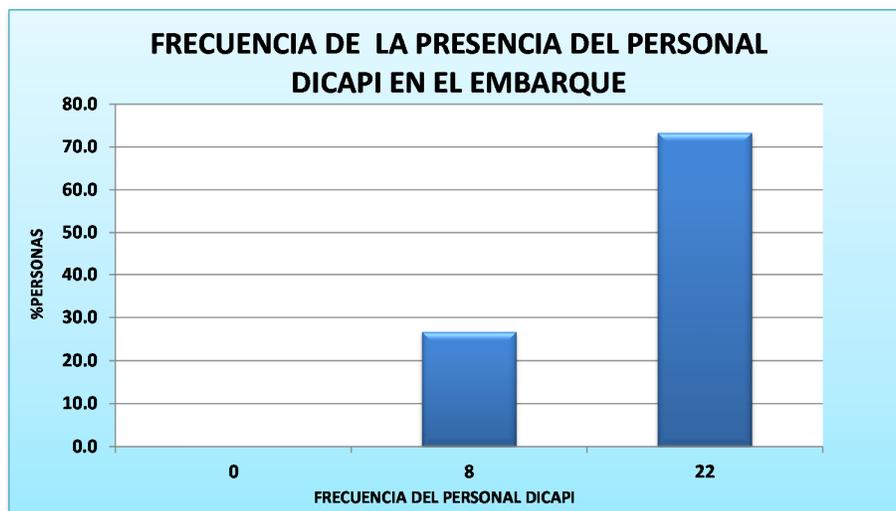


Figura 50.- Frecuencia relativa respecto a presencia de DICAPI.



Figura 51.- Embarque de mineral, utilizando el brazo mecánico.



Figura 52.- Verificación de embarque de mineral.

Para establecer el grado de significación de los pasivos ambientales mineros en la cuenca alta Aija-Huarmey se tomó como ejemplo el efluente líquido de la mina Hércules de mayor

significancia (figuras 42 y 43) ubicado a 3898 m sobre el nivel del mar (UNASAM, 2012) y a 8 Km del río Huarmey. Adicionalmente, se tiene identificada a la mina Huinac que es la que se encuentra a una distancia aproximada de 15 Km respecto al río Huarmey.

Se utilizó los niveles máximos permisibles establecidos por el Ministerio de Energía y Minas referido a calidad de aguas para efluentes líquidos de actividades minero metalúrgicas R.M. N° 011-96-EM/VMM (tabla 16).

Tabla 16.- Niveles Máximos Permisibles de emisión para las unidades minero metalúrgicas

PARAMETRO VALOR EN CUALQUIER MOMENTO	
pH	6<pH<9
Cobre (mg/L)	1,0
Cinc (mg/L)	3,0
Fierro (mg/L)	2,0
Referencia: R.M. N° 011-96-EM/VMM	

Se colectaron muestras puntuales de efluente líquido minero en época de estiaje (23/10/2011 - 11:15 Hrs) y avenida (25/03/2012 ó 15:05 Hrs.) a fin de compararlos. La tabla 17, muestra los resultados del efluente en la salida de la mina Hércules.

Tabla 17.- Resultados de la descarga de la mina Hércules

Parámetro	Unidad	Época	
		Estiaje	Avenida
pH	-	3.98	4.14
Cobre total	mg/L	0.98	0.96
Hierro total	mg/L	113.12	54.35
Cinc total	mg/L	272.17	48.95

Los resultados muestran la situación crítica que se presenta en la cuenca alta donde los valores superan los límites máximos permisibles para pH, hierro y cinc establecidos en la R.M. N° 011-96-EM/VMM.

En el caso de la concentración media de cobre total en el efluente de ambas épocas fue de 0,97 mg/L si este valor lo comparamos con lo establecido en el cuerpo receptor marino de 0,05 mg/L (D.S. N° 002-2008-MINAM) estableceríamos una significancia alta (aproximadamente 19 veces lo establecido para el cuerpo receptor). Esta solución polimetálica por escorrentía a lo largo de los años llega al río Huarmey y a través de éste cauce en la época de avenida (máximo caudal= 16,6 m³/s) llega al mar (figura 30).

A fin de determinar la situación de la pesquería artesanal y verificar si existe peligro para la supervivencia de las especies bentónicas en la bahía Huarmey en los muestreos realizados el 15 de octubre del 2008 (época de estiaje) y el 14 de abril del 2009 (época de avenida) se colectó peces costeros como ñpintadillaö *Cheilodactylus variegatus* y ñlornaö *Sciaena deliciosa* respectivamente utilizando una red adecuada para capturarlos.

Los resultados mostraron lo siguiente:

En ñpintadillaö:

Cobre total = 0,66 µg/g en tejido muscular seco para una longitud de 19 cm.

En ñlornaö:

Cobre total = 0,50 µg/g en tejido muscular seco y 1,63 µg/g en gónada seca para un rango de longitud que varió de 22 a 24 cm. La tabla 18, resume lo expresado.

Tabla 18.- Concentración media de cobre total ($\mu\text{g/g}$) en órganos de especies bentónicas referido a base seca

Especie	Fecha muestreo	Época	Organo analizado		
			Tejido muscular	Gónada	Vísceras
Pintadilla	15/10/2008	Estiaje	0.66	-	-
Lorna	14/04/2009	Avenida	0.50	1.63	-
*Caracol negro	05/12/2013	Estiaje	-	-	1293
* Análisis realizado con fines de sustentar la propuesta como norma.					

Con respecto a la òlornaö la literatura menciona que es una especie bentopelágica que generalmente se encuentra en fondos arenosos. Entre sus características es que su rango de tamaño varia de 13 a 36 cm y se alimenta de crustáceos (camarones y cangrejos), gusanos y gasterópodos; todos bentónicos (QUESQUEN, 2011).

Los valores encontrados de 0,50 y 1,63 $\mu\text{g/g}$ de cobre total (tabla 18), encontrado en tejido muscular y gónada de la òlornaö respectivamente no superaron los 10 $\mu\text{g/g}$ establecido por la FAO (Nauen, 1983) lo cual nos indica la no existencia de peligro para la supervivencia de las especies bentónicas en contraste al valor de concentración media encontrada en las vísceras de caracol negro con la finalidad de obtener un valor máximo para la propuesta de norma.

La pesquería artesanal orientada para el consumo humano directo como los peces, mariscos y algas son extraídos utilizando botes, chalanas y embarcaciones tradicionales para luego ser llevados a los puertos y caletas, desde donde son distribuidos hacia los mercados para su

comercialización (INEI, 2011). A fin de ver la situación de la pesquería artesanal en Huarney se analizó información entre los años 2010 y 2011 donde hubo un incremento en el volumen de producción en base a los recursos hidrobiológicos de consumo humano directo e indirecto de 93,6% respecto a la producción del 2010. Asimismo, el consumo directo e indirecto creció en 55,8% y 106,2%, respectivamente (tabla 19).

Tabla 19.- Producción de recursos hidrobiológicos, según utilización: 2010 y 2011

(t brutas)

Tipo de utilizacion	2 010	2 011	Variacion (%)
Total	1 279 029	2 476 800	93.6
Consumo Humano Directo	317 505	494 600	55.8
Enlatado	77 799	115 300	48.2
Congelado	223 568	363 200	62.5
Curado ^{1/}	16 138	16 100	-0.2
Consumo humano indirecto	961 523	1 982 200	106.2
Harina ^{2/}	787 436	1 634 700	107.6
Aceite crudo	174 088	347 500	99.6
1/ Incluye Salado, Seco-Salado y Salpreso.			
2/ No incluye harina residual.			
Fuente: Ministerio de la Produccion (PRODUCE)-Empresas Pesqueras y Direcciones Regionales de Produce.			

Otro indicador es la variabilidad del desembarque en los puertos de los recursos hidrobiológicos en el periodo 2001 al 2010 y en especial en Huarney lo cual se muestra en la tabla 20.

Tabla 20.- Desembarque de recursos hidrobiológicos, según puerto, 2001-2010

(t brutas)

Puerto	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Total	7 955 960	8 741 396	6 060 985	9 574 259	9 353 306	6 983 463	7 178 699	7 362 907	6 874 404	4 221 093
Chimbote	1 600 227	1 204 714	860 538	1 632 309	1 326 799	988 673	1 072 047	1 026 373	938 015	2 988
Pisco / San Andrés	511 164	877 515	341 247	272 709	967 611	500 299	371 439	509 619	833 924	13 079
Callao	366 959	462 712	282 767	645 421	629 268	469 953	476 124	517 122	627 799	475 091
Chicama	717 171	655 044	1 161 457	1 226 885	575 440	697 587	821 412	719 997	482 577	88 983
Coishco	593 868	462 183	404 391	579 976	449 618	424 297	419 314	393 144	473 242	92 805
Paita	860 874	548 293	724 147	574 353	407 020	513 873	659 106	693 498	469 537	5 060
Chancay	583 121	714 683	253 468	752 896	788 198	496 253	432 570	425 423	378 326	3 815
Supe / Vidal	352 199	405 176	154 393	506 586	632 956	356 334	337 642	391 531	359 275	482 504
Tambo de Mora	186 167	339 587	106 706	181 503	314 876	176 233	188 910	310 553	292 541	3 784
Huarney	235 896	213 431	157 032	309 797	255 961	173 012	155 712	203 033	278 921	737 369
Vegueta	332 668	325 492	122 955	411 509	441 318	220 164	217 457	247 413	240 389	257 247
Ilo	229 792	922 665	208 853	598 651	485 343	519 553	528 617	453 657	231 564	6 710
Otros	146 707	200 202	211 857	282 887	228 224	234 239	224 713	200 149	205 150	142 641
Samanco	121 567	48 858	63 330	185 655	179 287	153 155	131 775	143 657	195 617	128 192
Bayovar	255 188	213 596	359 484	460 464	302 063	153 551	196 008	169 833	181 289	3 174
Atico	39 475	152 549	10 029	62 920	234 570	127 120	146 053	133 376	168 664	94 924
Huacho / Carquin	190 539	223 287	97 509	185 525	236 233	152 421	154 906	183 810	135 397	34 404
La Planchada	55 748	94 332	21 916	42 811	201 443	149 133	134 307	175 544	99 674	44 860
Sechura / Parachique	158 836	182 380	309 552	273 849	205 382	113 380	163 390	152 081	89 995	196 273
Matarani	69 156	171 183	41 443	54 222	127 789	100 440	131 234	112 562	67 177	378 276
Mollendo	54 551	74 241	18 895	53 313	83 342	101 059	117 588	81 524	58 425	10 195
Quilca	0	0	0	0	0	0	0	0	15 355	139 617
Pucusana	27 209	26 546	8 422	8 371	9 024	13 072	8 231	14 049	14 379	388 825
Casma	211 145	168 328	114 200	247 605	157 839	80 453	28 937	51 975	10 958	3 875
Pimentel / Santa Rosa	24 285	21 752	15 383	11 125	8 585	10 004	8 379	9 350	6 819	23 550
San Jose	8 201	12 002	3 862	2 562	7 067	5 127	3 146	7 592	6 713	21 483
Culebras	863	2 110	607	923	78 245	41 907	39 154	26 181	3 354	4 474
Mancora	11 049	8 838	1 486	1 900	7 410	2 297	2 899	4 655	3 074	8 614
Zorritos	5 377	5 463	2 439	3 624	3 929	1 218	1 825	2 107	2 424	15 092
Lomas	5 334	4 095	2 617	2 722	5 041	3 663	3 540	2 010	2 211	289 167
Salaverry	624	149	0	1 186	3 425	5 083	2 264	1 089	1 622	124 022

Fuente: Ministerio de la Producción (PRODUCE) - OGTIE - Oficina de Estadística

Fuente: INEI, 2012.

Para el caso específico de Huarney la variabilidad anual se aprecia en la figura 53 con un pico alto en el 2010 teniendo como base el 2001 como el inicio de las operaciones de la compañía minera Antamina. La grafica en general indica una tendencia creciente y favorable para la pesquería artesanal.

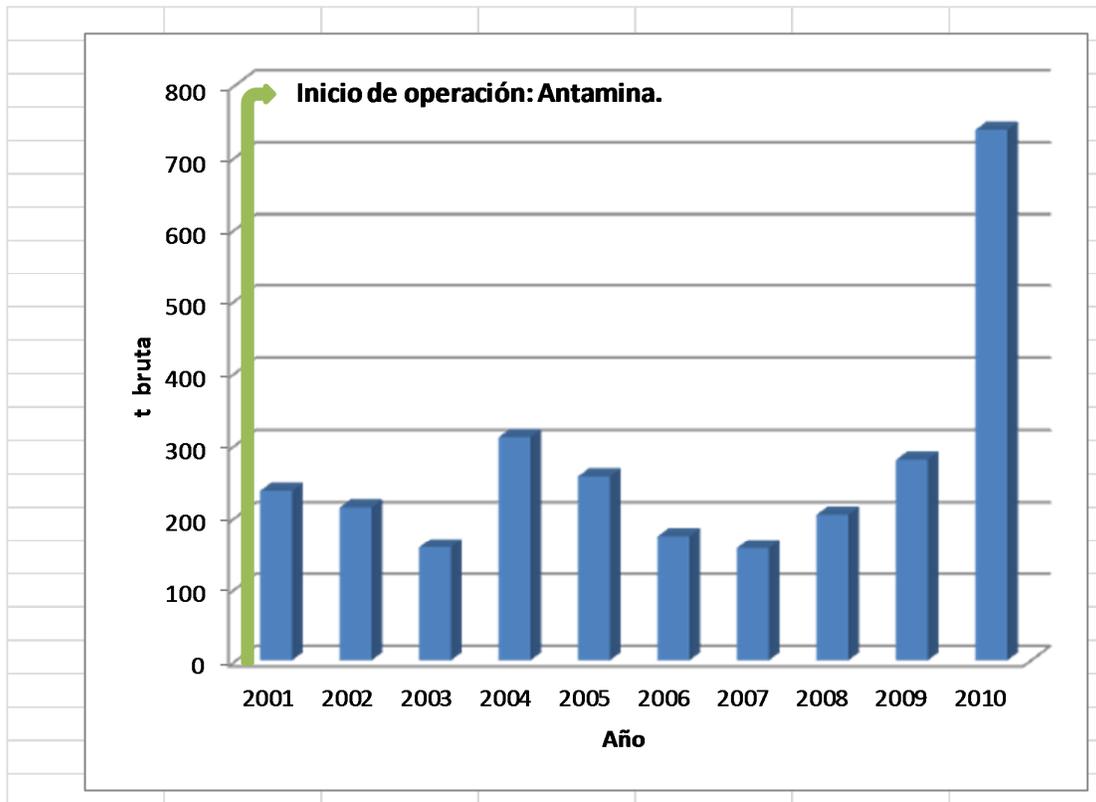


Figura 53.- Desembarque de recursos hidrobiológicos en puerto Huarney.

Fuente: INEI, 2012.

CONCLUSIONES

1. El ñangrejo peludo *Cancer setosus* (MOLINA, 1782) es el crustáceo que bioacumuló la máxima cantidad de cobre total en sus quelas (110,70 g/g).
2. El ñcaracol negro *Stramonita chocolata* (DUCLOS, 1832) es el molusco bioindicador (figura 48) de cobre total a pesar de haber bioacumulado (108,79 g/g).
3. La relación múltiple de bioacumulación de cobre total en el caracol negro ($\mu\text{g/g}$) quedó descrita de la siguiente manera:

$$C_{\text{CuCN}} = 232,2 - 4,973C_{\text{CuSM}} \text{ ó } 9,87C_{\text{CuAR}} + 5,852C_{\text{CuSR}} + 3 \quad (R^2 = 0,997)$$

4. Se propone como norma nacional el valor máximo de 609 $\mu\text{g/g}$ de cobre total en organismos bentónicos para áreas costeras con características similares a Huarmey en base a consideraciones de significancia estadística y concentraciones umbrales en sedimentos marinos y agua de río (ecuación 5).
5. La bioacumulación de cobre total en organismos bentónicos está relacionada con las acciones naturales y antrópicas en el entorno de las islas Corcovado y Blanca.
6. Las fotos (figuras 51 y 52), encuesta (figura 49), acta de verificación de embarque (junio 2007-anexo) y video de embarque (suministrado por el CMVFAH) evidencian que el embarque de mineral se desarrolla con las debidas previsiones técnicas y acatando la normatividad jurídica de protección ambiental.
7. El pasivo de la mina Hércules es de un aporte significativo ya que se encuentra ubicado a 8 Km del río Huarmey en contraste con la mina Huinac ubicada a 15 Km y las descargas líquidas de la mina Hércules nos muestra valores que superaron lo establecido en la norma del sector minero (tablas 16 y 17). El rango de pH varió de 3,98 a 4,14, hierro total varió de 54,35 a 113,12 mg/L y cobre total de 0,96 a 0,98 mg/L. Los valores elevados se alcanzaron en época de estiaje.

8. Los pasivos mineros en la cuenca alta del río Huarmey (figura 40) y el video del embarque de concentrado a naves extranjeras indican el aporte natural (efecto del viento) y antrópico.
9. No existe peligro para la supervivencia de las especies bentónicas tal como se evidencia en el valor de cobre total encontrado en gónadas de la òlornaö (1,63 µg/g) una especie no sésil (tabla 1).
10. La situación de la pesquería artesanal es creciente a pesar de que la actividad de embarque de la compañía minera Antamina se inició en el 2001 (figura 53).
11. La Dirección Regional de Energía y Minas de la región Ancash es la encargada de aprobar y emitir las Certificaciones Ambientales (tabla 15). Con lo cual se tiene un diagnostico actualizado en la cuenca alta del río Huarmey (figura 40).
12. La biodisponibilidad de cobre total es alta para los organismos bentónicos debido a la presencia de parámetros naturales y antrópicos, como masa de agua (salinidad y temperatura), materia orgánica total, textura y pH.

RECOMENDACIONES

1. Considerar al caracol negro como organismo bioindicador o centinela de cobre total para áreas costeras con similares características antrópicas y naturales.
2. Profundizar los estudios de cobre en relación con su especiación química, ya que es el que genera toxicidad en el organismo marino, lo que se asocia con el consumo humano directo y, por ende, con la salud.
3. Las entidades del estado comprometidas con el cuidado del medio ambiente deberían adquirir equipos de última generación como el sistema espectrómetro por plasma inducido acoplado a masa con un cromatografo de gases.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A Primer, (1996) *Fundamentals of modern UV-visible spectroscopy*. Alemania: HEWLETT
PACKARD, 24-27.

Bernard, F. R. Mckinnell, S.M. & GS Jamieson (1991). *Distribution and zoogeography of the
Bivalvia of the Eastern Pacific Ocean*. Canadian: Special Publication on
Fisheries and Aquatic Sciences 112, iv + 60 p.

CEM, Corporation Innovators in Microwave Technology (1996). *Microwave Digestion
Application Manuals*. Environmental Section. Matthew. North Carolina. MSP
1000 USA, 156 pp.

CEM, Corporation Innovators in Microwave Technology 2006 *Microwave Digestion Application
Manuals*. Environmental Section. Matthew. North Carolina. MARSXpress USA, 112
pp.

CMVFAH, (2010). *Comité de Monitoreo Vigilancia y Fiscalización Ambiental de Huarmey*.
Recuperado de
<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Gestion%20Social/Talleres%20y%20Reuniones%20Informativas/TALLER%20MONITOREO%20PARTICIPATIVO%20AUTORIDADES%20DE%20CHUGUR/04-Presentacion%20Huarmey.pdf>

EcoMetrix INCORPORATED, (2011). *Resumen del programa de monitoreo de efectos
ambientales de Antamina para las Operaciones Portuarias-2010*, 21 pp.

Galán, E. & Romero, A. (2008). *Contaminación de suelos por metales pesados*. Revista de la
Sociedad Española de Mineralogía. 48-60.

Gil, M., Torres A., Harvey M. & Esteves J. (2006). *Metales pesados en organismos marinos
de la zona costera de la Patagonia Argentina continental*. Argentina: Revista
de Biología Marina y Oceanografía 41(2): 167-176.

- Golder Associates, (2007). *Estudio de Impacto Ambiental Proyecto de Expansión del Tajo Abierto y Optimización del Procesamiento*. Resumen Ejecutivo.
- INEI, (2012). *Anuario de Estadísticas Ambientales*, cap. 9 Pesca, 409-428.
- IMARPE, (2008). *Estudio de línea de base en el ámbito marino de la bahía Tortugas, IMARPE-2007*, La Punta, Callao, Perú, 48-49.
- ISO 14001 (2009), *Sistema de Gestión Ambiental*, Secretaría Central de ISO, Ginebra, Suiza. Derecho Ambiental, cap. III
- Jacinto, M. & Aguilar, S. (2007). *Concentraciones traza de metales en especies marinas de la bahía de Huarmey, Áncash*, Perú. Rev. Perú. Biol. 14(2): 307-311.
- LABCONCO, (2009). *Free Zone 12 Liter Freeze Dry System*. Instrucción manual USA.
- Long, E.R., D.D. McDonald, S.L. Smith, & F.D. Calder. (1995). *Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments*. Environmental Management 19(1):81-97.
- MINAM, (2008). *Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM*, 6 pp.
- Mining.com. Noticias Mineras (2012). *Ultimas noticias peruanas en minería por correo electrónico*. Recuperado de <http://noticiasmineras.mining.com/tag/peru/>
- Nauen, C., (1983). *Compilation of legal limits for hazardous substances in shellfish, fish and fishery products*. FAO Fish. Circ.764:102 pp.
- ONU, (1992). *Declaración de Rio sobre el Medio Ambiente*, Rio de Janeiro, Brasil. Recuperado de <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/documents/declaracionrio.htm>
- OPS (1995). *Manual de estilo de la OPS*. Organización Panamericana de la Salud.

- Osorio, C. Atria, J. & S Mann (1979). *Moluscos marinos de importancia económica en Chile*. Chile: Biología Pesquera 11: 3-47.
- Quesquén, R. (2011). *Evaluación de la temperatura y su efecto en los recursos pesqueros de la zona del Callao*. Resolución N° 405-2010-R UNAC.
- Sáenz, W. (2010). *Guía de Investigación I*, IDP, Lima, 74 pp.
- SHIMADZU, (1994). *Instruction Manual AA-6701/6601*. Basic User's Guide. Kyoto Japan.
- Tapash Das, William B. Stickle, (1993). Sensitivity of crabs *Callinectes sapidus* and *C. similis* and the gastropod *Stramonita haemastoma* to hypoxia and anoxia.
- UNASAM, (2012). *Evaluación Hidrológica y de Calidad de las Aguas de la Cuenca del río Aija ó Huarmey Informe Final*, 151 pp.

ANEXOS:

- **Modelo de los instrumentos utilizados**

Liofilizador Labconco de 12 L de capacidad (LABCONCO, 2009).

Digestor por microondas MARSXPRESS (CEM, 2009).

Espectrofotómetro de absorción atómica Shimadzu 6701F con sistema automatizado (SHIMADZU, 1994).

Definiciones de términos técnicos

Liofilización

Procedimiento mediante el cual el agua se remueve del material congelado y convierte el agua congelada directamente en vapor sin la formación intermedia de agua líquida.

Las bases de este proceso de liofilización (sublimación) involucran: la absorción de calor por la muestra congelada para vaporizar el agua, el uso de una bomba de vacío para favorecer la remoción del agua de la superficie de la muestra, la transferencia y el depósito del vapor de agua en el condensador.

El proceso de liofilización es un balance de calor absorbido por la muestra para vaporizar el agua, remover el calor del condensador y convertir el vapor de agua en hielo.

Digestión por microondas

Procedimiento mediante el cual una muestra sólida seca se lleva a un envase cerrado de teflón y se le agrega ácidos minerales adecuados en función de la matriz (sedimento u organismo) y por microondas llevarlo a solución. El avance de la tecnología en la preparación de muestras para lecturas instrumentales como absorción atómica, cromatografía

de gases, se ha dado en los últimos años. Lo que se busca en los equipos de preparación de muestras es rapidez, reproducibilidad, confiabilidad y seguridad.

El objetivo ideal es el siguiente:

- Convertir muestras sólidas a soluciones acuosas.
- Destruir toda la materia orgánica.
- Retener todos los analitos y concentraciones detectables
- No adicionar iones que interfieran.
- Ajustar la viscosidad de la muestra y sólidos al óptimo para el análisis.

Espectrofotometría de absorción atómica

Usa la absorción de luz de determinadas longitudes de onda específicas por parte de los átomos. Un átomo en estado fundamental (mínima energía) absorbe energía externa y pasa a un estado excitado.

La diferencia de energía entre un estado excitado dado y el estado fundamental es característica del elemento.

En Espectrofotometría de Absorción Atómica se suele usar una lámpara de cátodo hueco para entregar luz de longitudes de onda específicas según el elemento a determinar.

Atomización de muestras

Los elementos en una muestra real pueden estar formando moléculas con otros o en forma de iones en solución. El proceso de atomización consiste en llevar los elementos a medir al estado de átomos libres.

El método de atomización más usual consiste en el calentamiento de la muestra a alta temperatura, por medio de una llama o por calentamiento en un pequeño horno eléctrico (atomización electrotérmica).

- Otros documentos

ENCUESTA



Comité de Monitoreo, Vigilancia y Fiscalización Ambiental de Huarney

ENCUESTA



Estimado amigo, quisiéramos que responda con la mayor sinceridad posible. Sus respuestas son confidenciales, por lo que tiene toda la libertad para responder. Anticipadamente le agradecemos su atención.

Nombres y Apellidos: Antonio De Paz Milla

Ocupación: Marisquero - Asociación de Pescadores y Armadores Artesanales
Los Sotoleros - Puerto Huarney

Fecha: 12/08/12

- ¿Pesca usted caracoles y cangrejos en la isla Corcovado?
a) Sí b) A veces c) Nunca
- ¿Por qué?
a) Para mi consumo b) Para vender c) Otros: _____
- ¿Con que frecuencia lo consume?
a) Semanal b) 2 veces/mes c) Mensual d) Otros: _____
- ¿Usted considera que la pesca ha disminuido en la Bahía de Huarney?
a) Sí b) No c) Está igual
- ¿Qué especie cree que ha disminuido en la Bahía de Huarney?
a) Peces b) Moluscos c) Otros: Chanque - marisco
- ¿Cuál es su percepción con respecto a la actividad minera de la Compañía Minera Antamina desde el 2001?
a) Positivo b) Negativo c) Indiferente
- ¿El embarque de concentrado se hace adecuadamente?
a) Sí b) No c) A veces
- ¿Hay presencia del personal de DICAPI en el embarque?
a) Siempre b) Nunca c) A veces
- ¿Cree Usted que la Compañía Minera Antamina está cumpliendo con las normas ambientales?
a) Sí b) No c) A veces
- Cuando hay fuertes vientos en la zona del muelle de Puerto Punta Lobitos, ¿Usted ha observado que se realiza el embarque de minerales?
a) Sí b) No c) A veces



ENCUESTA

Estimado amigo, quisiéramos que responda con la mayor sinceridad posible. Sus respuestas son confidenciales, por lo que tiene toda la libertad para responder. Anticipadamente le agradecemos su atención.

Nombres y Apellidos: Juan García Verano

Ocupación: Pescador - Asoc. Pescadores Chindiorreus Jorge Cerna Vasquez

Fecha: 12/08/12 Huarney y Anexos

1. ¿Pesca usted caracoles y cangrejos en la isla Corcovado?
 a) Sí b) A veces c) Nunca
2. ¿Por qué?
a) Para mi consumo b) Para vender c) Otros: _____
3. ¿Con que frecuencia lo consume?
 a) Semanal b) 2 veces/mes c) Mensual d) Otros: _____
4. ¿Usted considera que la pesca ha disminuido en la Bahía de Huarney?
 a) Sí b) No c) Está igual
5. ¿Qué especie cree que ha disminuido en la Bahía de Huarney?
 a) Peces b) Moluscos c) Otros: Mariscos
6. ¿Cuál es su percepción con respecto a la actividad minera de la Compañía Minera Antamina desde el 2001?
a) Positivo b) Negativo c) Indiferente
7. ¿El embarque de concentrado se hace adecuadamente?
a) Sí b) No c) A veces
8. ¿Hay presencia del personal de DICAPI en el embarque?
a) Siempre b) Nunca c) A veces
9. ¿Cree Usted que la Compañía Minera Antamina está cumpliendo con las normas ambientales?
a) Sí b) No c) A veces
10. Cuando hay fuertes vientos en la zona del muelle de Puerto Punta Lobitos, ¿Usted ha observado que se realiza el embarque de minerales?
a) Sí b) No c) A veces



ENCUESTA

Estimado amigo, quisiéramos que responda con la mayor sinceridad posible. Sus respuestas son confidenciales, por lo que tiene toda la libertad para responder.

Anticipadamente le agradecemos su atención.

Nombres y Apellidos: Saul Leon Carpio

Ocupación: Marinero - Asociación de Pescadores José Olaya

Fecha: 14/08/12

1. ¿Pesca usted caracoles y cangrejos en la isla Corcovado?
 a) Sí b) A veces c) Nunca
2. ¿Por qué?
a) Para mi consumo b) Para vender c) Otros: _____
3. ¿Con que frecuencia lo consume?
 a) Semanal b) 2 veces/mes c) Mensual d) Otros: _____
4. ¿Usted considera que la pesca ha disminuido en la Bahía de Huarmey?
 a) Sí b) No c) Está igual
5. ¿Qué especie cree que ha disminuido en la Bahía de Huarmey?
 a) Peces b) Moluscos c) Otros: _____
6. ¿Cuál es su percepción con respecto a la actividad minera de la Compañía Minera Antamina desde el 2001?
a) Positivo b) Negativo c) Indiferente
7. ¿El embarque de concentrado se hace adecuadamente?
 a) Sí b) No c) A veces
8. ¿Hay presencia del personal de DICAPI en el embarque?
a) Siempre b) Nunca c) A veces
9. ¿Cree Usted que la Compañía Minera Antamina está cumpliendo con las normas ambientales?
a) Sí b) No c) A veces
10. Cuando hay fuertes vientos en la zona del muelle de Puerto Punta Lobitos, ¿Usted ha observado que se realiza el embarque de minerales?
 a) Sí b) No c) A veces

ACTA DE OBSERVACIÓN DE EMBARQUE

En el muelle del Puerto Punta Lobitos, siendo las 11: 10 horas del día veintisiete (27) de Junio del 2007, estuvieron presentes para la observación de embarque de mineral el Comité de Monitoreo, Vigilancia y Fiscalización Ambiental de Huarmey (CMVFAH), integrado por Fryda Bojorquez Rojas y Wilfredo de Paz Falvy, acompañados por las siguientes representantes de la sociedad civil de Huarmey, señoritas Gina Chang Márquez y Débora Chang Márquez y representando a Compañía Minera Antamina los señores Marco Hernández y Luis Flores.

Se procedió a la observación del proceso de carguio de mineral del buque PACIFIC HOPE, la cual estaban depositando concentrado de cobre a uno de sus contenedores con una capacidad de 10 550 TM, se observó que el ship loader estaba introducido dentro del contenedor depositando el material, el cual era manipulado electrónicamente, no se observó indicios de emisión de material particulado por el hecho de que dicho material esta acompañado con una humedad que hace que no se emita polvos, toda la actividad se desarrolla en forma coordinada de tal manera que se evitan en lo posible los incidentes. Durante la observación el grupo cumplió con todas las recomendaciones de seguridad sin producirse incidentes, así como se absolvióron todas las inquietudes de los participantes por parte de los profesionales de operaciones de CMA.

Así mismo el Sr. Marco Hernández, jefe de operaciones de embarque, se comprometió en realizar un video con todos procesos del embarque de minerales, para ser difundido a la sociedad en general conjuntamente con el Comité de Monitoreo, Vigilancia y Fiscalización Ambiental de Huarmey, también se comprometió en dictar una charla de capacitación a los miembros del Comité como parte del programa de educación ambiental.

Siendo las 12:15 de la tarde del mismo día, se dio por concluida la observación del embarque. Para lo cual en señal de conformidad de lo expuesto firman los presentes.


32136242


32137263


Fryda Bojorquez R.
DNI 31660608
CMVFAH.


DNI: 32136965


DNI 07975645
Luis Flores
Antamina

NORMAS LEGALES

Director: Manuel Jesús Orbegozo

<http://www.editoraperu.com.pe>

AÑO DE LA CONMEMORACIÓN DE LOS 450 AÑOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Lima, sábado 11 de agosto de 2001

AÑO XIX - N° 7720

Pág. 208607

PCM

Ratifican en el cargo a Secretario General de la Presidencia de la República

RESOLUCIÓN SUPREMA
N° 405-2001-PCM

Lima, 10 de agosto de 2001

CONSIDERANDO:

Que por Resolución Suprema N° 565-2000-PCM se designó al señor José Manuel Antonio Elice Navarro como Secretario General de la Presidencia de la República;

Que es conveniente ratificar la designación del Secretario General de la Presidencia de la República;

De conformidad con el Decreto Legislativo N° 560, Ley del Poder Ejecutivo, y el Decreto Supremo N° 009-93-PCM, Reglamento de Organización y Funciones del Despacho Presidencial; y,

Estando a lo acordado;

SE RESUELVE:

Artículo Único. Ratificar al señor JOSE MANUEL ANTONIO ELICE NAVARRO en el cargo de Secretario General de la Presidencia de la República.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

Rúbrica del Dr. ALEJANDRO TOLEDO
Presidente Constitucional de la República

ROBERTO DAÑINO ZAPATA
Presidente del Consejo de Ministros

29137

Designan Subsecretario de Prensa de la Presidencia de la República

RESOLUCIÓN SUPREMA
N° 406-2001-PCM

Lima, 10 de agosto de 2001

CONSIDERANDO:

Que es necesario designar al funcionario que ocupará el cargo de Subsecretario de Prensa de la Presidencia de la República;

De conformidad con el Decreto Legislativo N° 560, Ley del Poder Ejecutivo, y el Decreto Supremo N° 009-93-PCM, Reglamento de Organización y Funciones del Despacho Presidencial; y,

Estando a lo acordado;

SE RESUELVE:

Artículo Único. Designar al señor LUIS ALBERTO CHAVEZ RISCO como Subsecretario de Prensa de la Presidencia de la República.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

Rúbrica del Dr. ALEJANDRO TOLEDO
Presidente Constitucional de la República

ROBERTO DAÑINO ZAPATA
Presidente del Consejo de Ministros

29138

Conforman Comisión Técnica Multisectorial encargada de proponer mecanismos de participación ciudadana respecto a responsabilidades ambientales de la Compañía Minera Antamina en la zona de Huarney

RESOLUCIÓN MINISTERIAL
N° 149-2001-PCM

Lima, 10 de agosto del 2001

CONSIDERANDO:

Que, a efectos de abordar adecuadamente los problemas suscitados recientemente por la población de Huarney con la Compañía Antamina por los efectos ambientales de sus operaciones, resulta pertinente conformar una Comisión Multisectorial encargada de proponer los mecanismos para mejorar la difusión de la información y participación ciudadana respecto de los compromisos y responsabilidades ambientales de la citada Compañía Minera;

De conformidad con lo dispuesto por el Artículo 5° del Decreto Ley N° 21292;

SE RESUELVE:

Artículo 1°. Conformar una Comisión Técnica Multisectorial a fin de que en un plazo de cuarentidécimo (45) días calendario proponga, en relación a los posibles efectos contaminantes procedentes de las aguas residuales domésticas e industriales generadas por la Compañía Minera Antamina (CMA) en la zona de Huarney y su posterior uso en el proyecto de forestación, los mecanismos necesarios para:

a) Promover prácticas para la difusión de la información y mejora de la participación ciudadana con el objeto de generar una mayor relación de confianza entre el gobierno, CMA y las poblaciones locales.

b) Evaluar las relaciones multisectoriales que el Proyecto Minero Antamina genera, y proponer medidas e iniciativas para una gestión más integrada de los sectores involucrados.

c) Recomendar propuestas para involucrar la participación de la población en el monitoreo de los indicadores de calidad del agua y efluentes contenidos en el estudio de evaluación de impacto ambiental.

Artículo 2°. La Comisión Técnica Multisectorial (CTM) estará conformada por:

a) Un representante del Consejo Nacional del Ambiente (CONAM), quien la presidirá.

b) Un representante de la Municipalidad Provincial de Huarney.

c) Un representante del Ministerio de Energía y Minas.

d) Un representante del Ministerio de Agricultura.

e) Un representante del Ministerio de Pesquería.

f) Un representante del Ministerio de Salud.

g) Un representante del Consejo Transitorio de Administración Regional de Ancash (CTAR - ANCASH).

h) Un representante de DICAPI.

i) Un representante de la Iglesia.

j) Un representante del Frente de Defensa de Huarney.

k) Un representante de la Junta Vecinal del Puerto de Huarney.

INFORME FINAL DE LA
COMISIÓN TÉCNICA MULTISECTORIAL
ENCARGADA DE PROPONER MECANISMOS
DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA RESPECTO
A RESPONSABILIDADES AMBIENTALES
DE LA COMPAÑÍA MINERA ANTAMINA
EN LA ZONA DE HUARMHEY

Resolución Ministerial N° 149-2001-PCM

CONSEJO NACIONAL DEL AMBIENTE
PERÚ

Serie Resolución de Conflictos Ambientales

RESPONSABILIDAD IMARPE-DIGESA



Monitoreo de Sedimentos Marinos y Organismos bentónicos



Monitoreo de la Cuenca Aija Huarmey



Monitoreo de niveles de aguas subterráneas