

Curso 2012/13
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS/24
I.S.B.N.: 978-84-15910-91-6

CINTIA HERNÁNDEZ SÁNCHEZ

**Estudio de acumulación de metales pesados
en los sedimentos de jaulas de peces de crianza
y en puertos de la isla de Tenerife**

Directores

**ARTURO HARDISSON DE LA TORRE
CARMEN RUBIO ARMENDÁRIZ
ÁNGEL GUTIÉRREZ FERNÁNDEZ**



SOPORTES AUDIOVISUALES E INFORMÁTICOS
Serie Tesis Doctorales

A mis padres, mis hermanos y a Pedro.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a mi director Arturo Hardisson de La Torre y mis codirectores Carmen Rubio Armendáriz y Ángel José Gutiérrez Fernández por el tiempo dedicado para hacer posible la realización de esta tesis.

Son muchas las personas a las que tengo que agradecer su apoyo, dedicación y ayuda durante el largo camino que supone la ejecución y redacción de una tesis.

Agradecer a todos compañeros del Laboratorio de Toxicología durante la redacción de este manuscrito: Gara, Bea, Nawel, Naty, Raquel, Aridani, Carol, Cristina, Tiago, Aarón, Alfredo, Iballa, las gemelas (Cristina y Elena)... por el clima de trabajo y compañerismo que han mostrado durante todo este tiempo.

Tengo que agradecer también enormemente a los compañeros del Laboratorio de Salud Pública: Dailos (por la guía y los sabios consejos aportados), Amaranto, Noe, Mónica, Antonio y Victoria, por todos aquellos buenos momentos durante la ejecución de las muestras de esta tesis.

Agradecer a los hermanos Acosta (Alfredo y Domingo) por el gran trabajo realizado con las inmersiones llevadas a cabo para tomar las muestras de sedimentos. Gracias a estas inmersiones, ha surgido una gran amistad que ojalá que perdure durante mucho tiempo.

También tengo que agradecer a mi hermano Elías y a Pedro por la ayuda prestada durante la toma de muestras de sedimentos en las playas. Gracias por ayudarme a cargar todos esos kilos de arena durante kilómetros.

Agradecer a Salvi de la Universidad de Murcia por ayudarme a terminar de analizar las muestras, además de darme buenas pautas e ideas para la escritura de este manuscrito. Espero poder devolverte el gran favor prestado y sobre todo espero que esto sea tan solo el inicio de una colaboración bilateral.

Por último agradecer a Antonio Burgos por las recomendaciones prestadas y los ánimos proporcionados durante la finalización de este manuscrito.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	Página 1
2. OBJETIVOS	Página 5
3. REVISIÓN Y ANTECEDENTES	Página 6
3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA REGIÓN CANARIA Y DE LA ISLA DE TENERIFE	Página 6
3.2. CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS EN ÁREAS COSTERAS	Página 11
3.2.1. CADMIO	Página 16
3.2.1.1. Introducción	Página 16
3.2.1.2. Aplicaciones del cadmio	Página 16
3.2.1.3. El cadmio en el medio ambiente	Página 17
3.2.1.4. Toxicidad del cadmio en el medio marino	Página 18
3.2.2. CROMO	Página 20
3.2.2.1. Introducción	Página 20
3.2.2.2. Aplicaciones del cromo	Página 20
3.2.2.3. El cromo en el medio ambiente	Página 20
3.2.2.4. Toxicidad del cromo en el medio marino	Página 21
3.2.3. COBRE	Página 22
3.2.3.1. Introducción	Página 22
3.2.3.2. Aplicaciones del cobre	Página 22
3.2.3.3. El cobre en el medio ambiente	Página 23
3.2.3.4. Toxicidad del cobre en el medio marino	Página 24
3.2.4. COBALTO	Página 25
3.2.4.1. Introducción	Página 25
3.2.4.2. Aplicaciones del cobalto	Página 25
3.2.4.3. El cobalto en el medio ambiente	Página 26
3.2.4.4. Toxicidad del cobalto en el medio marino	Página 26
3.2.5. MANGANESO	Página 27
3.2.5.1. Introducción	Página 27
3.2.5.2. Aplicaciones del manganeso	Página 27
3.2.5.3. El manganeso en el medio ambiente	Página 28
3.2.5.4. Toxicidad del manganeso en el medio marino	Página 29
3.2.6. NÍQUEL	Página 29
3.2.6.1. Introducción	Página 29
3.2.6.2. Aplicaciones del níquel	Página 30
3.2.6.3. El níquel en el medio ambiente	Página 30
3.2.6.4. Toxicidad del níquel en el medio marino	Página 31
3.2.7. PLOMO	Página 32
3.2.7.1. Introducción	Página 32
3.2.7.2. Aplicaciones del plomo	Página 32
3.2.7.3. El plomo en el medio ambiente	Página 33
3.2.7.4. Toxicidad del plomo en el medio marino	Página 34
3.2.8. ZINC	Página 35
3.2.8.1. Introducción	Página 35
3.2.8.2. Aplicaciones del zinc	Página 35

3.2.8.3.	El zinc en el medio ambiente	Página 36
3.2.8.4.	Toxicidad del zinc en el medio marino	Página 37
3.3.	LOS SEDIMENTOS	Página 38
3.4.	LA ACUICULTURA	Página 42
3.5.	LOS PUERTOS	Página 48
4.	MATERIAL Y MÉTODOS	Página 53
4.1.	DISEÑO DEL MUESTREO	Página 53
4.1.1.	Actividades objeto de estudio	Página 53
4.1.1.1.	La acuicultura	Página 53
4.1.1.2.	Los puertos	Página 54
4.1.1.3.	Playas colindantes a puertos	Página 54
4.1.2.	Áreas de estudio	Página 55
4.1.3.	Puntos de muestreo	Página 56
4.1.3.1.	Puntos de muestreo de acuicultura	Página 58
4.1.3.2.	Puntos de muestreo de los puertos	Página 58
4.1.3.2.1.	Puntos de muestreo del Puerto de Santa Cruz de Tenerife	Página 58
4.1.3.2.2.	Puntos de muestreo del Puerto de Los Cristianos	Página 60
4.1.3.3.	Puntos de muestreo de las playas cercanas a puertos	Página 61
4.1.3.3.1.	Puntos de muestreo de las playas cercanas al puerto de Santa Cruz	Página 61
4.1.3.3.1.1.	Puntos de muestreo de la playa de Valle Seco	Página 61
4.1.3.3.1.2.	Puntos de muestreo de la playa del Parque Marítimo	Página 62
4.1.3.3.2.	Puntos de muestreo de las playas cercanas al Puerto de Los Cristianos	Página 64
4.1.3.3.2.1.	Puntos de muestreo de la playa de Las Vistas	Página 64
4.1.3.3.2.2.	Puntos de muestreo de la playa de Los Cristianos	Página 65
4.1.3.4.	Puntos de muestreo de las playas control	Página 65
4.1.3.4.1.	Puntos de muestreo de Roque Bermejo (control nordeste)	Página 66
4.1.3.4.2.	Puntos de muestreo de Diego Hernández (control suroeste)	Página 67
4.1.4.	Muestras	Página 68
4.1.4.1.	Muestras en acuicultura	Página 69
4.1.4.2.	Muestras en puertos	Página 70
4.1.4.3.	Muestras en playas cercanas a puertos	Página 71
4.1.4.4.	Muestras en playas control	Página 72
4.2.	TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS	Página 75
4.2.1.	Reactivos y disoluciones	Página 75
4.2.2.	Material y Aparatos	Página 75
4.2.3.	Procedimientos analíticos previos a la determinación de metales	Página 76
4.2.4.	Pretratamiento de las muestras	Página 76
4.2.5.	Extracción de metales de las muestras de sedimentos	Página 77
4.2.6.	Análisis de las muestras	Página 78

4.2.7. Controles de calidad de las muestras	Página 81
4.2.8. Estudio granulométrico de los sedimentos	Página 82
4.2.9. Análisis estadístico	Página 84
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	Página 85
5.1. METALES EN SEDIMENTOS DE ACUICULTURA	Página 85
5.1.1. ACUICULTURA ÁREA NORDESTE DE LA ISLA DE TENERIFE	Página 85
5.1.1.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	Página 85
5.1.1.2. CONCENTRACIONES MEDIAS EN EL ÁREA NORDESTE	Página 87
5.1.1.3. CORRELACIONES INTERMETÁLICAS	Página 93
5.1.1.4. COMPARACIÓN CON GUÍAS DE CALIDAD PROPUESTAS POR ORGANISMOS OFICIALES Y DIFERENTES AUTORES	Página 102
5.1.2. ACUICULTURA ÁREA NORDESTE DE LA ISLA DE TENERIFE	Página 113
5.1.2.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	Página 113
5.1.2.2. CONCENTRACIONES MEDIAS EN EL ÁREA NORDESTE	Página 115
5.1.2.3. CORRELACIONES INTERMETÁLICAS	Página 123
5.1.2.4. COMPARACIÓN CON GUÍAS DE CALIDAD PROPUESTAS POR ORGANISMOS OFICIALES Y DIFERENTES AUTORES	Página 135
5.1.3. ESTUDIO COMPARATIVO DE NUESTROS RESULTADOS EN ACUICULTURA CON LOS OBTENIDOS POR OTROS AUTORES	Página 145
5.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS CONTENIDOS METÁLICOS ENCONTRADOS EN SEDIMENTOS DE PUERTOS Y SUS PLAYAS COLINDANTES	Página 150
5.2.1. CARACTERIZACIÓN GRANULOMÉTRICA Y METALES EN ÁREA NORDESTE	Página 150
5.2.1.1. GRANULOMETRÍA Y CARACTERIZACIÓN	Página 150
5.2.1.1.1. PUERTO DE SANTA CRUZ DE TENERIFE (NORDESTE)	Página 150
5.2.1.1.1.1. PUNTO DE MUESTREO "DIQUE DEL ESTE" (ZONA PORTUARIA)	Página 150
5.2.1.1.1.2. PUNTO DE MUESTREO "VALLE SECO" (ZONA PORTUARIA)	Página 152
5.2.1.1.1.3. PUNTO DE MUESTREO "ESCUELA NÁUTICA" (ZONA PORTUARIA)	Página 154
5.2.1.1.1.4. PUNTO DE MUESTREO "ATRAQUE ARMAS-FRED OLSEN" (ZONA PORTUARIA)	Página 156
5.2.1.1.1.5. PUNTO DE MUESTREO "BARRANCO DE SANTOS" (ZONA PORTUARIA)	Página 159
5.2.1.1.1.6. PUNTO DE MUESTREO "LA REFINERÍA" (ZONA PORTUARIA)	Página 161
5.2.1.1.2. PLAYAS COLINDANTES A PUERTOS	Página 164
5.2.1.1.2.1. PLAYA DE VALLE SECO	Página 164
5.2.1.1.2.2. PLAYA DEL PARQUE MARÍTIMO	Página 168
5.2.1.1.3. PUNTO DE CONTROL DE LA PLAYA DE ROQUE BERMEJO	Página 171
5.2.1.2. CONCENTRACIONES METÁLICAS EN LOS PUNTOS DE MUESTREO DEL NORDESTE	Página 174
5.2.1.2.1. PUERTO DE SANTA CRUZ	Página 176

5.2.1.2.2.	PLAYAS COLINDANTES AL PUERTO DE SANTA CRUZ	Página 179
5.2.1.2.3.	PUNTO DE CONTROL PLAYA DE ROQUE BERMEJO	Página 182
5.2.1.3.	ESTUDIO GENERAL DE LOS METALES ANALIZADOS SEGÚN LAS ACTIVIDADES ESTUDIADAS Y LOS PUNTOS DE MUESTREO FIJADOS EN EL NORDESTE	Página 185
5.2.1.4.	CORRELACIONES INTERMETÁLICAS ENTRE LAS MUESTRAS DE SEDIMENTOS DEL ÁREA NORDESTE	Página 254
5.2.1.5.	CONCENTRACIONES DE METALES EN PERFILES	Página 266
5.2.1.5.1.	PERFILES EN LOS PUNTOS DE CONTROL	Página 266
5.2.1.5.2.	PERFILES EN PUNTOS DE MUESTREO DEL PUERTO DE SANTA CRUZ	Página 268
5.2.1.5.3.	PERFILES EN PLAYAS COLINDANTES A LOS PUERTOS	Página 274
5.2.2.	DISCUSIÓN SOBRE LOS CONTENIDOS METÁLICOS DE LAS MUESTRAS DEL PUERTO Y PLAYAS COLINDANTES EN LOS SEDIMENTOS DEL NORDESTE EN COMPARACIÓN CON LAS DISTINTAS RECOMENDACIONES	Página 280
5.2.2.1.	DISCUSIÓN MUESTRAS DEL PUERTO DE SANTA CRUZ DE TENERIFE Y SU COMPARACIÓN CON LAS RECOMENDACIONES DEL CEDEX	Página 280
5.2.2.2.	DISCUSIÓN SOBRE EL CONTENIDO METÁLICO EN MUESTRAS DE LAS PLAYAS COLINDANTES AL PUERTO DE SANTA CRUZ DE TENERIFE Y SU COMPARACIÓN CON GÚÍAS DE CALIDAD DE SEDIMENTOS	Página 289
5.2.3.	SÍNTESIS Y DISCUSIÓN GENERAL DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PUERTO DE SANTA CRUZ DE TENERIFE Y SUS PLAYAS COLINDANTES	Página 305
5.2.4.	CARACTERIZACIÓN GRANULOMÉTRICA Y METALES EN ÁREA SUROESTE	Página 311
5.2.4.1.	GRANULOMETRÍA Y CARACTERIZACIÓN	Página 311
5.2.4.1.1.	PUERTO DE DE LOS CRISTIANO (SUROESTE)	Página 311
5.2.4.1.1.1.	PUNTO DE MUESTREO “EL MUELLE”	Página 311
5.2.4.1.1.2.	PUNTO DE MUESTREO “FONDEO DE BARCOS”	Página 313
5.2.4.1.1.3.	PUNTO DE MUESTREO “ATRAQUE ARMAS-FRED OLSEN” (ZONA PORTUARIA)	Página 315
5.2.4.1.2.	PLAYAS COLINDANTES A PUERTOS	Página 315
5.2.4.1.2.1.	PLAYA DE LAS VISTAS	Página 315
5.2.4.1.2.2.	PLAYA DE LOS CRISTIANOS	Página 323
5.2.4.1.3.	PUNTO DE CONTROL DE LA PLAYA DIEGO HERNÁNDEZ	Página 327
5.2.4.2.	CONCENTRACIONES METÁLICAS EN LOS PUNTOS DE MUESTREO DEL SUROESTE	Página 329
5.2.4.2.1.	PUERTO DE LOS CRISTIANOS	Página 332
5.2.4.2.2.	PLAYAS COLINDANTES AL PUERTO DE LOS CRISTIANOS	Página 335
5.2.4.2.3.	PUNTO DE CONTROL PLAYA DIEGO HERNÁNDEZ	Página 338
5.2.4.3.	ESTUDIO GENERAL DE LOS METALES ANALIZADOS SEGÚN LAS ACTIVIDADES ESTUDIADAS Y LOS PUNTOS DE MUESTREO FIJADOS EN EL SUROESTE	Página 341

5.2.4.4.	CORRELACIONES INTERMETÁLICAS ENTRE LAS MUESTRAS DE SEDIMENTOS DEL ÁREA SUROESTE	Página 405
5.2.4.5.	CONCENTRACIONES DE METALES EN PERFILES	Página 414
5.2.4.5.1.	PERFILES EN LOS PUNTOS DE CONTROL	Página 414
5.2.4.5.2.	PERFILES EN PUNTOS DE MUESTREO DEL PUERTO DE LOS CRISTIANOS	Página 416
5.2.4.5.3.	PERFILES EN PLAYAS COLINDANTES AL PUERTO DE LOS CRISTIANOS	Página 418
5.2.5.	DISCUSIÓN SOBRE LOS CONTENIDOS METÁLICOS DE LAS MUESTRAS DEL PUERTO Y PLAYAS COLINDANTES EN LOS SEDIMENTOS DEL SUROESTE EN COMPARACIÓN CON LAS DISTINTAS RECOMENDACIONES	Página 423
5.2.5.1.	DISCUSIÓN MUESTRAS DEL PUERTO DE LOS CRISTIANOS Y SU COMPARACIÓN CON LAS RECOMENDACIONES DEL CEDEX	Página 423
5.2.5.2.	DISCUSIÓN SOBRE EL CONTENIDO METÁLICO EN MUESTRAS DE LAS PLAYAS COLINDANTES AL PUERTO DE LOS CRISTIANOS Y SU COMPARACIÓN CON GÚIAS DE CALIDAD DE SEDIMENTOS	Página 429
5.2.6.	SÍNTESIS Y DISCUSIÓN GENERAL DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PUERTO DE LOS CRISTIANOS Y SUS PLAYAS COLINDANTES	Página 441
5.2.7.	ESTUDIO COMPARATIVO DE NUESTROS RESULTADOS EN LOS PUERTOS DE TENERIFE CON LOS OBTENIDOS POR OTROS AUTORES Y SUGERENCIAS Y ESTRATEGIAS ANTE NUEVOS ESCENARIOS.	Página 445
6.	BIBLIOGRAFÍA	Página 448

LISTADO DE ABREVIATURAS

ANZECC: "Australian and New Zealand Environment and Conservation Council"-

Consejo australiano y neozelandés de medio ambiente y conservación.

AOAC:" Association of the Official Analytical Chemist"- Asociación de Química Analítica Oficial.

ATDSR: "Agency for Toxic Substances and disease control"- Agencia de Sustancias Tóxicas y control de enfermedades.

CCME: "Protocol for the derivation of Canadian Sediment Quality Guidelines"- Protocolo de derivación de las Guías canadiense de calidad sedimentaria.

CEDEX: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas.

EC, MENVIQ: "Environment Canada and Ministere de l'Environnement du Quebec"- Medio ambiente Canadá y Ministerio de Medio ambiente de Quebec.

ERL: "Effect Range Low"- Efecto con rango bajo.

ERM: "Effect Range Medium"-Efecto con rango medio.

FAO: "Food and Agriculture Organization"- Organización de Agricultura y Alimentación

IARC: "International Agency for Research on Cancer"- Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer.

ISQG: "Interim Sediment Quality Guideline"-Valores guías de calidad provisionales.

NYSDEC: "New York State Department of Environmental Conservation"- Departamento de conservación medioambiental del Estado de Nueva York.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

PEL: "Probable Effect Levels"- Niveles con efectos probable.

USEPA: “United States Environmental Protection Agency” – Agencia de protección medioambiental de Estados Unidos.

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación medioambiental es un problema que afecta a todos los países. Durante los últimos siglos, el desarrollo industrial ha incrementado la emisión y disponibilidad de contaminantes en el planeta (Albert, 2010).

Entre los contaminantes ambientales, los metales se consideran uno de los grupos más significativos y preocupantes (Tabari et al., 2010). Reciben el nombre de metales unos 70 elementos y se encuentran entre los tóxicos más antiguos conocidos por el hombre (Ferrer, 2003). Aunque, los metales son contaminantes tradicionales en la historia de la Toxicología, no se ha perdido su interés debido a que en los últimos años se ha incrementado su conocimiento (Repetto, 1995; Gutiérrez et al., 2007).

Los metales pesados se encuentran dentro de las sustancias consideradas como tóxicas. De manera general, se considera como metal pesado a aquel elemento que tiene una densidad igual o superior a 6 gr/cm^3 cuando se encuentra en forma elemental (Kabata-Pendias et al., 1992; Repetto y Sanz, 2010) o cuyo número atómico es superior a 20 (excluyendo alcalino y alcalino-térreos) (Martínez y Pérez., 2007).

Los metales pesados en los ecosistemas acuáticos y en concreto en los ecosistemas marinos, se consideran un riesgo debido a su carácter acumulativo y a su toxicidad. Al contrario que muchos contaminantes orgánicos, los metales pesados generalmente no se eliminan en los ecosistemas acuáticos por procesos naturales, debido a que no son biodegradables (Förstner y Wittmann, 1979; Förstner y Wittmann, 1981; Marín, 2007), lo que puede suponer problemas de acumulación. Todos los metales pesados, ya sean biológicamente esenciales o no, son potencialmente tóxicos para los organismos a un umbral de concentración determinado (Marín 2007; Aragón-Briceño et al., 2011).

Desde hace varias décadas, las actividades humanas han incrementado la contaminación de los ecosistemas marinos (Halpern et al., 2008; Wu et al., 2010). Concretamente, la contaminación por metales pesados en medios marinos han obtenido una considerable importancia debido a su toxicidad, persistencia en el medio y posibilidad de acumularse en los tejidos de animales (Rittschof y McClellan-Green, 2005). Detectar y cuantificar la presencia de metales pesados en el entorno marino y costero es muy importante, ya que la mayoría de ellos se van acumulando en los sedimentos o en los seres vivos que lo habitan generando efectos nocivos o tóxicos a

largo plazo (Bryan y Hummerstone, 1977; Lyngby y Brix, 1987; Luque, 1996; Marín, 2007).

En la isla canaria de Tenerife, las actividades que más contaminación generan o pueden generar en las costas de la isla de Tenerife son la acuicultura y las actividades portuarias. Algunos autores han constatado que, la industria de la acuicultura que usa jaulas flotantes para el crecimiento de peces cerca de la línea costera (jaulas off-shore), puede producir cambios en el medio ambiente natural (Holmer et al., 2008; Riera et al., 2012), disminuyendo la calidad de las zonas costeras y generando conflictos entre la acuicultura y la conservación de los hábitats marinos (Adhikari et al., 2009; Riera et al., 2012). Por otro lado, muchos autores han constatado que en los puertos se realizan gran variedad de actividades antropogénicas contaminantes, tanto en el mar como desde tierra (Bruces, 1977; Cheun et al., 2003; Ramachandraiah 2004; Casado, 2006).

En ambas actividades (actividades acuícolas y portuarias), se han demostrado cambios en las características de los sedimentos, así como acumulaciones de contaminantes en general y de metales pesados en particular (Bortone et al., 2004; Mendiguchía et al., 2006; Adhikari et al., 2009; Renzi et al., 2009; Papaefthymiou et al., 2010)

Desde el año 1996 se vienen desarrollando en el Área de Toxicología de la Universidad de La Laguna diversos estudios relacionados con contaminantes ambientales: metales pesados tóxicos y esenciales, nitratos y nitritos, fluoruros y plaguicidas, etc..., tanto en matrices alimentarias como en matrices ambientales. Los resultados de estos estudios han concluido en la defensa de diversas Tesis Doctorales, como la de la Dra. Carmen Rubio titulada “Ingesta dietética de contaminantes metálicos (Hg, Pb, Cd, Fe, Cu, Zn y Mn) en la Comunidad Autónoma Canaria. Evaluación Toxicológica”; la del Dr. Ángel J. Gutiérrez, titulada “Estudio del contenido de metales pesados tóxicos y esenciales en especies de moluscos enlatados de consumo habitual en Canarias”; la de la Dra. Ofelia Dolores Hernández Velázquez denominada “Acumulación de metales pesados tóxicos (Pb y Cd) y esenciales (Fe, Cu, Ni, Mn, Mg y Zn) en erizos de lima (*Diadema antillarum*) de las costas de Tenerife”, la del Dr. José María Caballero Mesa titulada “Estudio Toxicológico, Higiénico-Sanitario y Nutricional del Gofio canario” y la del Dr. Dailos González Weller denominada “Evaluación

Toxicológica de la ingesta dietética de ciertos metales en la población de la Comunidad Autónoma Canaria” , la del Dr. Gonzalo Lozano Soldevilla titulada “Metales pesados: aportaciones al estudio toxicológico de especies y alimentos marinos en Las Islas Canarias” o la de la Dra. Gara Luis González titulada “Metales esenciales y tóxicos en papas antiguas, papas importadas y otros tubérculos comercializados en la isla de Tenerife. Evaluación toxicológica”, entre otras.

Estos estudios, junto con otros, alguno de ellos en colaboración con diferentes Departamentos y Áreas de la Universidad de La Laguna, han dado como resultado la publicación de diversos artículos en revistas tanto internacionales como nacionales, (Food Additives and Contaminants, Talanta, Microchemical Journal, Journal of Agricultural and Food Chemistry, International Journal of Food Sciences and Nutrition, International Journal of Food Science and Technology, Journal of Food Protection, Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, Environmental Toxicology, Environmental Monitoring and Assessment, Environmental Research, The Science of the Total Environment, Environment International, Atención Farmacéutica, Alimentaria, Nutrición Hospitalaria, Revista Española de Toxicología, etc.), comunicaciones a Congresos Internacionales y Nacionales (EUROTOX 2002, EUROTOX 2003, EUROTOX 2009, EUROTOX 2010, ANQUE 2006, ANQUE 2010, VIII Jornadas Nacionales de Alimentación, I Jornadas Nacionales de Tecnología del Agua, IV Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, V Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, VI Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, IX Congreso de la Sociedad Española de Nutrición, XI Congreso de la Sociedad Española de Nutrición, XVIII Congreso Nacional de Toxicología y XIX Congreso Nacional de Toxicología, entre otros) y a la realización de proyectos de investigación competitivos subvencionados por el Gobierno Autónomo de Canarias y por el Ministerio de Educación y Ciencia.

Para llevar a cabo este estudio sobre acumulación de metales pesados en sedimentos de acuicultura y puertos en la isla de Tenerife, se han analizado los metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) de los sedimentos bajo jaulas de actividades acuícolas y sus zonas de control, los sedimentos de los dos principales puertos de la isla de Tenerife (puerto de Santa Cruz de Tenerife y puerto de Los Cristianos) así como de sus playas colindantes y sus respectivas zonas de control.

2. OBJETIVOS

El **OBJETIVO GENERAL** del presente estudio es la cuantificación de las concentraciones de los metales Cd, Cr, Cu, Co, Mn, Pb, Ni, y Zn, en sedimentos de acuicultura y su zona de control; y en sedimentos de los principales puertos de Tenerife (puerto de Santa Cruz de Tenerife y puerto de Los Cristianos), sus playas colindantes y sus zonas control.

Otros **OBJETIVOS ESPECÍFICOS** que forman parte de este estudio son:

1. Estudiar la existencia de diferencias estadísticamente significativas en la concentración de los metales de los sedimentos de las jaulas de acuicultura del nordeste y suroeste de la isla y sus zonas de control.
2. Estudiar la existencia de diferencias estadísticamente significativas en la concentración de los metales de los sedimentos de los puertos, playas colindantes y sus zonas de control.
3. Estudiar la granulometría y las curvas granulométricas de los puntos de muestreo establecidos.
4. Estudiar las correlaciones intermetálicas en las actividades objeto de estudio.
5. Estudiar los perfiles de distribución de metales (cada 2,5 cm) hasta una profundidad de 20 cm en puertos y playas colindantes, y en los controles establecidos en la isla de Tenerife.
6. Comparar las concentraciones de metales (Cd, Cr, Cu, Pb y Zn) en los sedimentos de acuicultura y playas colindantes a puertos, con los valores ISQGs y PELs recomendados por las Guías canadienses de Calidad de Sedimentos marinos para la protección de la vida acuática canadienses.
7. Comparar las concentraciones de Co, Ni y Mn en los sedimentos de acuicultura y playas colindantes a puertos, con los valores de concentraciones umbral recomendados por distintos autores
8. Comparar las concentraciones de metales (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn) en los sedimentos de puertos, con los niveles recomendados por el CEDEX para material dragado y comprobar la categoría a la que pertenecen.

3. REVISIÓN Y ANTECEDENTES.

3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA REGIÓN CANARIA Y DE LA ISLA DE TENERIFE.

Las Islas Canarias (España), están formadas por siete islas principales y seis islotes. Este archipiélago de origen volcánico se encuentra localizado en el Océano Atlántico frente a la costa oeste del continente africano entre las latitudes 27º 37' y 29º 25' norte (situación subtropical) y las longitudes 13º 20' y 18º 10' al oeste de Greenwich.

La isla de Tenerife es la mayor de las siete islas que componen el archipiélago y está situada entre los paralelos 28º y 29º N y entre los meridianos 16º y 17º W.

En la figura 1 se muestra un plano de situación del archipiélago en general y de la isla de Tenerife.

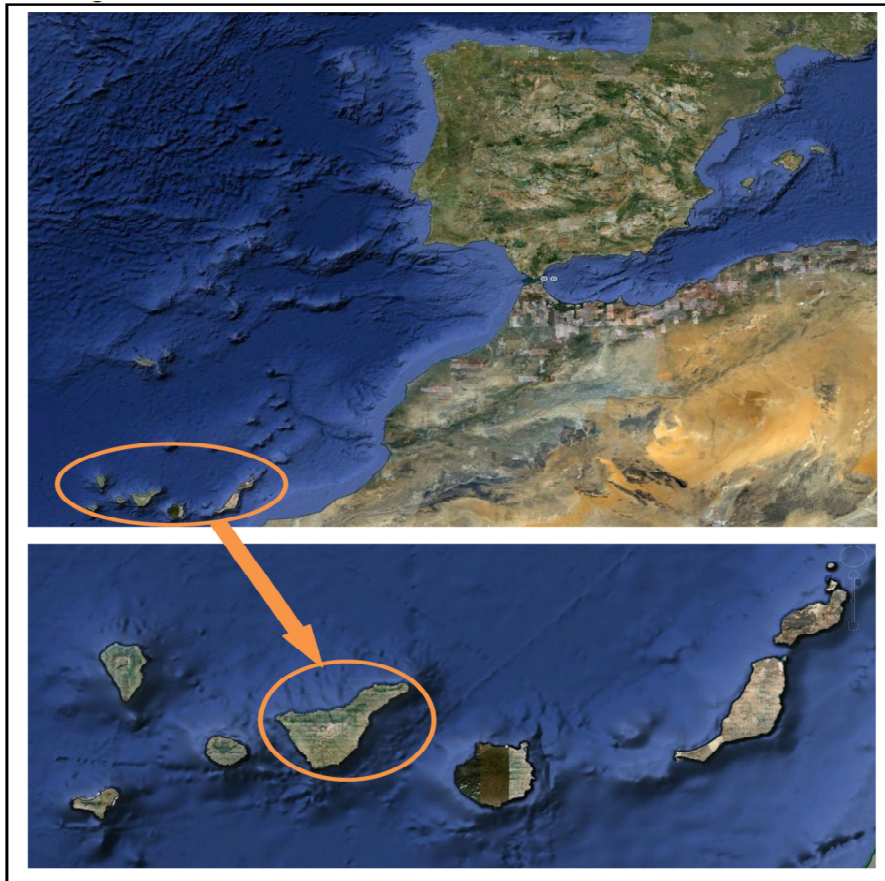


Figura 1: Situación geográfica del archipiélago canario. Fuente: Google Earth.

La formación del archipiélago canario se caracteriza por una primera fase muy rápida, mayoritariamente submarina, denominada Serie Basáltica Antigua. Concretamente, la isla de Tenerife culminó la serie hace 16 millones de años. A esta fase le siguieron fuerte períodos de desmantelamientos, posiblemente asociados a

movimientos en vertical, constatados con la presencia de lavas submarinas en la isla de La Palma. Posteriormente tuvo lugar un vulcanismo basáltico con distinta intensidad. En este vulcanismo post-erosivo o de rejuvenecimiento, las erupciones se alinean sobre unos ejes volcano-tectónicos, formando dorsales. Las dorsales principales en la isla de Tenerife son NW-SE y NE-SE.

Debido a esta naturaleza volcánica, la isla de Tenerife se caracteriza por tener un terreno heterogéneo y anisótropo. Por estos motivos, los sedimentos objeto de estudio en esta tesis se han muestreado en dos áreas concretas, de la costa de la isla. Por un lado se analizan los sedimentos del nordeste y, por otro, los sedimentos del suroeste ya que no son comparables por su diferente naturaleza volcánica y su distinta composición mineral.

Por otro lado, si nos centramos en el medio físico, la condición de insularidad del archipiélago, le confiere a las islas unas especiales características climáticas (circulación general de la atmósfera y corrientes marinas dominantes) que las hace diferentes a lo que les correspondería en las mismas latitudes en el continente africano. En cuanto a la circulación general de la atmósfera, las islas se ven afectadas por los vientos alisios, que son vientos moderados que soplan sobre prácticamente la mitad del globo, siendo cálidos y secos en su origen y; frescos y húmedos tras su recorrido por el mar al llegar a las islas. Son vientos de componentes nordeste que llegan hasta cotas de 1500 m y de gran regularidad sobre todo durante los meses del verano. Por encima de los 1500 m, el viento se caracteriza por ser más seco y caliente al no estar en contacto con las aguas oceánicas.

Las características oceanográficas vienen determinadas por dos fenómenos, la “Corriente de Canarias” y el afloramiento de aguas profundas o “upwelling” que tiene lugar frente a la costa africana (figura 2). Debido a la constancia e intensidad de los vientos alisios que producen un transporte neto de agua en superficie hacia mar abierto, tiene lugar un ascenso de agua profunda rica en nutrientes; esta causa es la que aporta la riqueza al Banco Sahariano. Aunque esta riqueza no afecta directamente a las islas, sí lo hacen otras características como la temperatura, salinidad, etc. De hecho, las islas al surgir del fondo del océano, se encuentran rodeadas de aguas oceánicas con baja concentración de nutrientes y, por tanto, de baja productividad marina. Tan solo existen algunos puntos aislados con unos valores mayores de

nutrientes como ocurre en la costa norte de Fuerteventura donde se produce algún afloramiento a pequeña escala al existir unas condiciones similares a las de la costa africana (González et al, 2000).

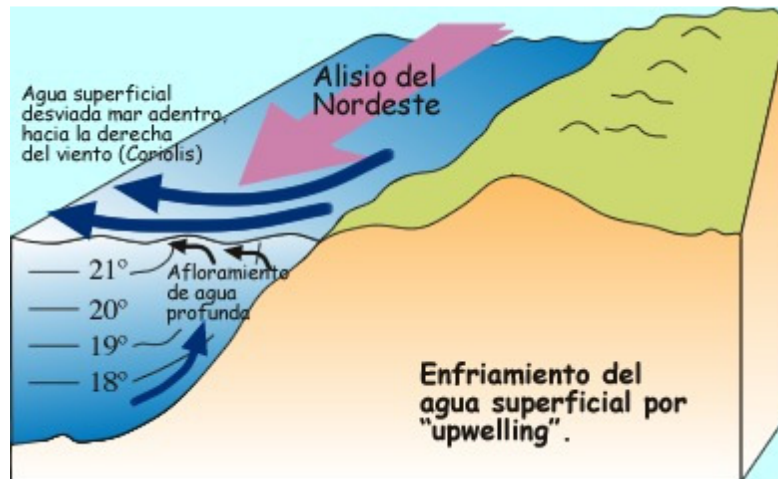


Figura 2: Proceso del "upwelling" que ocurre en el este del archipiélago
Fuente: <http://homepage.mac.com/uriarte/circulaciontermohalina.html>

En cuanto a la principal corriente marina, el Archipiélago está bajo la influencia de la Corriente de Canarias. Esta corriente, con un frente de 1.000 km afecta al archipiélago canario y fluye con una dirección dominante desde el noreste hacia el suroeste a una velocidad de entre 10 y 30 cm/s (Barton, 1998; Barton et al., 2004). Debido a la influencia de esta corriente, los puntos de muestreo situados en la zona noreste, se ven afectados por este fenómeno: La zona suroeste, sin embargo, no se ve afectada por esta Corriente de Canarias debido al efecto barrera que ejerce la isla.

Por tanto, la dinámica oceanográfica de Canarias es muy compleja y está influenciada por la variabilidad estacional de los vientos alisios, el afloramiento del noreste de África y la Corriente de Canarias. Asociado a esto también existen otros fenómenos como los filamentos de agua procedentes de la costa africana, las estelas de aguas cálidas asociadas al suroeste de algunas islas, la formación de un termoclina estacional, los remolinos tanto ciclónicos como anticiclónicos que se producen al norte y sur de las islas o la llegada de vientos cálidos con calima procedentes de África (Stramma y Siedler, 1988; Arístegui et al, 1994; Barton y Arístegui, 2004). Todos estos procesos son los suficientemente intensos para producir notables variaciones en la distribución espacial y temporal, tiempos de residencia y concentraciones de metales

en la columna de agua. Consideramos la columna de agua como el volumen de agua que existe sobre una superficie, en el caso del medio marino la columna de agua se refiere al volumen de agua existente sobre un fondo (ya sea rocoso o sedimentario).

De hecho, se sabe que fenómenos atmosféricos como los giros ciclónicos (figura 3) tienen como consecuencias los ascensos de aguas profundas remineralizados del fondo, produciendo un enriquecimiento de las aguas superficiales en metales como Cd, Fe, Ni, Mn y Zn (Cotte-Krief et al, 2002; Chase et al, 2005). Los ecosistemas marinos se caracterizan por ser sistemas dinámicos y abiertos, en el que existe una interrelación directa entre las matrices físicas que lo componen: agua-atmósfera-sedimento.

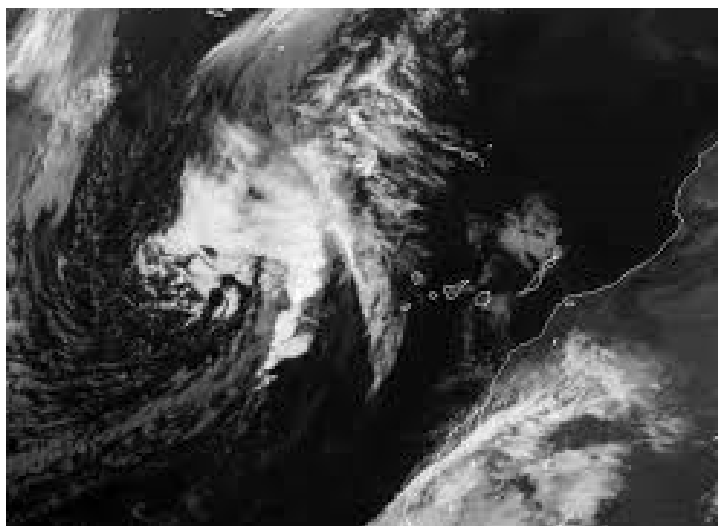


Figura 3: Influencia en el archipiélago canario de un giro ciclónico de 135 grados.

Fuente: Meteosat (septiembre 2011).

Otro fenómeno atmosférico son los vientos procedentes del continente africano conocidos como “calima” que por el debilitamiento del régimen de los Alisios traen consigo partículas sólidas procedentes del desierto del Sáhara (figura 4), llevando a cabo un enriquecimiento de metales. La deposición de este polvo litogénico y su disolución parcial en las aguas superficiales del océano es muy significativa. Se ha verificado que la deposición material durante este fenómeno es 10 veces más alto que la deposición normal (Torres-Padrón et al, 2000). Varios estudios han demostrado que este fenómeno produce un enriquecimiento en suelos y sedimentos en el contenido de metales y no metales (Al, Fe, As, Cd, Mn, Zn, Ni, Li, Sr, Ba, Co, Cr, V, Ti y P) (Kremling y

Streu, 1993; Perry et al, 1997; Vink y Measures, 2001). Los fenómenos de calima en la isla de Tenerife afectarían por igual a las muestras tomadas en el nordeste y el suroeste de la isla.



Figura 4: Influencia del viento saharai con partículas en suspensión (calima o calina) en el archipiélago.

Fuente: Meteosat (septiembre 2011).

3.2. CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS EN ÁREAS COSTERAS

Desde hace varias décadas, las actividades humanas han incrementado la presión ambiental y la contaminación de los ecosistemas marinos (Halpern et al., 2008; Morales Caselles et al., 2008; Wu et al., 2010). La excesiva población, el rápido desarrollo, y la sobrexplotación de las zonas costeras afecta a los ecosistemas acuáticos (Idris et al., 2007). La industria, el comercio, el turismo, o la urbanización en zonas costeras representa de forma directa o indirecta una fuente continua de contaminantes (Kralik et al., 2007, Renzi et al., 2009).

Cualquier descarga en el mar causa, inevitablemente, algún cambio en el medio (Pérez et al., 2003). En concreto, los metales pesados, se consideran uno de los contaminantes más preocupantes debido a su alta toxicidad, persistencia en el medio marino, bioacumulación y biomagnificación en la cadena trófica (Idris et al., 2007; Papaefthymiou, 2010). La biomagnificación de estos metales en la cadena trófica pone al ser humano en un serio problema de salud pública (Idris et al., 2007; Hardisson et al., 2012).

Podemos definir como tóxico aquella sustancia o agente físico, que actuando en muy pequeña cantidad, es capaz de producir efectos adversos sobre los organismos vivos (Repetto, 1995).

La presencia de los metales pesados en la corteza terrestre es inferior al 0,1 %, siendo casi siempre inferiores al 0,01%. A diferencia de otros contaminantes ambientales, los metales son elementos químicos que el hombre no crea ni destruye (Lloyd, 1992; Moreno, 2003; Repetto, 2010). De hecho, se sabe que el papel que el hombre desempeña en la presencia ambiental de los metales es, por una parte, introducir en el medio ambiente estos elementos como consecuencia de las distintas actividades humanas y, por otra, alterar la forma química o bioquímica en que se encuentran (Moreno, 2003).

Los metales y sus compuestos son casi tan antiguos como la humanidad y muchos han sido utilizados tradicionalmente como medicamentos, cosméticos y venenos. La transcendencia toxicológica de los metales es enorme, teniendo en cuenta su ubicuidad, la extensión de sus usos industriales y domésticos, y su persistencia medioambiental (Moreno, 2003; Repetto y Sanz, 2010).

En concreto, la contaminación por metales pesados en el medio ambiente, está principalmente atribuida a fuentes antropogénicas como la minería, la fundición, actividades industriales y combustión de fuentes fósiles (Krishna y Govil, 2005; Wang y Qin, 2005; Li et al., 2007; Li et al., 2009).

En general, los metales pesados en el medio ambiente se caracterizan por tener en común las siguientes características (Martínez y Pérez., 2007).:

- Se acumulan con el tiempo.
- Algunos son necesarios para los seres vivos a bajas concentraciones formando los denominados oligoelementos, pero cuando superan ciertos valores de concentración pueden ser tóxicos.
- Se encuentran siempre en los suelos a unos niveles de concentración determinada denominados niveles de fondo, cuyo origen no es externo, sino que proviene del material original y su posterior transformación.
- Con frecuencia se encuentran como cationes que interactúan fuertemente con la matriz del suelo, de manera que puede ocurrir que estando a elevadas concentraciones, se encuentren en formas químicas no biodisponibles. Sin embargo, pueden cambiar a formas móviles por cambios en las condiciones medioambientales, cambios en el uso del suelo o porque se sature la capacidad autodepurativa del suelo.

Diversos autores afirman que cuando los metales se encuentran de forma nativa en el medio ambiente, suelen estar presentes en formas más inmóviles, mientras que cuando tienen un origen antrópico presentan una mayor movilidad (Madrid et al., 2001; Kelley et al., 2002; Martínez y Pérez, 2007), aunque con el tiempo suelen transformarse en formas más estables (Rieuwerts et al., 1999; Han et al., 2001; Martínez y Pérez, 2007). Al contrario de lo que sucede con los compuestos orgánicos, los metales ni se crean ni se destruyen por mecanismos biológicos o químicos. Sin embargo, estos procesos pueden transformar un metal de un estado de oxidación en otros y pueden convertirlos en formas inorgánicas (iones o complejos metálicos) y orgánicos (compuestos organometálicos) (Sierra y Gallego, 2007).

La persistencia de los metales en el medio ambiente, se valora en función de las características del compuesto químico del que el metal forma parte, determinando su movilidad ambiental y su biodisponibilidad (Faitbrother et al., 2007). También influye

en su movilidad el origen de los metales y la forma de deposición en el suelo (Davis et al., 1992; Davis et al., 1993; Ruby et al., 1999).

En general, los metales están sujetos de forma natural a ciclos biogeoquímicos que determinan su presencia y concentración en los distintos compartimentos ambientales: suelos, aguas superficiales, aguas subterráneas, aire y los seres vivos (Faitbrother et al., 2007).

Es importante considerar que el comportamiento de los metales y sus derivados organometálicos en el medio ambiente no es fácilmente sistematizable. Siempre es necesario conocer la química de un metal en particular para determinar su comportamiento medioambiental. Además, los diferentes estados de oxidación para un mismo metal pueden hacer variar drásticamente su bioaccesibilidad y biodisponibilidad. Los compuestos organometálicos exhiben, por lo general, propiedades que son bien diferentes de las sales metálicas inorgánicas y del propio metal (Sierra y Gallego, 2007).

Aún así, se considera que todos los metales pueden transportarse de forma cíclica a través del medio ambiente, aunque algunos permanecen durante más tiempo en unos compartimentos medioambientales que en otros (Ruby et al., 1999).

Una de las posibles rutas de los metales pesados una vez emitidos, es su incorporación al suelo o al sedimento. Una vez incorporados en este compartimento, son varios los factores que influyen en la movilización de los metales pesados en el suelo (Kong y Bitton, 2003), aunque de forma general se pueden agrupar en tres tipos (Sauquillo et al., 2003; Martínez y Pérez, 2007):

- Características del suelo o de los sedimentos, como son el pH, potencial redox, composición iónica de la solución del suelo/sedimento, capacidad de intercambio, presencia de CaCO_3 , contenido en materia orgánica, textura, entre otros.
- Naturaleza u origen de la contaminación, es decir, origen de los metales y forma de deposición.
- Condiciones medioambientales, como acidificación, cambios en las condiciones redox, variación de temperatura.

La movilización de los metales pesados en los distintos compartimentos medioambientales, y en concreto en los suelos y en los sedimentos es de gran

importancia en este estudio, y por ello es necesario conocer los factores que la producen.

El pH ejerce un papel fundamental en la movilización de los metales (Förstner, 1995, Adriano et al., 1997; Cambier y Charlatchka, 1997; Moreno, 2003; Martínez y Pérez, 2007). De este modo, la mayoría de los elementos traza, aumentan su movilidad en el suelo al incrementar la acidez del medio (Nelson et al., 1991; Alloway, 1995; Alloway, 2003; Moreno, 2003; Martínez y Pérez, 2007).

Los cambios en el estado de oxidación también ejercen una gran influencia en la movilización de muchos metales (Rieuwerts et al., 1999). Unas condiciones oxidantes pueden ocasionar la oxidación y disolución de sulfuro y precipitados insolubles, incrementando la movilidad de muchos metales, ya que aumenta la acidez como consecuencia de la oxidación del sulfuro (Nelson et al., 1991; Cambier y Charlatchaka, 1997; Martínez y Pérez, 2007).

Los sistemas acuáticos muestran que muchos invertebrados bentónicos viven por debajo del sedimento superficial. Chapman et al. (1999), exponen de forma esquemática las posibles rutas de biodisponibilidad de metales en macroinvertebrados bentónicos y peces en los sistemas acuáticos. De interés especial es la química redox que juegan los compuestos de Fe y Mn presentes en los suelos en relación a la movilidad de otros metales. Sus hidróxidos y oxihidróxidos tienen un papel muy importante en los fenómenos de adsorción de metales en sedimentos (Stumm y Morgan, 1970; Stumm y Morgan, 1981; Martínez y Pérez, 2007).

En la investigación llevada a cabo por Chapman et al., (1999), se destacan cuatro rutas de biodisponibilidad de metales en los sistemas acuáticos, tal y como se puede ver en la figura 5:

- [Ruta 1](#): desde los sedimentos
- [Ruta 2](#): desde el agua intersticial presente entre los poros de los sedimentos
- [Ruta 3](#): desde el agua
- [Ruta 4](#): desde los alimentos

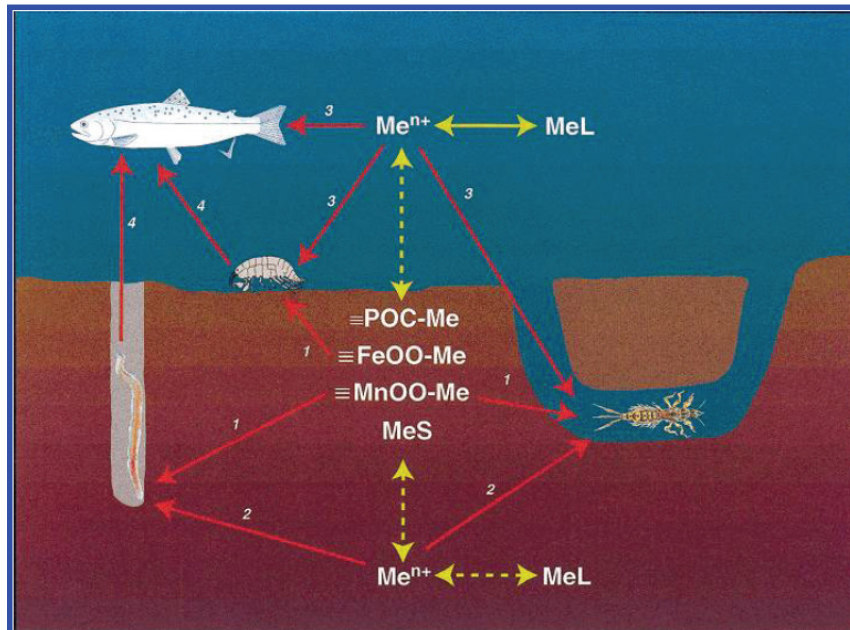


Figura 5: Rutas esquemáticas de biodisponibilidad de metales en sistemas acuáticos. Fuente: Chapman et al., 1999.

También hay que tener presente que determinados metales pesados son esenciales y constituyen los denominados oligoelementos, siendo éstos beneficiosos para el ciclo vital de los organismos marinos. Los llamados metales biogénicos, pueden funcionar como elementos limitantes del crecimiento fitoplanctónico. Nos encontramos en el caso de metales como el Fe, Zn, Cu y Co. Estos cationes son muy reactivos y forman fácilmente complejos y compuestos orgánicos estables con los organismos vivos. Del mismo modo, estos metales biogénicos son tóxicos cuando su concentración alcanza determinados niveles. Existen además, una serie importante de metales pesados en los que no se ha identificado ninguna función biológica positiva, y que son potencialmente peligrosos para los seres vivos; estos metales tóxicos son Hg, Cd y Pb, aunque además, existen otros metales carácter que se pueden considerar tóxicos y que los podemos encontrar en el medio marino como son: Cu, Zn, Sn, Cr, Fe, Bi, V y Al (López, 1986; Fargasova, 1994).

Aún así, estudiar los efectos biológicos de los metales en sistemas acuáticos son complicados debido a sus interacciones sinérgicas y antagonistas con otros metales (Foster y Morel, 1982; Oakden et al., 1984), además, el comportamiento de los metales en el medio ambiente no es fácilmente sistematizable y a que es necesario conocer la química de cada metal en particular. Por eso, en los siguientes apartados de

este estudio, se exponen las características generales y la toxicología de los metales analizados.

3.2.1. CADMIO

3.2.1.1. Introducción

El cadmio es un metal de transición de color blanco-metálico con matiz azulado, brillante y dúctil (ATDSR, 1999; Gil, 2005). Pertenece al grupo 12 de la tabla periódica y tiene un número atómico de 48. Su masa atómica es de 112 y su principal estado de oxidación es el +2. Pese a su colocación en la tabla periódica, su comportamiento es más parecido al Zn que al Hg que es el elemento que le acompaña en el grupo.

La “Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer” (IARC) ha clasificado el cadmio en la categoría I (carcinógeno para los humanos, con evidencia epidemiológica suficiente).

3.2.1.2. Aplicaciones del cadmio

Cadmio deriva del término latino calamina, (*cadmia*, carbonato de cinc) (Moreno, 2003). La calamina se utilizaba como materia prima para la obtención de óxido de zinc con usos farmacéuticos, y la presencia de Cd como impureza le impartía una coloración amarillenta (Han et al., 1998).

Entre todos sus usos y aplicaciones, las más importantes son las siguientes (Repeto, 1995; Ramírez, 2002; ATDSR, 2008; ACSA, 2009):

- Como pigmentos en pinturas, esmaltes, plásticos, textiles, vidrios, tintas de impresión, caucho, lacas, etc.
- En aleación con cobre, aluminio y plata
- En la producción de pilas de cadmio-níquel
- Como estabilizador de termoplásticos, como el PVC
- En fotografía, litografía y procesos de grabado
- Como “endurecedor” de ruedas y llantas de automóvil
- En fábricas de foto-conductores y células solares fotoeléctricas
- El electroplatinado
- En fabricación de “controles” de reactores nucleares.

3.2.1.3. El cadmio en el medio ambiente

El cadmio es un problema medioambiental con repercusiones sobre la salud debido a su persistencia en el medioambiente y su larga vida media biológica (10-40 años) en el cuerpo humano, especialmente en los riñones (Vahter et al., 1996). Los usos tan continuados y diversos junto a la larga vida media del Cd en el medio ambiente (entre 15 y 1100 años), dificulta en muchos casos su reciclaje, por lo que se acumula progresivamente en el entorno (Repetto, 1995; Ramírez, 2002).

El cadmio es un metal pesado presente de forma natural en la corteza terrestre pero que también es producto de actividades industriales y agrícolas. El cadmio presente en el medio ambiente es principalmente consecuencia de su emisión a la atmósfera por diferentes actividades, distribuyéndose posteriormente en los distintos comportamientos ambientales (Repetto, 1995).

El Cd es abundante en la naturaleza, pero no se encuentra nativo en ella y sus minerales casi siempre se encuentran asociados a los del Zn (Vos et al, 1987; Repetto, 1995; Han et al., 1998; Rodríguez-López., 2001). El cadmio, puede aparecer sustituyendo al Hg, Cu, Pb y Zn en los sulfuros, particularmente en la esfalerita (ZnS) y en menor grado en otros minerales de Zn como la smithsonita ($ZnCO_3$). También se ha encontrado cadmio a bajas concentraciones en minerales silicatados como la biotita o anfíboles. En menor medida puede formar minerales propios como la greenockita (CdS), la octavita ($CdCO_3$) o la monteponita (CdO) (Martínez y Pérez., 2007).

En general, se estima que las fuentes que producen una mayor liberación de cadmio al medio ambiente, son la minería, las combustiones de aceites y carbones, y las plantas incineradoras. Otra fuente importante de contribución de este metal al medio ambiente es el uso de fertilizantes obtenidos a partir de sedimentos o rocas ricas en cadmio (Repetto, 1995).

Elevados niveles de este metal han sido detectados en la materia orgánica de algunos tipos de carbón, petróleo y ciertos aceites, que pueden ser debidos a la absorción selectiva y complejación por los compuestos húmicos (Martínez y Pérez., 2007; ATDSR, 2008).

Existe una relación entre las distribuciones de Cd y algunos nutrientes como nitrato y fosfato dentro de la columna de agua en el mar (Bruland et al., 1994; de Baar et al., 1994; Abe 2001). Esto permite que este metal pueda desaparecer de la capa

superficial del océano por incorporación al tejido biológico de los organismos planctónicos y posteriormente a los sedimentos por proceso de sedimentación del material biogénico (Bruland 1980).

La solubilidad del cadmio en agua aumenta en medios ácidos, mientras que la adsorción a suelos y sedimentos se incrementa al aumentar el pH. En medios reductores puede formarse sulfuro de cadmio (muy insoluble), que precipita acumulándose en los sedimentos (Bendel-Young et al, 2011). En suelos ácidos el cadmio puede lixiviarse y desplazarse hacia las aguas subterráneas (Moreno, 2003). Concretamente, el cadmio presenta mayor movilidad si el pH está por debajo de 8. De esta forma, los medios ácidos favorecen la solubilización del cadmio en aguas, mientras que la alcalinización de los suelos disminuye la biodisponibilidad, ya que el cadmio tiende a absorberse al suelo a pH básico y permanecer allí, actuando el suelo como un sumidero de contaminación (Kelley et al., 2002).

3.2.1.4. Toxicidad del cadmio en el medio marino

El cadmio presenta un único estado de oxidación en el agua de mar (Cd II), encontrándose normalmente como $CdCl^+$ (Russell y Morford 2001, Nameroff et al. 2002). Este metal se encuentra en mayores concentraciones en las aguas costeras que en las aguas oceánicas, lo cual es el resultado de la interacción océano-continente (Muller et al., 1994; Le Gall et al., 1999; Cotté-Krief et al., 2000).

El cadmio es un elemento sin función biológica conocida pero con una afinidad evidente por el material biogénico particulado. Se conoce que el cadmio a concentraciones relativamente bajas es tóxico para todas las formas de vida, incluyendo microorganismos, plantas, animales y el hombre (Mas y Azcue, 1993; Lima et al., 2005). De hecho, el cadmio es el primer metal para el que se demostró una distribución altamente correlacionada con la de los nutrientes (Boyle et al., 1972; González Weller et al., 2006).

En el medio marino, existen numerosos estudios que han demostrado la toxicidad de este metal en el fitoplancton y zooplancton marino (Fisher et al., 1984; Miao et al., 2005; Miao y Wang 2006).

El Cd en los medios acuáticos es un metal cuya especiación y biodisponibilidad se ve afectada por el pH (Schubauer-Berigan et al., 2009).

En el caso concreto de los sedimentos, existen estudios que incluso han demostrado la relación existente entre la concentración de Cd en los 5 cm superficiales y su afección al zooplancton o a los invertebrados bentónicos (Evaarts et al., 1993). También, en sedimentos del medio marino contaminados con Cd, se ha demostrado su toxicidad en organismos como moluscos filtradores (Ramakritinan et al., 2012), en microalgas bentónicas (Moreno-Garrido et al, 2002) y en juveniles de dorada (Del Valls et al., 1998).

En el entorno portuario, se ha llevado a cabo un estudio en siete especies de invertebrados y se ha demostrado la toxicidad que presentan estos organismos a este metal (Ahsanullah, 1976). En estudios de los procesos de dragados en puertos, se ha demostrado que este metal se puede biodisponer para las larvas marinas invertebradas, produciendo perturbaciones biológicas como un desarrollo anormal o inhibición en el crecimiento (Ficher et al., 1998).

En el caso concreto del medio marino específicamente en las costas de la isla de Tenerife, se ha demostrado la existencia de una acumulación de cadmio en algas (Lozano et al., 2003) y en erizos (Hernández et al., 2010).

3.2.2. CROMO

3.2.2.1. Introducción

El cromo pertenece al grupo 6 de la tabla periódica, su número atómico es 24 y su masa atómica es 52. Presenta dos estados de oxidación principales (+3 y +6). Es un elemento de aspecto metálico, muy resistente a la corrosión y al ataque por ácidos, especialmente si contiene carbono. El cromo puede encontrarse en distintas formas y existe en estados líquido, sólido o gas (INSHT, 2005; ATSR, 2008).

Según la especiación, el cromo actúa de distinta manera; por un lado el cromo (III) es un oligoelemento indispensable para procesos bioquímicos y fisiológicos necesarios para la vida. Por otro lado, el cromo (VI) está clasificado como agente cancerígeno del Grupo I por la “Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer” (IARC), cuando la exposición se produce por vía inhalatoria.

3.2.2.2. Aplicaciones del cromo

Las aplicaciones del cromo son múltiples, se utiliza en las aleaciones de acero, en la industria de chapado y en el curtido de pieles (Martínez y Pérez, 2007). Se usan también en cromados, colorantes y pigmentos, y en la preservación de la madera. Cantidades menores de cromo se usan en barrenas usadas en la extracción de petróleo, inhibidores de corrosión, en la industria textil y en toners para impresoras (ATDSR, 2000; ATDSR, 2008). El acero inoxidable es una aleación que contiene entre un 11 % y un 30 % de cromo (Aranda y Llopis, 1993; Czajka-Narins, 1995; Stoecker, 1997). También, los productos de oxidación del cromo, como el ácido crómico es muy usado en galvanoplastia y sus sales (cromatos y dicromatos) son muy tóxicos por acción caústica (Gil, 2007).

3.2.2.3. El cromo en el medio ambiente

El cromo, se caracteriza por ser un contaminante medioambiental y un elemento conocido por sus propiedades tóxicas en el ser humano (Gutiérrez et al., 2008). Su toxicidad en el medio ambiente varía en función de la especiación que presente, de hecho el cromo es un claro ejemplo de sustancia cuya toxicidad está íntimamente relacionada con su especiación, siendo los compuestos de cromo (VI) los que presentan mayores problemas de toxicidad. Aún así, se ha visto mediante estudios *in vitro* como el cromo (VI), aunque es estable, se va reduciendo a cromo (V), cromo (IV) y cromo (III), bajo condiciones fisiológicas determinadas. En el medio ambiente, la forma trivalente es la que se encuentra más distribuida, por otro lado la forma hexavalente (soluble en agua y presente en muchos suelos y efluentes industriales) puede ser reducida a Cr (III) por la materia orgánica (Kabata-Pendias, 1992; Rowbothman et al., 2000; Bolan et al., 2003), lo que es beneficioso para la salud humana debido a la toxicidad que presenta la especie de Cr (VI).

El cromo es un elemento natural que se encuentra en rocas, animales, plantas y el suelo, se considera un elemento abundante en la corteza terrestre formando parte de gran cantidad de minerales, incluyendo cromita (FeCr_2O_4) y crocoíta (PbCrO_4) y como mineral accesorio aparece en anfíboles, micas, piroxenos y en el granate (Martínez y Pérez, 2007). A partir de la degradación de los minerales procedentes de las rocas, puede introducirse al medio ambiente y puede depositarse en la tierra y en

el agua mediante procesos de precipitación (Klaassen y Watkins, 2001; Bagchi et al., 2003; Rubio et al., 2004).

El cromo presenta escasa movilidad con valores de pH cercanos a la neutralidad (Lucasen et al., 2002; Moreno, 2003; Martínez y Pérez, 2003). En el suelo, el comportamiento del cromo está determinado por el pH, el potencial de óxido reducción (Eh) y el contenido de materia orgánica (Kumpiene et al., 2008). Su adsorción por parte de las arcillas también depende del pH. La adsorción del Cr (VI) disminuye al aumentar el pH y la del Cr (III) crece al aumentar el pH (Chen y Cutright, 2001; Martínez y Pérez, 2007).

3.2.2.4. Toxicidad del cromo en el medio marino

Diversos estudios han demostrado los problemas de toxicidad que presenta el Cr en el medio marino para el plancton (Frey et al., 1983). Otros estudios relacionados con la toxicología ambiental en el medio marino llevado a cabo con sedimentos contaminados por Cr, han demostrado problemas histológicos en formas juveniles de dorada (*Sparus aurata*) (Del Valls et al., 1998).

Diversos autores coinciden que la matriz sedimentaria actúa como sumidero y acumulador de cromo, hasta que se den las condiciones adecuadas para su incorporación de nuevo al mar (Wentsel et al., 1997; Neumann et al., 1998; Li et al., 2009). En entornos portuarios, se ha demostrado que el Cr (VI) procedente del efluente de una industria, pasa a Cr (III) en presencia de sulfatos y precipitando junto a la materia orgánica disponible en la columna de agua hacia los sedimentos (Smilie et al., 1981; Riedel, 1985).

En sedimentos de entornos portuarios muy industrializados, se ha demostrado la toxicidad que presenta el cromo en algas cuyo hábitat se centra en este entorno (Wong et al., 1995).

3.2.3. COBRE

3.2.3.1. Introducción

El cobre pertenece al grupo 11 de la tabla periódica, su número atómico es 29 y su masa atómica, 63. Presenta dos estados de oxidación principales (+1 y +2).

No existen evidencias de efectos cancerígenos del cobre o sus compuestos por ninguna vía de exposición.

3.2.3.2. Aplicaciones del cobre

El cobre está ampliamente distribuido en la naturaleza y se trata de un metal del que el hombre ha hecho uso desde tiempos prehistóricos. Su nombre deriva del nombre latino de Chipre (*Cuprum*), de donde los romanos extrajeron grandes cantidades de este metal. También los romanos exportaron cobre de las minas de Río Tinto, en el suroeste de la península Ibérica, en la actual provincia de Huelva (Riba et al., 2005).

La producción anual de cobre en el mundo es de 12 millones de toneladas, de las que se estima que un 16% corresponde al reciclaje. Los principales usos del cobre son la fabricación de equipamiento eléctrico, materiales de construcción como techumbres y tuberías, maquinaria industrial y distintos tipo de aleaciones (Meller, 2003; Moreno, 2003).

La aleación más antigua conocida del cobre es el bronce, formada por dicho metal y estaño en la proporción 2:1. La segunda aleación más antigua y conocida es el latón, aleación de cobre y zinc. En aleación con el níquel, el cobre se utiliza para la fabricación de monedas y como material de construcción resistente a la corrosión del agua de mar, por lo que es muy utilizada en bombas submarinas, hélices de buques y materias constructivos de desaladoras.

De forma general, las fuentes antropogénicas de cobre se incluye la minería y actividades derivadas de ellas, la industria eléctrica, agricultura, lodos residuales y la industria del acero (Martínez y Pérez, 2007).

El cobre forma compuestos inestables en los que se encuentra en el estado de oxidación +1, pero su estado de oxidación más frecuente es el +2, como en el sulfato de cobre, uno de los primeros compuestos utilizados como plaguicidas para el control del mildiu de la vid (caldo bordelés) (Somnez et al., 2006; Sánchez-Chardi y López-Fuster, 2009).

Las sales de cobre poseen efectos fungicidas y algicidas y se utilizan como antincrustantes en las redes y jaulas de acuicultura (Macleod y Eriksen, 2009; Basaran et al., 2010; Sneddon y Tremblay, 2011).

3.2.3.3. El cobre en el medio ambiente

El cobre presente en el medio ambiente tiende a formar enlaces con los componentes sólidos de los suelos y de los sedimentos, concretamente forma enlaces fuertes con la materia orgánica, por la que tiende a asociarse con los limos y la fracción fina de los sedimentos (Wells et al., 1998). Se puede decir que esta tendencia a formar enlaces, es mucho más acusada en el cobre, que en otros cationes divalentes (Cheshire, 1977). En orden de importancia, la materia orgánica y los óxidos de hierro y manganeso son los parámetros más importantes para la adsorción del cobre, seguidos de las arcillas (Saubé et al., 2000). Por tanto, en el caso que exista materia orgánica en el medio, el cobre es practicante inmóvil (Martínez y Pérez, 2007).

La distribución del cobre en los suelos y sedimentos es mucho menos sensible al efecto del pH que la de otros metales, ya que los aumentos de solubilidad de algunas formas inorgánicas, como los hidróxidos, propiciados por los cambios de pH (aumento de acidez, en el caso del hidróxido) se ven contrarrestados por la rápida formación de complejos insolubles (Terminhoff et al., 1997; ATDSR, 2004).

3.2.3.4. Toxicidad del cobre en el medio marino

La toxicidad crónica del cobre en organismos acuáticos está demostrada por numerosos estudios (Fichet et al., 1998; Del Valls et al., 1998; Moreno-Garrido et al., 2002; Roman et al., 2007), también se sabe que el Cu en los medios acuáticos es un metal cuya especiación y biodisponibilidad se ve afectada por el pH del medio (Schubauer-Berigan et al., 2009).

En el medio marino, existe una relación entre los sulfuros volátiles en los sedimentos y la toxicidad de este metal (Casas y Crecelius, 2009). Se han demostrado su toxicidad en larvas marinas de ostras, cangrejos, gambas y langosta (Connor, 1972). Estudios en organismos expuestos a sedimentos contaminados han demostrado que factores como la biodisponibilidad del metal o la influencia de componentes naturales como el contenido de materia orgánica o el contenido de sulfuros, son de gran importancia para provocar la toxicidad crónica en los organismos (Roman et al., 2008).

Otros estudios llevados a cabo en sedimentos, concretamente en procesos de resuspensión de sedimentos contaminados en puertos por dragados, han demostrado

que la resuspensión conlleva la liberación del Cu y su biodisponibilidad en organismos vivos como las larvas, con su consiguiente perturbación biológica (desarrollo anormal y problemas en el crecimiento) (Ficher et al., 1998).

Por otro lado, otros autores han concluido en que el cobre presenta poca tendencia a la bioconcentración en organismos acuáticos, con la excepción de los moluscos filtradores (Ramakritinan et al., 2012), especialmente las ostras.

También existen numerosos estudios que demuestran que el cobre no está sujeto a biomagnificación en la cadena trófica (Chen et al., 1998; Mountouris et al., 2002).

3.2.4. COBALTO

3.2.4.1. Introducción

El cobalto pertenece al grupo 9 de la tabla periódica, su número atómico es 27 y su masa atómica es 59. Presenta dos estados de oxidación principales (+2 y +3) y posee propiedades idénticas al hierro y el níquel. El cobalto elemental se encuentra como un metal duro de color gris-plateado.

El cobalto y sus compuestos están clasificados en el grupo 2B, posiblemente cancerígenos para el hombre, por la "Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer" (IARC).

3.2.4.2. Aplicaciones del cobalto

El cobalto posee numerosas aplicaciones. Se emplea en aleaciones para la fabricación de materiales magnéticos, en la industria cerámica, en catalizadores y en pinturas. La aplicación más antigua del cobalto, que aún sigue vigente, es su uso como pigmento azul intenso en la fabricación de porcelanas y cristal (Cortés et al., 2004).

Los compuestos de cobalto se usan como colorantes en vidrio, cerámicas y pinturas, como catalizadores y en productos para secar pinturas. Los colorantes de cobalto tienen un color azul característico, sin embargo, no todos los compuestos de cobalto son azules. También los compuestos de cobalto se añaden en muy pequeñas cantidades a productos agrícolas y medicamentos (Chatel et al., 1978; Eder et al., 1997).

El cobalto metálico generalmente se mezcla con otros metales para formar aleaciones, como resultado se obtienen aleaciones más duras o más resistentes al desgaste y a la corrosión. Las aleaciones de Co tienen una variedad de usos en aplicaciones militares e industriales como por ejemplo en motores de aviones, imanes y en herramientas cortantes y trituradoras (Cuscueta et al., 2006). También se usan aleación de Co en implantes de caderas y rodillas (Cortés et al., 2004; ATDSR, 2004; Pushpavanam et al., 2007; ATDSR, 2008).

3.2.4.3. Cobalto en el medio ambiente

Se pueden encontrar pequeñas cantidades de cobalto de forma natural en la mayoría de las rocas, en el suelo, el agua, en plantas y en los animales (Hein et al., 1988).

En la naturaleza, el cobalto se encuentra asociado al níquel y, en menor medida, al arsénico (Kay et al., 2001). Frecuentemente, el cobalto está asociado a los minerales de manganeso, mostrando ambos elementos un comportamiento similar en los suelos (Martínez y Pérez, 2007).

En el medio ambiente, una vez el cobalto llega al suelo o los sedimentos, es adsorbido fuerte y rápidamente. En esta matriz, queda retenido en óxidos de hierro y manganeso, así como en materiales cristalinos como los aluminosilicatos y la goethita (Sundby et al., 1986). También se adsorbe a la fracción húmica de los suelos y de la materia en suspensión de las aguas superficiales. Los complejos formados entre el cobalto y el ácido húmico tienden a experimentar un proceso de envejecimiento, debido a que la interacción entre sus componentes deja de ser reversible, constituyendo un sumidero neto de este elemento (Neumann et al, 1998; Matthai y Birch, 2001; ATDSR, 2008).

Al igual que otros metales, el pH en el medio es uno de los factores más importantes en la solubilidad del cobalto en agua y su movilidad. En medios ácidos, el cobalto es más soluble y más móvil (Murray y Meinke, 1974). Al aumentar el pH se forman hidróxidos y carbonatos insolubles, que precipitan, y también aumenta la adsorción (Shrivastava et al., 2003). Por otra parte, la formación de complejos con algunos agentes orgánicos, como los alcoholes, puede aumentar la movilidad del

cobalto en el suelo. Se ha demostrado que también las condiciones reductoras aumentan la movilidad del cobalto (Nagpal et al. 2004).

3.2.4.4. Toxicidad del cobalto en el medio marino

De forma general, los problemas de toxicidad ambiental estudiados para el Co son menores que los producidos y los estudiados para otros metales pesados (Nagpal et al., 2004). Sin embargo se han demostrado problemas de toxicidad ambiental por Co en sistemas acuáticos con este metal en las cercanías de zonas mineras o de forma puntual en los puntos de descargas de contaminantes procedentes de industrias textiles (Diamond et al., 1992).

Estudios llevados a cabo por distintos autores, han demostrado los distintos problemas de toxicidad aguda y crónica que presenta este metal en sistemas acuáticos (Göran y Ruigin, 1991; Plekhanov y Chemeris, 2003; Norwood et al., 2007). Sin embargo, existe una deficiencia en cuanto a la disponibilidad de criterios y guías de calidad ambiental para el cobalto por la falta de datos toxicológicos concluyente (Diamond et al., 1992; Nagpal et al., 2004).

3.2.5. MANGANESO

3.2.5.1. Introducción

El manganeso es un [elemento químico](#) de [número atómico](#) 25 situado en el grupo 7 de la [tabla periódica de los elementos](#).

El manganeso se caracteriza por ser un metal de color y brillo acerado, fácilmente oxidable. Según el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, el Mn puede ser peligroso para el ambiente y se debe de tener una atención especial para los organismos acuáticos (INSHT, 2003).

3.2.5.2. Aplicaciones del manganeso

En el siglo XVII, el químico alemán [Glauber](#), produjo por primera vez permanganato, un reactivo de laboratorio bastante utilizado todavía en la actualidad. A mediados del [siglo XVIII](#), el dióxido de manganeso se empleó para la producción de cloro.

El Mn fue usado por los egipcios y los romanos para crear compuestos de este metal para darle color al vidrio. Se ha constatado que el dióxido de manganeso, fue utilizado en pinturas rupestres para aportarle la coloración negra. También se ha encontrado manganeso en las minas de hierro utilizadas por los espartanos. España es un importante productor y exportador de este metal, concretamente procedente de las minas localizadas en Huelva (Gil, 2005).

La mezcla de manganeso metálico con hierro se utiliza para producir distintos tipos de aceros. El fosfatado de manganeso se utiliza como tratamiento para la prevención de la [oxidación](#) y [corrosión](#) del [acero](#) (Rodríguez et al., 1998; Zanin et al., 2006).

Algunos compuestos de manganeso se utilizan en la producción de baterías, como suplementos dietéticos y como ingredientes de ciertas cerámicas. También se usan en la síntesis de plaguicidas (como el maneb y mancozeb) y de abonos (Fomasgaard et al., 1998; Melgar et al., 2008).

3.2.5.3. Manganeso en el medio ambiente

El manganeso y los compuestos de manganeso se encuentran de forma natural en el medio ambiente en forma de óxidos, siendo el dióxido (MnO_2 o pirolusita) el más estable e importante. Debido a todas las actividades antropogénicas que liberan manganeso al medio ambiente, se puede encontrar este metal en distintos compartimentos medioambientales como el aire, el suelo, el agua y los alimentos (Gil, 2005).

El manganeso es liberado al aire por la industria o la quema de combustibles fósiles. Alrededor del 30% del manganeso es emitido al medio ambiente a través de los tubos de escape de los automoviles (Sanz-Gallén y Nogué, 1997), ya que fue sustituido en parte por el aditivo de plomo en las gasolinas. Otras actividades que liberan Mn al aire son las plantas productoras de hierro y acero, plantas energéticas, hornos de coque y operaciones mineras. (ATDSR, 2000).

Tal como sucede con otros elementos, el manganeso no puede ser degradado en el medio ambiente. Solamente puede cambiar de forma al adherirse o desligarse de partículas. La forma química del manganeso y el tipo de suelo determinan la velocidad de movimiento en el suelo y la cantidad que permanece en este (Colins y Buol, 1970).

El manganeso de origen antropogénico puede entrar en las aguas superficiales, subterráneas y de alcantarillado. Una vez en el agua, la mayor parte del manganeso tiende a adherirse a partículas o a depositarse en los sedimentos (ATDSR, 2000, Acosta y Lodeiros, 2004; Sánchez-Chardi y López-Fuster 2009).

3.2.5.4. Toxicidad del manganeso en el medio marino

El manganeso se presenta normalmente junto al hierro en cantidades notables en los sistemas acuáticos y proceden de la geoquímica natural del medio. El ciclo natural de este metal es de gran importancia toxicológica ya que influye en el comportamiento de los contaminantes metálicos como por el ejemplo el Cd o el Pb. Por tanto, los coloides tanto de Fe como de Mn juegan un papel importante en el transporte de contaminantes metálicos en los cuerpos acuáticos (Chakrabarti et al., 1994).

El manganeso es un metal tóxico que frecuentemente se puede encontrar en los sedimentos o en la columna de agua de los sistemas marinos. El manganeso se puede presentar a niveles tóxicos en condiciones anóxicas por el incremento de la solubilidad bajo ambientes reductores y puede permanecer en estos niveles durante días (Lasier et al., 2000).

El manganeso es un micronutriente esencial requerido para llevar a cabo la fotosíntesis del plancton en el agua y para la detoxificación de radicales superóxidos, sin embargo, se ha demostrado que altos niveles de Mn pueden ser tóxicos para la fitoplancton marino (Rosko y Rachlin 1975; Sundra y Huntsman, 1996).

3.2.6. NÍQUEL

3.2.6.1. Introducción

El níquel pertenece al grupo 10 de la tabla periódica, junto con el paladio y el platino. Su número atómico es 28 y su masa atómica es 59. Presenta dos estados de oxidación principales (+2 y +3).

El níquel puro es un metal duro, blanco-plateado con propiedades que lo hacen muy deseable para combinarse con otros metales y formar aleaciones (ATDSR, 2005).

Los compuestos de níquel están clasificados por la "Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer" (IARC) en el grupo I de agentes cancerígenos, mientras

que el níquel metálico se encuentra clasificado en el grupo 2B, posiblemente cancerígeno para personas.

3.2.6.2. Aplicaciones del níquel

El níquel se caracteriza por ser un metal muy dúctil y maleable y fácil de trabajar. Además, el níquel puede combinarse con otros metales, tales como el hierro, cobre, cromo y zinc para formar aleaciones (Martín, 2004). Estas aleaciones se usan para fabricar monedas, joyas y artículos tales como válvulas e intercambiadores de calor, chapas, baterías de níquel-cadmio, etc. Sin embargo, la mayor parte del níquel se usa para fabricar acero inoxidable (Moreno, 2003; ATDSR, 2005; Martínez y Pérez, 2007). Concretamente, la mitad del níquel que se produce anualmente se dedica a la fabricación de distintos tipos de aceros inoxidables, que contienen en torno al 8-10 % de níquel, entre las que se encuentra el níquel-cromo, el monel y la platinita (Maña et al., 2005; Tourón Alonso et al., 2009).

Entre otras aplicaciones que se pueden destacar del níquel se encuentran la producción de ciertos fertilizantes.

3.2.6.3. El níquel en el medio ambiente

El níquel se encuentra de forma natural en la corteza terrestre combinado con otros elementos. Está presente en todos los suelos, es liberado por volcanes y ocupa el número 24 en la lista de elementos más abundantes en la tierra. El centro de la tierra está compuesto de níquel en un 6%. El níquel también se encuentra en meteoritos y en los fondos oceánicos formando masas de minerales llamadas nódulos del fondo del mar. El níquel también puede aparecer procedente de la quema de combustibles y en los detergentes (Martínez y Pérez, 2007).

Las principales fuentes de emisión de níquel a la atmósfera son: las operaciones de combustión del carbón, las emisiones termometalúrgicas y los residuos de fundición del metal. En todas estas fuentes de emisión, el níquel se encuentra íntegramente en forma particuladas. Se calcula que la fracción disponible para el intercambios catiónico del níquel contenido en estas emisiones se sitúa en el rango 0-10%, y típicamente representa el 5% (Seco-Lago, 1996).

El níquel puede ser liberado a la atmósfera durante su extracción en minería y por aquellas industrias que fabrican o usan níquel, aleaciones de níquel o compuestos de níquel (Luque et al., 2001). Este tipo de industrias también pueden evacuar desecho de níquel en sus aguas residuales, incorporando este metal directamente al ciclo del agua (Luque et al., 2001; ATDSR, 2005).

Cuando las partículas de níquel alcanzan la atmósfera, generalmente tardan días en ser eliminadas del aire. El comportamiento medioambiental de la materia particulada emitida depende del tamaño y densidad de partícula, que determina si su deposición va a producirse por gravedad a corta distancia del punto de emisión, en el caso de las partículas más gruesas, o si pueden permanecer suspendidas durante periodos más prolongados de tiempo hasta que se depositan por vía húmedo o seca, con la posibilidad de transporte a larga distancia (Moreno, 2003). Si el níquel se adhiere a partículas muy pequeñas, puede tardar más de un mes en depositarse en el suelo (ATDSR, 2005).

Una gran cantidad de níquel liberada al ambiente termina en el suelo o en los sedimentos, en donde se adhieren a las partículas que contienen hierro o manganeso. Concretamente, los óxidos amorfos de hierro y manganeso son los principales componentes adsorbentes de níquel en el terreno, seguidos por las arcillas (Moreno, 2003).

La adsorción de níquel en suelos y sedimentos puede ser irreversible en suelos básicos, por lo que la movilidad y biodisponibilidad del níquel en estas condiciones, es muy restringida en relación con los suelos ácidos. Por tanto, el pH influye poderosamente en la adsorción de níquel en el terreno, que se ve favorecida al aumentar la alcalinidad del medio (López, 1986; Di Toro et al., 1992).

3.2.6.4. Toxicidad del níquel en el medio marino

En los medios acuáticos, un cambio en el pH hacia un pH ácido, puede variar la especiación y biodisponibilidad de este metal. Diversos autores han demostrado que la exposición al Ni en sistemas acuáticos presenta efectos tóxicos sobre los organismos acuáticos como peces, moluscos y crustáceos (Dave y Xiu, 1991; Di toro et al., 1992; Hunt et al., 2002; Cempel y Nikel, 2005). El plancton marino también presenta afecciones por un exceso de Ni en el medio acuático (Dongmann y Nürnberg 1982; Di

Toro et al., 1992; Bielmyer et al., 2006). El Ni en los medios acuáticos cuando éste sufre alteraciones en su pH, ve afectada su especiación y biodisponibilidad (Schubauer-Berigan et al., 2009).

Por otro lado, el níquel presenta baja tendencia a la bioconcentración en organismos acuáticos, así como una baja tendencia a la biomagnificación en la cadena trófica, tanto en ecosistemas acuáticos como terrestres (Caçador, 1996; Basso, 2002; Martinez-Tabche et al., 2002; Almanza et al., 2009).

3.2.7. PLOMO

3.2.7.1. Introducción

El plomo forma parte del grupo 14 de la tabla periódica, que también incluye al carbono, silicio, germanio y estaño. Su número atómico es 82 y su masa atómica, 207. Presenta dos estados de oxidación (+2 y +4). El plomo es un metal gris-azulado, dúctil y maleable que se encuentra en pequeñas cantidades en la corteza terrestre (ATDSR, 2007).

El plomo y sus compuestos están clasificados por la “Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer” IARC en el grupo 2B de agentes cancerígenos como “posiblemente cancerígeno para el hombre”.

3.2.7.2. Aplicaciones del plomo

Los antiguos egipcios, ya utilizaban compuestos de plomo como pigmentos y cosméticos. Los usos más importantes del plomo en el imperio romano fueron la fabricación de tuberías para el abastecimiento de aguas, aleaciones con estaño para fabricar vajillas y como pigmentos blanco (carbonato de plomo, cerusita; y cloruro básico de plomo, laurionita) y rojo (clorocarbonato de plomo, fosgenita) (Moreno, 2003).

El acetato de plomo se utilizó durante el siglo XVIII, para el tratamiento de las afecciones más diversas, como enfermedades de la piel, erisipela, úlceras, diarrea e incluso el cáncer. Muchos de estos usos tradicionales desaparecieron o disminuyeron durante el siglo XX, aunque se introdujeron otros nuevos, como su aplicación para mejorar el índice de octano de las gasolinas por incorporación de plomo tetraetilo (aditivo antidetonante).

Durante mucho tiempo, se utilizó el plomotetraetilo como aditivo para mejorar la calidad de las gasolinas. Actualmente, su uso está prohibido en la Unión Europea, pero hasta hace poco tiempo, se podía hacer uso de este compuesto (Moreno, 2003). Altas concentraciones de Pb se detectaron en el polvo de las carreteras del medio urbano debido al elevado tiempo de biodegradación de este metal (Meneses-González et al., 2003; Cortez-Lugo et al., 2003).

En la actualidad, el plomotetraetilo aún se utiliza en gasolinas para vehículos que no son para uso específico en carreteras (maquinaria elevadora, de construcción, etc.) y en gasolina para aviones y barcos. Por lo tanto, la actual combustión de gasolinas con plomo de estos vehículos junto a la combustión de gasolinas con plomo en los países que no prohíben este aditivo, son fuentes de plomo en el medio ambiente (Meneses González et al., 2001).

Sus principales usos son fabricación de municiones y proyectiles, manufactura industrial, láminas de protección contra rayos X, pesas, soldadura, cañerías, revestimientos de cables, quema de combustibles fósiles, baterías (siendo este el mayor uso), plaguicidas en huertos de frutales, industria de los neumáticos, etc. (Bahadir et al., 2007; Bertolini et al., 2007).

Actualmente, aproximadamente el 35% de la producción mundial de plomo, se utiliza para el sector del motor. Concretamente para fabricar baterías para automóviles y carretillas de carga industrial. Estas baterías constan de ánodo de plomo y cátodo de óxido de plomo y aleación del mismo metal (Bahadir et al., 2007; Bertolini et al., 2007).

3.2.7.3. El plomo en el medio ambiente

El plomo se encuentra ampliamente distribuido en el medio ambiente. La primera civilización que utilizó el plomo a gran escala fue la romana, aprovechando los depósitos de galena (sulfuro de plomo) de España e Inglaterra. Actualmente, la mayor parte del plomo proviene también de actividades mineras (Cotter-Howells y Thornton, 1991, Pyatt, 2001; Besser et al., 2006).

Una vez que el plomo entra en la atmósfera, sus partículas pueden recorrer largas distancias si son de pequeño tamaño. En la atmósfera el plomo forma parte de la materia particulada, normalmente en forma de óxidos o carbonatos, que en función

del tamaño y densidad de partícula se depositan por gravedad en poco tiempo. En el caso de que las partículas sean más finas, pueden permanecer en suspensión y ser transportadas por el viento a distancias considerables desde su punto de emisión (Cotter-Howells y Thornton, 1991). El plomo puede ser eliminado del aire por la lluvia y por deposición por gravedad al unirse a otras partículas (Pyatt, 2001).

El plomo, una vez depositado en el suelo, se adhiere fuertemente a partículas presentes en esta matriz y permanecen generalmente en la capa superficial (2-5 cm) (Cortez-Lugo et al., 2003). Este comportamiento se da especialmente en suelos con un contenido en materia orgánica superior al 5% y un pH mayor a 5. El plomo no se lixivia fácilmente hacia las capas profundas del subsuelo y hacia el agua subterránea excepto en medios muy ácidos (Moreno, 2003).

Por tanto, la biodisponibilidad del Pb, va a estar determinada por el pH del suelo al igual que ocurre con otros metales. Su movilidad aumenta al ir descendiendo el pH, siendo especialmente móvil a pH más ácidos. Los compuestos de hierro, manganeso y aluminio adsorben con facilidad este metal, así como la materia orgánica forma complejos estables a valores de pH más altos. Además, el plomo tiene tendencia a unirse a los fosfatos formando complejos insolubles (Martínez y Pérez, 2007).

3.2.7.4. Toxicidad del plomo en el medio marino

En medios acuáticos, el plomo se encuentra en concentraciones bajas, ya que tiene tendencia a formar precipitados con numerosos aniones, como los hidróxidos, carbonatos, sulfatos y fosfatos. En medios reductores se forma sulfuro de plomo muy insoluble. Cambios en el pH del medio, pueden producir cambios en la especiación y biodisponibilidad de este metal (Schubauer-Berigan et al., 2009).

Existe una relación entre los sulfuros volátiles y la toxicidad de este metal en los sedimentos del medio marino (Casas y Crecelius, 2009). Del Valls et al en 1998 demostraron que sedimentos contaminados con Pb entre otros metales, puede producir cambios histológicos en peces. Por otro lado, Byrne y O'Halloran en un estudio llevado a cabo en Irlanda durante el año 2000, demostraron una acumulación de Pb en sedimentos contaminados por este metal y bivalvos marinos que frecuentaban ese hábitat. También, se ha demostrado su toxicidad en organismos como moluscos filtradores (Gutiérrez et al., 2007), en sedimentos del medio marino

contaminados con Pb (Ramakritinan et al., 2011), en microalgas bentónicas (Moreno-Garrido et al, 2002) y en formas juveniles de dorada (Del Valls et al., 1998).

Estudios llevados a cabo en puertos, también han demostrado que durante los procesos de dragado, se biodispone el Pb en el medio marino, produciendo problemas de toxicidad para larvas marinas (Ficher et al, 1998).

Diversos autores confirman que el plomo tiene la capacidad de bioacumularse en la cadena trófica (Halliwell et al., 2000; Gil et al., 2006; Molina et al., 2012).

3.2.8. ZINC

3.2.8.1. Introducción

El Zn es el más pesado de la primera fila de los elementos de transición que incluye: escandio, titanio, vanadio, cromo, manganeso, hierro, cobalto, níquel, cobre y zinc. Se incluye dentro del grupo 13 de la tabla periódica junto al cadmio y el mercurio. Su número atómico es el 30 y su masa atómica es de 65. Presenta un único estado de oxidación (+2).

Hasta ahora, el zinc se encuentra incluido en el grupo D, no clasificable respecto a su actividad cancerígena, por la USEPA (IRIS, 2000), ya que tanto la evidencia obtenida en personas como en animales se considera inadecuada.

3.2.8.2. Aplicaciones del zinc

Aproximadamente la mitad de este metal se destina a la fabricación de aceros galvanizados, que posee un recubrimiento externo de zinc como protección contra la corrosión (Moreno, 2003; Gil, 2005). Otra aplicación importante del zinc es la fabricación de ánodos de sacrificio para la protección anticorrosión de componentes metálicos en múltiples aplicaciones: tuberías y tanques enterrados, buques, plataformas marinas y materiales de construcción (Moreno, 2003). También se utiliza como pigmento blanco en forma de ZnO y en la industria de las baterías (Martínez y Pérez, 2007; Zhang et al., 2008).

La aleación de zinc más importante cuantitativamente es el latón, compuesto por un 33% de zinc y un 67% de cobre, aunque también existen múltiples usos las aleaciones de zinc, cobre y níquel, y el prestal, una aleación de zinc (78%) y aluminio (22%) fácil de moldear y dura como el acero. Otra aplicación importante del zinc es la

preparación de aleaciones para moldeo. La más utilizada contiene un 4 % de aluminio (zamak), con la que se fabrican piezas de fundición a presión (Ghanbari et al., 2007).

3.2.8.3. El zinc en el medio ambiente

Aunque en la corteza terrestre no sea muy abundante, en el ser humano juega un factor importante ya que forma parte de numerosos sistemas enzimáticos (Mocchegiani et al., 1996).

El Zn es un elemento ampliamente distribuido en la naturaleza, pero no es abundante, ya que representa tan solo 0,012% de la corteza terrestre (Robert, 1997; González-Reimers et al., 1998).

De forma general, entre las fuentes antropogénicas de zinc están la minería, la quema de residuos o carbón y las acerías (Martínez y Pérez, 2007).

La movilidad del Zn aumenta considerablemente al descender el pH, ya que aumenta su solubilidad y el grado de disociación de los complejos orgánicos, y disminuye su adsorción a las superficies de la matriz sólida. Por tanto, el zinc puede incorporarse al lixiviado y desplazarse hacia las aguas subterráneas fundamentalmente en medios ácidos, como los encontrados en residuos mineros (Moreno, 2003). Su biodisponibilidad es mucho mayor en medios ácidos que en medios neutros y alcalinos, ya que a elevados valores de pH forma complejos con los iones carbonato e hidróxido (Srivastava et al., 1994; Martínez y Pérez, 2007).

En suelos y aguas, el Zn tiende a adsorberse a la fracción sólida, especialmente a la materia orgánica, arcillas, óxidos e hidróxidos de hierro y manganeso. El Zn también forma complejos con la materia orgánica disuelta, como los ácidos húmicos (Moreno, 2003; Martínez y Pérez, 2007).

La movilidad del Zn está influenciada por el potencial redox del medio, siendo más móvil si las condiciones que nos encontramos son oxidantes (Martínez y Pérez, 2007). En medios reductores el zinc precipita en forma de sulfuro, muy insoluble, lo que limita drásticamente su movilidad (Moreno, 2003); Han et al., 2005.

3.2.8.4. Toxicidad del zinc en el medio marino

El Zn es un metal cuya especiación y biodisponibilidad se ve afectada por los cambios en el pH en el medio acuático (Schubauer-Berigan et al., 2009). También se ha

demostrado que en los sedimentos del medio marino, existe una relación entre los sulfuros volátiles y la toxicidad de este metal (Casas y Crecelius, 2009). La movilidad del Zn también aumenta en aguas salobres, debido a la competencia con otros cationes, como los alcalino-térreos, por los centros adsorbentes, interacciones que tienen como resultados la desorción del Zn (Brix et al., 2008).

Existen problemas de toxicidad y acumulación de este metal en el fitoplancton marino (Fisher et al., 1984). También se ha demostrado toxicidad de este metal en sedimentos contaminados por Zn, afectando a distintos organismos como larvas de ostras, cangrejos, gambas y langosta (Connor, 1972), diatomeas marinas (Stauber y Florence, 1990) o moluscos filtradores (Ramakritinan et al., 2012).

En entornos portuarios, se ha demostrado la toxicidad de este metal en siete especies de invertebrados (Ahsanullah, 1976). En procesos de dragados en puertos, se ha demostrado que este metal se puede biodisponer para larvas marinas invertebradas, produciendo perturbaciones biológicas como un desarrollo anormal o inhibición en el crecimiento (Fischer et al., 1998).

3.3. LOS SEDIMENTOS

Los sedimentos son un recurso natural que debe ser adecuadamente gestionado dado su elevado valor ecológico y socio-económico al constituir una parte esencial y dinámica de las cuencas hidrográficas, zonas de estuarios y zonas costeras. Además, los sedimentos aportan el hábitat para muchos organismos acuáticos (Byrne y O'Halloren, 2000).

Los sedimentos se componen de una matriz de materiales compuesto por detritus, partículas inorgánicas y partículas orgánicas. Sus características físicas, químicas y biológicas son muy heterogéneas (Dalrymple et al., 1992; Allen y Posamentier, 1993; Ruiz, 2001; Sarkar et al., 2004) y dependen de la muestra de sedimento en concreto.

Antes de que el medio ambiente fuese contaminado por actividades humanas, el contenido metálico de los suelos era el resultado del desgaste geológico en su práctica totalidad (Mas y Azcue, 1993).

Los sedimentos marinos son considerados como un sumidero de una gran cantidad de sustancias y elementos químicos de origen natural o generados por diferentes actividades antrópicas (González et al., 2004). De hecho, algunos autores sostienen que los sedimentos son un grabador permanente de la entrada de las actividades antropogénicas contaminantes en sistemas marinos (Andersen, 1992; Santos-Bermejo et al., 2003) y en concreto funcionan como un apropiado indicador de contaminación de metales pesados (Banat et al., 2005; Chen et al., 2005; Krishna y Govil, 2005; Idris et al, 2007; Li et al., 2009).

Las situaciones más problemáticas en los sedimentos resultan de los casos de contaminación exógena por metales pesados, debido a vertidos de residuos, etc. Estos aportes, si se realizan a un ritmo superior a la velocidad de asimilación del suelo, conducen a su acumulación y a la alteración del equilibrio natural del mismo (Doménech, 1995).

Frecuentemente, se han utilizado muestras de sedimentos en áreas costeras para el seguimiento de la contaminación por metales pesados (Gutiérrez-Galindo et al., 1994; Acosta et al., 2002; Zhang et al., 2007; Zhou et al., 2007; Rulian et al., 2008; Zhang et al., 2008; Du Laing et al., 2009; Fang et al., 2009; Rodríguez-Barroso et al.,

2010), considerándose los sedimentos como un buen indicador de la contaminación por metales.

La toxicidad de los metales depende no solo de su concentración total, sino también es muy importante la forma química en la que se encuentren. Esta forma determina el riesgo de su movilización y su comportamiento una vez movilizado (Álvarez-Iglesias y Rubio, 2008). La cantidad de metales pesados en los sedimentos depende de distintas variables como sus características, particularmente el tipo y cantidad de materia orgánica, el tamaño de grano, su capacidad de intercambio iónico y su composición mineral (Tam y Wong, 1995). La mayoría de los metales permanecen en la fracción fina (<63µm) por su mayor contenido en materia orgánica y por su mayor superficie específica (Horowitz y Eldrick, 1987; Moore et al, 1989; Idris et al, 2007). Por lo tanto, la fracción fina tiene también una mayor biodisponibilidad que la fracción más gruesa (> 2mm) (Brayan y Langston, 1992; Everaat y Fischer, 1992).

La calidad de los sedimentos es reconocida como un importante indicador de la contaminación del agua (Larsen y Jensen, 1989; Santos-Bermejo et al., 2003) ya que los sedimentos actúan como un sumidero de contaminación, (Tam y Wong, 1995; Cortesao y Vale, 1995; Bruces et al., 1996; Balls et al., 1997; Izquierdo et al., 1997; Santos et al., 2003; Idris et al., 2007; Aguirre-Martínez et al., 2009; Papaefthymiou, 2010) especialmente de metales pesados y compuestos orgánicos persistentes (Bettinetti et al., 2003; Hollert et al., 2003; Wu et al., 2010). De hecho, son capaces de acumular los contaminantes presentes en la columna de agua. De esta forma, la concentración de los contaminantes en los sedimentos es un eficiente indicador en relación a la contaminación del agua (Balls et al., 1997; del Valls et al., 1998; Dassenakis et al., 1997; Izquierdo et al., 1997; Chapman et al., 1999; Santos Bermejo et al., 2003) además de un excelente indicador para la valoración de la calidad del ecosistema (Papaefthymiou, 2010).

El mayor problema que presenta el uso de muestras de sedimentos es que éstas no proporcionan una estimación directa de los metales pesados disponibles para la biota (Bryan y Hummerstone, 1977; Lyngny y Brix, 1987; Luque, 1996; Luque 1998) ya que pueden estar en una forma química no disponible para los organismos, y por tanto no ser capaces de absorberlo.

Aunque no siempre el contenido en metales pesados en los sedimentos consigue reflejar la cantidad disponible en la biota (biodisponibilidad), es de gran interés conocer el potencial contaminante existente en los sedimentos. Esto nos permite conocer el máximo grado de toxicidad por metales pesados a la que podrían estar sometidos los seres vivos, suponiendo condiciones ambientales en las que la biodisponibilidad sea máxima (Luque, 1998).

La contaminación de los sedimentos representa una fuente de estrés por la toxicidad ambiental para el medio bentónico. La medida del estrés del medio es de gran importancia para evitar riesgos ambientales. Actualmente existen métodos toxicológicos que monitorizan los efectos de los contaminantes asociados al sedimento y a los organismos bentónicos (Luoma y Ho, 1992; del Valls et al., 1998). Aunque los sedimentos contaminados son únicamente un componente del ecosistema, en algunos ecosistemas acuáticos son probablemente la mayor fuente de estrés presente en la salud del ecosistema acuático (Harding, 1992; del Valls et al., 1998).

Los sedimentos pueden actuar como filtros entre la tierra y el mar para muchos contaminantes, esto los convierte en una matriz idónea no sólo para acumular metales sino también para actuar como una fuente de contaminantes para la biota marina (Brannon et al., 1980; Birge et al., 1987; Burges y Scott., 1992; Long, 1992; Ahsanullah y Ying, 1993; Gutiérrez-Galindo et al., 1994; Ingersoll, 1995; Luque et al., 1998; Blaber et al., 2000; Santos et al., 2003). En las zonas costeras, la contaminación de metales pesados tienen la capacidad de producir efectos adversos en los organismos acuáticos y contribuir a la degradación de los ecosistemas (Cantwel et al., 2008). Los sedimentos, una vez contaminados pueden ser un riesgo ecológico potencial, produciendo efectos adversos sobre la biota asociada al sedimento como algas, macrófitas, bentos o peces bentónicos; pudiendo afectar también a la biota relacionada con el siguiente nivel en la cadena trófica como peces pelágicos o aves acuáticas (Chapman et al, 1998; Carriger et al., 2006; Dekker et al., 2006; Wu et al., 2010). Algunos metales en concreto, pueden ser absorbidos en altas concentraciones por la vegetación marina (Santos et al., 2003).

El comportamiento de los metales en sedimentos anóxicos bajo condiciones de equilibrio es mejor conocido que el mismo caso en condiciones de no equilibrio. Cuando fenómenos como tormentas, tráfico de barcos, drenaje para alcanzar los

calados deseados y otros fenómenos tienen lugar, existe una resuspensión de los sedimentos en la columna de agua (Je et al., 2007; Cantwell et al., 2008) que puede modificar su potencial redox (Álvarez-Iglesias y Rubio, 2008). De hecho, cuando los metales son liberados a la fase disuelta desde los sedimentos suspendidos, se incrementa la biodisponibilidad y aumenta el riesgo para la vida acuática (Ankley et al., 1996; Álvarez-Iglesias y Rubio, 2008). Cuando ocurren fenómenos de resuspensión, las partículas de grano fino permanecen en la columna de agua durante mucho más tiempo, debido a que su velocidad de sedimentación es más lenta (Cantwell y Burgess, 2004; Ashley et al., 2008).

En función de las condiciones de sedimentación y la duración e intensidad de la resuspensión, el potencial de liberación de metales en la columna de agua puede ser mayor o menor (Simpson et al., 1998; Atkinson et al., 2007; Catwell et al., 2008). Realmente, durante los fenómenos de resuspensión, existen muchas variables en las condiciones de la columna de agua que pueden afectar a la partición y liberación de los metales pesados (Martino et al., 2002). Es conocido que variables como salinidad, pH o condiciones redox influyen a los fenómenos de desorción de metales (Kiratli y Ergin, 1996; Cantwell et al., 2008; USEPA, 2006).

3.4. LA ACUICULTURA

De acuerdo con la FAO, la acuicultura es una buena solución para abastecer el aumento de la demanda de la población mundial de productos pesqueros (FAO, 2006).

España es una potencia acuicultora en Europa que ha ido incrementando progresivamente la producción en jaulas en el mar. El sector empresarial acuícola está dominado por empresas pequeñas y medianas (Borja, 2002). Concretamente la isla de Tenerife posee unas condiciones medioambientales muy favorables para el cultivo de peces marinos (Pérez et al., 2005), debido a condiciones como sus limpias y bien oxigenadas aguas, temperaturas favorables para el crecimiento (17-25 °C) y salinidad oceánica estable (36-37 ‰) (Pérez et al., 2003).

La rápida expansión y desarrollo de la acuicultura marina alrededor del mundo, ha incrementado el número de preocupaciones y cuestiones sobre el posible impacto ecológico de la actividad. El incremento de jaulas de acuicultura marina ha llegado incluso a producir problemas de limitación en el uso del espacio costera entre la acuicultura y otros usos potenciales (Pérez et al., 2005).

La industria de la acuicultura, que usa jaulas flotantes para el crecimiento de peces cerca de la línea costera (jaulas off-shore), puede producir cambios en el medio ambiente natural (Holmer et al., 2008; Riera et al., 2012), disminuyendo la calidad de las zonas costeras y generando conflictos entre la acuicultura y la conservación de los hábitats marinos (Riera et al., 2012).

Estudios llevados a cabo en sedimentos de jaulas de acuicultura han demostrado que, en ciertas ocasiones se puede detectar un impacto significativo en un radio de un kilómetro alrededor de las jaulas de cultivo, siendo éste generalmente mayor en el fondo. Entre otros efectos, los producidos en los fondos son: incremento de la demanda de oxígeno, producción de sedimentos anóxicos y de gases tóxicos, cambios en las comunidades, disminución de la diversidad del bentos, alteraciones en la biodiversidad, etc. (Johnsen et al., 1993; Merceron et al., 2002; Borja, 2002; Schnedel et al., 2004).

Bajo las jaulas de acuicultura, los restos de piensos no ingeridos por los peces, junto con los excrementos, son los desechos de materia orgánica particulada más común y sus alrededores (Findlay et al., 1995; Beveridge, 1996; Schendel et al., 2004).

Estos restos de materia orgánica, conllevan una entrada continua de carbono y nitrógeno al sistema. Este continuo "input" de materia orgánica, puede generar cambios en la comunidad bentónica, en la composición y productividad, y también exceder la capacidad medioambiental de procesamiento y transformación de este material (Findlay y Watling, 1996; GESAMP, 1996).

Basaran et al. (2010) demostraron que metales como el Zn y el Fe se utilizan en los piensos comerciales en peces de acuicultura, y pueden pasar a los sedimentos por los restos de alimentación y las heces, concluyendo que no encontraban diferencias para Pb y Cu como otros autores.

Algunos estudios han comprobado que existe una alta afinidad entre la fracción fina de los sedimentos y diversos factores como los metales, la materia orgánica y los microorganismos marinos. Esta afinidad se asocia a las partículas que sedimentan en forma de flóculos desde las jaulas (Regnier y Wollast, 1993; Schendel et al., 2004). Los flóculos se pueden definir como sedimentos suspendidos agregados formados por compuestos orgánicos e inorgánicos, así como por organismos vivos (Chen y Eisma, 1995; Cantwell y Burgess, 2001; Droppo, 2001; Schendel et al., 2004). Por tanto, estas formas floculares forman parte del mecanismo de transporte y almacenaje de metales entre la columna de agua y el sedimento marino (Schendel et al., 2004).

El uso indiscriminado de medicamentos en los peces de crianza (antibióticos para controlar o prevenir enfermedades de los peces en granjas costeras y hormonas para el crecimiento) junto con otros tipos de agentes químicos, como los plaguicidas o los anti-incrustantes para las jaulas, son también contaminantes para el medio marino y los sedimentos. (Borja, 2002; Schendel 2004).

Elevadas concentraciones de ciertos metales han sido constatadas por diversos autores bajo las jaulas de peces de crianza. Por un lado, varios autores advierten que existen elevados niveles de Zn y Cu en los sedimentos bajo las jaulas (Uotila, 1991; Chou et al 2002; Brooks et al, 2003; Schendel et al, 2004; Smith et al, 2005; Shuterland, 2007; Jaysankar et al, 2009). Se conoce que el Cu se libera procedente de los anti-incrustantes químicos procedentes del tratamiento de las jaulas y las redes debido a los aditivos minerales como sulfato de cobre que se le añaden. Otros autores han sugerido que además de Zn y Cu; el Pb también se puede acumular en los sedimentos de acuicultura intensiva (Powell et al, 1981; Horowitz, 1991; Urdaneta,

1995; de Gregori et al, 1996; Carbonell et al, 1998; Chapman et al, 1998; Mendiguchía et al, 2006).

De modo general, en las Guías de Calidad de Sedimentos o “Sediment Quality Guidelines”, se tratan estudios de toxicidad en sedimentos sobre especies y, se establecen valores límites o umbrales. Burton expone en el 2002, que todas las herramientas de evaluación de toxicidad ambiental que establecen valores límites o umbrales para metales pesados en sedimentos, llevados a cabo en el laboratorio, deben de ser utilizados como una orientación y su extrapolación al medio marino no es del todo real. Esto es debido a que las condiciones en los ecosistemas acuáticos y en concreto en los sedimentos, presentan múltiples componentes de evaluación y variables como el hábitat de las especies, el hidrodinamismo de la zona, la biota residente, la biodisposición del metal, la especie en sí, etc. Por lo tanto, en muchos casos es prácticamente imposible controlar todas las variables. A pesar de esto, las Guías de calidad de Sedimentos son una buena herramienta utilizada por múltiples grupos de investigación a nivel mundial, para poder evaluar los posibles problemas de toxicidad ambiental que puedan surgir. Por este motivo, en este estudio se lleva a cabo una comparación con las concentraciones medias obtenidas y los valores establecidos en distintas Guías de Calidad de Sedimentos.

Con el fin de comparar la concentración de metales (Cd, Cr, Cu, Pb y Zn) en los sedimentos estudiados en la acuicultura y en las playas colindantes a los puertos; se han utilizado las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995). Desde su publicación, estas guías han sido usadas como referencia por muchos autores y organismos (Long et al., 1998; Burton GA, 2002, Mc Crady et al., 2003; Birch y Hutson, 2009; Basaran et al., 2010; Hernández y Hansen, 2011, Tavakoly et al., 2011).

De las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995), se han tomado dos valores. Por un lado, se han tomado las concentraciones establecidas en la guías como los valores guías de calidad provisionales o “Interim Marine Sediment Quality Guidelines” (ISQGs) y por otro, los niveles con efecto probable o “Probable Effect Levels” (PELs) (Tabla 1).

Tabla 1: Valores de las “Guías canadienses de Calidad de sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (mg/kg p.s.) (CCME, 1995)

METALES	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
ISQG	0,7	52,3	18,7	30,2	124
PEL	4,2	160	108	112	271

Las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995), no establecen valores para metales como Co, Mn y Ni. Por otro lado, existe variedad de estudios que admiten la toxicidad de estos metales (Long et al., 1995; Chapman et al., 1999; Tankere-Muller et al., 2007; Sutherland, 2007; Panov et al., 2008; Ruilian et al., 2008; Tien-Hsi et al., 2009) en sedimentos de medios acuáticos. Por lo tanto, es de gran importancia comparar, los niveles de estos metales con otros valores umbrales establecidos por otros autores que se detallan a continuación.

Debido a que, los problemas de toxicidad ambiental por Co son menores que los producidos por otros metales pesados, no se han encontrado niveles límites para sedimentos marinos sino para sedimentos de agua dulce. Este hecho, indica que el cobalto es un metal poco estudiado en los sistemas acuáticos, tal y como describen Nagpal et al., 2004. Estos autores, han fijado el límite de este elemento en sedimentos de agua dulce en 50 mg/kg.

En cuanto al Mn existen varios estudios de toxicidad ambiental para éste metal. En 1988, Barrick et al., llevaron a cabo un estudio en el que establecieron los valores umbrales con efectos aparentes para la biota (480 mg/kg p.s) y los valores umbrales con efectos severos para la biota (1000 mg/kg p.s) en sedimentos de aguas marinas. Existen otros valores establecidos como los valores fijados por el estado de Nueva York en Estados Unidos en el año 1994 (NYSDEC, 1994), fijando los niveles con efectos bajos en 460 mg/kg p.s y los efectos con niveles severos en 1100 mg/kg. Todos estos valores se exponen en la tabla 2.

Tabla 2 : Valores de concentración umbral de Mn recomendados por otros autores (mg/kg p.s.)

METALES	Valores de concentración (mg/kg)		Referencia
	Mn	480	
	460	1100	NYSDEC, 1994

Respecto al Ni, existen diversos estudios que recomiendan la limitación de este metal. Por un lado, Long et al. en 1995, establecieron dos valores de concentración umbral. Por un lado, efecto de bajo alcance o “Effect Range Low” (ERL) limitado a 21 mg/kg y por otro lado, efecto de alcance medio o Effect Range Median (ERM), limitado a 52 mg/kg. Se considera el valor ERL una concentración por debajo del cual no existen o son raros los efectos biológicos en la vida acuática asociados a los sedimentos. Por otro lado, ERM es un valor de concentración por encima del cual aparecen frecuentes efectos biológicos en la vida acuática asociados a la contaminación de los sedimentos. Existen también otros estudios que limitan con la mismas concentraciones estos valores como son los de ANZECC, 1998, considerando un nivel bajo de toxicidad los 21 mg/kg p.s. y un nivel elevado de toxicidad los 52 mg/kg p.s. para sedimentos marinos (tabla 14).

También existen otros estudios que proponen distintos valores de toxicidad para sedimentos marinos. Los estudios llevados a cabo por Long y Morgan en Estados Unidos en el año 1991 consideraban 2 valores: efecto de rango bajo (30 mg/kg p.s) y efecto de rango medio (50 mg/kg p.s) (tabla 14).

En Canadá se llevó a cabo un estudio por MENVIQ/EC, 1992, que también concluye en una limitación del metal Ni en sedimentos marinos. En este caso, se estableció un valor de 35 mg /kg p.s como valor umbral mínimo con efecto aparente y 61 mg/kg p.s como efecto umbral tóxico (tabla 3).

Del Valls y Chapman también llevaron a cabo un estudio de limitación del Ni en sedimentos marinos, estableciendo un valor para mínimos efectos biológicos adversos (≤ 88 mg/kg p.s), y otro valor para los resultados con mayores efectos biológicos adversos en (≥ 94 mg/kg p.s) (tabla 14).

Tabla 3: Valores de concentración umbral de Ni recomendados por otros

autores (mg/kg p.s.)			
METALES	Valores de concentración (mg/kg)		Referencia
	Ni	21	
30		50	Long y Morgan, 1991
35		61	MENVIQ/EC, 1992
≤88		≥94	Del Valls and Chapman, 1998

3.5. LOS PUERTOS

El Sistema Portuario español está integrado por 46 puertos de interés general, gestionados por 28 Autoridades Portuarias. La actividad del sistema portuario estatal aporta cerca del 20% del PIB del sector del transporte, lo que representa el 1,1% del PIB español (www.puertos.es).

En España, la importancia de los puertos como eslabones de las cadenas logísticas y de transporte viene avalada por las siguientes cifras: por ellos pasan el cerca del 60% de las exportaciones y el 85% de las importaciones, lo que representa el 53% del comercio exterior español con la Unión Europea y el 96% con terceros países.

Además, la actividad del sistema portuario estatal aporta cerca del 20% del PIB del sector del transporte, lo que representa el 1,1% del PIB español. Asimismo, genera un empleo directo de más de 35.000 puestos de trabajo y de unos 110.000 de forma indirecta.

Concretamente, la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife gestiona 5 puertos en nuestra provincia: puerto de Santa Cruz (Tenerife), puerto de Los Cristianos (Tenerife), puerto de Santa Cruz de La Palma (La Palma), puerto de San Sebastián de La Gomera (La Gomera) y La Estaca (El Hierro).

De entre todos los puertos que constituyen la Autoridad portuaria de Santa Cruz de Tenerife, el Puerto de Los Cristianos es el que mayor número de pasajeros y vehículos en régimen de pasaje presenta. El puerto de Los Cristianos es una importante vía de conexión entre Tenerife y las islas occidentales. En el año 2007 el puerto de Los Cristianos presentó 1.829.579 pasajeros, y 238.836 vehículos en régimen de pasaje, siendo el puerto de Canarias que presentaba un mayor tráfico de pasajeros y vehículos de pasaje (ISTAC, 2009).

Por otro lado, el puerto de Santa Cruz de Tenerife es el mayor en extensión de entre los 5 anteriores, llevando a cabo el mayor intercambio de mercancías. La medida de capacidad de intercambio marítimo en contenedores se contabiliza con la unidad TEU (Twenty-foot Equivalent Unit) y equivale a la capacidad de carga de un contenedor normalizado de 20 pies. El puerto de Santa Cruz de Tenerife se encuentra en el sexto lugar en número de transporte de TEUs en el ranking español, llevando a cabo en el año 2010 un total de 357.472 TEUs.

Los puertos son infraestructuras muy importantes para el desarrollo económico y social de las áreas costeras y sus zonas cercanas (Bortone et al, 2004; Muniz et al, 2004; Renzi et al, 2009), pero también se han relacionado con una contaminación ambiental significativa. En concreto, se considera que en las zonas portuarias existe una alta tasa de contaminación (Ausili et al., 1998; Tewari et al, 2001; Hue et al, 2002; Casado-Martínez et al, en el 2006; Idris et al, 2007; Morales-Caselles et al, 2008 Renzi et al 2009) debido a las actividades humanas, industriales, comerciales, turísticas o a la urbanización que en dicho lugar confluyen (Ausili et al, 1998; Renzi et al, 2009; Papaefthymiou, 2010).

La continua navegación en las zonas portuarias está relacionada con ciertas contaminaciones asociadas a la carga o descarga de material o a derrames accidentales. A lo anterior se suman la contaminación procedente de las actividades urbanas realizadas desde tierra relacionadas con el entorno puerto o con las actividades industriales que normalmente se realizan en sus cercanías (Papaefthymiou, 2010).

Las actividades portuarias son complejas y en general, requieren de servicios de carga/descarga, suministros de combustible, traslado de personal y reparaciones, lo que sumado a posibles derrames crónicos de hidrocarburos e ingresos de residuos hacen de las zonas portuarias unos sistemas fuertemente alterados, con una alta presión de contaminación ambiental y con una paulatina alteración de la calidad de las aguas y, por consiguiente, de los sedimentos (Casado Martínez et al., 2007; Sprovieri et al., 2007; Aguirre-Martínez et al., 2009).

Algunos contaminantes que se presentan en los puertos, son los metales pesados, diversos compuestos alifáticos, hidrocarburos aromáticos y otros xenobióticos (Idris et al., 2007; Kralik et al, 2007, Renzi et al 2009).

Es por todo esto por lo que algunos autores sostienen que los puertos son las zonas que, probablemente, presentan los mayores niveles de contaminantes en sus sedimentos (Morales-Caselles et al, 2008). De hecho, varios autores han reconocido que la contaminación sedimentaria más frecuente tiene lugar en el interior de puertos urbanizados e industrializados (Daskalis y O'Connor, 1995; USEPA, 1997; Burgess et al., 2007).

Por otro lado, los puertos tienen que realizar cada cierto tiempo el dragado de sus sedimentos, para mantener la profundidad deseada y así, no imposibilitar el tráfico naval e incentivar su competitividad. El dragado es la operación de extracción de terrenos de los fondos marinos para mantener principalmente los calados especificados necesarios para los barcos (Lager et al., 2005).

Muchos autores han demostrado que existe acumulación de contaminantes en los sedimentos de las instalaciones portuarias, así como en el material dragado de la zona y sus alrededores (Del Valls et al., 2004; Muniz et al., 2004; Lager et al., 2005; Sprovieri et al., 2007; Casado- Martínez et al., 2007; Idris et al., 2007; Morales-Caselles et al., 2008; Aguirre-Martínez et al., 2009; Renzi et al., 2009; Papaefthymiou et al., 2010). Según el Centro de Experimentación de Obras Públicas (CEDEX, 1994), en España es necesario un estudio de la calidad de estos sedimentos y una autorización para poder verter el material dragado procedente de los puertos.

Durante los procesos de drenaje del material dragado, se puede dar uno de los mayores efectos adversos potenciales, debido a la resuspensión de los sedimentos contaminados (USEPA, 2006). Los sedimentos son suspendidos hacia el agua en grandes cantidades durante el drenaje causando rápidos y extremados cambios en las condiciones de la columna de agua que puede afectar irreversiblemente a la biota que allí reside (Cantwell et al., 2008).

Por otro lado, en los puertos, se realizan gran variedad de actividades contaminantes de origen antropogénico, tanto desde mar como desde tierra. Esto hace que los sedimentos presenten acumulación de contaminantes en general y de metales pesados en particular. Desde el año 1994, el “Centro de Estudios y Experimentaciones de Obras Públicas” (CEDEX) del Gobierno de España, ha llevado a cabo unas recomendaciones de concentraciones límites de contaminantes. Las concentraciones establecidas de metales pesados (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn) por este organismo, se detallan en la tabla 4.

Tabla 4: Recomendaciones CEDEX de límites de metales pesados para la gestión del material dragado en puertos españoles (mg/kg p.s).

Metales (mg/kg)	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
-----------------	----	----	----	----	----	----

Nivel Acción 1	1	200	100	100	120	500
Nivel Acción 2	5	1000	400	400	600	3000

Los niveles de acción establecidos, diferencian los sedimentos en categorías. Las categorías del material dragado van a variar en función de la naturaleza química y/o bioquímica y en función de los efectos que sobre la biota marina pueden producir. Finalmente en función de la categoría del sedimento, se establece una u otra manera de gestión del material dragado.

Las categorías de los sedimentos en función de las concentraciones de metales establecidas en los niveles de acción son las siguientes:

Categoría I: aquellos materiales procedentes del dragado de los fondos portuarios cuyos efectos químicos y/o bioquímicos sobre la flora y la fauna marinas son nulos o prácticamente insignificantes. Estos materiales dragados pueden verterse libremente al mar, con la única consideración de los efectos de naturaleza mecánica. Son aquellos materiales dragados cuya concentración sea igual o inferior al nivel de acción 1.

Categoría II: estos materiales dragados se verterán al mar de forma controlada. Son aquellos materiales dragados cuya concentración es superior al nivel de acción 1 e inferior o igual al nivel de acción 2.

Categoría III: materiales dragados con concentraciones elevadas de contaminantes. Estos materiales deben ser aislados de las aguas marinas o sometidas a tratamientos adecuados. Dentro de esta categoría se diferencian dos subcategorías; categoría III a y categoría III b. En la primera se incluyen aquellos cuya concentración normalizada se encuentra entre el nivel de acción 2 y ocho veces el nivel de acción 2. Pertenecen a la categoría III b los materiales de dragado con concentraciones superiores a ocho veces el nivel de acción 2.

En este estudio, se toman como referencia los valores recomendados por el CEDEX (Centro de Experimentación de Obras Públicas) para llevar a cabo la comparación con los sedimentos tomados en el puerto de Santa Cruz de Tenerife y en el puerto de Los Cristianos, y se lleva a cabo una categorización de los sedimentos según sus niveles de acción.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. DISEÑO DEL MUESTREO.

Para la realización de este estudio, se ha llevado a cabo un muestreo de los sedimentos (figura 6). En los siguientes apartados, se detallan los apartados que conforman este estudio.

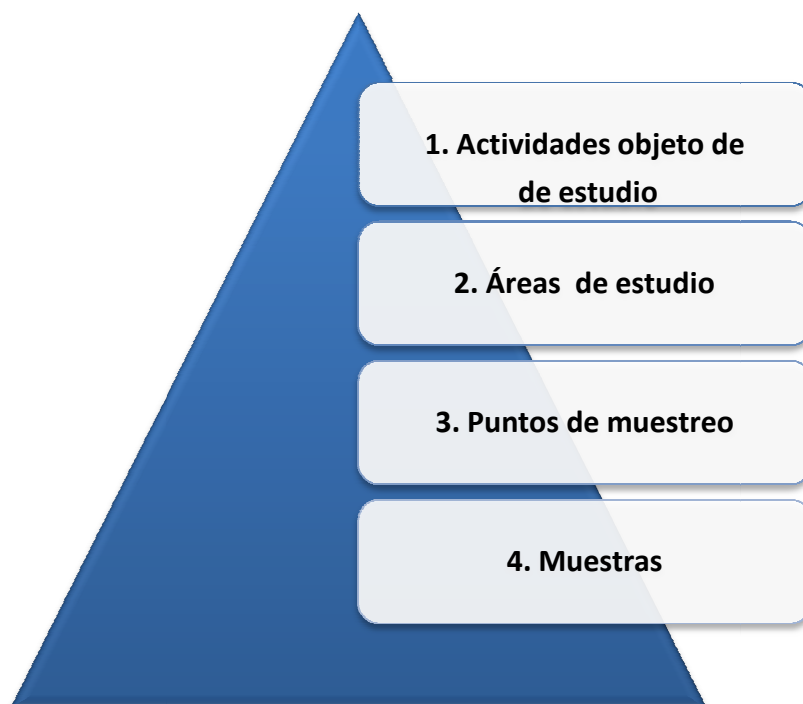


Figura 6: Diseño del muestreo

4.1.1. Actividades objeto de estudio

Se parte desde el pico de la pirámide con la selección de las actividades industriales más importantes que se realizan en las costas de la isla y que pueden producir una alteración en los sedimentos. Estas actividades son la acuicultura intensiva, los puertos y las actividades recreativas como las playas cercanas a los puertos.

4.1.1.1. La acuicultura

La acuicultura en el archipiélago canario comienza a desarrollarse en la década de los 80 en Gran Canaria y en Tenerife. Concretamente, en Gran Canaria en la zona sureste de la isla, y en Tenerife en el nordeste y suroeste. Las especies que comercialmente se cultivan actualmente, son la dorada (*Sparus aurata*) y la lubina (*Dicentrarchus labrax*), aunque experimentalmente se han probado otras especies

(chopa, bocinegro, pulpos, etc.). Actualmente, las actividades que se están llevando a cabo en acuicultura en la isla, son de engorde en jaulas flotantes o “jaulas off-shore”.

4.1.1.2. Los puertos

No es una coincidencia que las zonas más pobladas de la isla coincidan con los puertos, ya que estas zonas vienen históricamente relacionados con desarrollo y el crecimiento poblacional. Tenerife no es una excepción a esta regla y su población se concentra principalmente en torno a los dos mayores puertos de la isla. Por un lado el puerto de Santa Cruz de Tenerife con los municipios de Santa Cruz y La Laguna, los de mayor densidad de población de la isla y, por otro lado, los municipios de Adeje-Arona, que son la segunda mayor población de la isla, además de ser un lugar de gran afluencia turística.

Ambos puertos pertenecen a la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife que es una de las 28 integrantes del sistema portuario estatal. Concretamente, la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife gestiona 5 puertos en nuestra provincia. Por un lado, los dos puertos de estudio (Santa Cruz y Los Cristianos), y además los puertos de las otras 3 islas restantes que conforman nuestra provincia: Santa Cruz de La Palma (La Palma), San Sebastián de La Gomera (La Gomera) y La Estaca (El Hierro).

4.1.1.3. Playas colindantes a puertos

La costa de Tenerife posee 358 Km lineales de perímetro. En la costa tinerfeña se pueden encontrar acantilados, zonas llanas, playas en equilibrio dinámico y playas en equilibrio estático. Generalmente se caracteriza por ser una costa abrupta (Bacallado et al, 1998) y tan solo una quinta parte de la costa aproximadamente, está constituida por playas (67,14 Km). En la zona norte son frecuentes las playas de cantos rodados o de arena negra, mientras que en la vertiente sur predominan las playas con arenas más finas y de tonalidades más claras. Las playas situadas en la costa, tienen una gran demanda turística (principal fuente de ingresos de la isla), además del uso por la población local. Debido a la presión turística, muchas playas han sido construidas artificialmente a partir de material dragado del interior de las costas e incluso con arena procedente de otros países como es el caso de la playa de las Teresitas con arena procedente del Sáhara.

En la isla de Tenerife existen varias playas cercanas a puertos e incluso algunas se encuentran dentro de éstos. Muchas de estas playas son muy frecuentadas por la población local y por turistas. Debido al entorno portuario y a las presiones antropogénicas que suelen mostrar estos entornos, es de gran importancia para la salud pública, llevar a cabo un análisis de las características de estas playas.

4.1.2. Áreas de estudio

El siguiente escalón de la pirámide incluye las áreas de estudio. Concretamente, se han seleccionado dos áreas en la isla de Tenerife en las que coinciden todas las actividades descritas anteriormente. Por un lado, tenemos el área nordeste (Santa Cruz de Tenerife) y por otro lado, el área de suroeste (Los Cristianos). En la figura número 7 se sitúan las áreas de estudio seleccionadas.



Figura 7: Localización de las áreas de la isla estudiadas

4.1.3. Puntos de muestreo

El tercer escalón de la pirámide corresponde a los puntos de muestreo. Estos puntos son variables en función de la extensión del área concreta que estemos analizando y en función de la actividad. De este modo, en actividades puntuales como la acuicultura, se establecen dos puntos de muestreo (impacto y control). En el caso del puerto del nordeste (puerto de Santa Cruz), debido a su amplitud, se han establecido 6 puntos de muestreo, mientras que en el del suroeste con una menor extensión (puerto de Los Cristianos), se han tomado 3 puntos de muestreo.

En cuanto a las playas colindantes con los puertos, en el caso del puerto de Santa Cruz (playa del Parque Marítimo y playa de Valle Seco), se han establecido dos puntos de muestreo en cada playa (punto de muestreo derecha e izquierda). Por otro lado, las playas localizadas cercanas al puerto de Los Cristianos poseen una mayor extensión, por lo que se han tomado 3 puntos de muestreo en cada playa (punto de muestreo a la derecha, centro y a la izquierda).

La localización de la derecha o la izquierda de la playa en el muestreo, se llevó a cabo tomando siempre como referencia el mar y mirando siempre hacia él.

El control establecido para la acuicultura es distinto al control establecido en puertos y playas colindantes. Esto es debido a que la acuicultura es una actividad muy diferente a las actividades realizadas en puertos y en playas cercanas.

Por un lado, los controles de acuicultura se establecen a una distancia de al menos un km de la jaula y nunca en dirección a la corriente.

Por otro lado, los controles de puertos y playas colindantes se establecen en playas pertenecientes a Espacios Naturales Protegidos costeros, localizados en la zona nordeste y suroeste de la isla. En este estudio, se establecieron dos puntos de muestreo en cada control de playa y puertos (derecha e izquierda).

En la figura 8, se observa la localización establecida para los 14 puntos de muestreo de la zona nordeste de la isla. Todos los puntos de muestreo se encuentran situados en el término municipal de Santa Cruz.



Figura 8: Localización de los puntos de muestreo del nordeste de Tenerife

En la figura 9, se aprecia la localización establecida para los 13 puntos de muestreo del suroeste de la isla. Todos los puntos de muestreo se encuentran situados en el término municipal de Arona, excepto el control que pertenece al municipio colindante, Adeje.

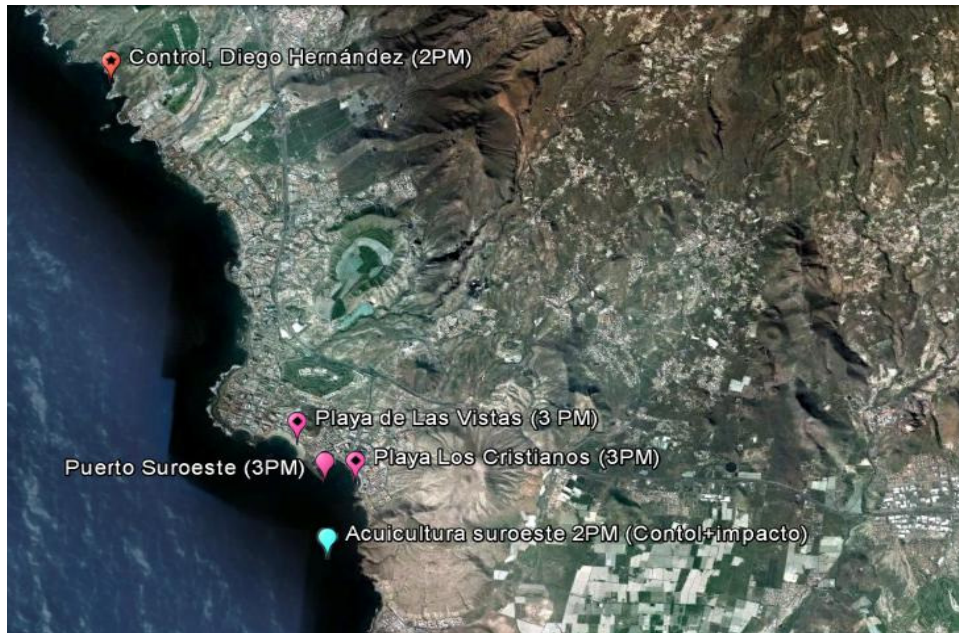


Figura 9: Localización de los puntos de muestreo del suroeste de Tenerife

4.1.3.1. Puntos de muestreo de acuicultura

Para la investigación de los efectos medioambientales de contaminación por metales pesados en jaulas de acuicultura, es necesario establecer un punto de impacto y un punto de control. El punto de impacto corresponde con los sedimentos que se sitúan bajo las jaulas y el punto de control se sitúa aproximadamente a 1 km de distancia de la jaula, siempre en dirección desfavorable a la corriente.

A continuación, se describe la localización de las coordenadas y profundidades de cada uno de los puntos de muestreo establecidos.

- **Impacto nordeste**: coordenadas de punto de muestreo ($28^{\circ}31'52.94''N$; $16^{\circ}08'15.60''O$), profundidad a la que se tomó la muestra de sedimento superficial 28 m.
- **Control de acuicultura nordeste**: coordenadas del punto de muestreo ($28^{\circ}31'01.20'' N$; $16^{\circ}07'40.16''O$), profundidad de toma de la muestra de sedimentos superficial 25 m.

- **Impacto suroeste**: coordenadas del punto de muestreo (28°02'51.93''N; 16°42'50.10''O), profundidad a la que se tomó la muestra de sedimento superficial 28 m.
- **Acuicultura suroeste**: coordenadas del punto de muestreo (28°01'26.77''N; 16°42'56.86''O), profundidad a la que se tomó la muestra de sedimento superficial 25 m.

4.1.3.2. Puntos de muestreo de los puertos

Para llevar a cabo este estudio, se han tomado muestras de los principales puertos de la isla, que se detallan en los siguientes puntos.

4.1.3.2.1. Puntos de muestreo del Puerto de Santa Cruz de Tenerife

El Puerto de Santa Cruz de Tenerife se caracteriza por ser un puerto de gran tamaño, con una longitud total de 11.366 metros y una importante actividad comercial dividida en 3 dársenas y un muelle ciego (Autoridad Portuaria Santa Cruz de Tenerife, 2011a):

- **Dársena de los Llanos**: orientación SE y una longitud de 2579 m. Es utilizada por contenedores, contenedores Ro-Ro interinsulares, también es utilizada por Falúas de Servicio y una posee una zona destinada como marina deportiva.
- **Dársena de Anaga**: orientación NE y una longitud de 3199 m. Los principales usos de esta Dársena consisten en desembarco de grandes cruceros, buques Ro-Ro, veleros y yates de gran porte, una zona se destina como muelle de pasajeros interinsulares y líneas regulares de pasaje, terminal del Jet-Foil y una última zona destinada para graneles sólidos. El Puerto de Santa Cruz, funciona como puerto de pasajeros para las islas más orientales (Gran Canaria, Lanzarote y Fuerteventura) con un transporte regular. Además, los barcos de distintas navieras conectan regularmente con la Península Ibérica y Portugal.
- **Dársena del Este**: orientación NE y longitud 1783 m. Es utilizada para usos pesqueros, muelles deportivos con pantalanes y para pequeñas embarcaciones de pesca.

- Puerto de la Hondura: orientación NE y una longitud de 155 m con un muelle ciego. Se utiliza exclusivamente para los productos petrolíferos.

Las muestras de cada punto de muestreo establecido en el Puerto de Santa Cruz, se tomaron cercanas a los perfiles. La localización exacta de las coordenadas de los perfiles es la siguiente:

- **Dique del Este**: 28°29'03''N; 16°13'31''O
- **Valle Seco**: 28°19'05''N; 16°14'13''O
- **Escuela Náutica**: 28°28'39''N; 16°14'27''O
- **Atraque Armas-Fred Olsen**: 28°28'11''N; 16°14'44''O
- **Barranco de Santos**: 28°27'48''N; 16°14'47''O
- **Refinería**: 28°27'05''N; 16°15'38''O

En la figura 10 se muestran los 6 puntos de muestreo establecidos en el Puerto de Santa Cruz.



Figura 10: Localización de los puntos de muestreo en el puerto de Santa Cruz

4.1.3.2.2. Puntos de muestreo del Puerto de Los Cristianos

El Puerto de Los Cristianos es un puerto de menor tamaño, de 469 metros (Autoridad Portuaria Santa Cruz de Tenerife, 2011b). Sus usos principales son polivalentes, pesca/acuicultura, salida de barcos de líneas regulares interinsulares y las excursiones turísticas. El puerto de Los Cristianos funciona como nexo de unión entre las islas más occidentales (La Gomera, La Palma y El Hierro), funcionando como puerto de pasajeros interinsulares con varias líneas regulares.

Las muestras de cada punto se tomaron cercanas a los perfiles. La localización exacta de las coordenadas de los perfiles es la siguiente:

- **Dique del muelle:** 28°02'58,53"N; 16°43'07,38"O
- **Zona fondeo de barcos:** 28°02'56,80" N; 16°43'03,04"O
- **Zonas Armas-Fred Olsen:** 28°02'52,82"N; 16°43'05,03"O

En la figura 11 se muestran los 3 puntos de muestreo establecidos en el puerto de Los Cristianos.

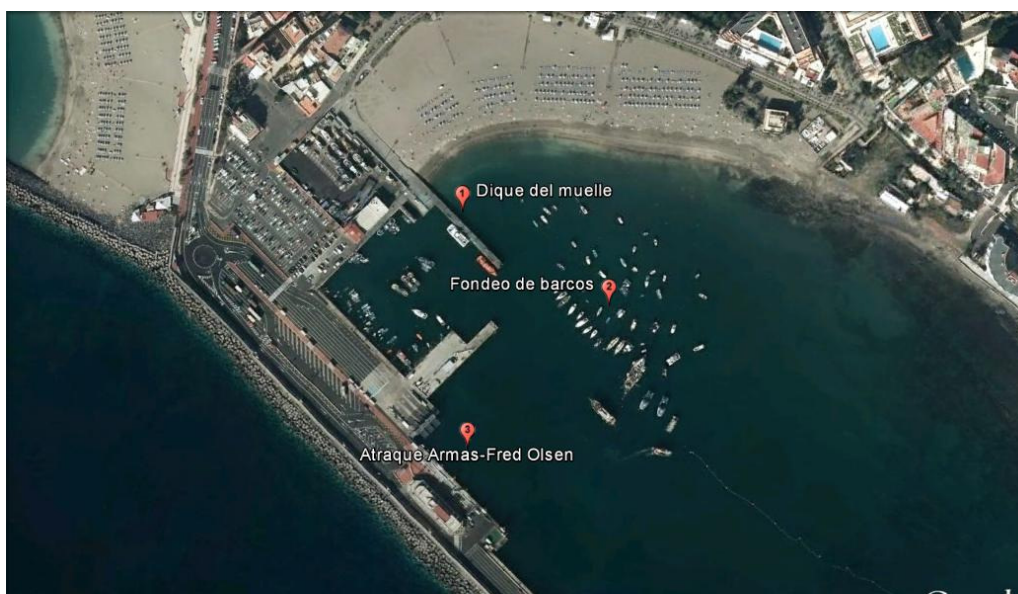


Figura 11. Localización de los puntos de muestreo de la zona portuaria de Los Cristianos.

4.1.3.3. Puntos de muestreo de las playas cercanas a puertos

Para llevar a cabo el muestreo en las playas colindantes a los puertos, se han establecido distintos puntos de muestreo en el nordeste y suroeste. En los siguientes apartados, se detallan los puntos de muestreo establecidos.

4.1.3.3.1. Puntos de muestreo de las playas cercanas al puerto de Santa Cruz

Dentro de las playas de Santa Cruz, se han seleccionado dos playas en concreto: la playa de Valle Seco y la playa del Parque Marítimos. Estos puntos de muestreo, se detallan a continuación.

4.1.3.3.1.1. Puntos de muestreo de la playa de Valle Seco

La playa de Valle Seco, es una playa que se encuentra prácticamente embebida dentro del puerto y que es usada principalmente por la población de Valle Seco y Santa Cruz. En la siguiente figura, se muestra la localización de los puntos de muestreo en la playa (figura 12).

Las coordenadas de los perfiles que establecen los puntos de muestreo de Valle Seco son:

- **Valle Seco 1:** 28°29'13.29" N; 16°14'07.83" O
- **Valle Seco 2:** 28°29'09.07" N; 16°14'13.60" O.

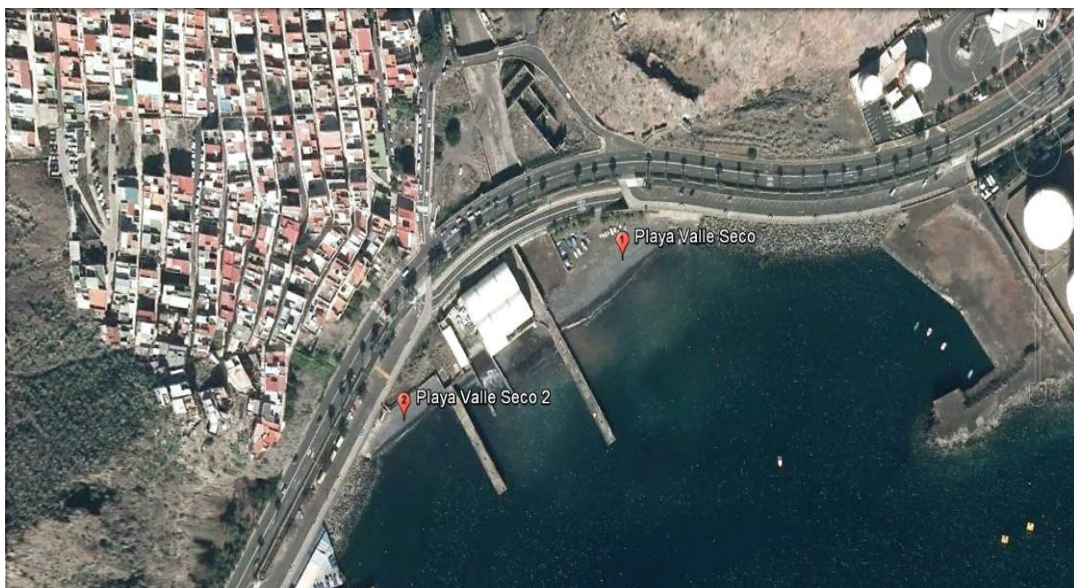


Figura 12: localización de los puntos de muestreo en Valle Seco.

4.1.3.3.1.2. Puntos de muestreo de la playa del Parque Marítimo

Los puntos denominados como Parque Marítimo, se encuentran en una zona en la que detrás se encuentra la refinería de petróleo de Santa Cruz de Tenerife y a un lado se encuentra un antiguo vertedero de residuos rehabilitado, comúnmente llamado El Lazareto. En la figura 13, se establece la localización en la playa de los dos puntos de muestreo establecidos en esta zona.

Las coordenadas de los perfiles que establecen los puntos de muestreo del Parque Marítimo son:

- **Parque Marítimo 1:** 28°27'07.78" N; 16°27'07.78" O.
- **Parque Marítimo 2:** 28°27'06.58"N; 16°15'38:59"O



Figura 13: localización de los puntos de muestreo del Parque Marítimo.

En general, debido a que el entorno en que se encuentra la playa no es muy propicio, se trata de una playa no muy utilizada por la población. En los últimos años debido entre otras cosas a que Santa Cruz no posee playa (fue sustituida en su tiempo por el puerto), al cierre de las piscinas del Parque Marítimo y al crecimiento de la población hacia esa zona; cada vez existe más afluencia de gente hacia esa playa, sobre todo durante los meses de verano. En el fondo de la playa existe una galería que conecta con la refinería, tal y como se puede apreciar en la siguiente foto (foto 1).



Foto 1: Fondo de la playa del Parque Marítimo.

4.1.3.3.2. Puntos de muestreo de las playas cercanas al puerto de Los Cristianos

Dentro de las playas de Los Cristianos, se han seleccionado dos playas en concreto: la playa de Las Vistas y la playa de Los Cristianos. Estos puntos de muestreo, se detallan a continuación.

4.1.3.3.2.1. Puntos de muestreo de la playa de las Vistas

La playa de de las Vistas posee una extensión de 838 metros. Esta playa se construyó durante los años 90, con material dragado procedente del interior de la costa. Colinda con el puerto de los Cristianos al este y con la playa de las Américas al oeste (figura 14).

Las coordenadas de los perfiles que establecen los puntos de muestreo de la playa de Las Vistas, corresponden con las siguientes:

- **Las Vistas Derecha:** 28°03'08,46" N; 16°43'38,49" O
- **Las Vistas Centro:** 28°03'06,25" N; 16°43'24,23" O
- **Las Vistas Izquierda:** 28°03'00,35" N; 16°43'18,75" O



Figura 14. Localización de los puntos de muestreo de la playa de Las Vistas.

4.1.3.3.2. Puntos de muestreo de la playa de Los Cristianos

La playa de Los Cristianos es una playa de origen natural integrada en una bahía. Estas condiciones naturales propicias, dieron lugar al desarrollo del puerto. La playa de Los Cristianos, colinda con la montaña de Guaza a un lado y con el puerto de los Cristianos al otro. Detrás del puerto, nos encontramos con la playa de Las Vistas (figura 15).

Las coordenadas de los perfiles que establecen los puntos de muestreo en la playa de Los Cristianos son:

- **Los Cristianos Derecha:** 28°02'59.51"N; 16°43'07.85"O
- **Los Cristianos Centro:** 28°03'00.67"N; 16°43'04.09" O
- **Los Cristianos Izquierda:** 28°03'00.08"N; 16°42'57.08"O

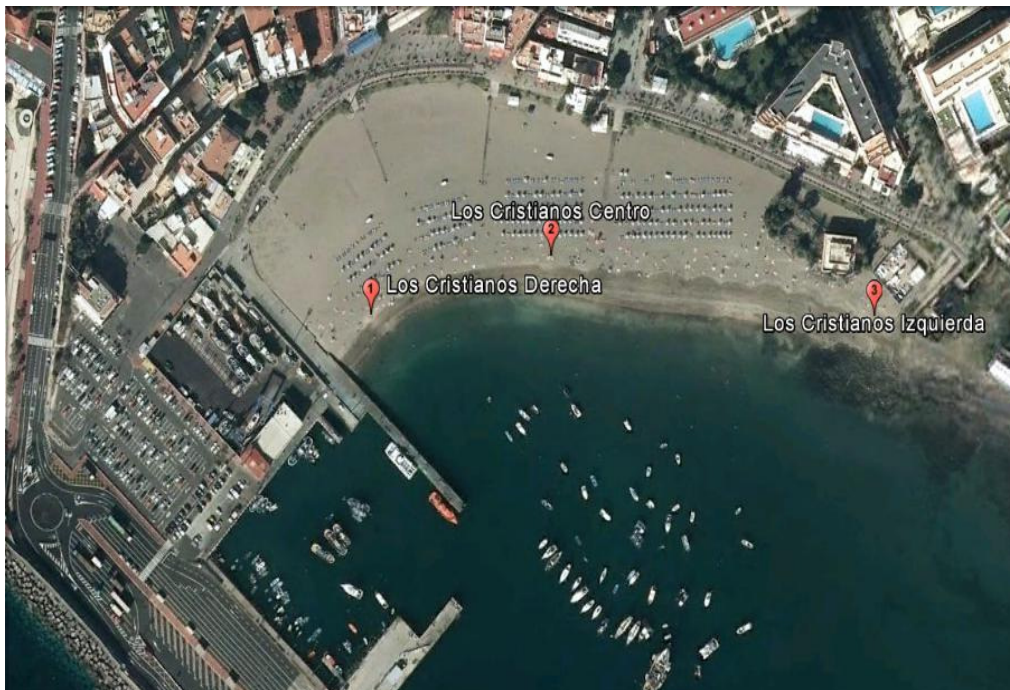


Figura 15: Localización de los puntos de muestreo de la playa de Los Cristianos.

4.1.3.4. Puntos de muestreo de las playas control

Para llevar a cabo este estudio, es necesario establecer dos puntos de muestreo, cada uno en el área de estudio establecida. A continuación, se detallan los distintos puntos de muestreo de cada una de las playas control: Roque Bermejo y Diego Hernández.

4.1.3.4.1. Puntos de muestreo de Roque Bermejo (control nordeste)

La Playa de Roque Bermejo es una playa perteneciente a la red de Espacios Naturales Protegidos de Canarias con la categoría de Parque Rural. El Parque Rural de Anaga tiene una extensión de 14418,7 hectáreas y ocupa la zona noreste de la isla tal y como se muestra en la figura 16. (Gobierno de Canarias, 2011a)



Figura 16. Localización del Parque Rural de Anaga
Fuente: Gobierno de Canarias, 2011^a

El acceso a la playa tan solo se puede llevar a cabo mediante el mar o caminando durante una hora. Debido a la baja población de la zona (menos de 8 familias durante el verano que es el período anual con mayor población), a la nula actividad industrial en la zona, y por formar parte de la Red de Espacios Naturales Protegido de Canarias; los dos puntos de muestreo establecidos en Roque Bermejo, se consideran puntos de control de comparación con puertos y playas colindantes a puertos.

Roque Bermejo está formado por dos pequeñas calas. Una a la vera del Roque que da nombre al pueblo y otra a la vera de un pequeño saliente que está en el interior del Roque tal y como se muestra en la figura 17.

Las coordenadas de los perfiles que establecen los puntos de muestreo en la playa de Roque Bermejo, son:

- **Roque Bermejo Derecha:** 28° 34'50.59" N y 16°8'4.04" O
- **Roque Bermejo Izquierda:** 28°34'50.59"N y 16°8'2.07" O



Figura 17. Localización de los 2 puntos de muestreo control de Roque Bermejo.

4.1.3.4.2. Puntos de muestreo de Diego Hernández (control)

La playa del Diego Hernández, forma parte de la red de Espacios Naturales Protegidos de Canarias con la categoría de Protección Sitio de Interés Científico de La Caleta (Gobierno de Canarias, 2011^b). En la figura 18 se muestra la ubicación del Espacio Natural Protegido de la zona suroeste.



Figura 18. Localización del Sitio de Interés Científico de La Caleta
Fuente: Gobierno de Canarias, 2011^b

A la playa Diego Hernández, también conocida como playa de La Caleta, solo se tiene acceso caminando durante unos 30 minutos desde el pueblo más cercano (Puertito de Adeje, también situado en la costa y con tan solo 16 viviendas). Debido a la nula población de la zona, la nula actividad industrial y a que está integrado en la Red de Espacios Protegidos de Canarias, se consideran los dos puntos de muestreo localizados en la playa Diego Hernández como control de comparación con puertos y playas colindantes a puertos.

La playa Diego Hernández está dividida en dos partes por una barrera natural de rocas. La parte izquierda posee una extensión de 124m, donde se estableció un punto de muestreo. La parte derecha consta de 66 m de extensión, y se estableció el segundo punto de muestreo (figura 19).

- **Diego Hernández Derecha:** 28°06'32,07"N; 16°45'41,39"O
- **Diego Hernández Izquierda:** 28°06'29,57"N; 16°45'38,42"O



Figura

19: Localización de los puntos de muestreo control de la playa Diego Hernández

4.1.4. Muestras

En la actividad industrial “acuicultura”, se tomaron muestras de sedimentos únicamente de la superficie (hasta 5 cm). En el caso de los puertos y playas colindantes, cada punto de muestreo se llevó a cabo tomando 10 muestras de superficie de 0 a 5 cm y un perfil de 20 cm de profundidad. Las muestras de 0 a 5 cm eran divididas en el laboratorio en dos partes de 2,5 cm. Los perfiles tomados, eran divididos “in situ” en 8 partes de 2,5 cm cada una. Por tanto, cada punto de muestreo establecido para puertos y playas colindantes, constaba con un total de 28 muestras: 10 muestras de 0 a 2,5 cm, 10 muestras de 2,5 a 5 cm y un perfil de 8 muestras (0-2,5; 2,5-5; 5-7,5; 7,5-10; 10-12,5; 12,5-15; 15-17,5 y 17,5-20).

Para llevar a cabo este estudio, se tomaron un total de 765 muestras; 383 del área nordeste y 382 del área suroeste. La distribución de las muestras que se llevó a cabo fue la siguiente (figura 20):



Figura 20: Distribución de muestras tomadas en este estudio.

4.1.4.1. Muestras en acuicultura

En la figura 21, se muestra mediante un esquema detallado tipo árbol, el desarrollo del muestreo piramidal que es llevado a cabo en este estudio para la actividad de la acuicultura. Se tomaron un total de 121 muestras, divididas en cuatro puntos de muestreo (impacto-control de cada área de estudio). En cuanto al área de estudio del nordeste, se tomaron 27 muestras de sedimentos superficiales para el punto de impacto y 20 para el punto de muestreo correspondiente al control. En el área de estudio del suroeste, se tomaron 30 muestras superficiales de sedimentos en el punto de muestreo de impacto y 44 en el control (figura 21).

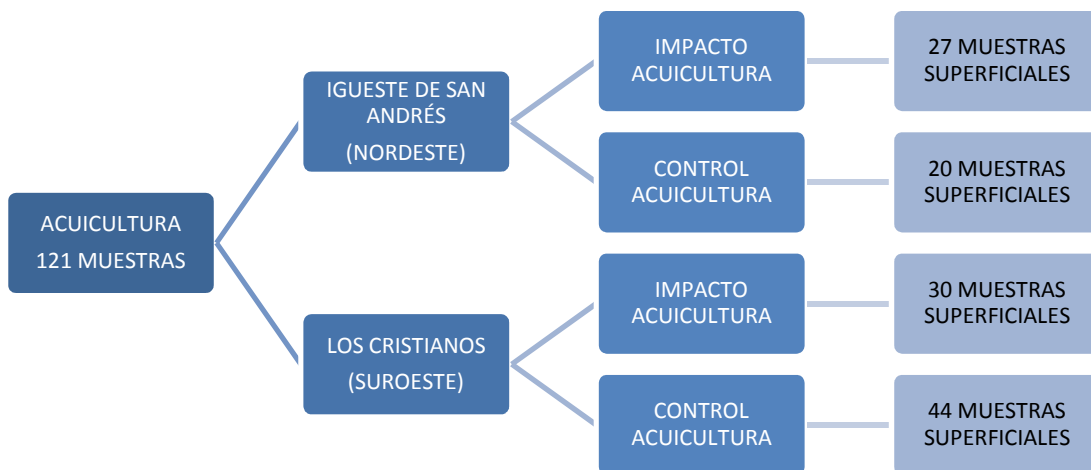


Figura 21: Esquema explicativo de las actividades de acuicultura muestreadas

4.1.4.2. Muestras en puertos

En la figura 22, se muestra mediante un esquema detallado tipo árbol el desarrollo del muestreo piramidal que es llevado a cabo en este estudio para la los puertos de la isla de Tenerife, con un total de 252 muestras.

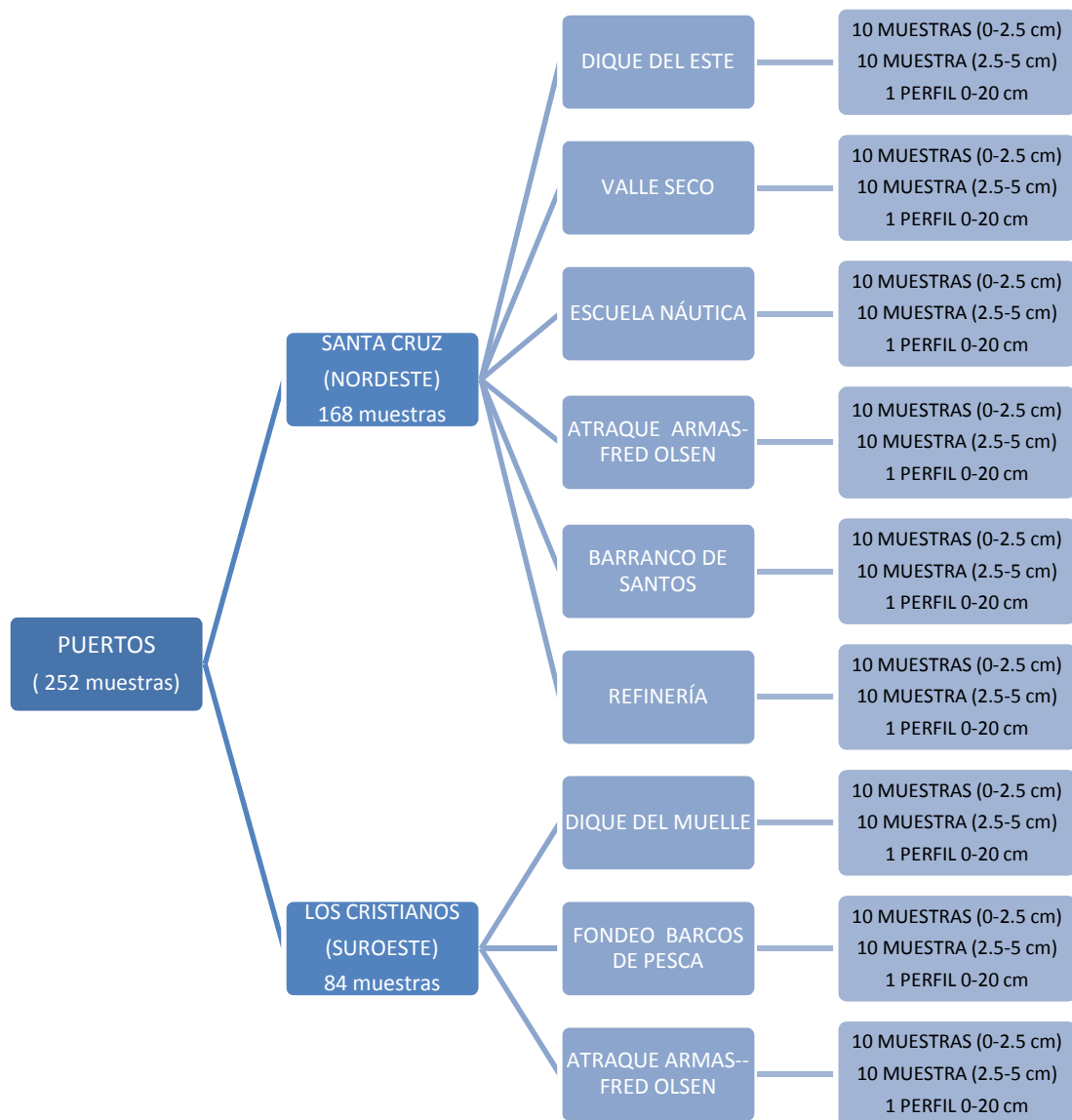


Figura 22. Esquema del muestreo llevado a cabo en los puertos de la isla de Tenerife.

4.1.4.3. Muestras en playas cercanas a puertos

En la figura 23, se muestra mediante un esquema detallado tipo árbol el desarrollo del muestreo piramidal que es llevado a cabo en este estudio para las playas cercanas a puertos en Tenerife.

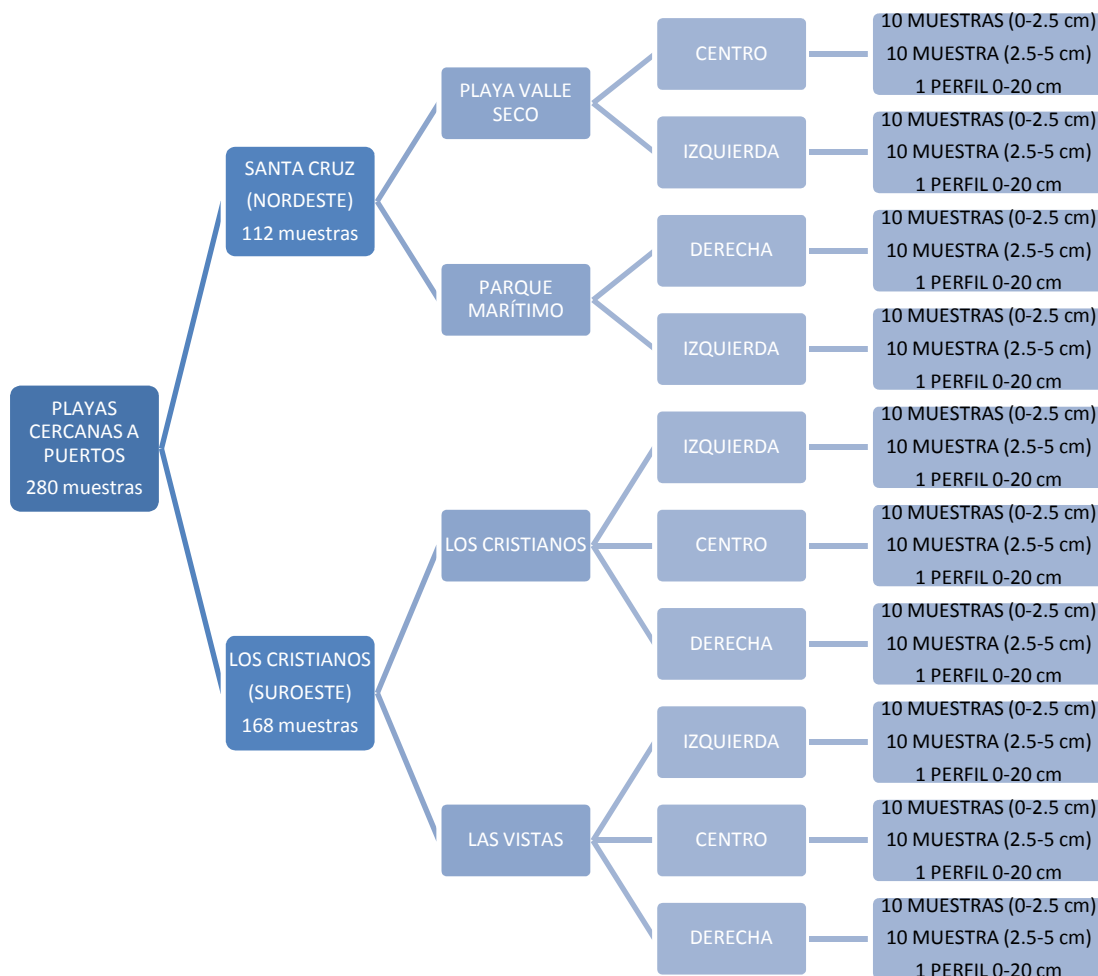


Figura 23. Esquema del muestreo llevado a cabo en las playas colindantes a los puertos de la isla de Tenerife.

4.1.4.4. Muestras en playas control

Las zonas de control para los puertos y playas cercanas a puertos se establecieron en dos Espacios Naturales Protegidos de la Isla de Tenerife. La zona nordeste con el Parque Rural de Anaga y la zona suroeste con el Sitio de Interés Científico de la Caleta (ambas figuras de protección de denominación autonómica). La distribución del muestreo fue la misma para las dos playas. Cada playa consta de dos puntos de muestreo con 28 muestras cada uno (figura 24).

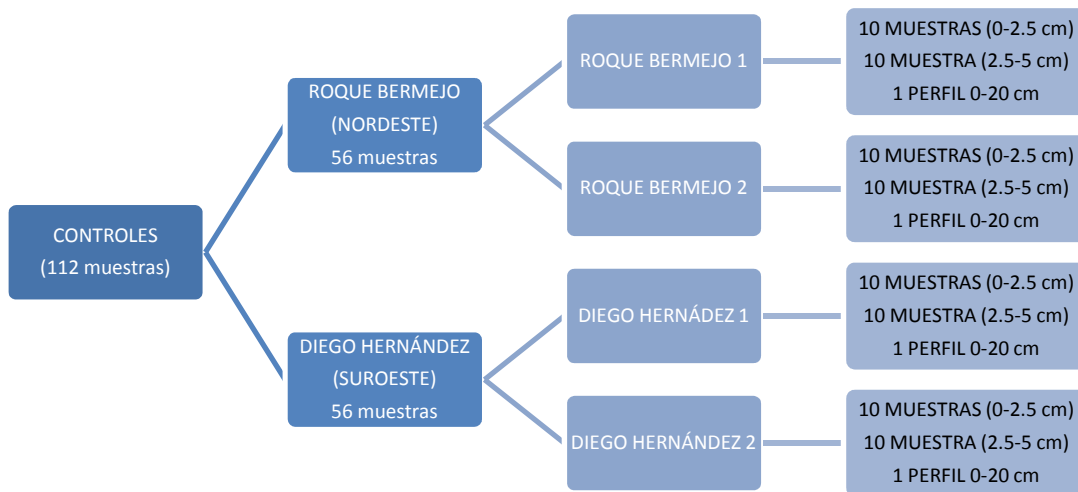


Figura 24: Esquema detallado del muestreo llevado a cabo en los controles.

Las muestras de sedimentos de 5 cm de profundidad, se tomaron enterrando un bote antiséptico de 100 ml en el sedimento (foto 2). Una vez en el laboratorio, se separaban y se etiquetaban en dos partes de 2,5 cm cada una. En el caso de los sedimentos de acuicultura, la muestra se homogenizaba completamente, no llevando a cabo la separación en dos partes.

Para llevar a cabo la toma de los perfiles, se utilizó un corer Hydro-Bios Apparatebau GmbH de 600 mm de altura y 72 mm de diámetro interno, como el que se muestra en la foto 3.



Foto 3. Corer Hidro Bios usado para la toma de la muestras

La toma de muestras en los fondos marinos (acuicultura y zonas portuarias), se llevaron a cabo por buzos profesionales con equipo de escafandra autónomo. A

continuación, se muestra un diagrama con una secuencia de la toma de un perfil llevada a cabo en los fondos durante el muestreo de la zona portuaria (Diagrama 1).

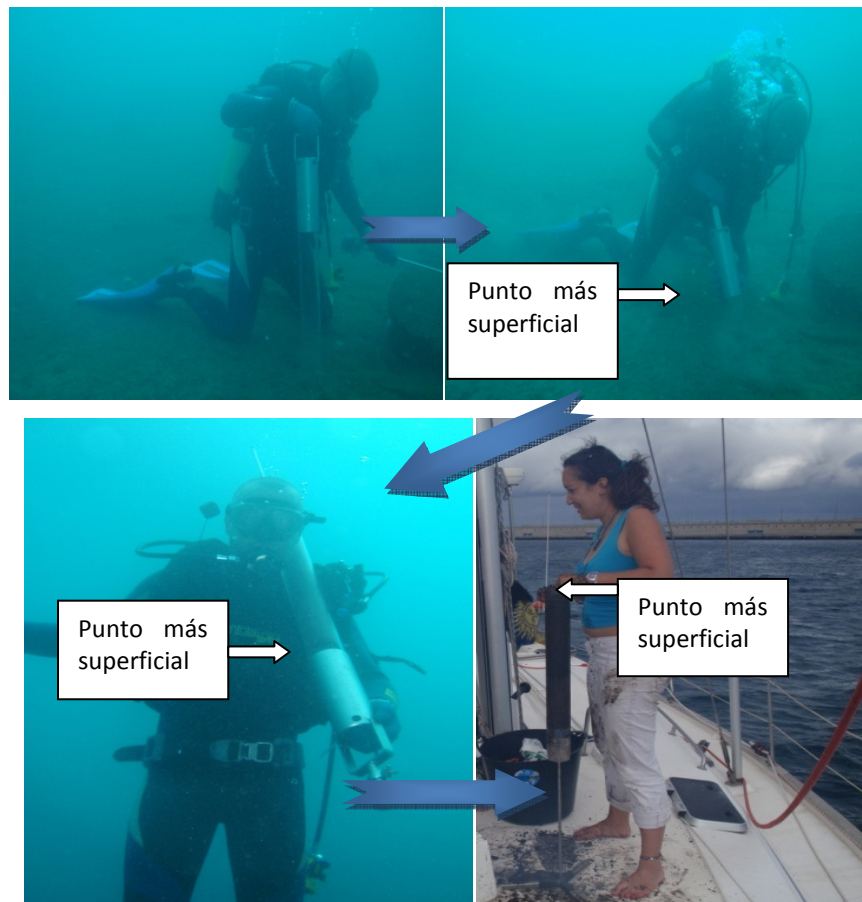


Diagrama 1: proceso de toma de muestras en profundidad

Una vez obtenido el perfil de los sedimentos, se procedió a la división “in situ” en 8 partes de 2,5 cm cada una a partir de la superficie. Las muestras se separaron y se etiquetaron en el barco y luego se llevaron al laboratorio para su posterior tratamiento y análisis.

4.2. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS

4.2.1. Reactivos y disoluciones.

- Agua desionizada Milli-Q (Millipore), de 18 M Ω cm⁻¹ de resistividad específica.

- Ácido Nítrico (HNO₃) 69% (MERCK).
- Ácido Clorhídrico (HCl) 37% (MERCK).
- Disolución HNO₃ 10%.
- Disolución HNO₃ 5%.
- Disolución HNO₃ 1,5%.
- Disolución agua regia: HCl - HNO₃ 3:1 v/v.
- Material certificado de referencia BCR-142 R-Light Sandy Soil; BCR-320 R-Channel Sediment, BCR-277 R-Estuarine Sediments.
- Patrón Multielemento 1000 mg/L (Panreac).
- Patrón de Cadmio 1 g/l (MERCK, Alemania).
- Detergente para uso de laboratorio Acatonox (MERCK, Alemania).

4.2.2. Material y Aparatos.

- Espectrofotómetro de llama Perkin-Elmer, modelo 2100
- Espectrofotómetro Perkin-Elmer modelo 4100 ZL Zeeman, equipado con horno de grafito Perkin Elmer 4100 con muestreador automático AS 70.
- Mikro-Dismembrador Sartorius.
- Bolas de Zirconio.
- Placa calefactora de temperatura regulable.
- Condensadores de reflujo.
- Horno Mufla Heraeus tipo KR 170, con regulación automática de temperatura.
- Estufa Heraeus T-5042 Metler-Toledo.
- Balanza analítica Metler-Toledo.
- Papel Whatman N° 41.
- Pipetas automáticas de 3 y 25 mL.
- Micropipetas automáticas Eppendorf de 50 µL, 100 µL, 200 µL, 500µL y 1000µL.
- Frascos de polietileno.
- Material de vidrio: Matraces aforados de 50 y 100 ml y matraces Erlenmeyer de 250 ml.
- Material general de laboratorio

4.2.3. Procedimientos analíticos previos a la determinación de metales.

Antes de la preparación de las muestras, todo material que fuese a estar en contacto con las muestras (reflujos, varillas, matraces, etc.), se lavó con agua y jabón y se mantuvo sumergido con detergente de limpieza para laboratorio al 5% durante 10-24 horas. A continuación, y para eliminar las posibles trazas de metales que pudieran quedar, todo el material se mantuvo en ácido nítrico al 5% durante 24 horas, seguido de un lavado con agua calidad mili-Q.

La determinación de los metales se llevaba a cabo mediante Espectroscopía de Absorción Atómica, técnica de referencia para determinación de metales en distintas matrices, por su gran sensibilidad y reproductibilidad en los resultados (AOAC, 1990).

El método de extracción de metales en las muestras de sedimentos fue el recomendado por la Organización Internacional de Estandarización (ISO), descrito por diversos autores como Tam y Yao, en 1999; Sastre et al, 2002 en muestras medioambientales (lodos, suelos y sedimentos) o Zeng-YeiHseu et al, 2002 para muestras de suelos y sedimentos.

4.2.4. Pretratamiento de las muestras.

Una vez en el laboratorio, las muestras de sedimentos se colocaron en una estufa a una temperatura de $80^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, durante al menos 24 horas.



Foto 4: Estufa Heraeus.

En el caso de que el sedimento seco mostrara muchos granos de diámetros mayores de 2 mm, la muestra se trituraba en el Micro-desmembrador Sartorius (foto 5) ayudado por una piedra de Zirconio hasta disminuir el diámetro de las partículas.



Foto 5: Micro Desmembrador Sartorius.

4.2.5. Extracción de metales de las muestras de sedimentos.

Se pesaron 3 gramos de sedimento seco y se introdujeron en un matraz Erlenmeyer Pyrex de 250 ml con 28 ml de agua regia ($3\text{HCl}-1\text{HNO}_3$). Para llevar a cabo la pre-extracción, se mantuvo la muestra en agua regia a temperatura ambiente durante 16 horas. A continuación, se llevaron a un condensador de reflujo a $130\text{ }^\circ\text{C}$ durante 2 horas y media (foto 6). La suspensión obtenida se filtraba a través de un filtro de cenizas Whatman 41 y se diluía hasta 100 ml con ácido nítrico al 1.5%. Finalmente, las muestras extraídas se guardaban en botes de polietileno antisépticos hasta su posterior análisis.

Las muestras procesadas, fueron conservadas durante el plazo máximo de un mes a $4\pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ en recipientes de polietileno previamente numerados y etiquetados hasta su posterior análisis.



Foto 6: Placa calefactora con condensador de reflujo

4.2.6. Análisis de las muestras

El análisis de los metales Cr, Cu, Co, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn se llevó a cabo mediante espectrofotometría de absorción atómica de llama (foto 7). Por otro lado, el Cd, y el Pb en, se analizaron con espectrofotometría de absorción atómica con cámara de grafito (foto 8). Las condiciones instrumentales del aparato se muestran en la tabla 5.



Foto 7 y 8: Espectrofotómetro de absorción atómica de llama y Espectrofotómetro de absorción atómica con cámara de grafito.

Tabla 5: Condiciones instrumentales de la Espectrometría de Absorción Atómica.

Metal	Longitud de onda (nm)	Anchura de apertura (nm)	Fuel	Flujo del fuel (L/min)	Oxidante	Flujo del oxidante (L/min)
Cr	357,9	0,7	Acetileno	2.5	Aire	8.0

Co	240,7	0,2	Acetileno	2.5	Aire	8.0
Cu	324,8	0,7	Acetileno	2.5	Aire	8.0
Mn	279,5	0,2	Acetileno	2.5	Aire	8.0
Ni	232,0	0,2	Acetileno	2.5	Aire	8.0
Pb	283,3	0,7	Acetileno	2.5	Aire	8.0
Zn	213,9	0,7	Acetileno	2.5	Aire	8.0

En el caso del Cd, debido a que sus concentraciones eran menores, se optó por usar la técnica de espectrofotometría de absorción atómica con cámara de grafito. El Pb también mostraba en algunos casos concentraciones no detectables por espectrofotometría de absorción atómica de llama, por lo que se optó a llevar a cabo la medición con cámara de grafito. En la tabla 6 se muestran las condiciones instrumentales de trabajo para la determinación del cadmio. Esta tabla indica la temperatura y tiempo de cada una de las fases.

Tabla 6: Programa de temperatura para la determinación de cadmio en el horno de grafito. ^a

Fase	Temperatura (°C)	Tiempo para alcanzar la rampa (s)	Tiempo de mantenimiento (s)	Flujo de argón (ml/min)
Evaporación del diluyente	100	10	20	250
Secado	130	25	20	250
Pirólisis	450	15	20	250

Pretratamiento Cd^a	700	5	5	250
Pretratamiento Pb^b	800	5	10	250
Atomización	1250	0	3	0
Limpieza	2500	2	3	250

^a Longitud de onda Cd: 228.8 nm

^b Longitud de onda Cd: 283.3 nm

Temperatura de inyección: 20 °C

Volumen de inyección: 20 µl.

Los límites de detección instrumentales se estimaron basándonos en la respuesta instrumental del equipo. Concretamente, se determinaron mediante el análisis de 15 blancos en condiciones de reproducibilidad (IUPAC, 1995). Estos límites se muestran en la tabla 3, y se calcularon de la siguiente manera:

- Límite de detección instrumental (L.D.I.):

$$L.D.I. = X_0 + 3 S_0$$

Siendo X_0 , la concentración media del análisis de 15 blancos en condiciones de reproducibilidad y S_0 , la desviación estándar de las concentraciones.

Una vez obtenidos los límites de detección instrumentales, se procedió a calcular los límites de detección de las muestras reales, teniendo en cuenta el peso de la muestra y la disolución, aplicando la siguiente fórmula (Ysart et al., 2000; Melnyk et al., 2003) (tabla 7).

$$LD = \frac{LDI * 100}{3}$$

Siendo 100ml, el volumen final de la extracción realizada en este estudio, y 3 g el peso de la muestra seca.

Tabla 7. Límites de detección de la Espectrometría de Absorción Atómica.

Metales y longitud de onda	Límites de Detección instrumentales (L.D.I) (µg/l)	Límites de Detección (L.D) (mg/l)
Cd (228.8 nm)	0,065	0,0021
Cr (357.9 2nm)	40,86	1,36
Co (240.7 nm)	192,02	6,40
Cu (324.8 nm)	26,75	0,89

Mn (279.5 nm)	11,55	0,385
Ni (232.0 nm)	33,68	1,12
Pb (217.0 nm)	37,61	1,25
Zn (213.9 nm)	19,03	0,63

4.2.7. Controles de calidad de las muestras.

Los controles de calidad utilizados para la determinación de los metales, se efectuaron mediante el uso de los materiales de referencia BCR-142 R (Light Sandy Soil), BCR-320 R (Channel Sediment) y BCR-277 R (Estuarine Sediments), del “Institute for Reference Materials and Measurements” (IRMM). Los resultados de los estudios de recuperación obtenidos, superaron para todos los metales el 95%, por lo que se encontraban dentro del intervalo de confianza (tabla 8). Durante las determinaciones analíticas, cada 10 muestras se llevó a cabo un recalibrado. Esta recalibración se comprobó analizando un control de calidad (patrón de distinta concentración y de distinto lote a los utilizados en la preparación de la recta de calibrado). Cada 20 muestras se analizó un blanco y un material de referencia correspondiente al metal analizado.

Tabla 8: Estudio de recuperación de metales				
Metal	Material	Concentración medida^a (mg/kg)	Concentración certificada^b (mg/kg)	Recuperación (%)
Cd	BCR-320R	2,53±0,15	2,64±0,18	95,83
Cr	BCR-277R	192±7	188±14	102,13
Cu	BCR-320R	44,65±2,7	46,3±2,9	96,43
Co	BCR-277R	22,9±0,9	22,5±1,4	101,78
Mn	BCR-320R	921±48	910±50	101,21
Ni	BCR-277R	128±10	130±8	98,46
Pb	BCR-142R	38,6±1,5	40,2±1,9	96,02
Zn	BCR-277R	172±12	178± 20	96,63

^a Media ± desviación estandar

^b Intervalo de confianza: 95%

4.2.8. Estudio granulométrico de los sedimentos

Para conocer la composición granulométrica de las muestras se llevó a cabo el método propuesto por Buchanan en 1984, pasando y pesando por los tamices graduados (2 mm, 1 mm, 0.5 mm, 0.25 mm, 0.125 mm y 0.063 mm) 100 gramos de muestra previamente desecadas a 105 ° C (foto 7).

Los 6 tamices graduados con distinta malla, permiten diferenciar 7 partes del sedimento: gravas, arena muy gruesa, arena gruesa, arena media, arena fina, arena muy fina y arcillas/limos (foto 9).



Foto 9: tamices graduados normalizados

Para poder llevar a cabo la curva granulométrica se utilizó también el tamiz de 8mm, 4 mm y 0.005 mm cuando era necesario por la granulometría existente en el tipo de muestra. La representación de la curva granulométrica se realizó mediante una hoja semilogarítmica que permitía apreciar de mejor manera las características granulométricas del sedimento.

Una vez obtenida la curva granulométrica, se obtuvo el diámetro eficaz (d_{10}) que se define como el tamiz por el que pasa el 10% en peso de las partículas que componen la muestra, se corresponde obviamente con el 10% de la curva

granulométrica y tiene gran influencia sobre la permeabilidad y el contenido de partículas finas en la muestra. De este modo, cuando una muestra presenta un menor diámetro eficaz, nos indica una mayor cantidad de partículas finas, por el contrario, un diámetro eficaz alto (por encima de 1 mm), nos indica que la muestra tiene un bajo contenido en partículas finas.

4.2.9. Análisis estadístico.

Los resultados se procesaron mediante el programa estadístico SPSS (versión 19.0 IBM-Statistics). Con el fin de comprobar la normalidad o no de los datos muestrales, se aplicó el test de Kolmogorov-Smirnov (Xu et al., 2002) y el test de homogeneidad de las varianzas utilizando el test estadístico de Levene (Pan, 2002). Para la estadística inferencial se aplicó un ANOVA (post hoc: Tukey) como prueba paramétrica y el test de Mann-Whitney y el de Kruskal-Wallis como test no paramétricos (Choi et al., 2001). Para la correlación entre variables se aplicó los test de Pearson y Spearman según hubiera normalidad o no de las muestras.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. METALES EN SEDIMENTOS DE ACUICULTURA

5.1.1. ACUICULTURA ÁREA NORDESTE DE LA ISLA DE TENERIFE

5.1.1.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

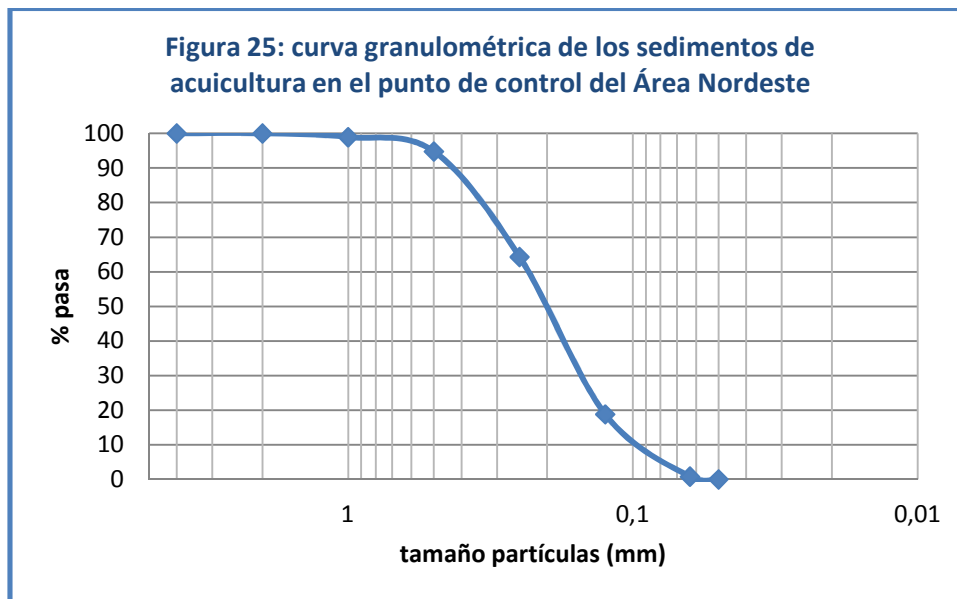
El

análisis granulométrico llevado a cabo en los puntos de muestreo de acuicultura en el área nordeste se muestra en la tabla 9. En dicha tabla, se exponen los distintos diámetros de los tamices que retienen los diferentes tipos de granos formulados por Buchanan, 1984.

Tabla 9: Granulometría de sedimentos de acuicultura en el Área Nordeste		
Tipo de grano y diámetro de los tamices	Control Nordeste	Impacto Nordeste
Grava (>2 mm)	0,01±0,01	0,02±0,03
Arena muy gruesa (2 mm)	1,05±0,32	0,77±0,17
Arena gruesa(1 mm)	4,15±0,13	2,30±0,14
Arena media(0,5 mm)	30,49±0,39	24,90±0,84
Arena fina (0,25 mm)	45,50±0,48	49,89±1,09
Arena muy fina(0,125 mm)	18,02±1,00	17,63±1,74
Arcilla/limo(0,063 mm)	0,78±0,21	4,49±2,26

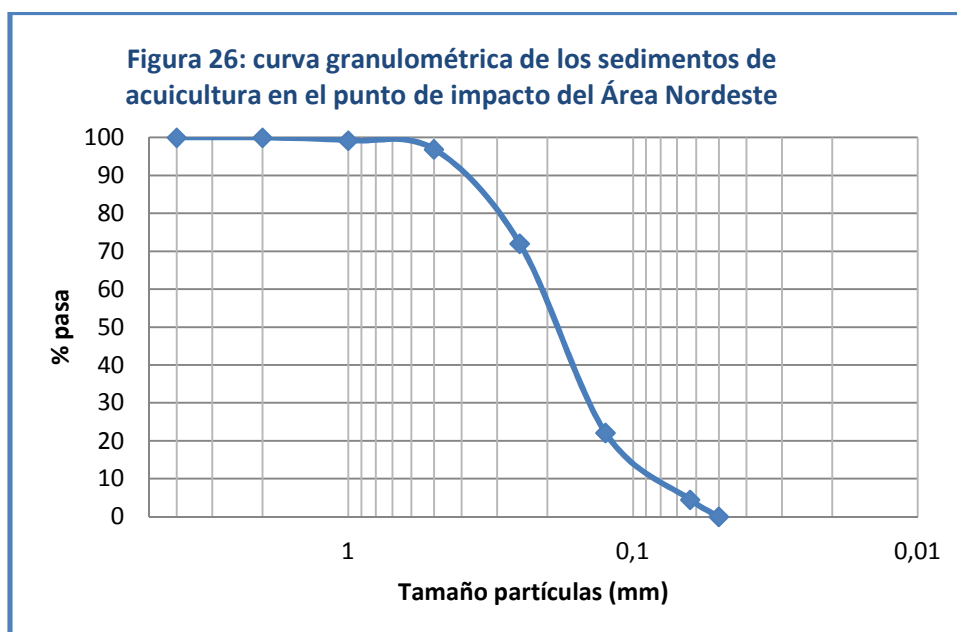
En ambos puntos de muestreo del área nordeste, se aprecia una mayor cantidad de arena fina, seguida por arena media y arena muy fina. A partir de este tipo de grano, existe una variación de la granulometría entre los puntos de muestreo control e impacto. Por un lado, en el punto de muestreo control, el siguiente tipo de grano más abundante es la arena gruesa, seguido de la arena muy gruesa, arcilla/limo y por último, grava. Por otro lado, en el punto de muestreo de impacto, encontramos una distribución distinta, siendo el siguiente tipo de grano más abundante es la arcilla/limo, seguido de los de arena gruesa, arena muy gruesa y grava.

En la figura 25 se muestra la curva granulométrica correspondiente al punto de muestreo control de los sedimentos de acuicultura del área Nordeste de la isla de Tenerife.



Tal y como se aprecia en la figura 25, tenemos una muestra de arenas bien graduada de partículas que pasan por los tamices 1 y 0,06. La muestra del punto de control presenta poca cantidad de gruesos (gravas) y poca cantidad de finos (arcillas y limos). El diámetro eficaz (d_{10}) de la muestra de sedimento del punto de muestreo control se fija en 0,1 mm.

En la figura 26 se muestra la curva granulométrica correspondiente al punto de muestreo de impacto en la acuicultura del área nordeste.



La figura 26 presenta una muestra de arenas bien graduada, con poca cantidad de gruesos (gravas), y finos (arcillas/limos) pero con mayor porcentaje de estos últimos que la muestra control. El diámetro eficaz (d_{10}) de esta muestra de sedimento, es más pequeño y está fijado en 0,09 mm.

La existencia de una mayor cantidad de finos (4,49%) en la muestra de sedimentos correspondiente al punto de muestreo de impacto, unido a un menor diámetro eficaz, demuestra una mayor degradación del sedimento en el punto de impacto que en el punto control.

La presencia de una mayor degradación en los sedimentos bajo las jaulas de acuicultura, ha sido confirmada por muchos autores (Borja, 2002; Álvarez-Iglesias, 2008; Basaran, 2010). Esta degradación, se relaciona principalmente con la continua deposición sobre los sedimentos de los restos de heces y comidas sin ingerir de los peces de las jaulas de acuicultura.

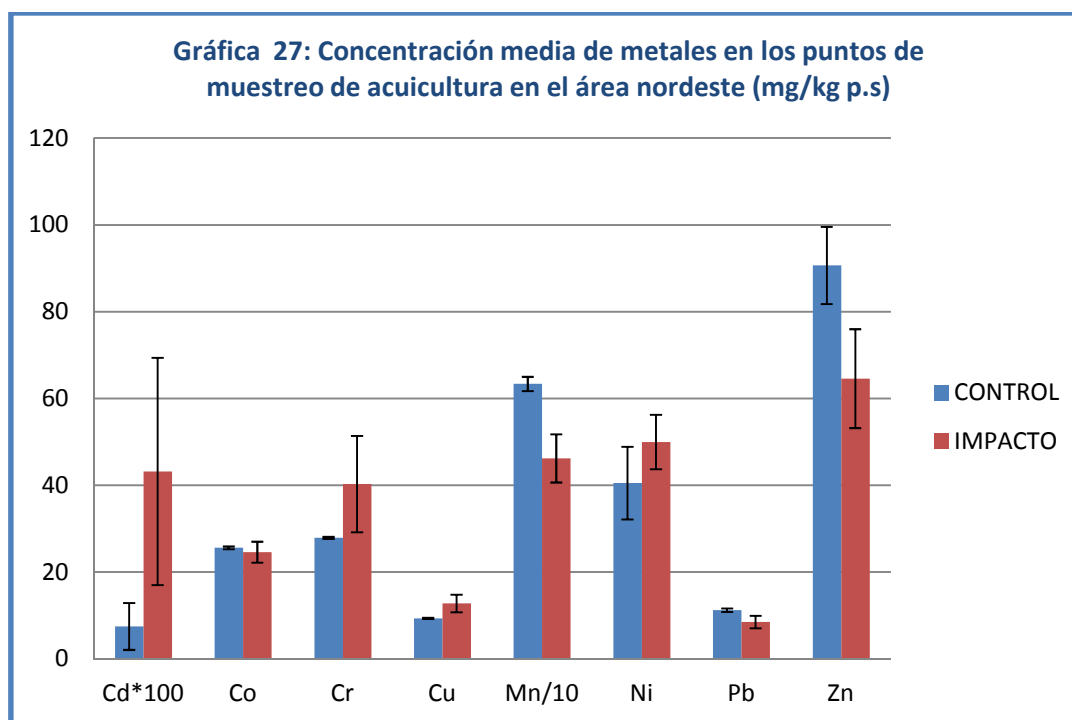
5.1.1.2. CONCENTRACIONES MEDIAS EN EL ÁREA NORDESTE

En la tabla 10, se representan la concentración media, desviación estándar, concentración máxima y mínima de los diferentes metales estudiados en los sedimentos procedentes de las jaulas de peces de crianza (impacto acuicultura) y su zona control en el nordeste de la isla de Tenerife.

Tabla 10: Concentración media, desviación estándar, máximo y mínimo de los metales pesados analizados en sedimentos de las jaulas de acuicultura de la zona nordeste (mg/kg p.s).								
METALES	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
C media en el control	0,075	25,59	27,90	9,35	633,74	40,52	11,24	90,69
SD	0,054	0,33	0,22	0,13	16,35	8,35	0,41	8,89
C mínima	0,044	24,86	26,82	8,92	563,12	14,38	9,13	48,12
C máxima	0,103	27,96	29,39	10,33	694,92	68,02	12,84	139,86
C media en el impacto	0,432	24,61	40,29	12,77	462,06	49,98	8,53	64,60
SD	0,262	2,41	11,08	2,02	55,40	6,28	1,44	11,4

C mínima	0,047	10,32	16,68	7,06	48,62	1,70	0,33	35,22
C máxima	1,519	51,61	179,82	45,95	713,29	71,65	15,60	296,70

En el siguiente histograma (figura 27) se muestra, la concentración media y desviación estándar de los metales analizados en este estudio.



[Para poder llevar a cabo la presentación de todos los metales dentro de la misma figura, es necesario multiplicar la concentración de Cd por 100 y dividir la concentración de Mn por 10.]

Tal y como se puede apreciar en la figura 3, los sedimentos procedentes del punto de muestreo control, presentan una mayor concentración de Co, Mn, Pb y Zn. Por otro lado, los sedimentos procedentes del punto de muestreo de impacto tienen una mayor concentración de Cd, Cr, Cu y Ni.

Para llevar a cabo el estudio estadístico y conocer la posible existencia de diferencias significativas entre las concentraciones de metales estudiadas, se llevaron a cabo los test estadísticos que se detallan a continuación.

Los test de Kolmorov-Smirnov y de Shapiro-Wilk, se utilizaron para comprobar la normalidad de las concentraciones de cada metal para cada punto de muestreo del área del nordeste (tabla 11).

Tabla 11: Pruebas de normalidad en los sedimentos de los puntos de muestreo de acuicultura en el área nordeste

Metales	Punto de muestreo	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cd	Control	,160	20	,200*	,974	20	,924
	Impacto	,347	27	,001	,698	27	,000
Co	Control	,334	20	,002	,722	20	,002
	Impacto	,245	27	,063	,856	27	,051
Cr	Control	,228	20	,149	,916	20	,321
	Impacto	,433	27	,000	,591	27	,000
Cu	Control	,265	20	,045	,837	20	,040
	Impacto	,324	27	,002	,713	27	,001
Fe	Control	,175	20	,200*	,919	20	,352
	Impacto	,330	27	,001	,735	27	,001
Mn	Control	,238	20	,113	,850	20	,057
	Impacto	,265	27	,030	,895	27	,161
Ni	Control	,317	20	,005	,698	20	,001
	Impacto	,254	27	,046	,820	27	,017
Pb	Control	,165	20	,200*	,917	20	,333
	Impacto	,291	27	,010	,759	27	,003
Zn	Control	,198	20	,200*	,928	20	,424
	Impacto	,255	27	,044	,879	27	,102

a. Corrección de la significación de Lilliefors
*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Del resultado del test estadístico, se infiere la normalidad de los resultados únicamente para Ni y Cu. Para poder confirmar la normalidad de estos resultados, se realizaron los estudios de la homogeneidad de las varianzas mediante el test estadístico de Levene para cada uno de los metales estudiados en los puntos de muestreo (tabla 12).

Tabla 12. Prueba de homogeneidad de la varianza en los sedimentos de acuicultura del área nordeste

	Estadístico de	gl1	gl2	Sig.
--	----------------	-----	-----	------

		Levene			
Cd	Basándose en la media	20,127	1	46	,000
	Basándose en la mediana.	3,949	1	46	,062
	Basándose en la mediana y con gl corregido	3,949	1	20,007	,075
	Basándose en la media recortada	16,988	1	46	,001
Co	Basándose en la media	7,338	1	46	,014
	Basándose en la mediana.	5,721	1	46	,027
	Basándose en la mediana y con gl corregido	5,721	1	10,451	,037
	Basándose en la media recortada	7,071	1	46	,015
Cr	Basándose en la media	12,291	1	46	,002
	Basándose en la mediana.	2,574	1	46	,125
	Basándose en la mediana y con gl corregido	2,574	1	20,004	,140
	Basándose en la media recortada	8,599	1	46	,009
Cu	Basándose en la media	9,992	1	46	,005
	Basándose en la mediana.	3,714	1	46	,069
	Basándose en la mediana y con gl corregido	3,714	1	20,069	,083
	Basándose en la media recortada	7,972	1	46	,011
Mn	Basándose en la media	5,519	1	46	,030
	Basándose en la mediana.	3,876	1	46	,064
	Basándose en la mediana y con gl corregido	3,876	1	21,300	,074
	Basándose en la media recortada	4,446	1	46	,048
Ni	Basándose en la media	5,289	1	46	,033
	Basándose en la mediana.	5,236	1	46	,034
	Basándose en la mediana y con gl corregido	5,236	1	20,217	,045
	Basándose en la media recortada	5,294	1	46	,033

Pb	Basándose en la media	38,164	1	46	,000
	Basándose en la mediana.	5,110	1	46	,036
	Basándose en la mediana y con gl corregido	5,110	1	20,879	,045
	Basándose en la media recortada	35,590	1	46	,000
Zn	Basándose en la media	2,164	1	46	,158
	Basándose en la mediana.	1,276	1	46	,273
	Basándose en la mediana y con gl corregido	1,276	1	28,390	,273
	Basándose en la media recortada	2,145	1	46	,159

Al no existir homogeneidad de las varianzas para ninguno de los metales estudiados exceptuando para Ni, se confirmó la no normalidad de los resultados y la necesidad por lo tanto de aplicar test no paramétricos para realizar el análisis estadístico de los mismos. En el caso del Ni se confirmó la normalidad de los resultados y la necesidad de aplicar test estadísticos paramétricos para este metal (tabla 13).

En la estadística inferencial se aplicó un ANOVA (post hoc: Tukey) como prueba paramétrica y los test de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney, en el caso de aplicar estadística no paramétrica.

Tabla 13: Test paramétrico ANOVA para Ni en los sedimentos de acuicultura del Área Nordeste					
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	468,836	1	468,836	,840	,371
Intra-grupos	10610,133	19	558,428		
Total	11078,969	20			

Como se observa en la tabla 13, no existen diferencias significativas entre las concentraciones de Ni en los sedimentos de acuicultura del área Nordeste, procedan de la zona de impacto o de la zona control.

Para el resto de los metales estudiados, la estadística inferencial se realizó mediante test no paramétricos debido a la no normalidad de los resultados (tabla 14).

Tabla 14: Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Test	Sig	Decisión
1	La distribución de Cd es la misma entre las categorías de muestra	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	0,078	Retener la hipótesis nula
2	La distribución de Co es la misma entre las categorías de muestra	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	0,673	Retener la hipótesis nula
3	La distribución de Cr es la misma entre las categorías de muestra	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	0,078	Retener la hipótesis nula
4	La distribución de Cu es la misma entre las categorías de muestra	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	0,049	Rechazar la hipótesis nula
5	La distribución de Mn es la misma entre las categorías de muestra	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	0,006	Rechazar la hipótesis nula
6	La distribución de Pb es la misma entre las categorías de muestra	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	0,481	Retener la hipótesis nula
7	La distribución de Zn es la misma entre las categorías de muestra	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	0,139	Retener la hipótesis nula

Los test no paramétricos, mostraron la existencia de diferencias significativas entre el contenido metálico de Mn y Cu entre los puntos de muestreo estudiados. Por otro lado, también nos muestran que no existen diferencias significativas entre las concentraciones del resto de los metales (Cd, Co, Cr, Pb y Zn) entre los puntos de muestreo del área Nordeste.

En cuanto a los metales que presentan diferencias significativas, el Mn se encuentra en mayor concentración en el punto de muestreo control ($633,74 \pm 16,35$ mg/kg p.s) que en el impacto ($462,06 \pm 2,02$ mg/kg p.s) tal y como podemos observar en la figura 28.

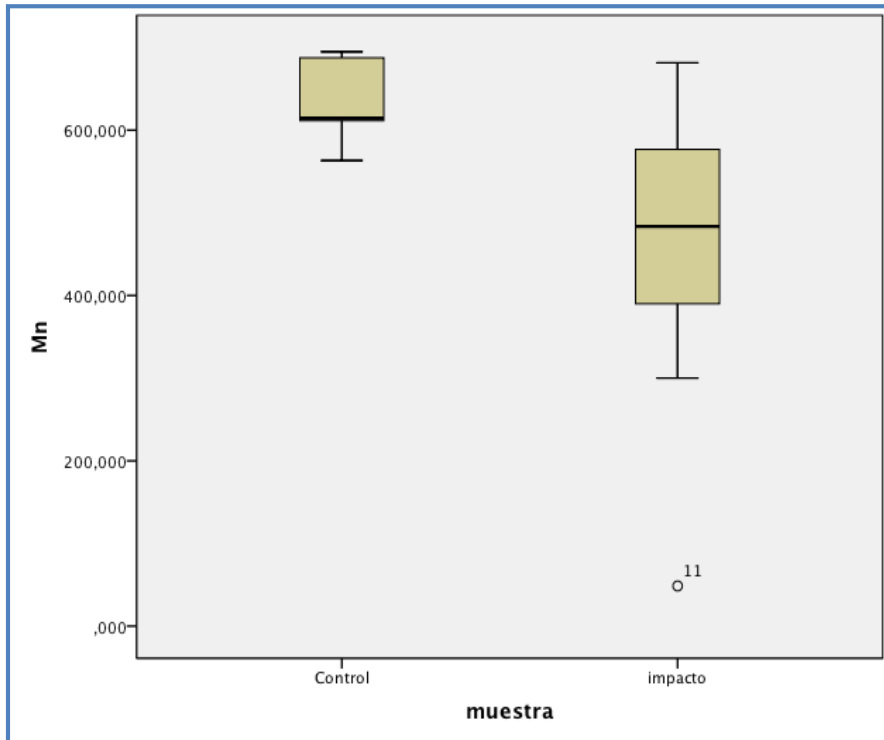


Figura 28: Concentraciones de Mn en los puntos de muestreo de los sedimentos de las jaulas de peces de crianza del área nordeste.

En la siguiente figura, se puede observar una mayor concentración de Cu en el punto de muestreo de impacto (12,77 mg/kg p.s) que en el control (9,35 mg/kg p.s) (figura 29).

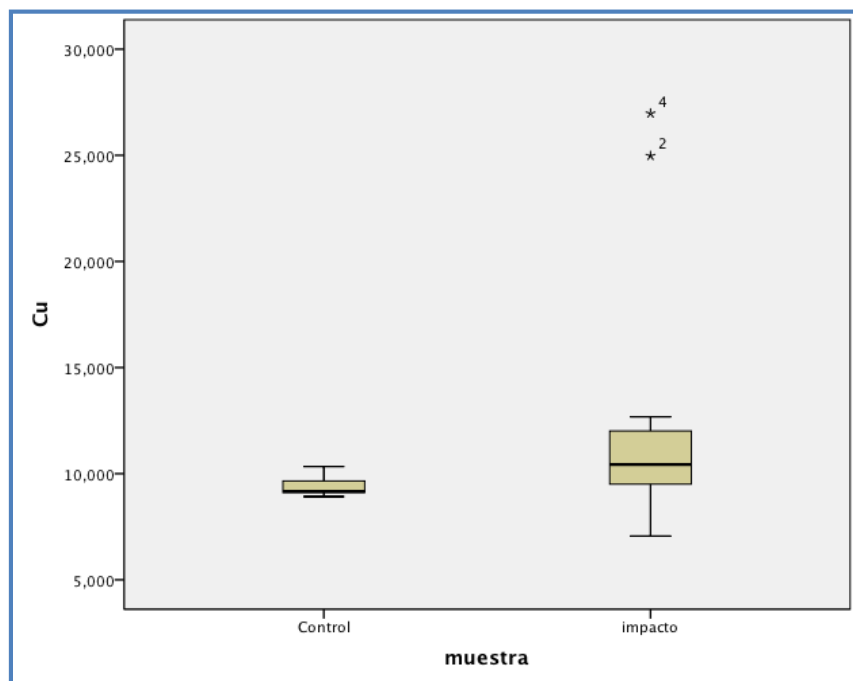


Figura 29: Concentraciones de Cu en los puntos de muestreo de los sedimentos de las jaulas de peces de crianza del área nordeste.

5.1.1.3. CORRELACIONES INTERMETÁLICAS

En la tabla 15, se muestran las correlaciones intermetálicas realizadas mediante la Rho de Spearman. Una correlación es el establecimiento de la relación o dependencia que existe entre las dos variables que intervienen en una distribución bidimensional. Es decir, determinar si los cambios en una de las variables influyen en los cambios de la otra. Aún así, la existencia de correlación entre dos variables no implica, por sí misma, ninguna relación de causalidad.

Tabla 15: Correlaciones intermetálicas entre ambos puntos de muestreo de los sedimentos de acuicultura del Área Nordeste											
			Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Rho de Spearman	Cd	Coeficiente de correlación	1,000	,441 **	,580 **	,372 *	-,236	-,192	-,139	-,319	,211
		Sig. (bilateral)	.	,006	,000	,023	,159	,256	,412	,054	,210
	Co	Coeficiente de correlación	,441 **	1,000	,522 **	,593 **	-,066	,279	,132	-,058	,187
		Sig. (bilateral)	,006	.	,001	,000	,700	,094	,438	,733	,269
	Cr	Coeficiente de correlación	,580 **	,522 **	1,000	,495 **	,088	,190	,185	-,261	,424 **
		Sig. (bilateral)	,000	,001	.	,002	,606	,261	,273	,119	,009
	Cu	Coeficiente de correlación	,372 *	,593 **	,495 **	1,000	-,168	-,115	,088	,001	,396 *
		Sig. (bilateral)	,023	,000	,002	.	,319	,500	,606	,996	,015
	Mn	Coeficiente de correlación	-,192	,279	,190	-,115	,347 *	1,000	,282	,281	,207
		Sig. (bilateral)	,256	,094	,261	,500	,035	.	,090	,092	,219
	Ni	Coeficiente de correlación	-,139	,132	,185	,088	,021	,282	1,000	-,161	-,465 **
		Sig. (bilateral)	,412	,438	,273	,606	,904	,090	.	,340	,004

	Pb	Coeficiente de correlación	-,319	-,058	-,261	,001	,639 **	,281	-,161	1,000	,285
		Sig. (bilateral)	,054	,733	,119	,996	,000	,092	,340	.	,087
	Zn	Coeficiente de correlación	,211	,187	,424 **	,396 *	,223	,207	-,465 **	,285	1,000
		Sig. (bilateral)	,210	,269	,009	,015	,185	,219	,004	,087	.

En la tabla 15 se presenta el estudio de correlaciones intermetálicas. Se demuestra la existencia de correlaciones positivas para Cd-Co, Cd-Cr, Cd-Cu, Co-Cr, Co-Cu, Cr-Cu, Cr-Zn y Cu-Zn tal y como puede observarse en las figuras 30 a la 38. En la figura 39 podemos observar que la correlación Ni-Zn es negativa.

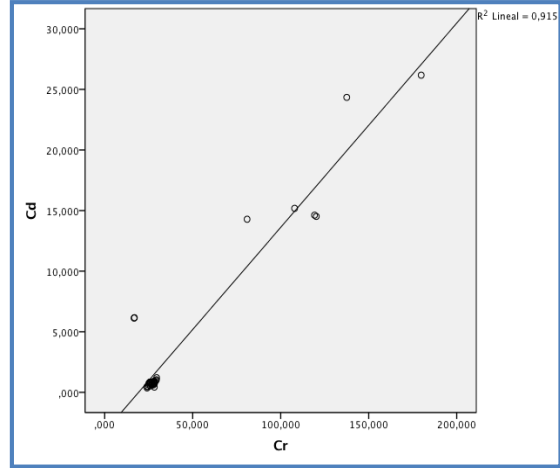
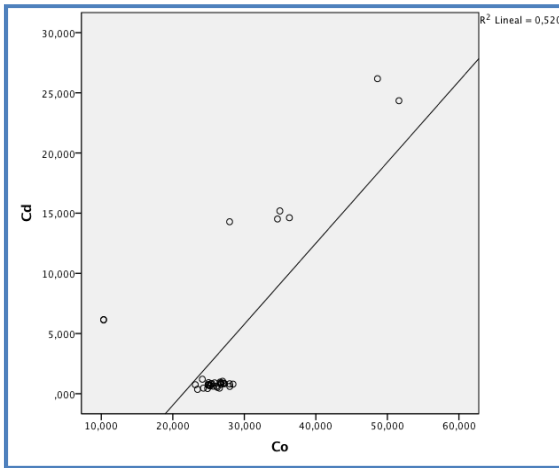


Figura 30 y 31: Correlaciones intermetálicas positivas Cd-Co y Cd-Cr entre los puntos de muestreo del área nordeste

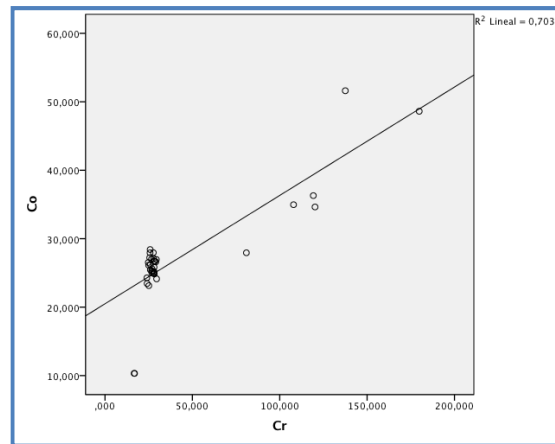
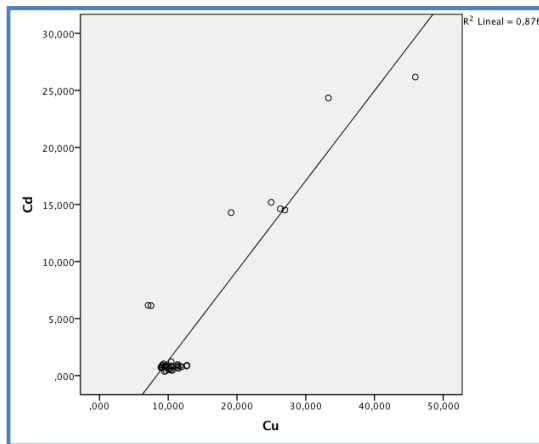


Figura 32 y 33: Correlaciones intermetálicas positivas Cd-Cu y Co-Cr entre los puntos de muestreo del área nordeste

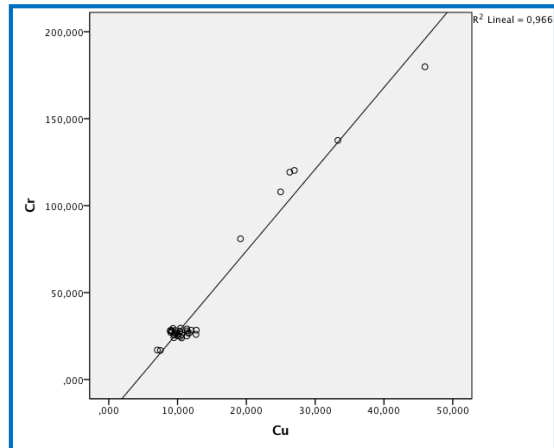
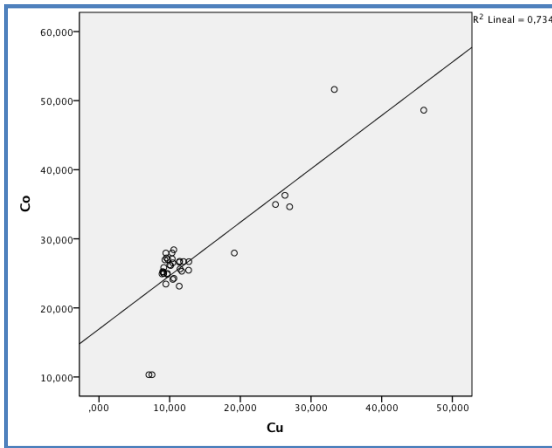


Figura 34 y 35: correlaciones intermetálicas positivas Co-Cu y Cr-Cu entre los puntos de muestreo del área nordeste

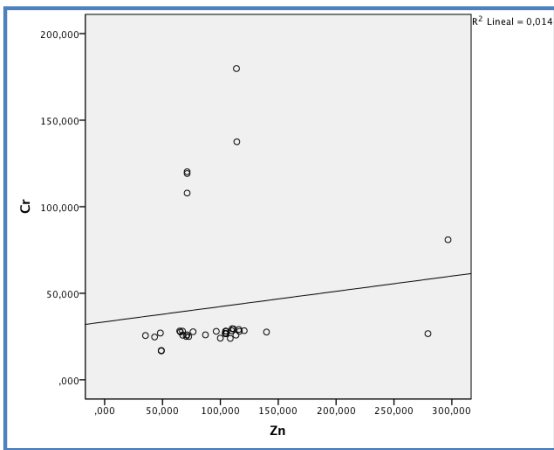
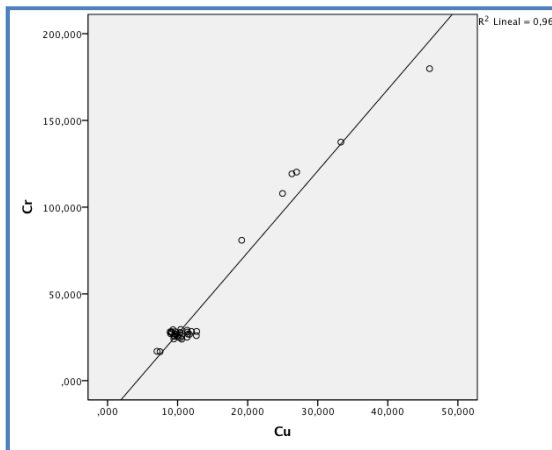


Figura 36 y 37: correlaciones intermetálicas positivas Cr-Cu y Cr-Zn entre los puntos de muestreo del área nordeste

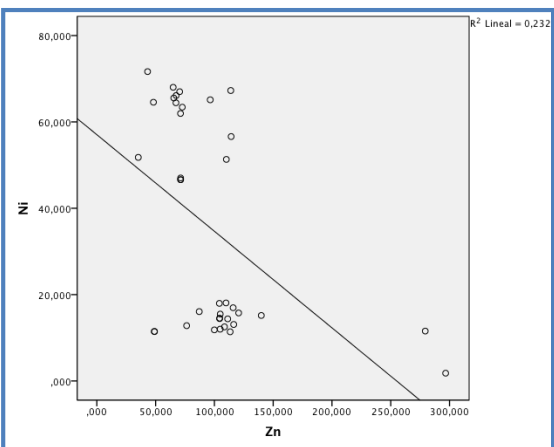
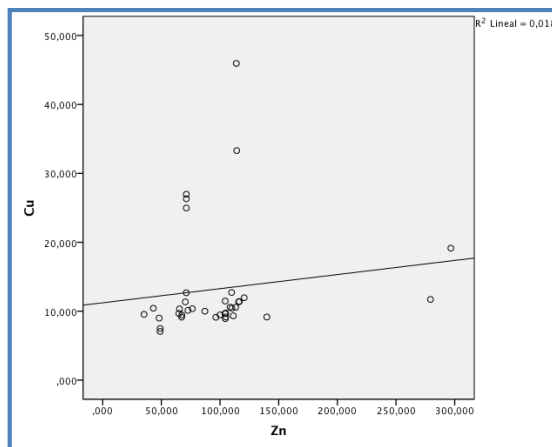


Figura 38 y 39: correlación intermetálica positiva Cu-Zn y correlación intermetálica negativa Ni-Zn entre ambos puntos de muestreo área nordeste

En la tabla 16 se presenta el estudio de correlaciones intermetálicas en el punto de impacto. Se demuestra que todas las correlaciones intermetálicas existentes son positivas, siendo las siguientes: Cd-Co, Cd-Cr, Cd-Cu, Cd-Mn, Cd-Ni, Cd-Pb, Cd-Zn, Co-Cr, Co-Cu, Co-Mn, Co-Ni, Co-Zn, Cr-Cu, Cr-Mn, Cr-Ni, Cr-Pb, Cr-Zn, Cu-Mn, Cu-Ni, Cu-Zn, Mn-Ni, Mn-Pb, Mn-Zn, Ni-Zn y Pb-Zn, tal y como puede observarse de las figuras 40 a la 64.

Tabla 16: Correlaciones intermetálicas del punto de impacto en la acuicultura del Área Nordeste										
			Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
Rho de Spearman	Cd	Coefficiente de correlación	1,000	,940*	,538*	,903*	,671*	,719*	,570*	,679*
		Sig. (bilateral)	.	,000	,002	,000	,000	,000	,001	,000
	Co	Coefficiente de correlación	,940*	1,000	,487*	,959*	,508*	,779*	,356	,543*
		Sig. (bilateral)	,000	.	,006	,000	,004	,000	,053	,002
	Cr	Coefficiente de correlación	,538*	,487*	1,000	,577*	,569*	,836*	,546*	,708*
		Sig. (bilateral)	,002	,006	.	,001	,001	,000	,002	,000
	Cu	Coefficiente de correlación	,903*	,959*	,577*	1,000	,486*	,856*	,350	,568*
		Sig. (bilateral)	,000	,000	,001	.	,006	,000	,058	,001

	Mn	Coeficiente de correlación	,671*	,508*	,569*	,486*	1,000	,392*	,816*	,937*
		Sig. (bilateral)	,000	,004	,001	,006	.	,032	,000	,000
	Ni	Coeficiente de correlación	,719*	,779*	,836*	,856*	,392*	1,000	,314	,560*
		Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,032	.	,091	,001
	Pb	Coeficiente de correlación	,570*	,356	,546*	,350	,816*	,314	1,000	,745*
		Sig. (bilateral)	,001	,053	,002	,058	,000	,091	.	,000
	Zn	Coeficiente de correlación	,679*	,543*	,708*	,568*	,937*	,560*	,745*	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	,002	,000	,001	,000	,001	,000	.

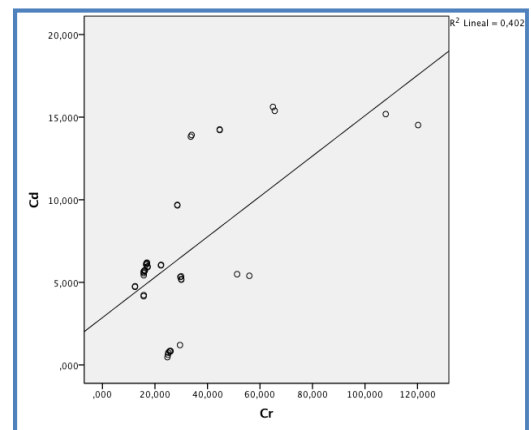
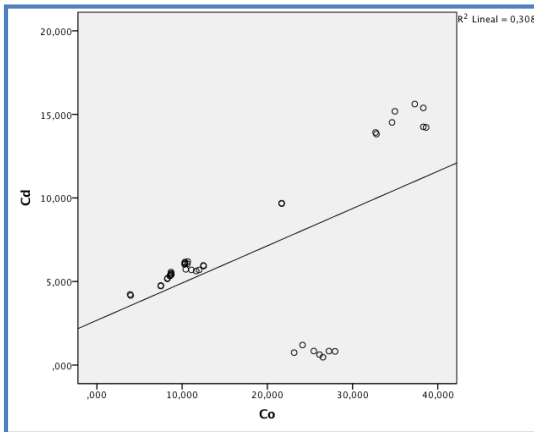


Figura 40 y 41: Correlaciones intermetálicas positivas Cd-Co y Cd-Cr en el punto de impacto del área nordeste

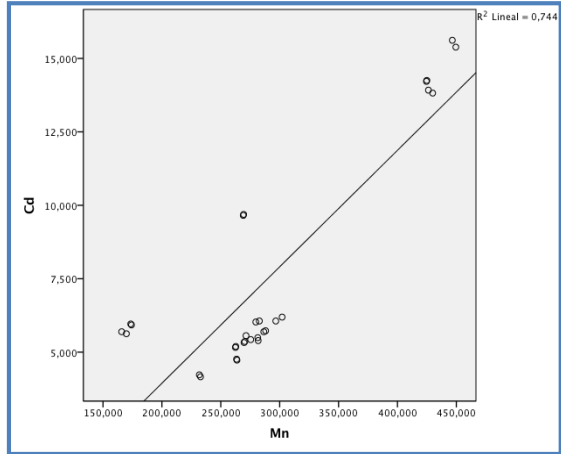
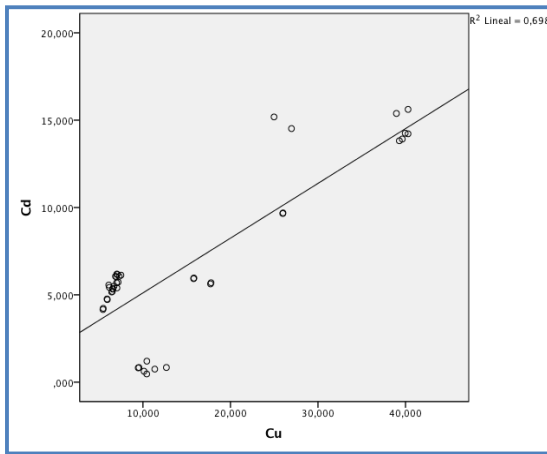


Figura 42 y 43: Correlaciones intermetálicas positivas Cd-Cu y Cd-Mn en el punto de impacto del área nordeste

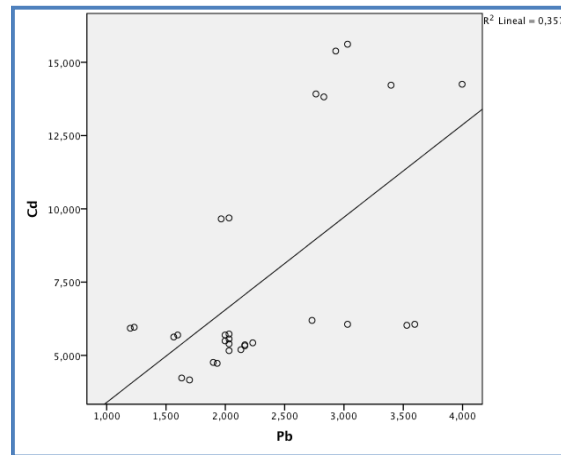
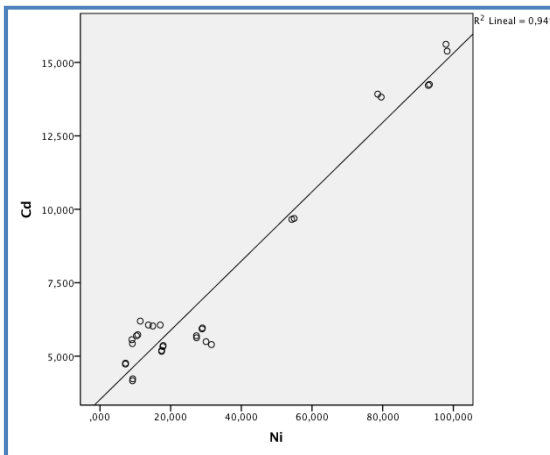


Figura 44 y 45: Correlaciones intermetálicas positivas Cd-Ni y Cd-Pb en el punto de impacto del área nordeste

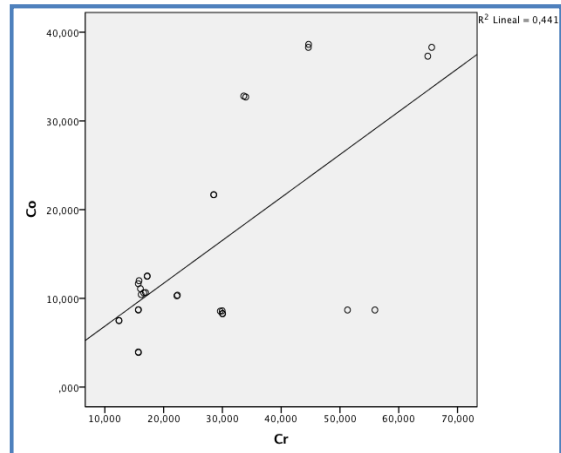
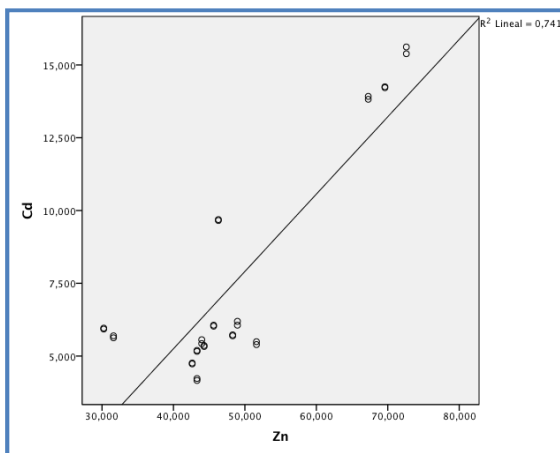


Figura 46 y 47: Correlaciones intermetálicas positivas Cd-Zn y Co-Cr en el punto de impacto del área nordeste

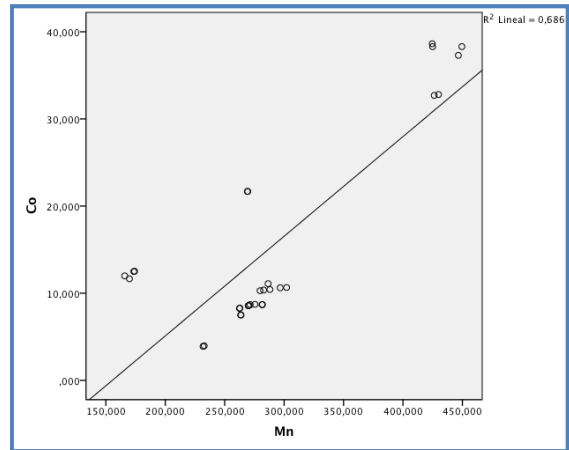
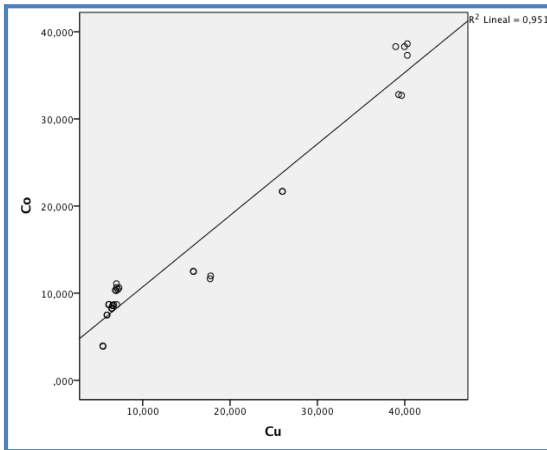


Figura 48 y 49: Correlaciones intermetálicas positivas Co-Cu y Co-Mn en el punto de impacto del área nordeste

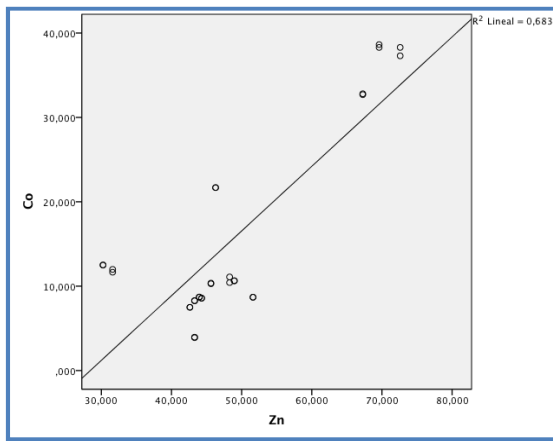
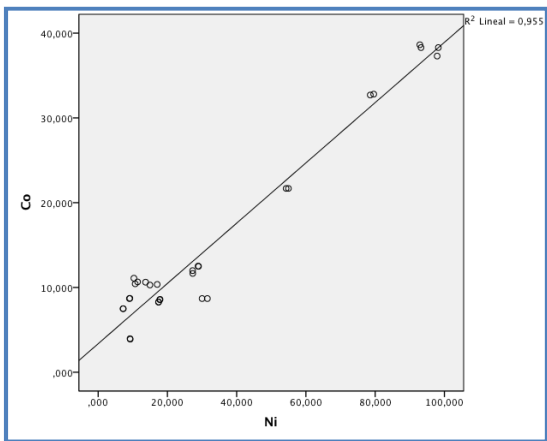


Figura 50 y 51: Correlaciones intermetálicas positivas Co-Ni y Co-Zn en el punto de impacto del área nordeste

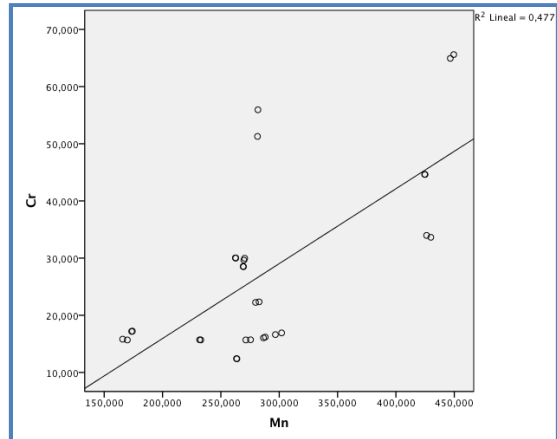
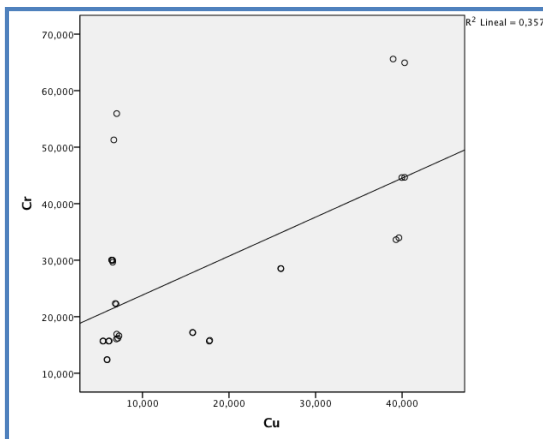


Figura 52 y 53: Correlaciones intermetálicas positivas Cr-Cu y Cr-Mn en el punto de impacto del área nordeste

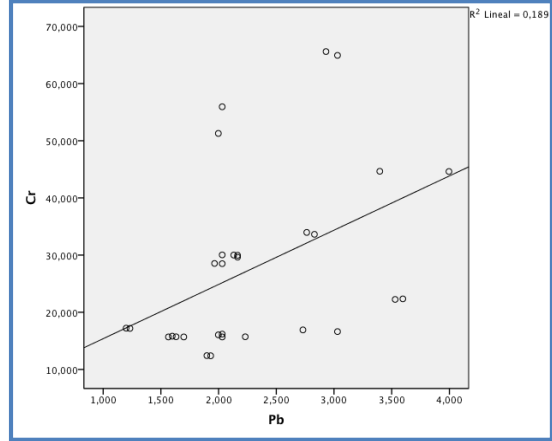
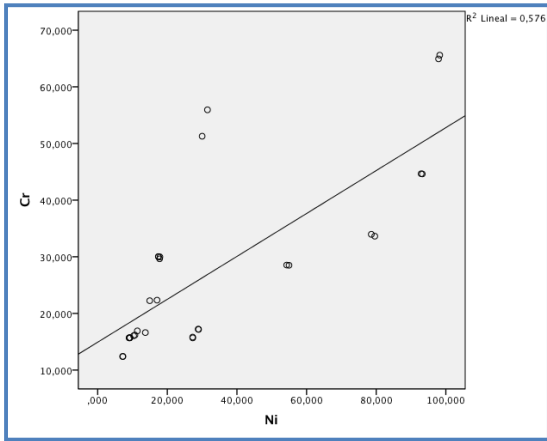


Figura 54 y 55: Correlaciones intermetálicas positivas Cr-Ni y Cr-Pb en el punto de impacto del área nordeste

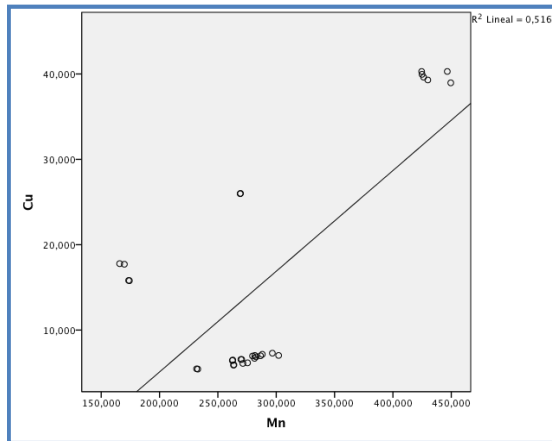
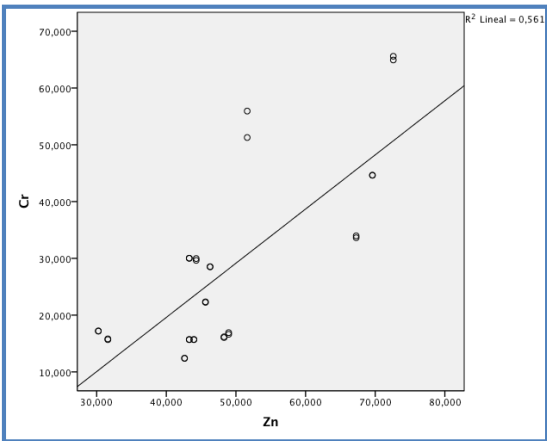


Figura 56 y 57: Correlaciones intermetálicas positivas Cr-Zn y Cu-Mn en el punto de impacto del área nordeste

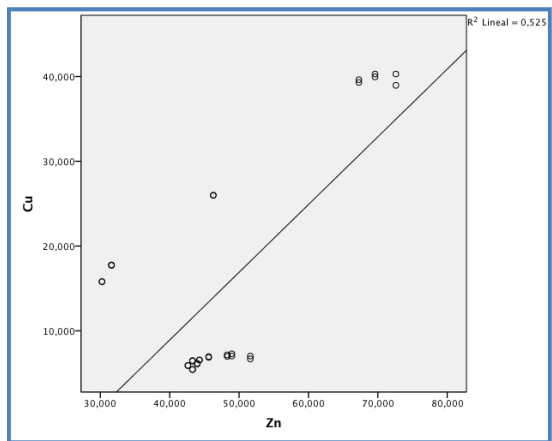
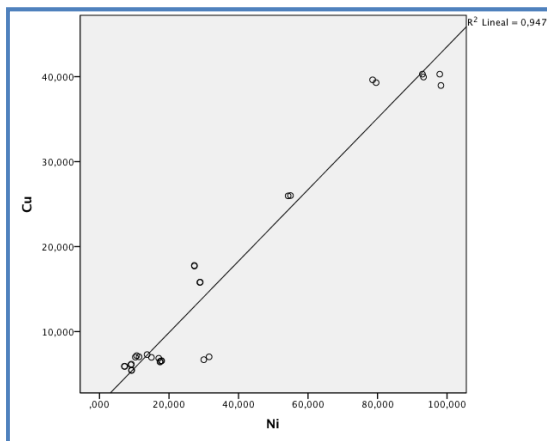


Figura 58 y 59: Correlaciones intermetálicas positivas Cu-Ni y Cu-Zn en el punto de impacto del área nordeste

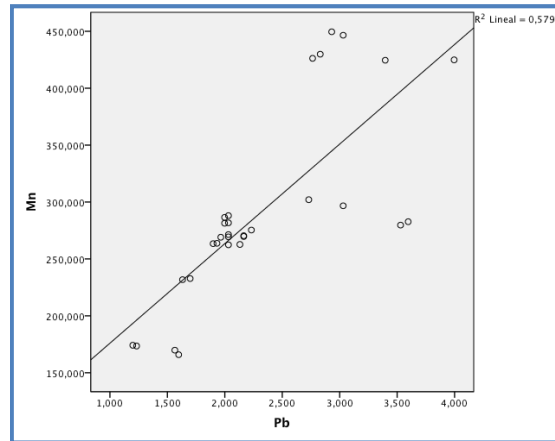
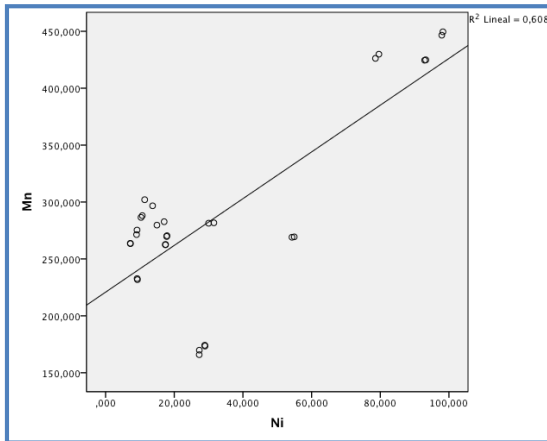


Figura 60 y 61: Correlaciones intermetálicas positivas Mn-Ni y Mn-Pb en el punto de impacto del área nordeste

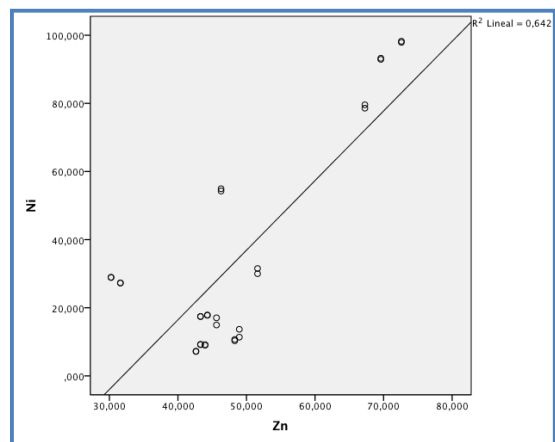
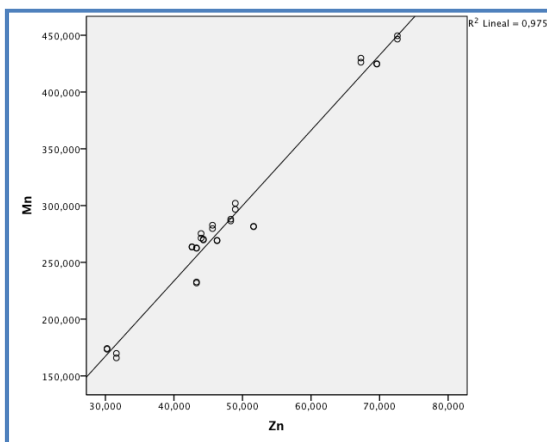


Figura 62 y 63: Correlaciones intermetálicas positivas Mn-Zn y Ni-Zn en el punto de impacto del área nordeste

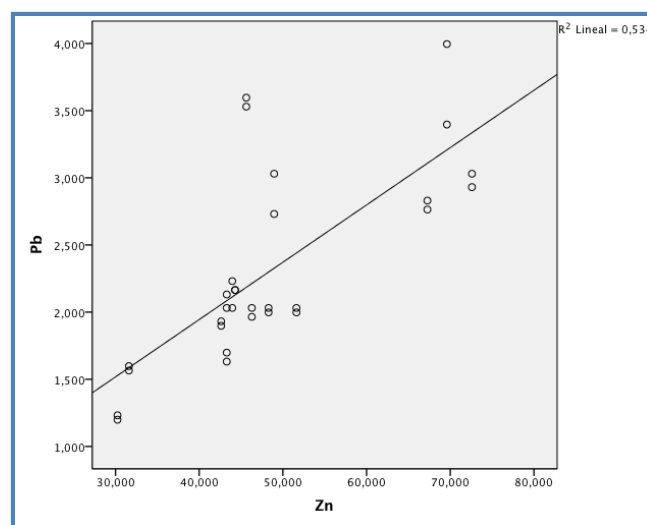
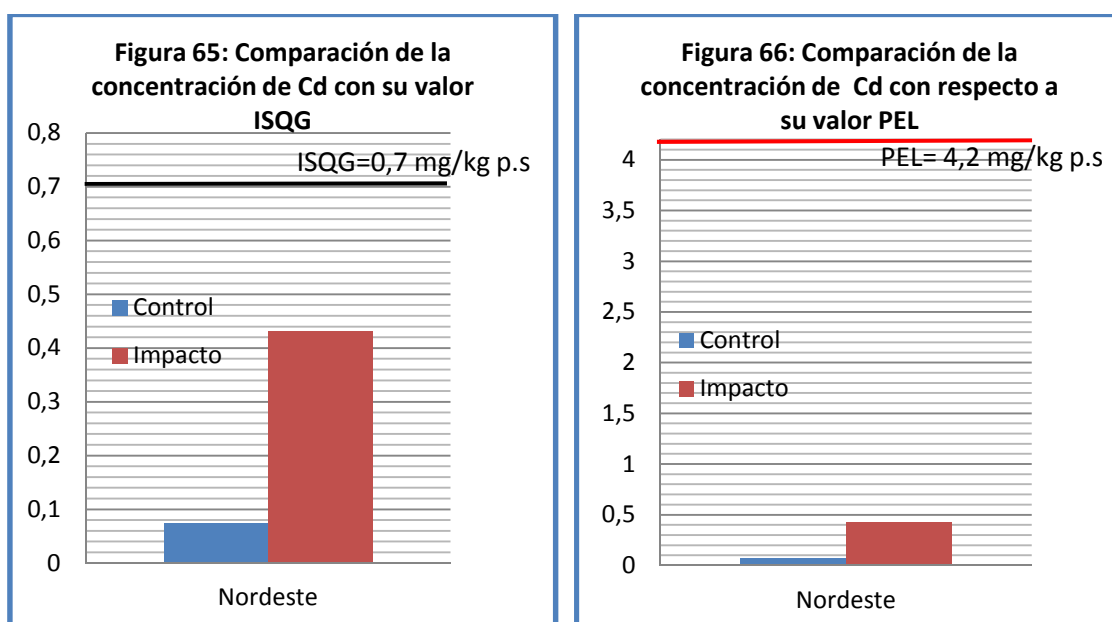


Figura 64: Correlación intermetálica positiva Pb-Zn en el punto de impacto del área nordeste

5.1.1.4. COMPARACIÓN CON GUIAS DE CALIDAD PROPUESTAS POR ORGANISMOS OFICIALES Y DIFERENTES AUTORES.

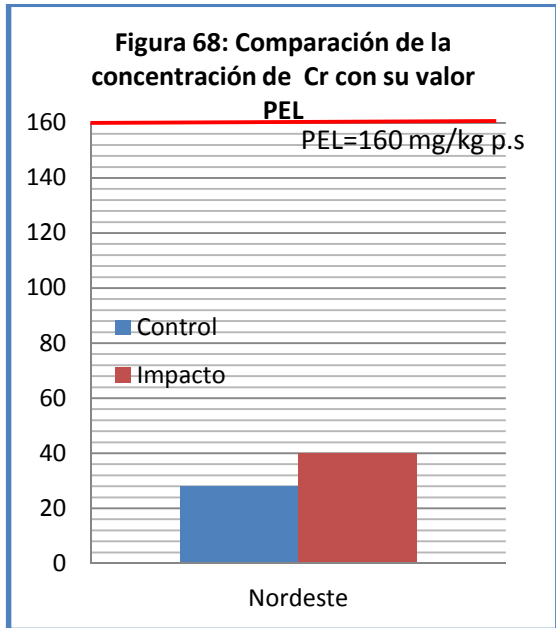
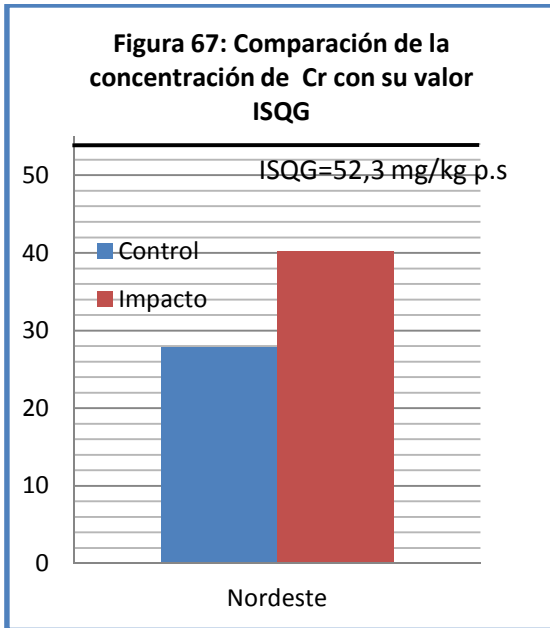
En este estudio, se han comparado los valores de Cd, Cr, Cu, Pb y Zn obtenidos en acuicultura, con los valores recomendados en las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995). Estas comparaciones se muestran en las figuras 65 a la 74.

En las figuras 65 y 66 se comparan las concentraciones medias de Cd con los valores límites ISQG y PEL establecidos en las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995).



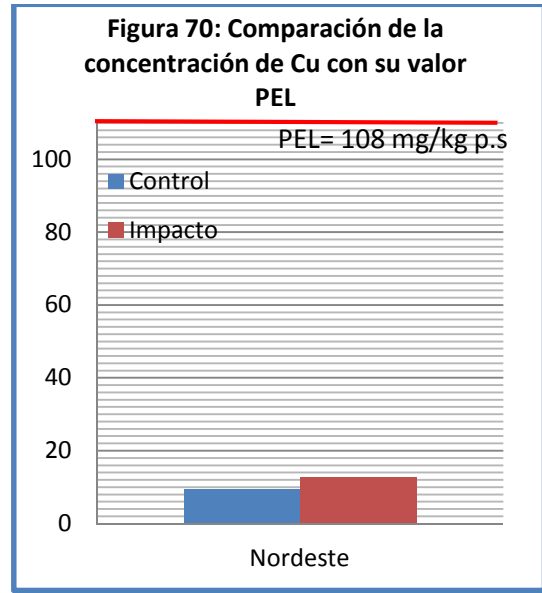
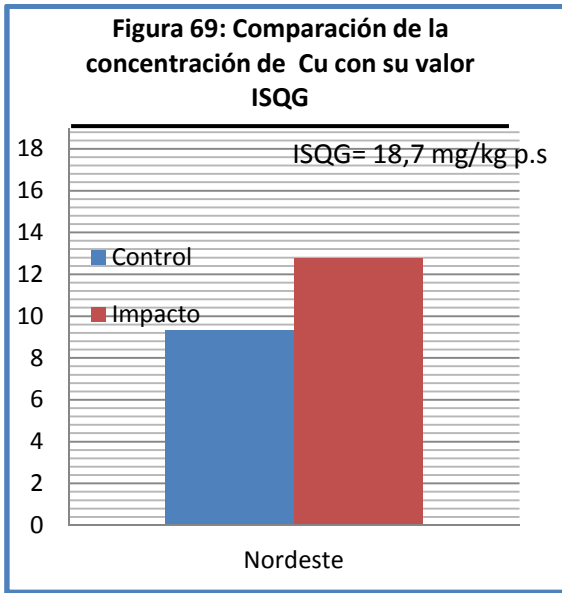
Las figuras muestran una mayor concentración de Cd en el punto de muestreo de impacto que en el control. Por otro lado, también se observa que ambos puntos presentan concentraciones por debajo de los límites provisionales (ISQG) y de los límites con efecto probable (PEL). Este hecho nos indica claramente que respecto al Cd no existen problemas de toxicidad para la vida acuática en los organismos marinos de la zona de estudio.

Las figuras 67 y 68 muestran las concentraciones medias de Cr con respecto a los valores límites ISQG y PEL establecidos en las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995).



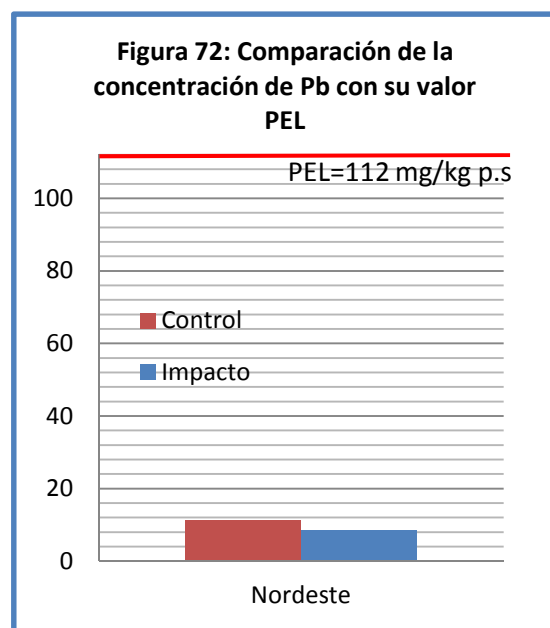
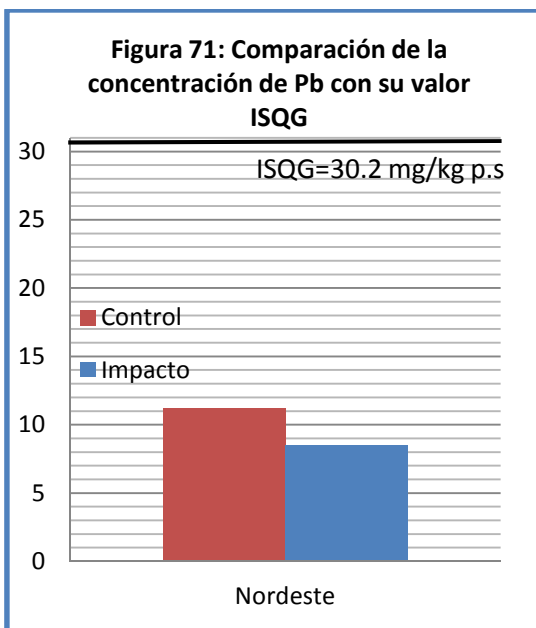
En las figuras anteriores se puede observar que, aunque existe una mayor concentración de Cr en el punto de muestreo de impacto, las concentraciones existentes en ambos puntos están por debajo de los límites provisionales (ISQG) y consecuentemente, también por debajo de los límites con efecto probable (PEL) establecidos en las citadas guías canadienses (CCME, 1995). Por lo tanto, la concentración de Cr en los sedimentos estudiados no desencadenaría problemas de toxicidad ambiental para la biota acuática de la zona de estudio.

Las figuras 69 y 70 muestran las concentraciones medias de Cu con respecto a los valores límites ISQG y PEL establecidos en las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995).



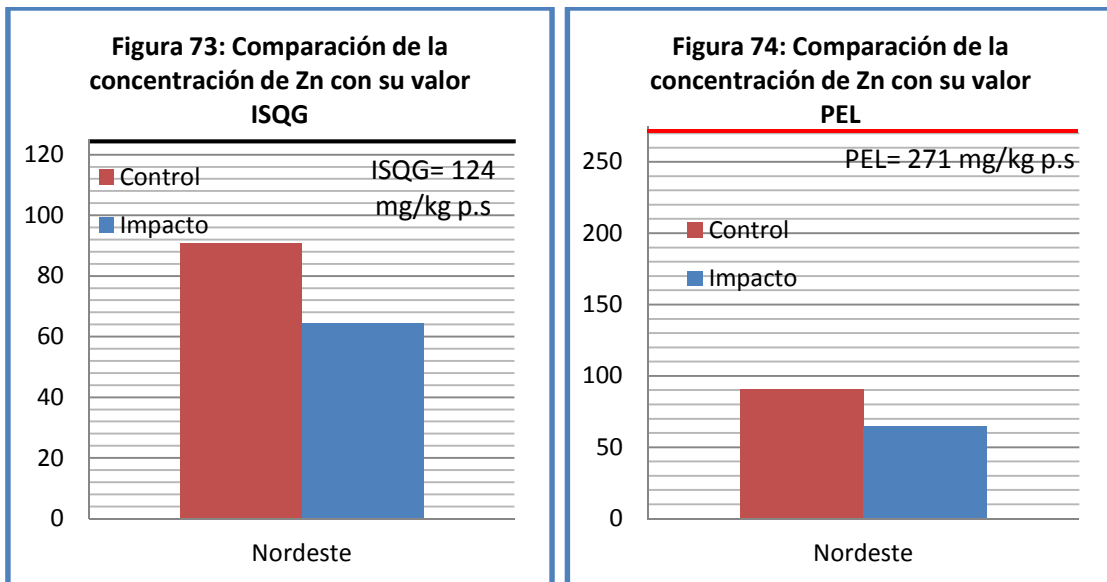
En cuanto al Cu, se advierte que, aunque sus concentraciones son más elevadas en el punto de muestreo de impacto, los valores medios de ambos puntos están por debajo de los límites provisionales ISQG y los límites con efecto probable PEL establecidos en las guías canadienses (CCME, 1995). Esto permite deducir que los valores presentes de Cu en los sedimentos estudiados, no causarían problemas de toxicidad ambiental para la vida acuática.

En las figuras 71 y 72, se muestran las concentraciones medias encontradas de Pb con respecto a los valores recomendados por las guías canadienses.



En el caso del Pb, al contrario de lo que ocurre con los metales anteriormente citados, la concentración en el punto de muestreo de impacto es menor que en el punto control. Aun así, se comprueba que, las concentraciones medias de ambos puntos de muestreo están por debajo de los límites provisionales ISQG y de los límites con efecto probable PEL establecidos en las guías canadienses (CMME, 1995). Por lo tanto, las concentraciones de Pb presentes en los sedimentos estudiados, no conllevarían problemas de toxicidad para la vida acuática.

Por último, en el caso del Zn, en las figuras 73 y 74, se encuentran las concentraciones medias de este metal en los puntos de muestreo establecidos en el área Nordeste.

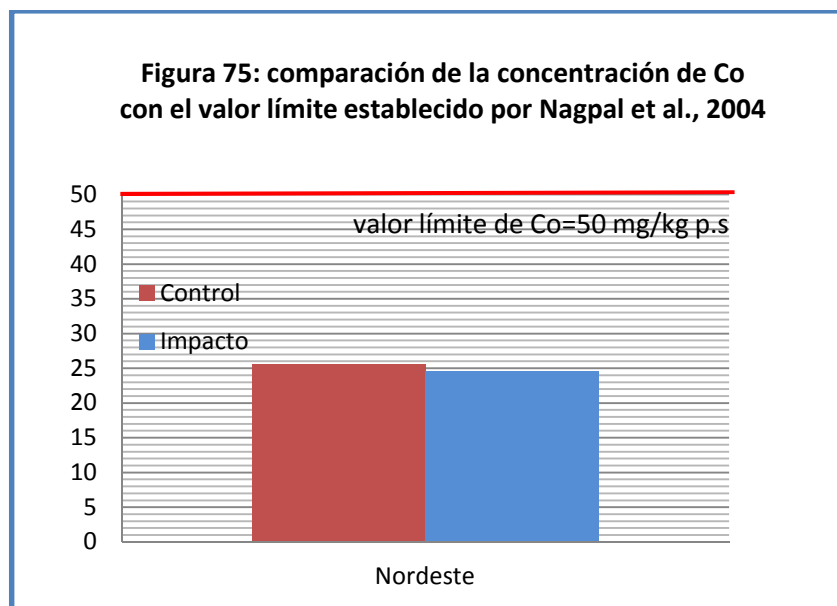


Al igual que ocurre con el Pb; el Zn también se encuentra en mayor concentración en el punto de muestreo de control que en el impacto. En ambas figuras se aprecia que las concentraciones medias estudiadas en sedimentos están por debajo de los valores establecidos por los límites provisionales ISQG y los límites con efecto probable PEL de las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995). Por tanto, la concentración de Zn en los sedimentos analizados tampoco presentaría problemas de toxicidad ambiental para la vida acuática.

Las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995), no contienen valores límites para Co, Mn o Ni en

sedimentos. Por tanto, llevamos a cabo las comparaciones de estos metales con otras guías de calidad ambiental para sedimentos, establecidas por otros autores (Long y Morgan., 1991; Long et al., 1995; Barrick et al., 1998; Del Valls y Chapman, 1998; Nagpal et al., 2004;) y organismos oficiales (MENVIQ/EC, 1992; NYSDEC, 1994; ANZECC, 1998) desde la figura 75 hasta la 87.

En la figura 75, se comparan las concentraciones medias de Co encontradas en los puntos de muestreo de acuicultura en el área nordeste con el valor límite establecido por Nagpal et al., 2004.

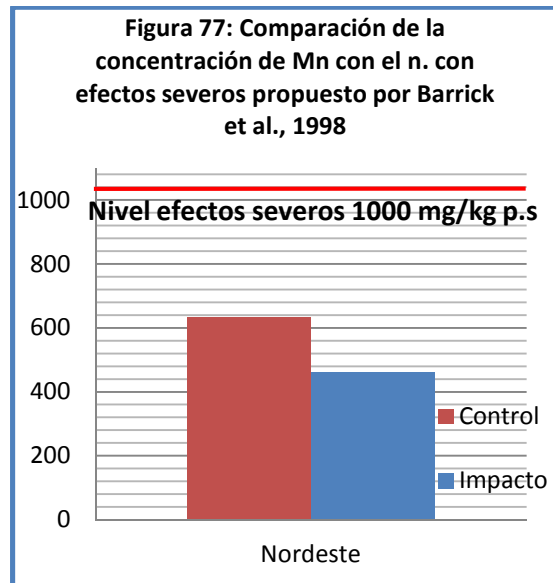
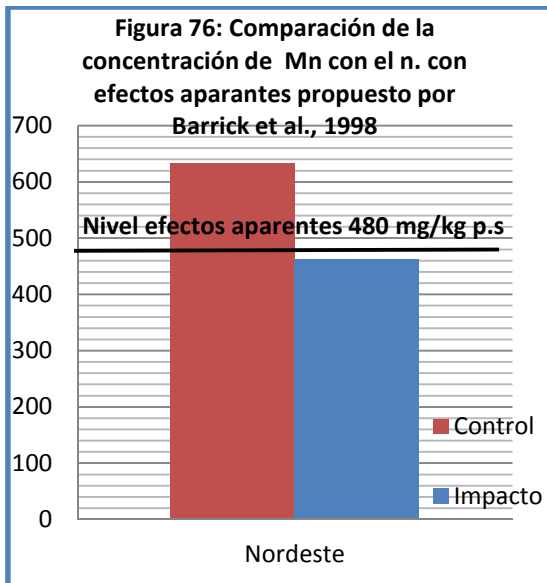


Como se puede comprobar en la figura anterior, la concentración de Co es más alta en el punto de control que en el de impacto. Además, las concentraciones de Co encontradas en los puntos de muestreo están por debajo de los valores límites establecidos para sedimentos acuáticos por Nagpal et al., 2004.

Para llevar a cabo la comparación del Mn con concentraciones de referencia, se tomaron los valores aportados por los autores Barrick et al., 1998 y por el Departamento de medio ambiente del Estado de Nueva York (NYSDEC, 1994).

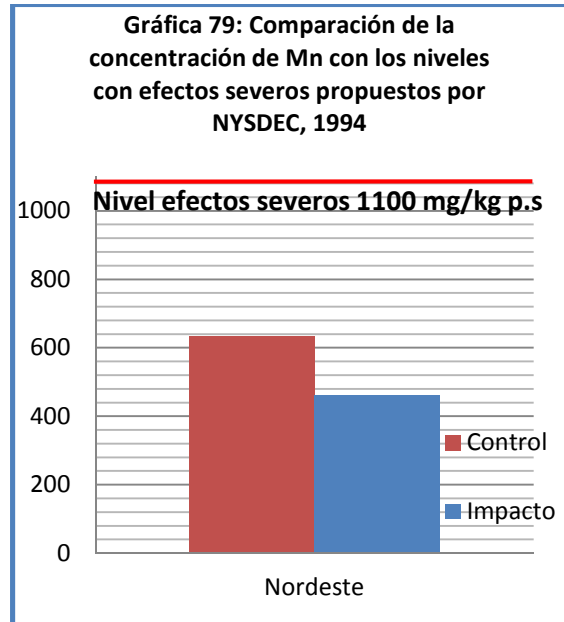
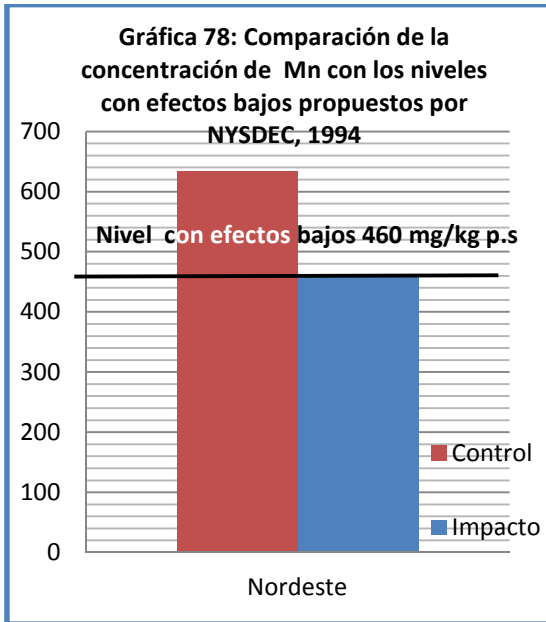
En las figuras 76 y 77, se comparan las concentraciones medias de Mn en los sedimentos, con respecto a los valores a partir de los cuales son frecuentes los efectos aparentes y severos en la biota propuestos por Barrick et al., 1998 (480 mg/kg p.s. a

partir de la cual aparecen efectos aparentes y 1000 mg/kg p.s. a partir de la cual comienzan a aparecer efectos severos).



Las figuras 76 y 77 muestran que las mayores concentraciones de Mn se encuentran en el punto de control, llegando a superar los niveles con efectos aparentes para la biota. Aunque se supera el nivel con efectos aparentes, en ningún caso se superaría el valor a partir del cual comienzan a aparecer efectos severos.

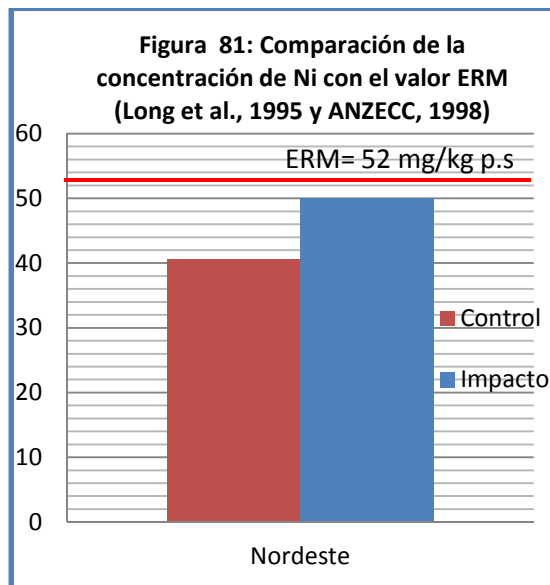
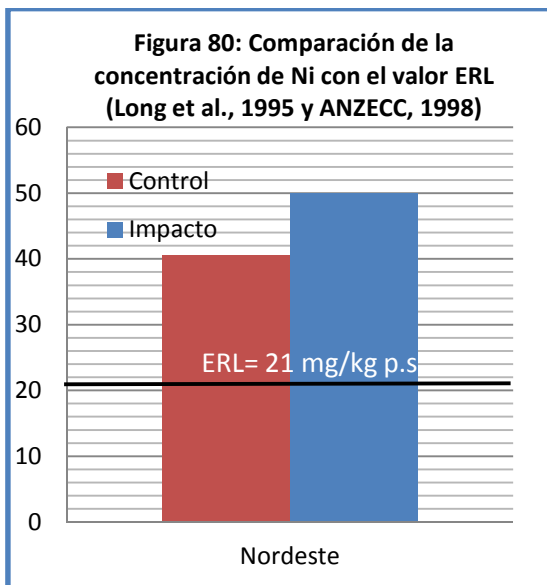
En las figuras 78 y 79, se comparan las concentraciones medias de Mn en los sedimentos, con respecto a los valores a partir de los cuales son frecuentes los efectos bajos y severos en la biota propuestos por NYSDEC, 1994 (460 mg/kg p.s. a partir de la cual aparecen efectos bajos y 1100 mg/kg p.s. a partir de la cual aparecen efectos severos).



En el caso de los valores propuestos por NYSDEC, (1994) comprobamos que, tanto en el punto de muestreo control como en el de impacto, se supera el nivel con efectos bajos, aunque en ningún caso se supera el valor a partir del cual comienzan a detectarse efectos severos en la biota.

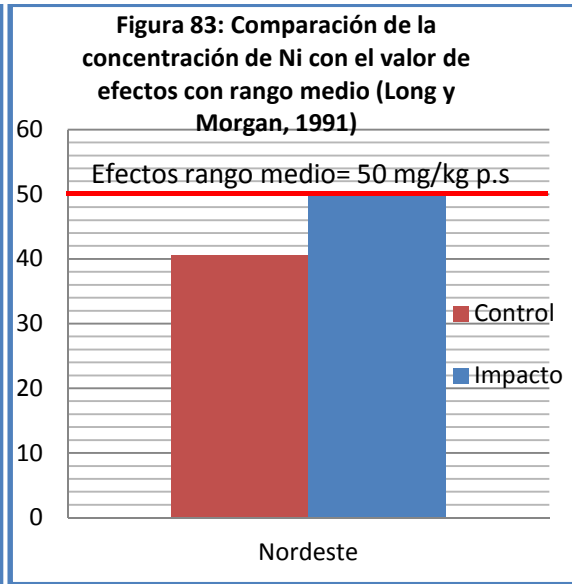
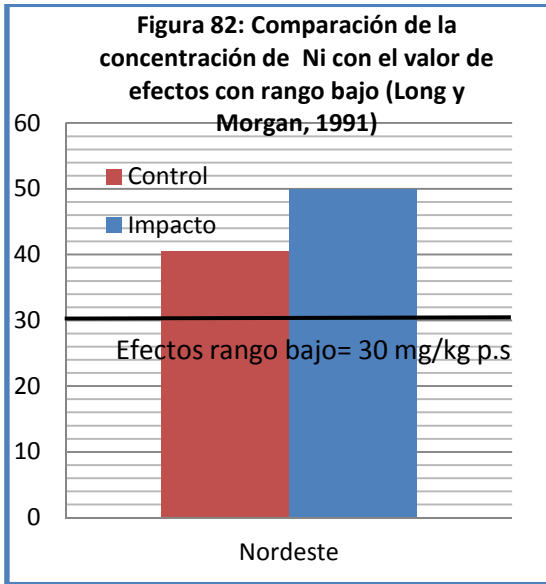
Para llevar a cabo la comparación del Ni con concentraciones estandar, se toman como referencia los valores propuestos por los autores Long et al., 1995; Long y Morgan, 1991, del Valls y Chapman, 1998; y por el Organismo australiano y neozelandés ANZECC y por el organismo canadiense MENVIQ/EC.

Las figuras 80 y 81 muestran la comparación entre las concentraciones medias de Ni con respecto a los valores límites ERL (Efecto rango bajo) y ERM (Efecto rango medio) establecidos por Long et al., 1995 cuyas concentraciones coinciden con los valores propuestos por ANZECC, 1998. El límite ERL es un valor de concentración por debajo del cual no existen o son raros los efectos biológicos en la vida acuática asociados a las concentraciones de los diferentes metales presentes en los sedimentos. El límite ERM es un valor de concentración por encima del cual aparecen frecuentes efectos biológicos en la vida acuática asociados a la contaminación de los sedimentos.



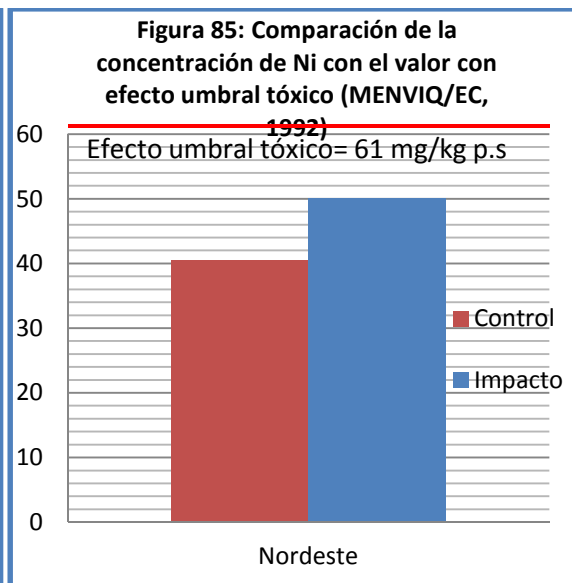
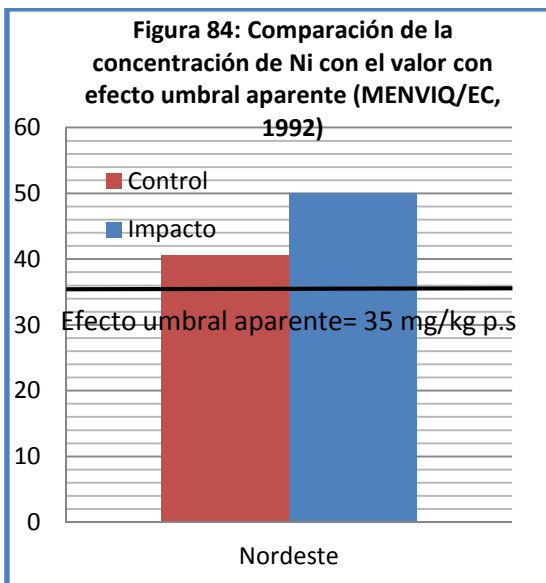
En la figura 80 observamos que existe una mayor concentración de Ni en las muestras tomadas en el punto de muestreo de impacto que en las muestras analizadas en el punto de control. En ambos puntos de muestreo establecidos en el Área Nordeste, se superan las concentraciones ERL, no llegando a superarse en ninguno de los puntos los valores ERM (figura 81). Aunque organismos como ANNZECC (1998) coinciden con los valores propuestos por Long et al. (1995), existen algunos otros autores y organismos que limitan la concentración de Ni en sedimentos marinos en distinta concentración tal y como se expone en las figuras de la 81 a la 86.

En la figura 82 y 83 se comparan las concentraciones encontradas en los puntos de muestreo frente a los valores con efectos definidos por Long y Morgan en 1991.



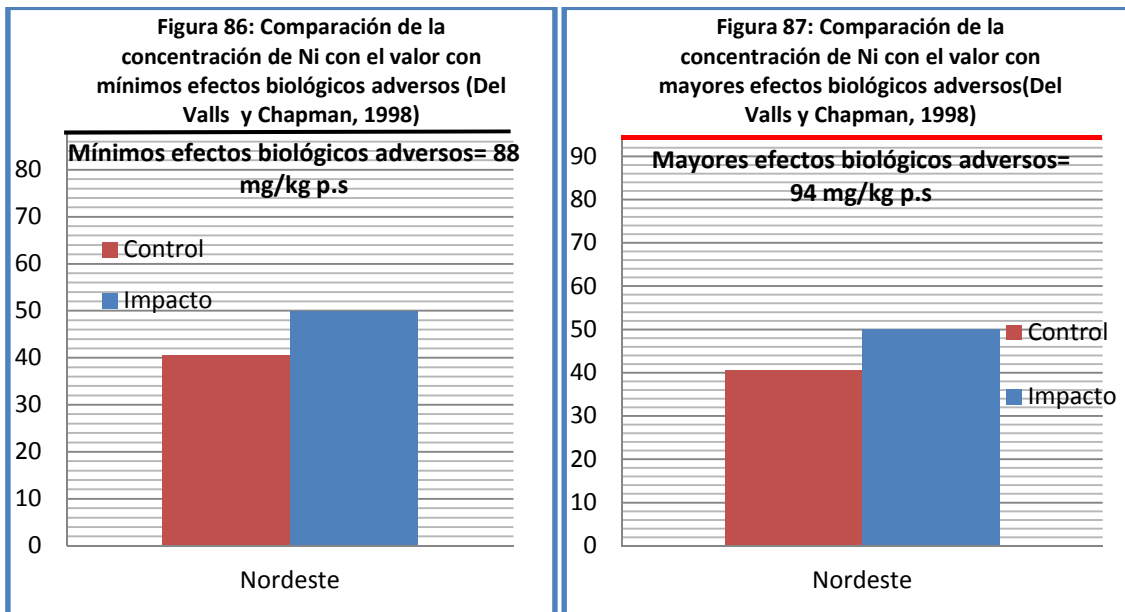
En estas figuras podemos observar que en ambos puntos de muestreo (control e impacto) se superan los valores con efectos de rango bajo. Los puntos de muestreo establecidos no llegan a alcanzar los valores de efectos con rango medio propuestos por Long y Morgan, 1991 aunque el punto de impacto está muy próximo a alcanzarlo. El punto de muestreo de impacto tiene una concentración media de 49,98 mg/kg p.s y estos autores dan un valor límite de 50 mg/kg p.s.

En las figuras 84 y 85 exponemos la comparación de la concentración media de Ni en los puntos de muestreo estudiados y los valores con efectos umbral aparente y tóxico propuesta por MENVIQ/EC, 1992.



En el caso de la figura 84 (valor con efecto umbral aparente) se observa que en ambos puntos de muestreo se superan los valores establecidos por MENVIQ/EC, 1992. Por otro lado, la figura 85 muestra que ninguno de los puntos de muestreo se acerca a los valores con efecto umbral tóxico propuestos por MENVIQ/EC, 1992.

En las figuras 86 y 87 se muestran las últimas comparaciones llevadas a cabo para el Ni y que han sido propuestas por Del Valls y Chapman (1998).



En las figuras 86 y 87, se comprueba que no se alcanza en ningún punto de muestreo los valores para mínimos efectos biológicos adversos ni los valores para mayores efectos biológicos adversos propuestos por Del Valls y Chapman, 1998. Se comprueba, que estos últimos autores presentan unos valores con efectos mucho menos restrictivos que los valores propuestos por otros autores para Ni.

5.1.2. ACUICULTURA ÁREA SUROESTE DE LA ISLA DE TENERIFE

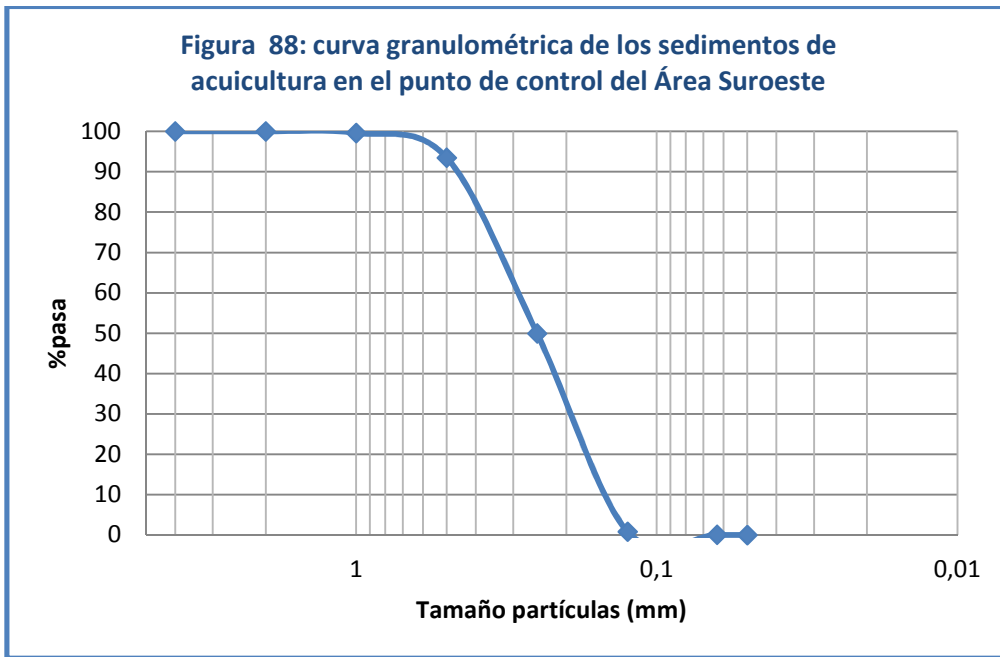
5.1.2.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

En la tabla 17, se muestra el análisis granulométrico llevado a cabo en los puntos de muestreo de acuicultura en el área suroeste, estableciéndose los tipos de grano acordes con los diámetros de los tamices en los que quedan retenidos propuesta por Buchanan, 1984.

Tabla 17: Granulometría de la acuicultura suroeste		
Tipo de grano y diámetro de los tamices	Control suroeste	Impacto suroeste
Gravas (>2 mm)	0±0	2,78±0,47
Arena muy gruesa (2 mm)	0,38±0,89	10,25±1,99
Arena gruesa(1 mm)	6,13±2,03	15,02±0,69
Arena media(0,5 mm)	43,55±8,87	29,29±0,76
Arena fina (0,25 mm)	49,12±15,50	25,96±0,24
Arena muy fina(0,125 mm)	0,76±0,41	14,82±1,93
Arcilla/limo(0,063 mm)	0,06±0,04	1,88±1,70

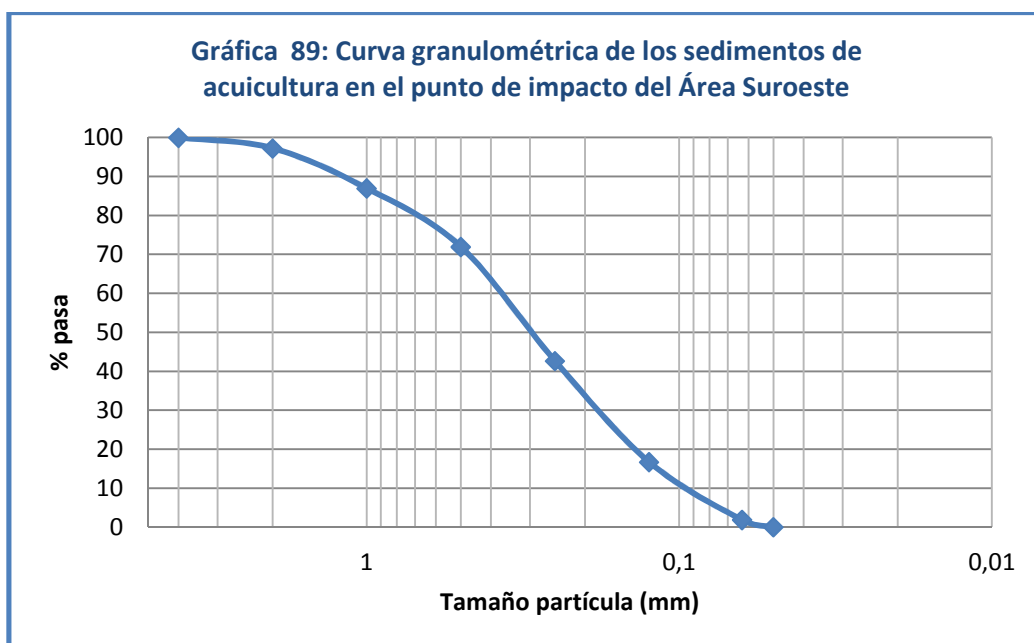
El análisis granulométrico demuestra una distribución del tamaño de partícula distinta en cada punto de muestreo, aunque en ambos existe una mayor abundancia de arenas.

En la figura 88 se expone la curva granulométrica correspondiente al punto de muestreo control de acuicultura de área suroeste.



Tal y como puede observarse en la curva granulométrica de la muestra anterior, existe un predominio de arenas, mientras que los sedimentos gruesos (gravas) y finos (arcillas y limos) están prácticamente ausentes. El diámetro eficaz de la muestra de sedimento (d_{10}) se fija en 0,15 mm, que corresponde a un tamiz con apertura superior al de la arena muy fina.

En la figura 89 se muestra la curva granulométrica correspondiente al punto de muestreo de impacto de acuicultura en el área suroeste.



Tal y como se aprecia en la figura anterior, la muestra de sedimentos es más variable y heterogénea, presentando más variedad de granos. La muestra presenta un dominio de arena media, arena fina, arena gruesa, arena muy fina, arena muy gruesa, gravas y arcilla/limo. El diámetro eficaz (d_{10}) de ésta muestra, es más pequeño que la que procede del punto de muestreo control, fijando éste valor en 0,1 mm.

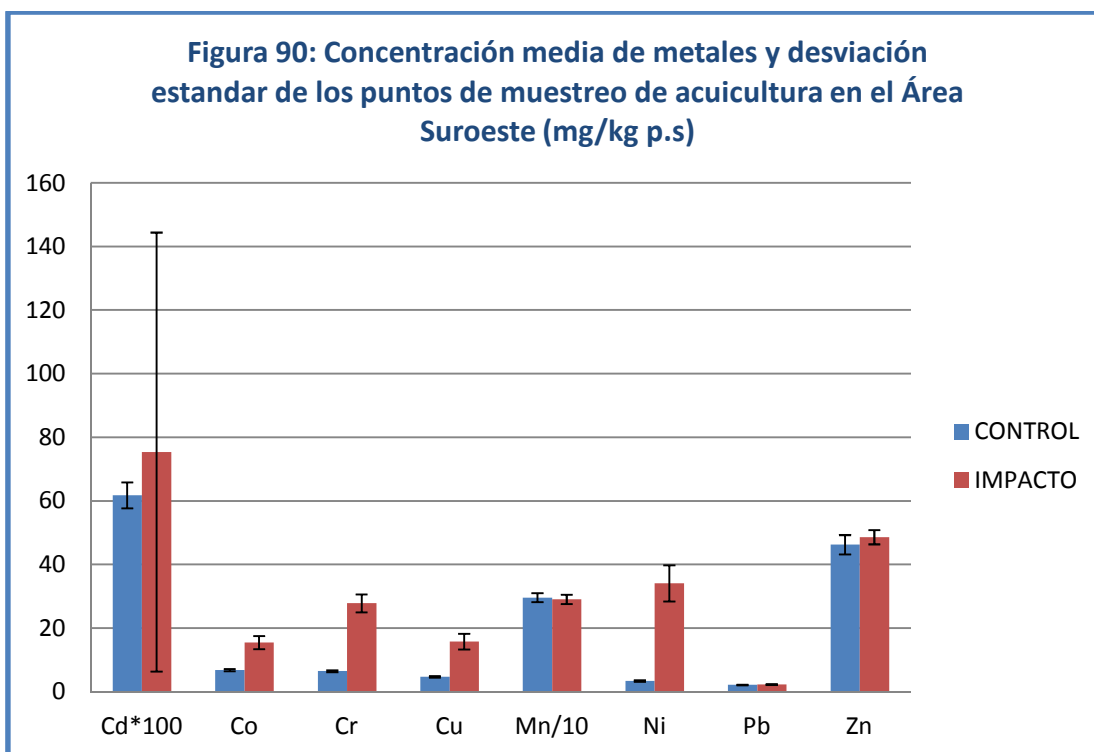
Por lo tanto en el área suroeste, se vuelve a comprobar una mayor existencia de partículas finas (1,88 %), unido a un menor diámetro eficaz en el punto de muestreo de impacto que en el punto de muestreo control. Por lo tanto, igual que en el caso del nordeste, existe una mayor degradación de los sedimentos en el punto de muestreo de impacto.

5.1.2.2. METALES EN SEDIMENTOS DE ACUICULTURA DEL ÁREA SUROESTE

En la tabla 18 se muestran las concentraciones medias, (mg/kg, p.s), desviación estándar, concentración máxima y mínima de los metales pesados presentes en los sedimentos de los puntos de muestreo control e impacto en el área suroeste de la isla.

Tabla 18. Concentración media, desviación estándar, máximo y mínimo de metales pesados en sedimentos de las jaulas de acuicultura del área suroeste (mg/kg p.s).								
	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
C media en el control	0,618	6,87	6,51	4,77	296,33	3,42	2,18	46,29
SD	0,041	0,37	0,33	0,26	14,30	0,26	0,13	3,03
C mínima	0,053	1,36	2,16	0,86	38,50	0,83	0,27	6,50
C máxima	1,195	10,92	9,96	7,37	428,14	11,15	3,65	100,90
C media en el impacto	0,754	15,49	27,84	15,82	290,87	34,11	2,31	48,63
SD	0,69	2,06	2,83	2,45	14,91	5,66	0,13	2,22
C mínima	0,416	3,90	12,39	5,43	165,83	7,19	1,20	30,24
C máxima	1,562	38,63	65,60	40,29	449,55	98,23	4,0	72,59

En la figura 90, se representan las concentraciones medias y desviaciones estándar de los metales encontradas en los puntos de muestreo de acuicultura procedentes del área suroeste.



[Para poder llevar a cabo la presentación de todos los metales dentro de la misma figura, es necesario multiplicar la concentración de Cd por 100 y dividir la concentración de Mn por 10.]

En la figura anterior se observa que para los metales Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn las concentraciones metálicas en los sedimentos de la zona de impacto, son más altas que las concentraciones encontradas en el punto de control. La concentración de Mn es mayor en el punto control que en el de impacto.

Para llevar a cabo el estudio estadístico, con el fin de comprobar si existía normalidad de los datos, se usaron los test de Kolmorov-Smirnov y de Shapiro-Wilk para cada uno de los metales y para cada punto de muestreo en el Área Suroeste (tabla 19).

Tabla 19: Pruebas de normalidad en los sedimentos en los puntos de muestreo de acuicultura del Área Suroeste

Metales	Punto de muestreo	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cd	Control	0,104	44	,200*	0,965	44	,196
	impacto	0,374	30	,000	0,707	30	,000
Co	Control	0,144	44	,022	0,936	44	,017
	impacto	0,337	30	,000	0,739	30	,000
Cr	Control	0,134	44	,046	0,940	44	,024
	impacto	0,220	30	,001	0,824	30	,000
Cu	Control	0,117	44	,149	0,937	44	,018
	impacto	0,337	30	,000	0,712	30	,000
Mn	Control	0,133	44	,048	0,915	44	,003
	impacto	0,247	30	,000	0,847	30	,001
Ni	Control	0,198	44	,000	0,811	44	,000
	impacto	0,266	30	,000	0,769	30	,000
Pb	Control	0,125	44	,081	0,948	44	,046
	impacto	0,216	30	,001	0,924	30	,034
Zn	Control	0,175	44	,002	0,948	44	,047
	impacto	0,223	30	,001	0,860	30	,001

a. Corrección de la significación de Lilliefors

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Una vez analizada la normalidad de los resultados, se llevó a cabo el estudio de la homogeneidad de las varianzas mediante el test de Levene para cada uno de los metales estudiados (tabla 20).

Tabla 20: Prueba de homogeneidad de las varianzas de los sedimentos de acuicultura del Área Suroeste

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Cd	Basándose en la media	4,314	1	72	,041
	Basándose en la mediana.	,107	1	72	,744
	Basándose en la mediana y con gl corregido	,107	1	49,585	,745
	Basándose en la media recortada	2,919	1	72	,092
Co	Basándose en la media	52,730	1	72	,000
	Basándose en la mediana.	12,811	1	72	,001
	Basándose en la mediana y con gl corregido	12,811	1	31,414	,001
	Basándose en la media recortada	42,529	1	72	,000
Cr	Basándose en la media	51,573	1	72	,000
	Basándose en la mediana.	33,299	1	72	,000
	Basándose en la mediana y con gl corregido	33,299	1	30,216	,000
	Basándose en la media recortada	48,735	1	72	,000
Cu	Basándose en la media	81,136	1	72	,000
	Basándose en la mediana.	16,899	1	72	,000
	Basándose en la mediana y con gl corregido	16,899	1	29,518	,000
	Basándose en la media recortada	72,492	1	72	,000
Mn	Basándose en la media	1,500	1	72	,225
	Basándose en la mediana.	2,031	1	72	,158
	Basándose en la mediana y con gl corregido	2,031	1	71,602	,158
	Basándose en la media recortada	1,776	1	72	,187
Ni	Basándose en la media	81,401	1	72	,000

	Basándose en la mediana.	26,123	1	72	,000
	Basándose en la mediana y con gl corregido	26,123	1	29,215	,000
	Basándose en la media recortada	64,136	1	72	,000
Pb	Basándose en la media	,288	1	72	,593
	Basándose en la mediana.	,572	1	72	,452
	Basándose en la mediana y con gl corregido	,572	1	71,965	,452
	Basándose en la media recortada	,415	1	72	,521
Zn	Basándose en la media	10,044	1	72	,002
	Basándose en la mediana.	6,116	1	72	,016
	Basándose en la mediana y con gl corregido	6,116	1	63,202	,016
	Basándose en la media recortada	10,190	1	72	,002

Tras el estudio estadístico de la normalidad de las muestras, se determinó que existía normalidad en las muestras para los metales Co, Cr, Cu, Ni y Zn. No existiendo normalidad para los metales Cd, Pb y Mn.

Para el estudio de la estadística inferencial se aplicó un ANOVA (post hoc: Tukey) como prueba paramétrica (muestras normales) y el test de Mann-Whitney y el de Kruskal-Wallis como pruebas no paramétricos (muestras no normales).

Por lo tanto, en el caso de los sedimentos de acuicultura del Suroeste, se establecieron test paramétricos para el Co, Cr, Cu, Ni y Zn (tabla 21), estableciendo test no paramétricos para el resto de los metales (tabla 22).

Tabla 21: Test ANOVA para Co, Cr, Cu, Ni y Zn en los sedimentos de acuicultura del suroeste						
		Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Co	Inter-grupos	1326,404	1	1326,404	24,193	,000
	Intra-grupos	3947,459	72	54,826		
	Total	5273,863	73			
Cr	Inter-grupos	8114,143	1	8114,143	81,449	,000
	Intra-grupos	7172,770	72	99,622		

	Total	15286,913	73			
Cu	Inter-grupos	2175,783	1	2175,783	29,288	,000
	Intra-grupos	5348,761	72	74,288		
	Total	7524,543	73			
Ni	Inter-grupos	16796,413	1	16796,413	43,116	,000
	Intra-grupos	28048,867	72	389,568		
	Total	44845,280	73			
Zn	Inter-grupos	98,325	1	98,325	,327	,569
	Intra-grupos	21647,432	72	300,659		
	Total	21745,756	73			

Las pruebas paramétricas, demuestran que en los sedimentos procedentes de jaulas de peces de crianza del área suroeste, existen diferencias significativas para los metales Co, Cr, Cu y Ni entre la zona control e impacto. En el caso del Zn no existen diferencias significativas entre las concentraciones de los sedimentos de la zona de control e impacto.

En todos los metales donde existen diferencias significativas (Co, Cr, Cu y Ni), las concentraciones metálicas en la zona de impacto son mayores que en la zona de control. Este hecho pone de manifiesto una posible influencia de las actividades derivadas de la presencia de las jaulas marinas en la concentración de estos metales en los sedimentos (figuras 91-94).

Tabla 22: Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Test	Sig	Decisión
1	La distribución de Cd es la misma entre las categorías de muestra	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	0,239	Retener la hipótesis nula
5	La distribución de Mn es la misma entre las categorías de muestra	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	0,930	Retener la hipótesis nula
6	La distribución de Pb es la misma entre las categorías de muestra	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	0,741	Retener la hipótesis nula
7	La distribución de Zn es la misma entre las categorías de muestra	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	0,139	Retener la hipótesis nula

Por otro lado, mediante las pruebas no paramétricas, se confirma que para los metales estudiados (Cd, Mn y Pb), no existen diferencias significativas entre las concentraciones de la zona control y las concentraciones de la zona de impacto en el área suroeste.

Las siguientes figuras 91-94, se muestra la concentración media y barras de error entre los metales (Co, Cr, Cu y Ni) que presentaron diferencias significativas en el área suroeste.

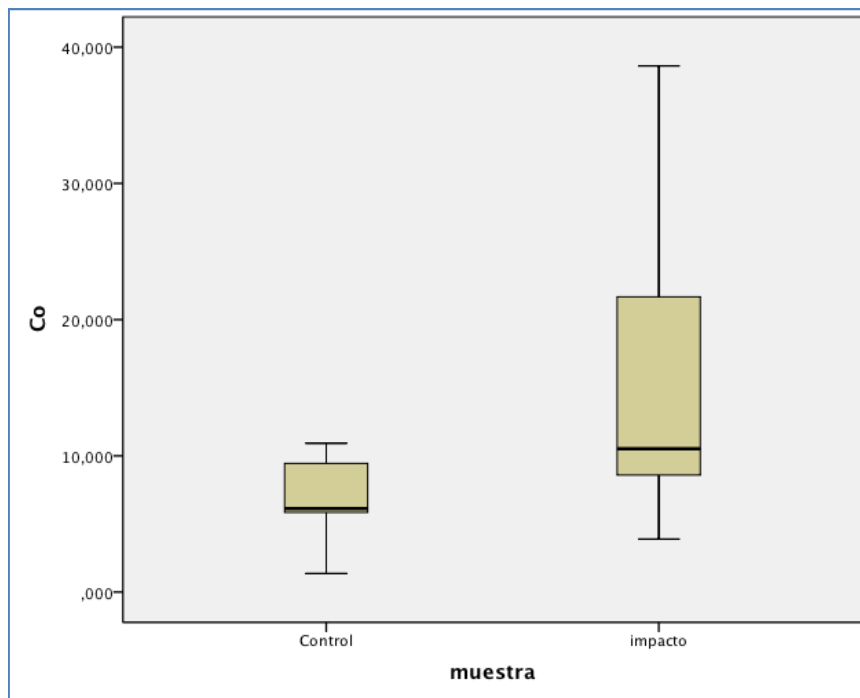


Figura 91: Concentraciones de Co en los puntos de muestreo de los sedimentos en las jaulas de peces de crianza del área suroeste.

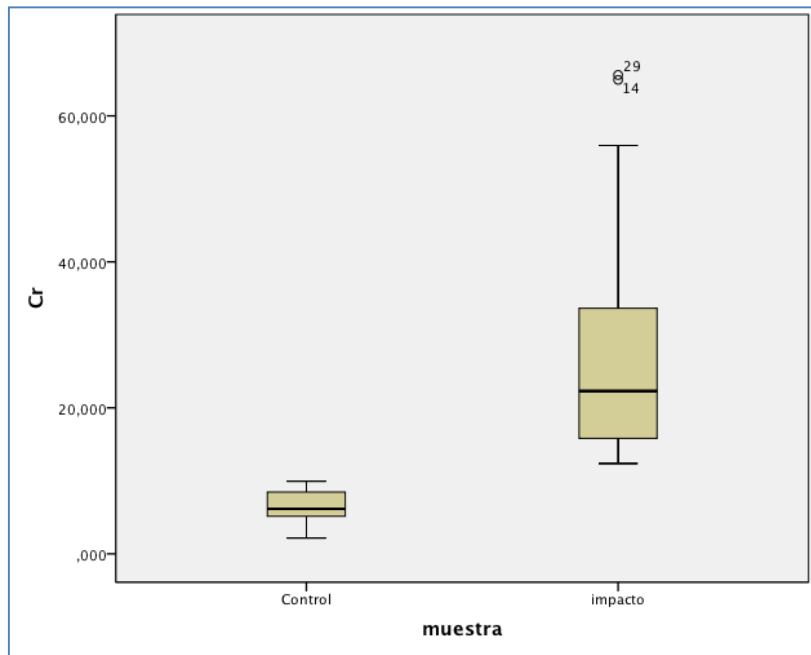


Figura 92: Concentraciones de Cr en los puntos de muestreo de los sedimentos en las jaulas de peces de crianza del área suroeste

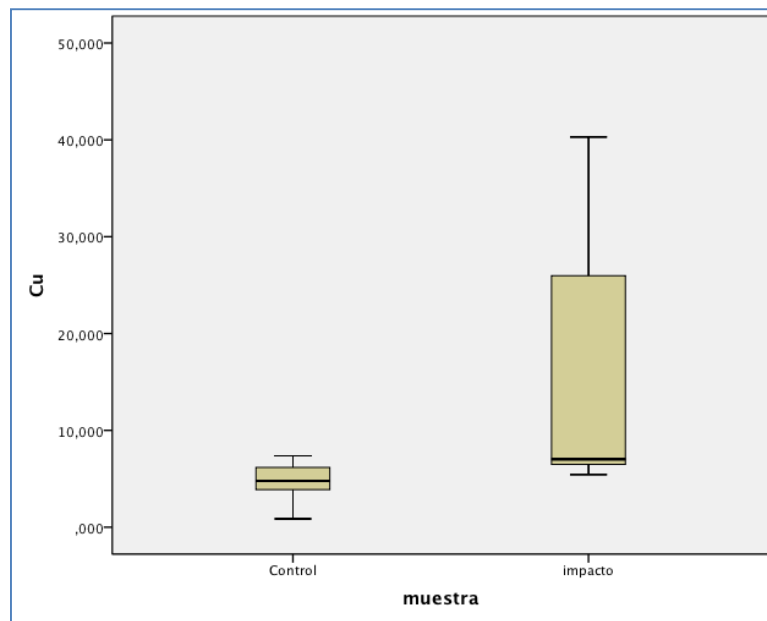


Figura 93: Concentraciones de Cu en los puntos de muestreo de los sedimentos en las jaulas de peces de crianza del área suroeste

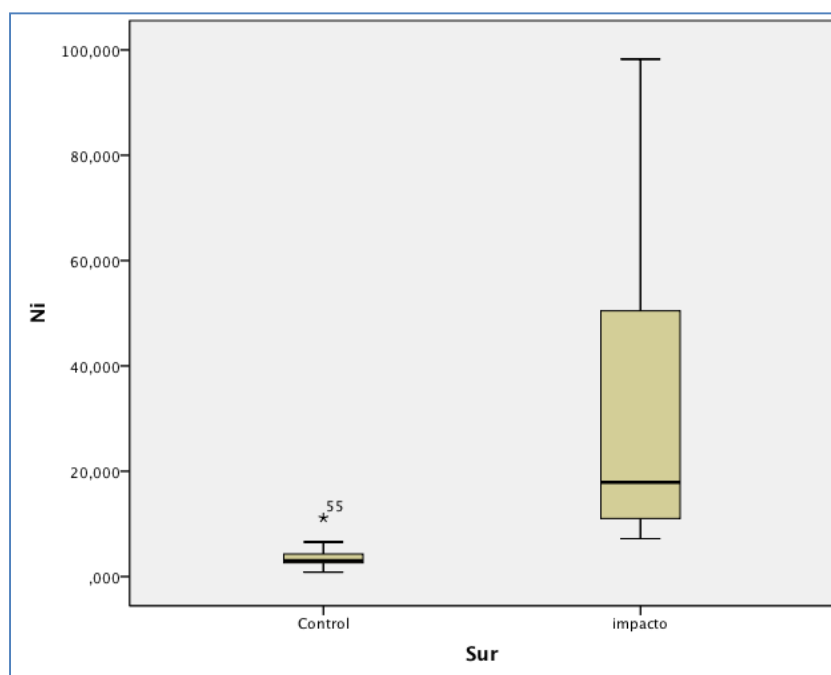


Figura 94: Concentraciones de Ni en los puntos de muestreo de los sedimentos en las jaulas de peces de crianza del área suroeste

5.1.2.3. CORRELACIONES INTERMETÁLICAS

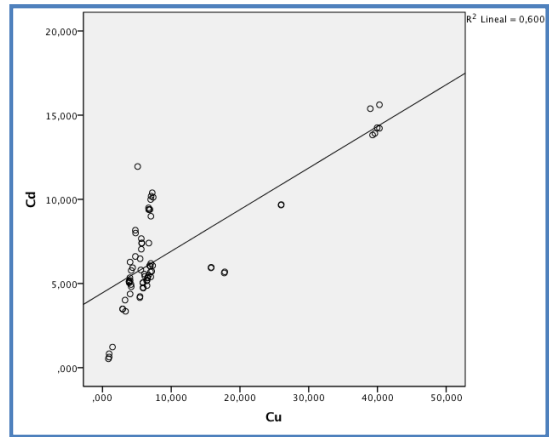
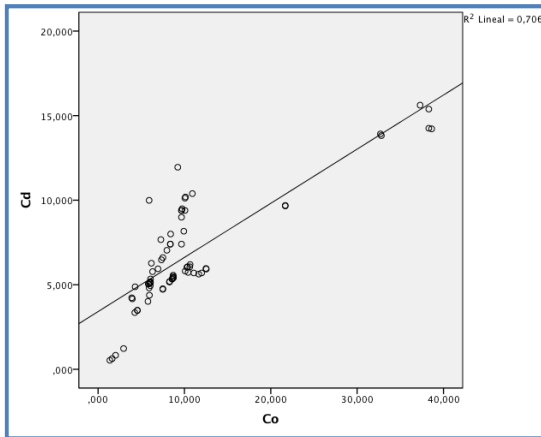
En la siguiente tabla se muestran las correlaciones intermetálicas realizadas mediante la Rho de Spearman para los puntos de muestreo de acuicultura en el Área Suroeste (tabla 23).

Tabla 23: Correlaciones intermetálicas entre ambos puntos de muestreo de la acuicultura suroeste											
			Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Rho de Spearman	Cd	Coeficiente de correlación	1,000	,794**	,528**	,715**	,502**	,761**	,494**	,758**	,739**
		Sig. (bilateral)	.	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
	Co	Coeficiente de correlación	,794**	1,000	,745**	,880**	,774**	,523**	,761**	,542**	,583**
		Sig. (bilateral)	,000	.	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
	Cr	Coeficiente de correlación	,528**	,745**	1,000	,830**	,879**	,371**	,923**	,409**	,473**
		Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000

		Sig. (bilateral)	,000	,000	.	,000	,000	,001	,000	,000	,000
	Cu	Coeficiente de correlación	,715**	,880**	,830**	1,000	,747**	,502**	,781**	,532**	,607**
		Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	.	,000	,000	,000	,000	,000
	Mn	Coeficiente de correlación	,761**	,523**	,371**	,502**	,350**	1,000	,249*	,801**	,813**
		Sig. (bilateral)	,000	,000	,001	,000	,002	.	,033	,000	,000
	Ni	Coeficiente de correlación	,494**	,761**	,923**	,781**	,854**	,249*	1,000	,270*	,428**
		Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,033	.	,020	,000
	Pb	Coeficiente de correlación	,758**	,542**	,409**	,532**	,337**	,801**	,270*	1,000	,769**
		Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,003	,000	,020	.	,000
	Zn	Coeficiente de correlación	,739**	,583**	,473**	,607**	,398**	,813**	,428**	,769**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	.

Tal y como se puede observar en la tabla 23, todas las correlaciones intermetálicas que se establecen son positivas, esto es que existe un enriquecimiento de los metales entre sí. Es decir, cuando aumenta la concentración de un metal aumenta los contenidos metálicos del resto de los metales en los sedimentos. En el caso de la correlación intermetálica Cd-Zn, se confirma la existencia de dicha correlación positiva en el medio ambiente ya citada por Vos et al., 1987. Podemos deducir que es muy probable que no exista una inclusión de contaminación metálica en esta zona en términos generales ya que de existir una contaminación por Cd, por ejemplo, se distorsionaría esta correlación positiva con el Zn.

En las siguientes figuras (95 hasta 122) se muestran las correlaciones intermetálicas de los dos puntos de muestreo del área suroeste, todas las correlaciones existentes estudiadas eran positivas.



Figuras 95 y 96: Correlaciones intermetálicas positiva Cd-Co y Cd-Cu entre los puntos de muestreo área suroeste

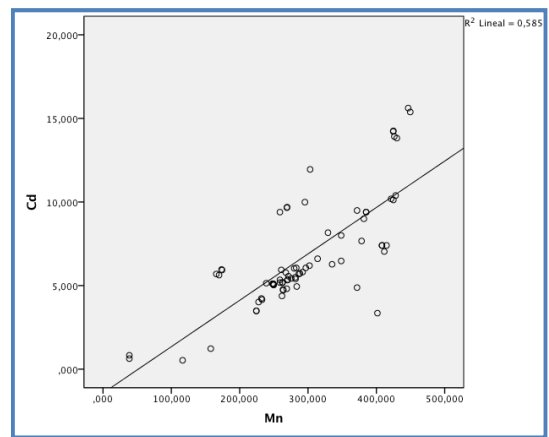
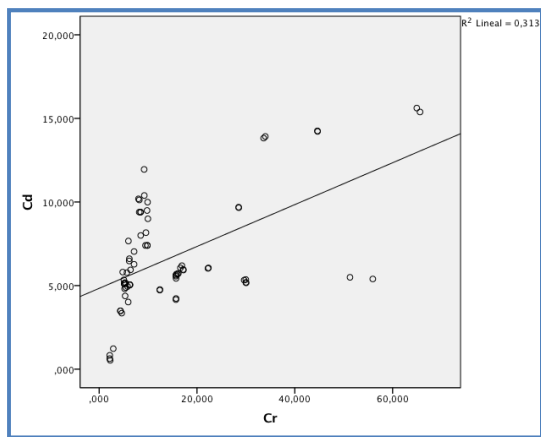
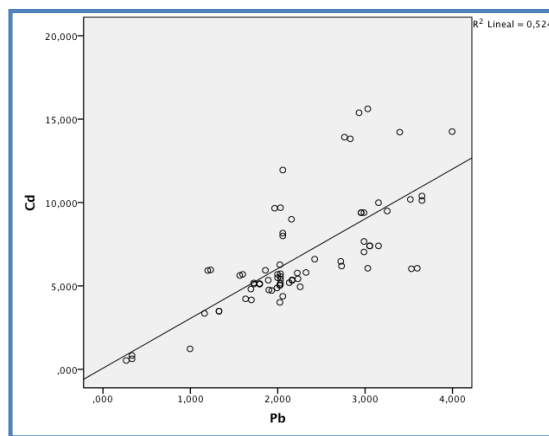
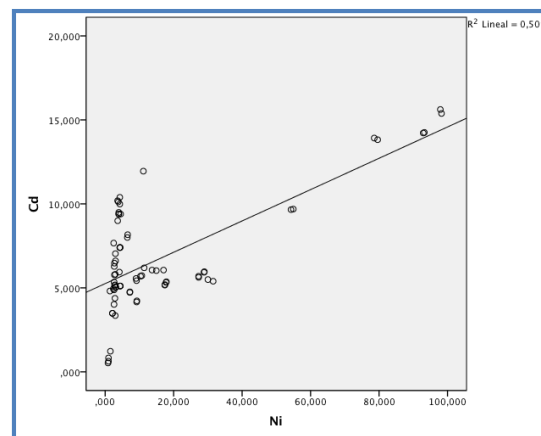
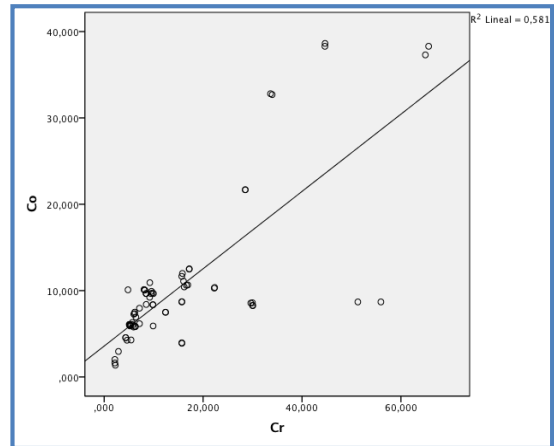
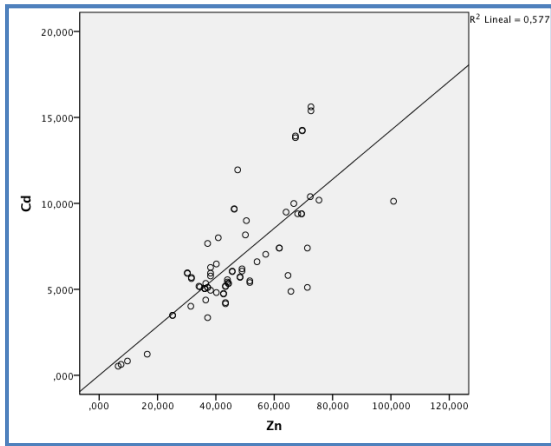


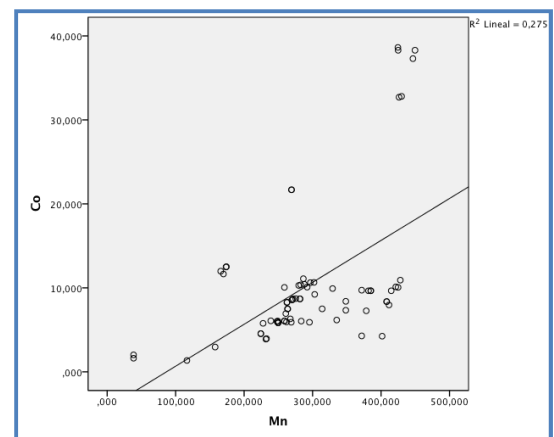
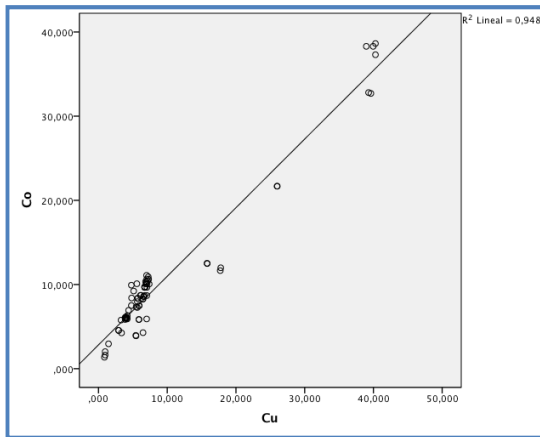
Figura 97 y 98: Correlaciones intermetálicas positiva Cd-Cr y Cd-Mn entre los puntos de muestreo área suroeste



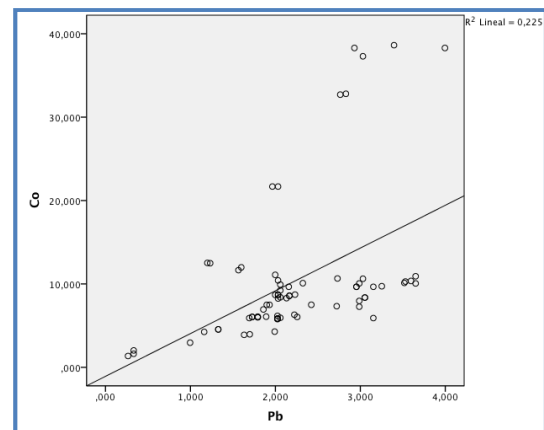
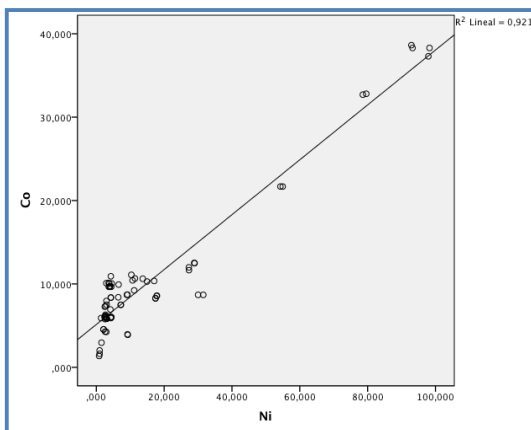
Figuras 99 y 100: Correlaciones intermetálicas positivas Cd-Ni y Cd-Pb entre los puntos de muestreo área suroeste.



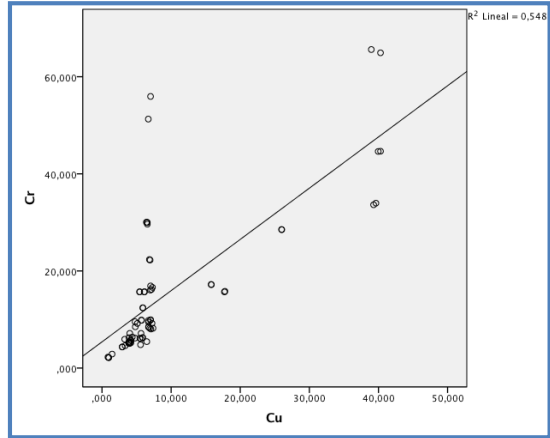
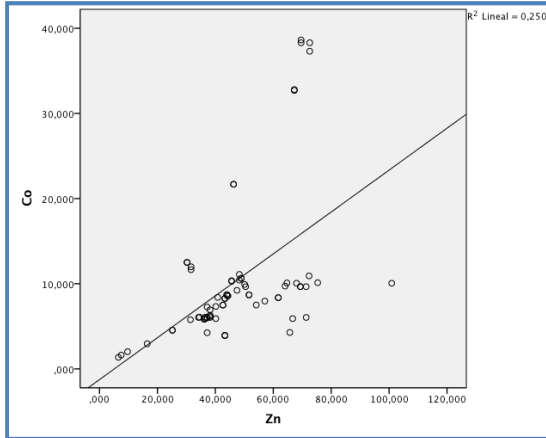
Figuras 101 y 102: Correlaciones intermetálicas positivas Cd-Zn y Co-Cr entre los puntos de muestreo área suroeste.



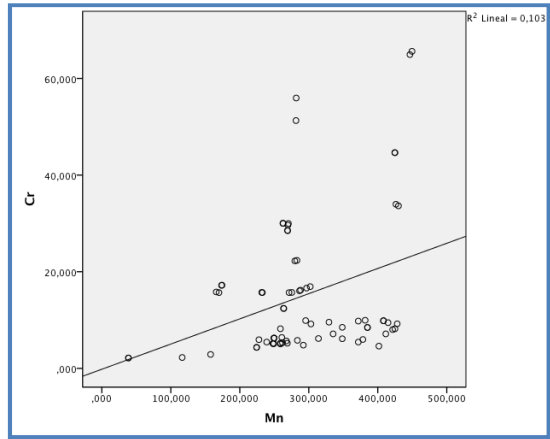
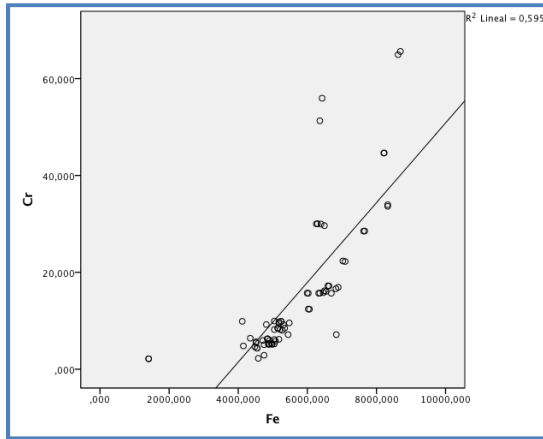
Figuras 103 y 104: Correlaciones intermetálicas positivas Co-Cu y Co-Mn entre los puntos de muestreo área suroeste.



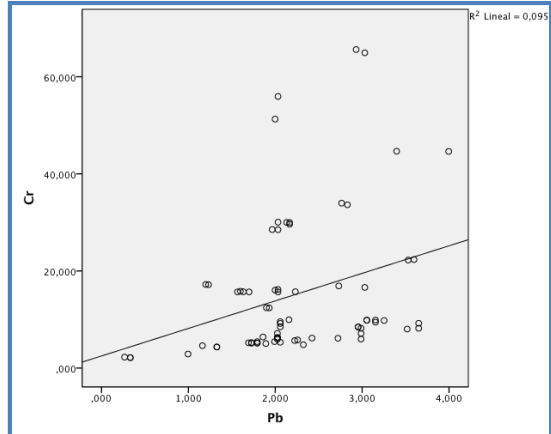
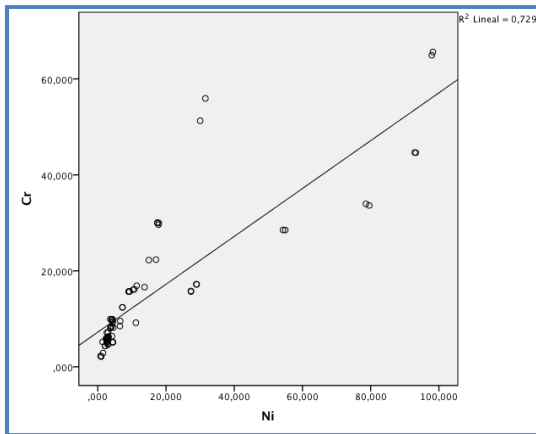
Figuras 105 y 106: Correlaciones intermetálicas positivas Co-Ni y Co-Pb entre los puntos de muestreo área suroeste.



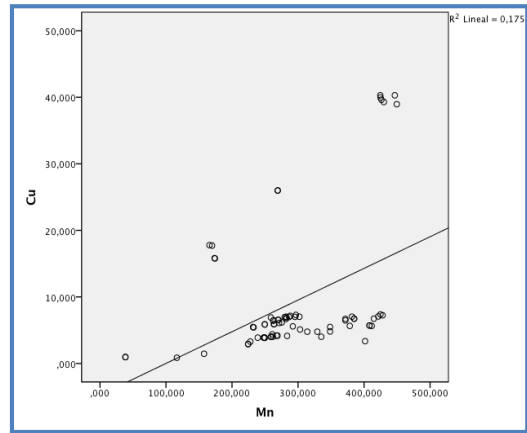
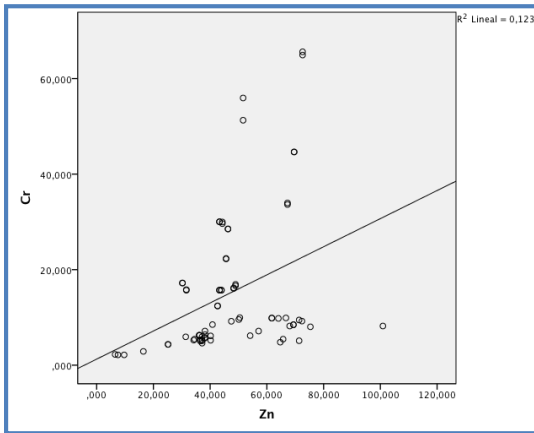
Figuras 107 y 108: Correlaciones intermetálicas positivas Co-Zn y Cr-Cu entre los puntos de muestreo área suroeste.



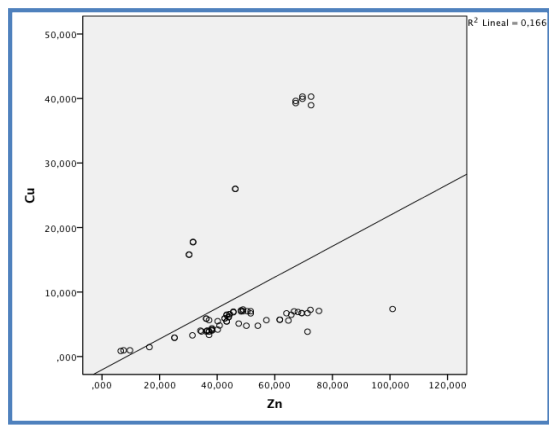
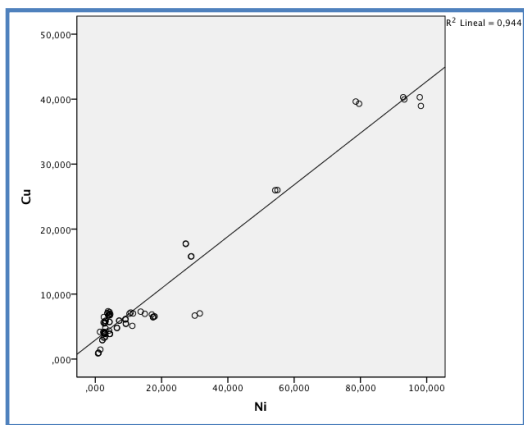
Figuras 109 y 110: Correlaciones intermetálicas positivas Cr-Fe y Cr-Mn entre los puntos de muestreo área suroeste.



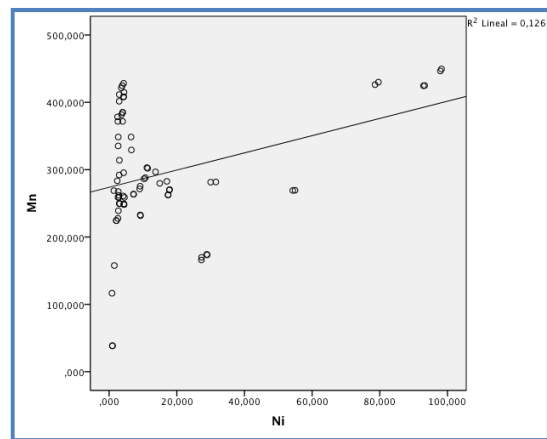
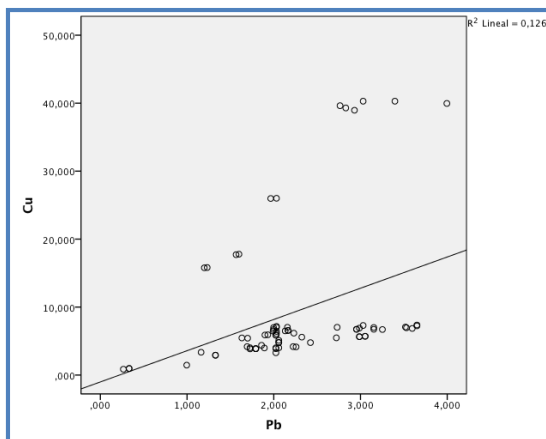
Figuras 111 y 112: Correlaciones intermetálicas positivas Cr-Ni y Cr-Pb entre los puntos de muestreo área suroeste.



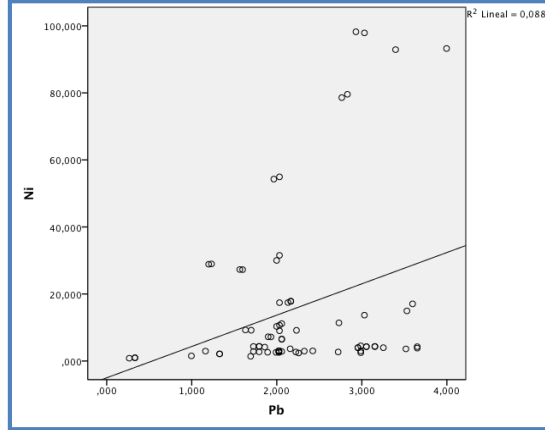
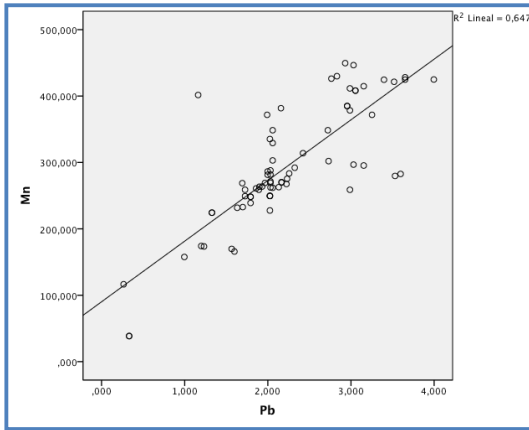
Figuras 113 y 114: Correlaciones intermetálicas positivas Cr-Zn y Cu-Mn entre los puntos de muestreo área suroeste.



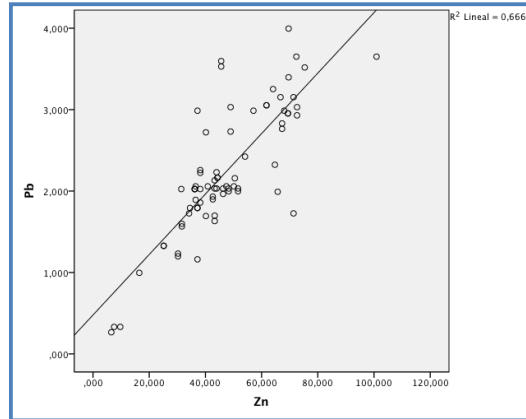
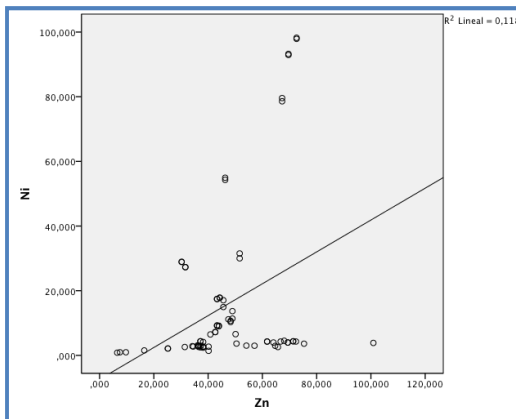
Figuras 115 y 116: Correlaciones intermetálicas positivas Cu-Ni y Cu-Zn entre los puntos de muestreo área suroeste.



Figuras 117 y 118: Correlaciones intermetálicas positivas Cu-Pb y Mn-Ni entre los puntos de muestreo área suroeste.



Figuras 119 y 120: Correlaciones intermetálicas positivas Mn-Pb y Ni-Pb entre los puntos de muestreo área suroeste.



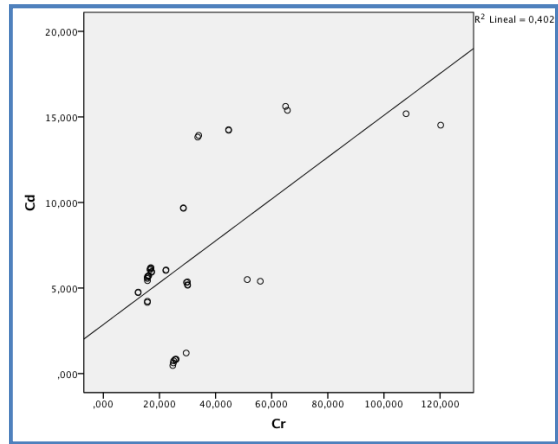
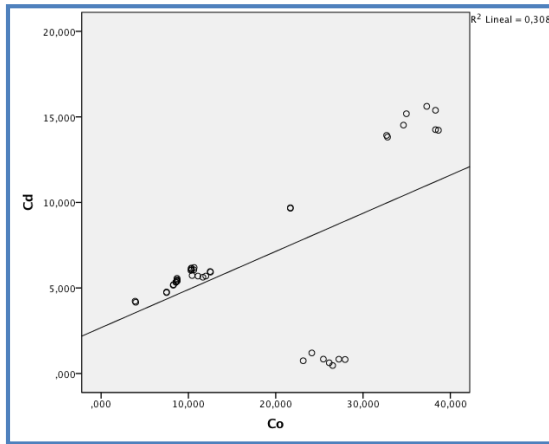
Figuras 121 y 122: Correlaciones intermetálicas positiva Ni-Zn y Pb-Zn entre los puntos de muestreo área suroeste.

A continuación, se muestran las correlaciones intermetálicas en el punto de impacto (tabla 24).

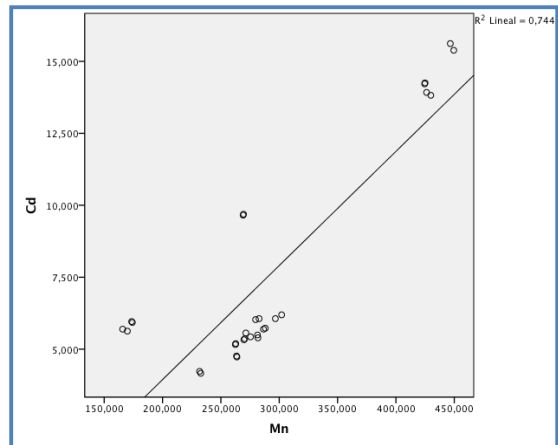
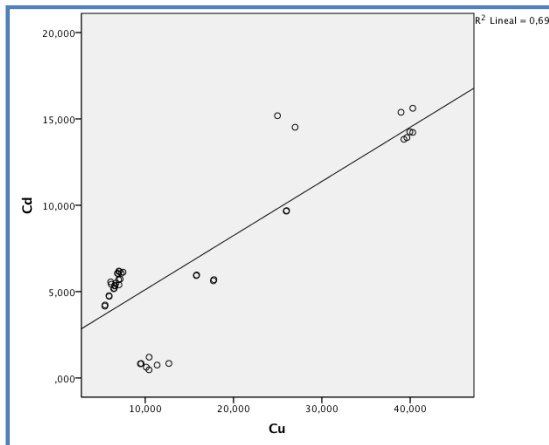
Tabla 24: Correlaciones intermetálicas en el punto de impacto del área suroeste			Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
Rho de Spearman	Cd	Coefficiente de correlación	1,000	,940*	,538*	,903*	,671*	,719*	,570*	,679*
		Sig. (bilateral)	.	,000	,002	,000	,000	,000	,001	,000
	Co	Coefficiente de correlación	,940*	1,000	,487*	,959*	,508*	,779*	,356	,543*

		Sig. (bilateral)	,000	.	,006	,000	,004	,000	,053	,002
Cr		Coefficiente de correlación	,538*	,487*	1,000	,577*	,569*	,836*	,546*	,708*
		Sig. (bilateral)	,002	,006	.	,001	,001	,000	,002	,000
Cu		Coefficiente de correlación	,903*	,959*	,577*	1,000	,486*	,856*	,350	,568*
		Sig. (bilateral)	,000	,000	,001	.	,006	,000	,058	,001
Mn		Coefficiente de correlación	,671*	,508*	,569*	,486*	1,000	,392*	,816*	,937*
		Sig. (bilateral)	,000	,004	,001	,006	.	,032	,000	,000
Ni		Coefficiente de correlación	,719*	,779*	,836*	,856*	,392*	1,000	,314	,560*
		Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,032	.	,091	,001
Pb		Coefficiente de correlación	,570*	,356	,546*	,350	,816*	,314	1,000	,745*
		Sig. (bilateral)	,001	,053	,002	,058	,000	,091	.	,000
Zn		Coefficiente de correlación	,679*	,543*	,708*	,568*	,937*	,560*	,745*	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	,002	,000	,001	,000	,001	,000	.
<p>** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral). * . La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).</p>										

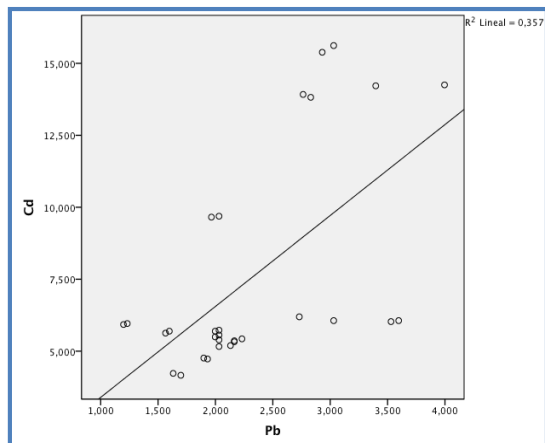
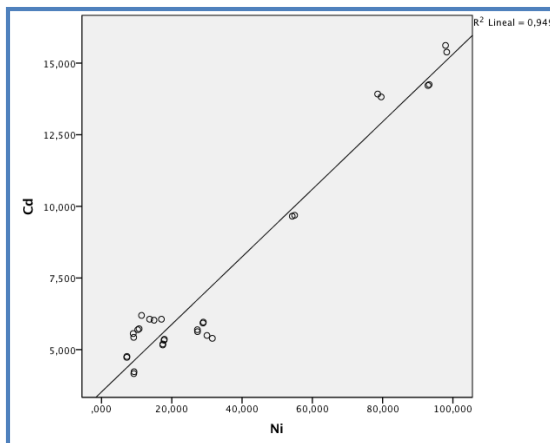
En las siguientes figuras (123 hasta 150), se muestran las correlaciones intermetálicas del punto de impacto del área suroeste.



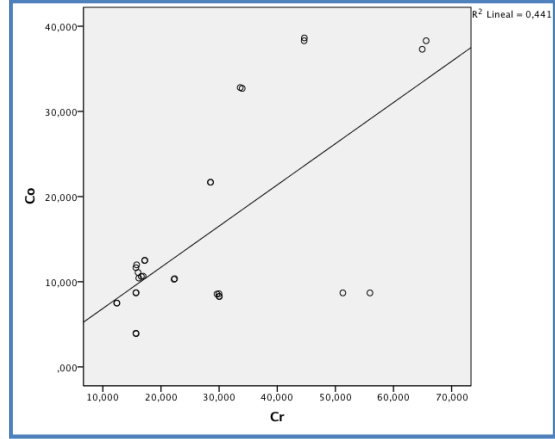
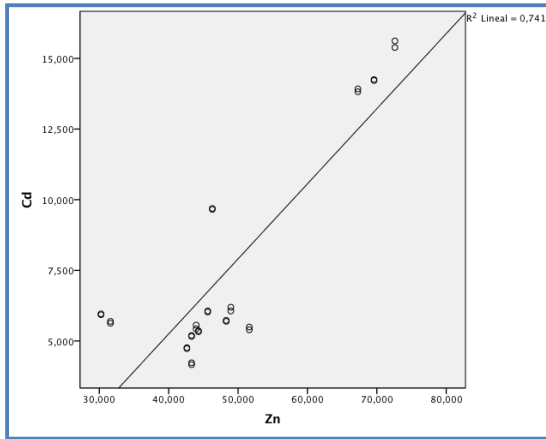
Figuras 123 y 124: Correlaciones intermetálicas positiva Cd-Co y Cd-Cu en el punto de impacto del área suroeste



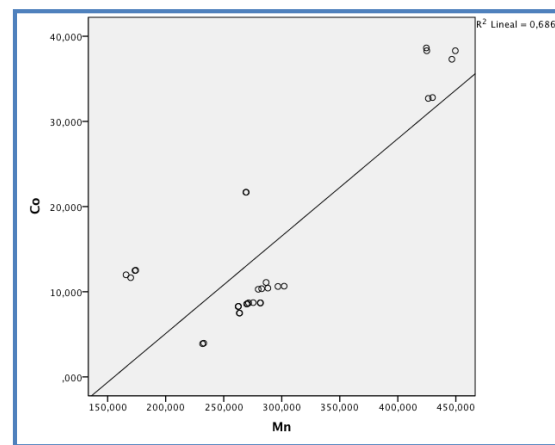
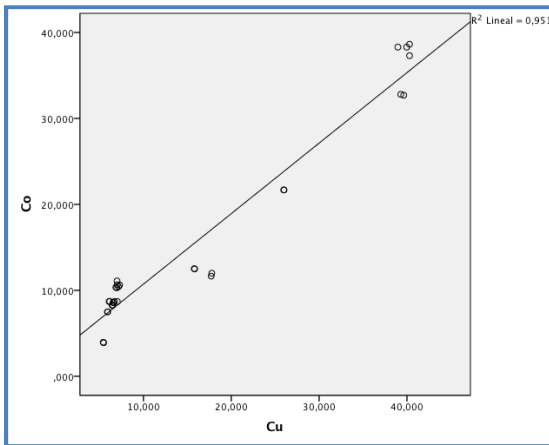
Figuras 125 y 126: Correlaciones intermetálicas positiva Cd-Cu y Cd-Mn en el punto de impacto del área suroeste



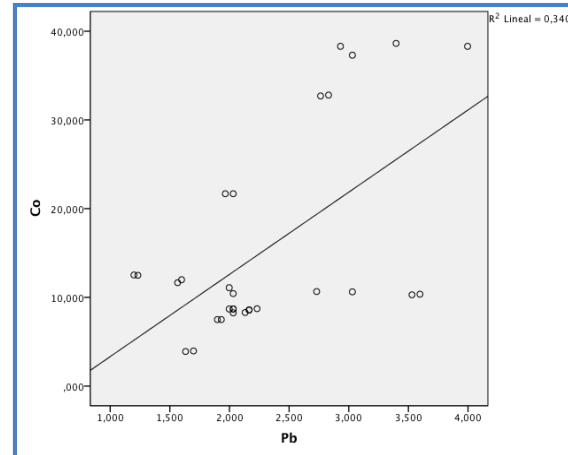
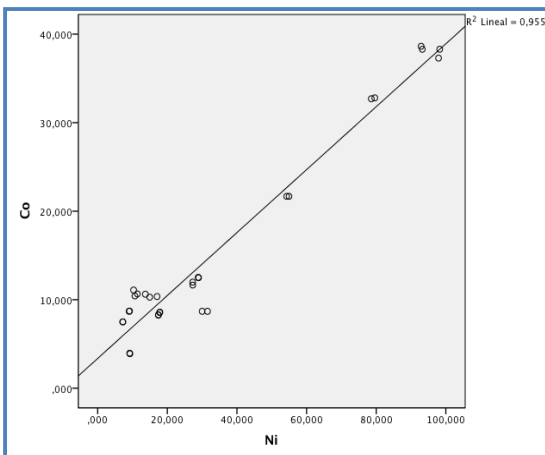
Figuras 127 y 128: Correlaciones intermetálicas positiva Cd-Ni y Cd-Pb en el punto de impacto del área suroeste



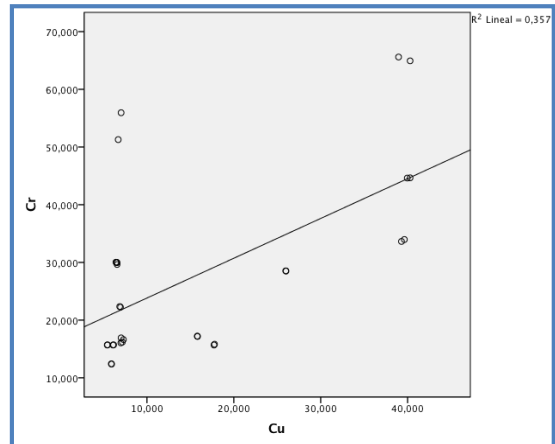
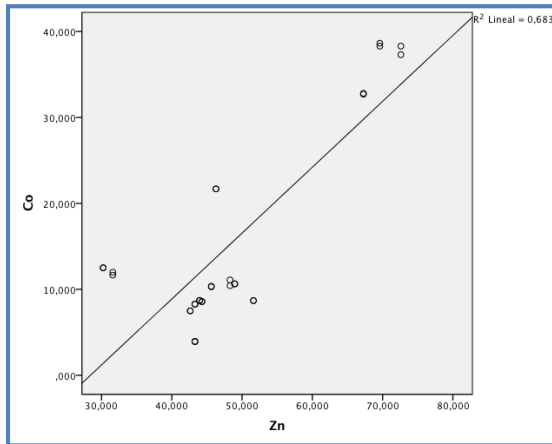
Figuras 129 y 130: Correlaciones intermetálicas positiva Cd-Zn y Co-Cr en el punto de impacto del área suroeste



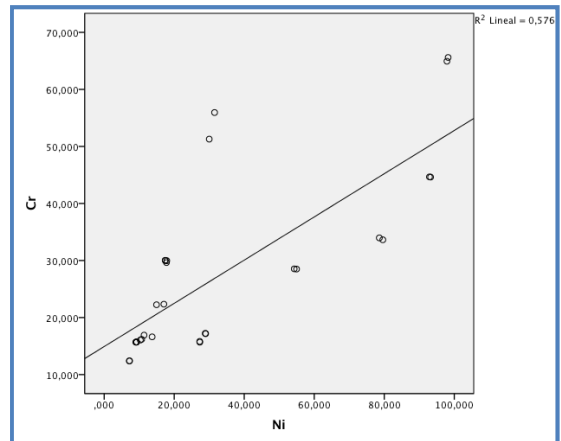
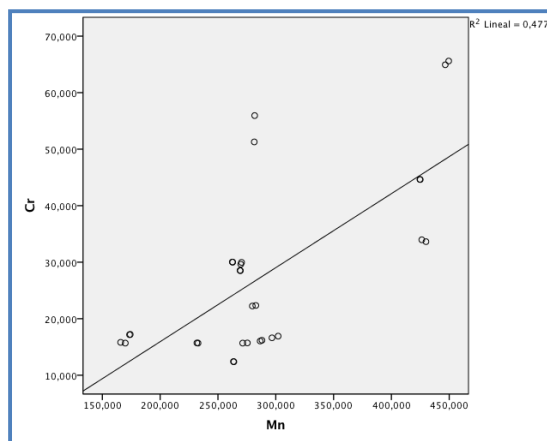
Figuras 131 y 132: Correlaciones intermetálicas positiva Co-Cu y Co-Mn en el punto de impacto del área suroeste



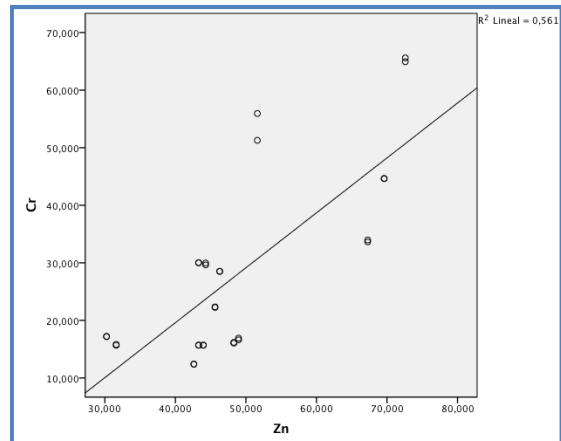
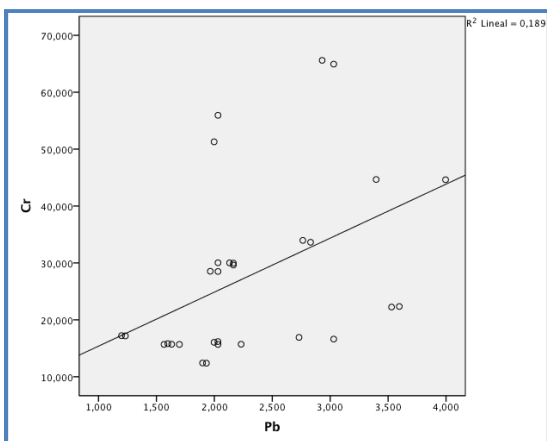
Figuras 133 y 134: Correlaciones intermetálicas positiva Co-Ni y Co-Pb en el punto de impacto del área suroeste



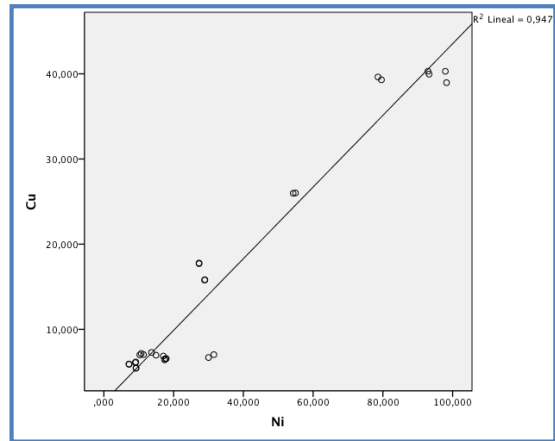
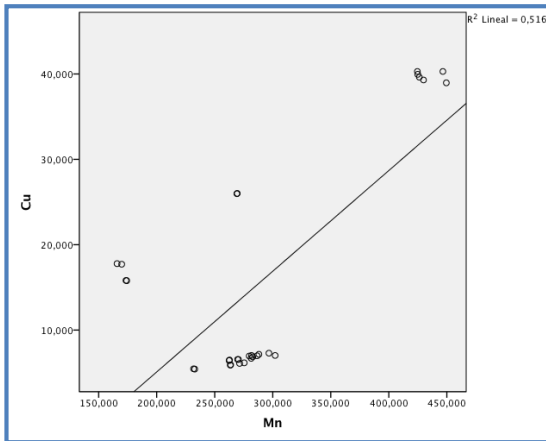
Figuras 135 y 136: Correlaciones intermetálicas positiva Co-Zn y Cr-Cu en el punto de impacto del área suroeste



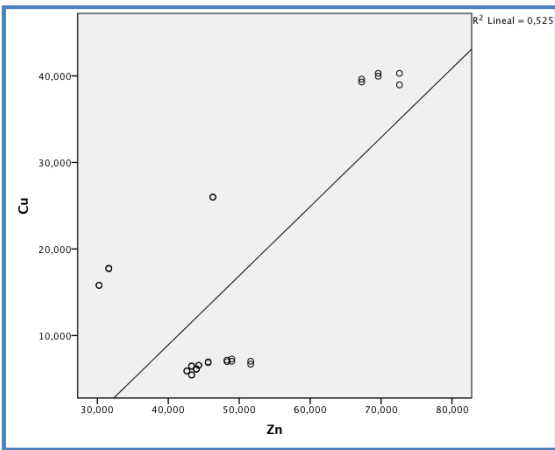
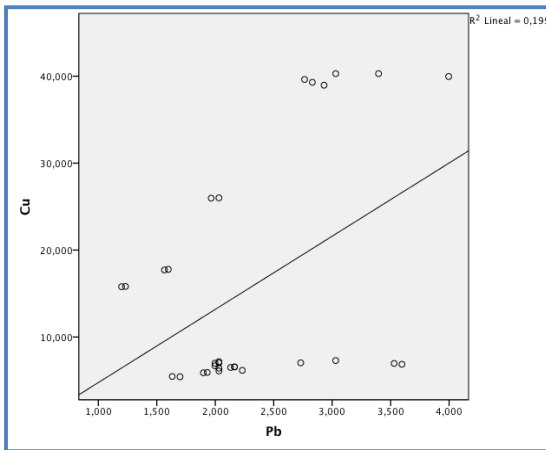
Figuras 137 y 138: Correlaciones intermetálicas positiva Cr-Mn y Cr-Ni en el punto de impacto del área suroeste



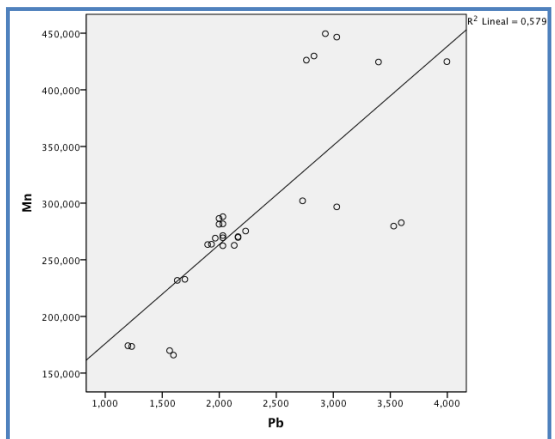
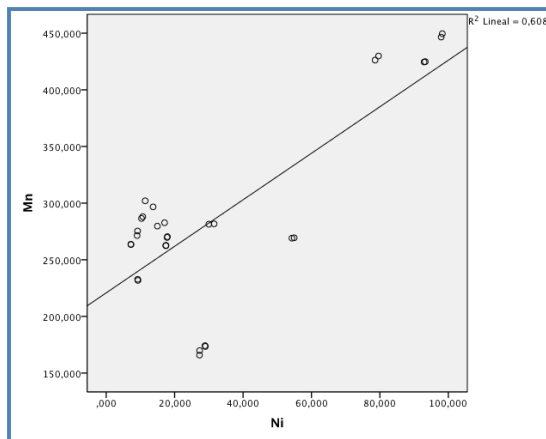
Figuras 139 y 140: Correlaciones intermetálicas positiva Cr-Pb y Cr-Zn en el punto de impacto del área suroeste



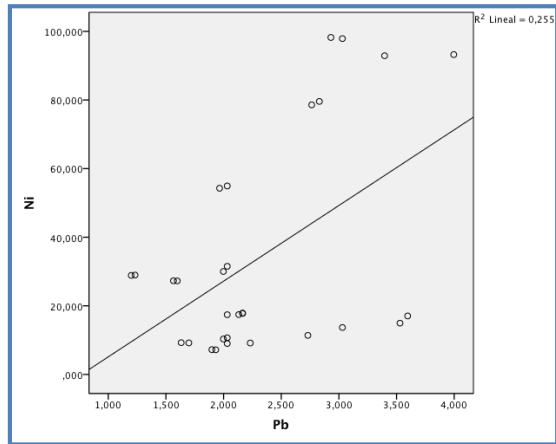
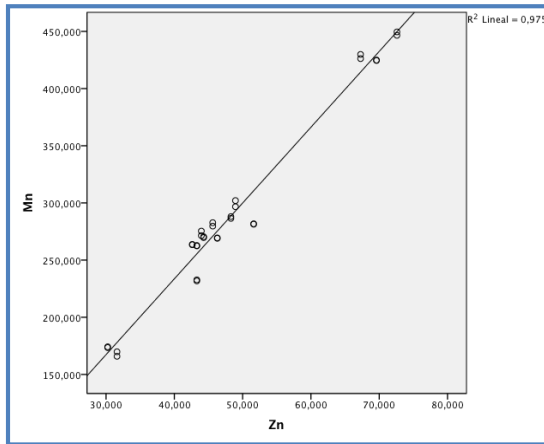
Figuras 141 y 142: Correlaciones intermetálicas positiva Cu-Mn y Cu-Ni en el punto de impacto del área suroeste



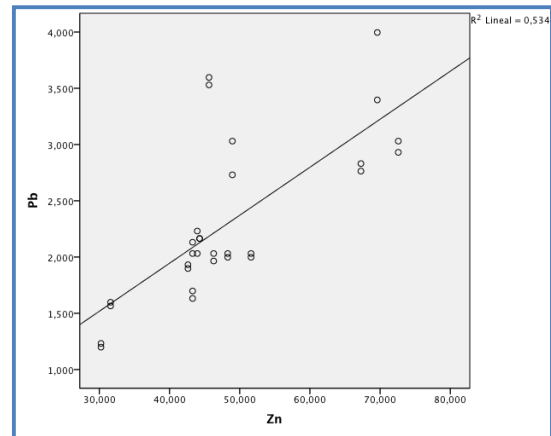
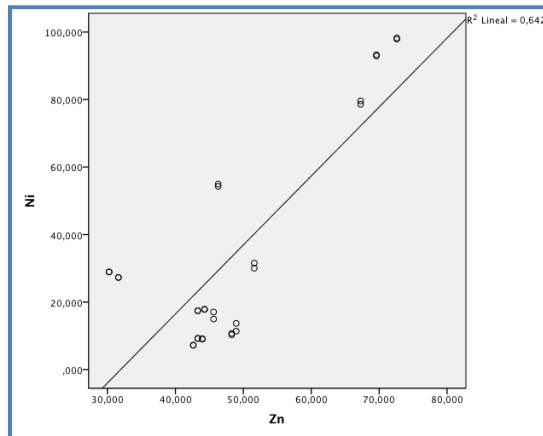
Figuras 143 y 144: Correlaciones intermetálicas positiva Cu-Pb y Cu-Zn en el punto de impacto del área suroeste



Figuras 145 y 146: Correlaciones intermetálicas positiva Mn-Ni y Mn-Pb en el punto de impacto del área suroeste



Figuras 147 y 148: Correlaciones intermetálicas positiva Mn-Zn y Ni-Pb en el punto de impacto del área suroeste



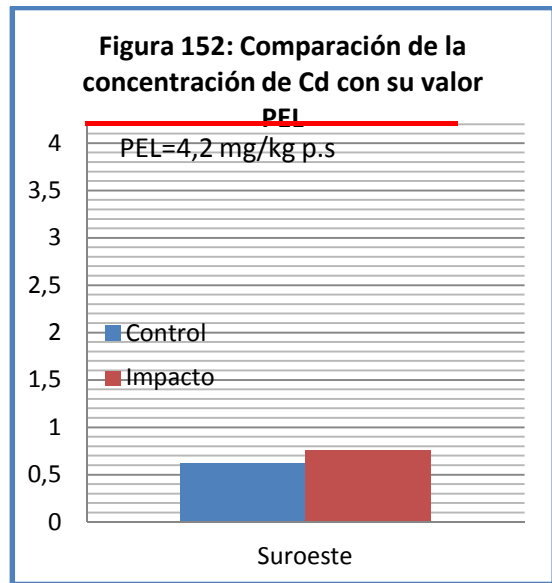
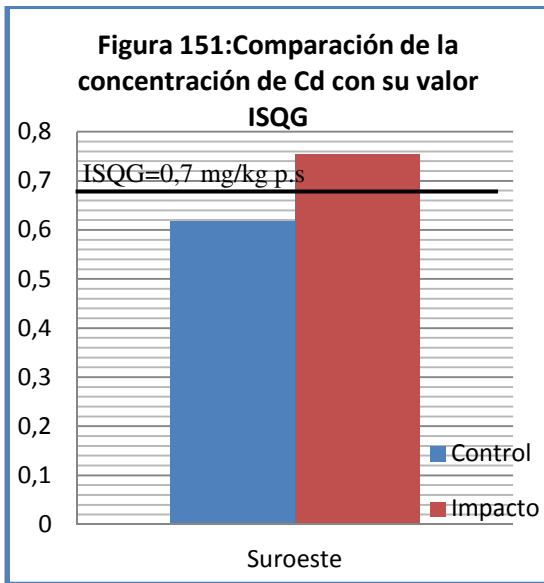
Figuras 149 y 150: Correlaciones intermetálicas positiva Ni-Zn y Pb-Zn en el punto de impacto del área suroeste

5.1.2.4. COMPARACIÓN CON GUIAS DE CALIDAD PROPUESTAS POR ORGANISMOS OFICIALES Y DIFERENTES AUTORES.

Desde la figura 151 a la figura 173, se establecen comparaciones con las recomendaciones procedentes en las distintas guías de calidad de sedimentos, respecto a las concentraciones encontradas en este estudio.

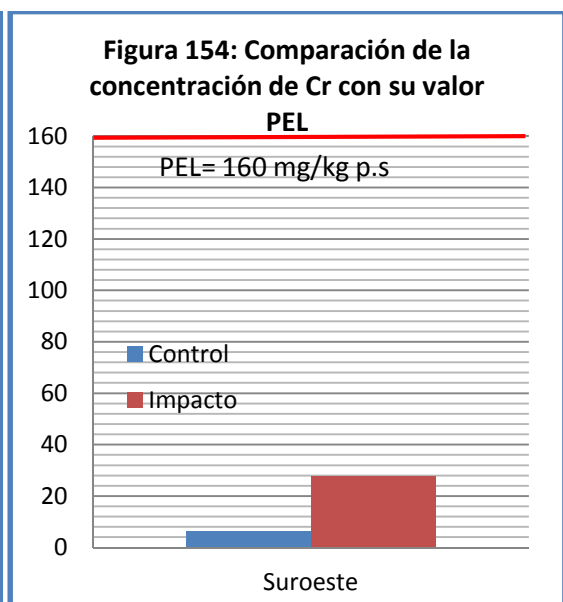
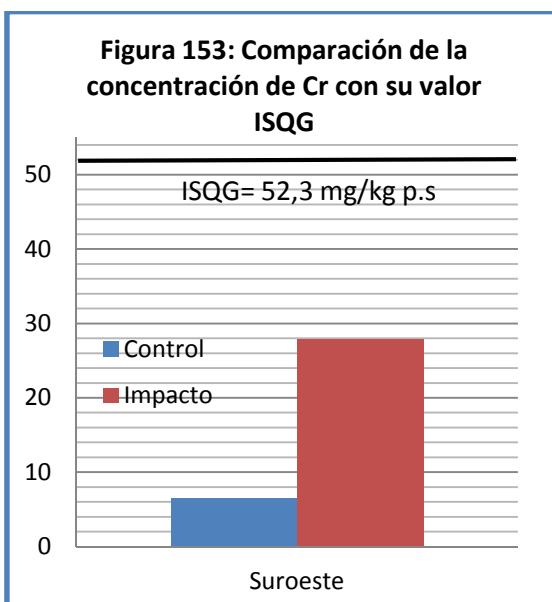
Desde la figura 151 a la 160, se comparan las concentraciones obtenidas en este estudio con los valores procedentes de las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995).

Las figuras 151 y 152 muestran las concentraciones medias de Cd en los puntos de muestreo del Suroeste y los valores establecidos en las guías canadienses (CCME, 1995).



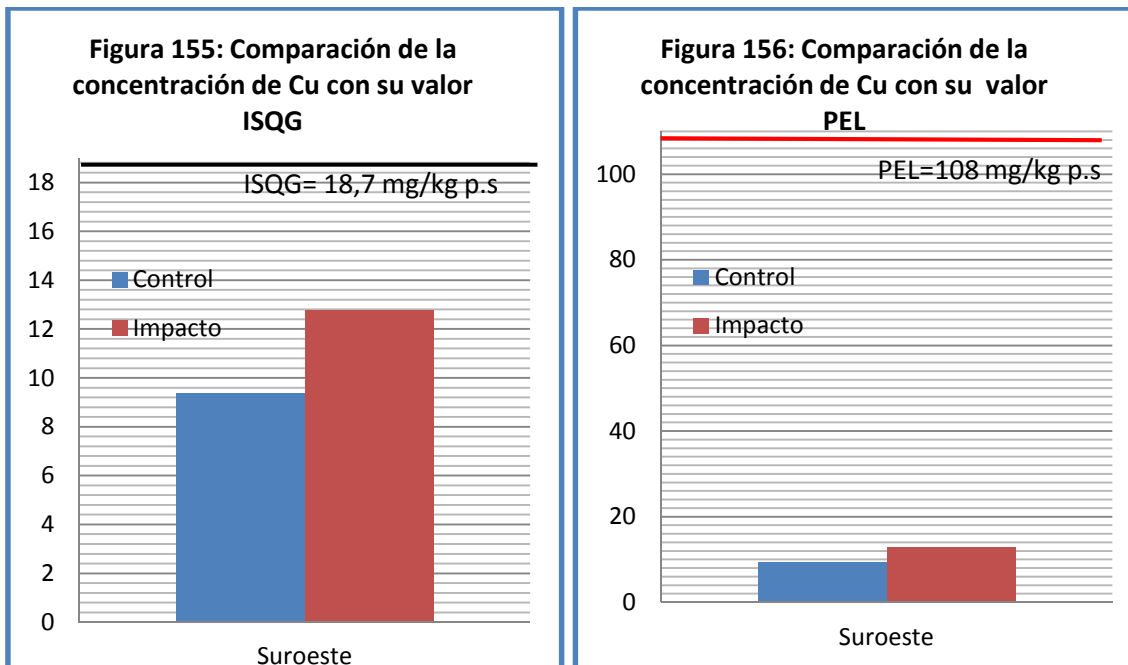
Aunque en el caso de los puntos de muestreo de acuicultura Nordeste, no se superan los límites establecidos en las guías canadienses para el Cd; en el caso del área Suroeste se observa que se supera el límite ISQG para este metal en el punto de muestreo de impacto (figura 151). En la figura 152, se muestra que en ninguno de los dos puntos de muestreo, la concentración de Cd se acerca o supera el límite PEL.

Las figuras 153 y 154 representan las concentraciones medias de Cr con respecto a los valores límites ISQG y PEL establecidos en las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995).



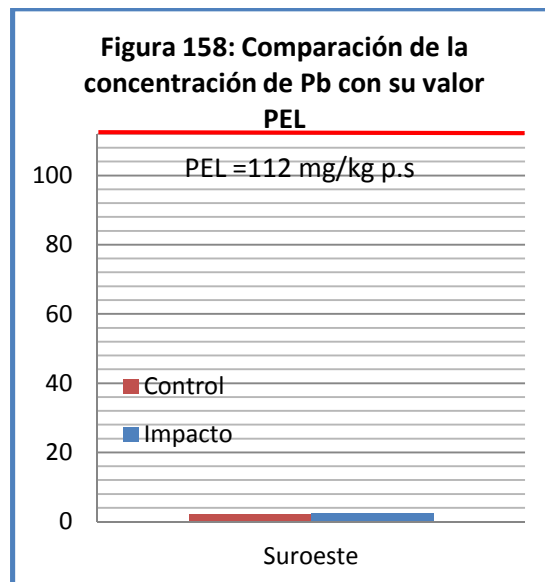
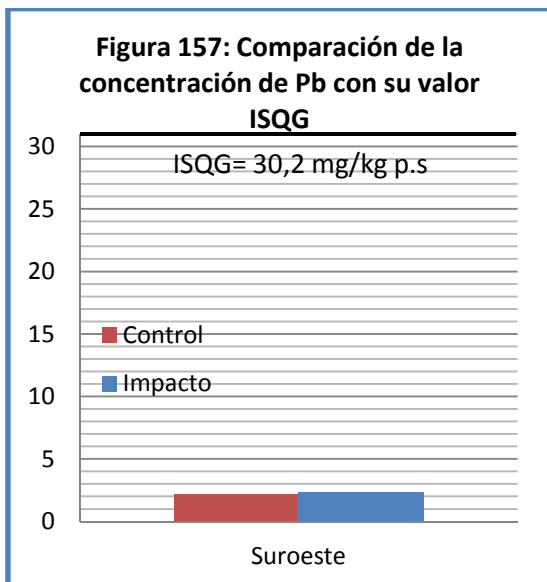
En las figuras 153 y 154 podemos observar que las concentraciones de Cr existentes en el punto de muestreo de impacto, son mayores que las del punto de control. Aún así, las concentraciones determinadas en ambos puntos están muy por debajo de los límites provisionales ISQG y los límites con efecto probable PEL establecidos en las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995). Este hecho nos permite deducir que la concentración de Cr en los sedimentos estudiados no conllevaría problemas de toxicidad.

Las figuras 155 y 156 muestran las concentraciones medias de Cu con respecto a los valores límites ISQG y PEL establecidos en las guías canadienses (CCME, 1995).



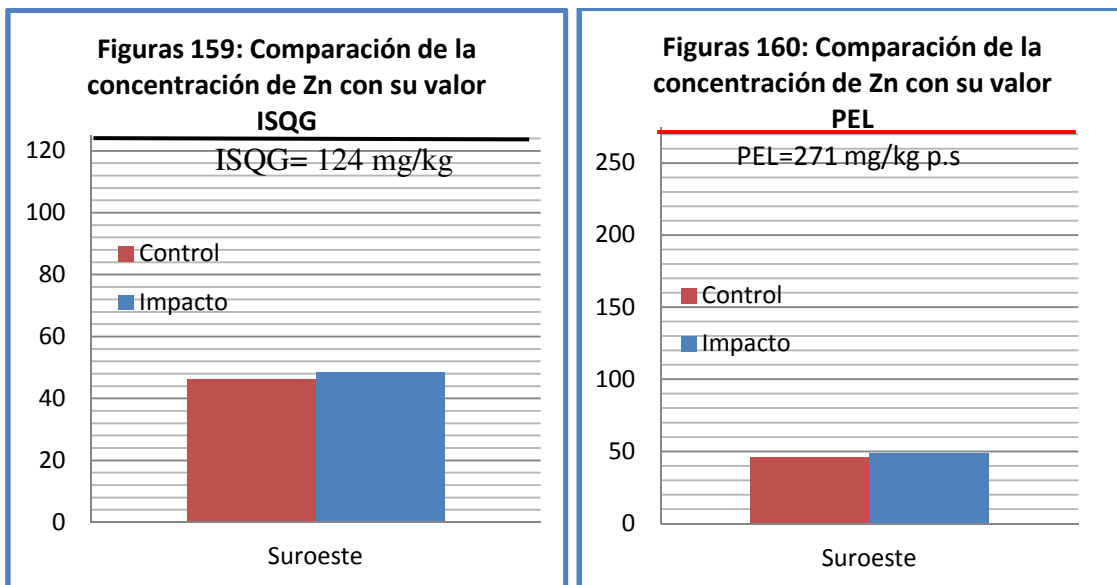
En el Cu, observamos que, aunque sus concentraciones son más elevadas en el punto de de impacto que en el de control, los valores medios de ambos puntos están muy por debajo de los límites provisionales ISQG y los límites con efecto probable PEL establecidos en las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995). Por lo tanto, las concentraciones de Cu en los sedimentos estudiados, no presentarían problemas de toxicidad ambiental a estas concentraciones para la biota acuática.

Las figuras 157 y 158 muestran las concentraciones medias de Pb con respecto a los valores límites ISQG y PEL establecidos en las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995).



Con el Pb, las concentraciones medias de ambos puntos de muestreo están muy por debajo de los límites provisionales ISQG y los límites con efecto probable PEL establecidos en las guías canadienses (CCME, 1995). Esto nos permite aseverar que la concentración de Pb en los sedimentos estudiados no conllevaría problemas de toxicidad para la vida acuática. Las concentraciones de Pb en ambos puntos de muestreo son prácticamente iguales, aunque existe mayor cantidad en el punto de impacto.

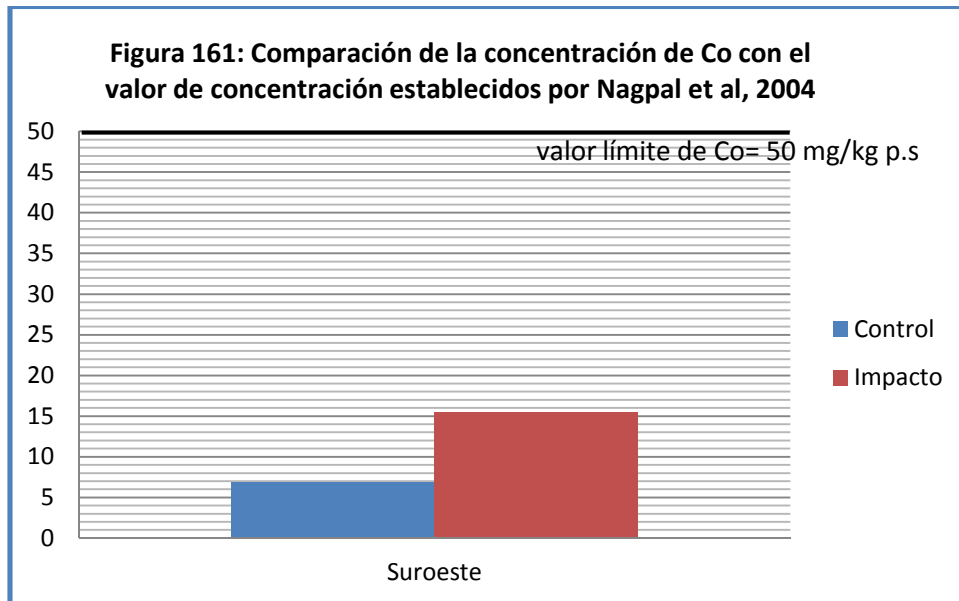
El último metal comparado con las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995), es el Zn. En las figuras 159 y 160, se representan las concentraciones medias encontradas de este metal con respecto a los valores límites ISQG y PEL establecidos en las guías.



En ambas figuras se aprecia que las concentraciones medias estudiadas en sedimentos están por debajo de los valores establecidos por los límites provisionales ISQG y los límites con efecto probable PEL de las guías canadienses (CCME, 1995). Este hecho nos indica la concentración de Zn en los sedimentos estudiados no sería causa de problemas de toxicidad. Al igual que en el Área Nordeste, en el Área Suroeste también se encuentra una mayor concentración de Zn en el punto de muestreo de control que en el de impacto.

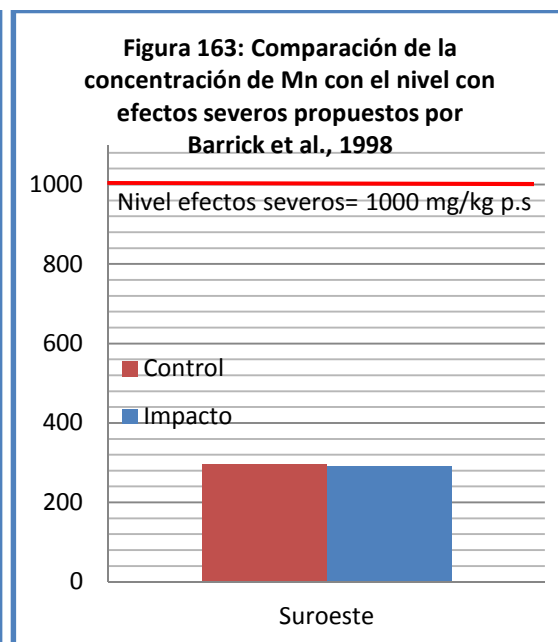
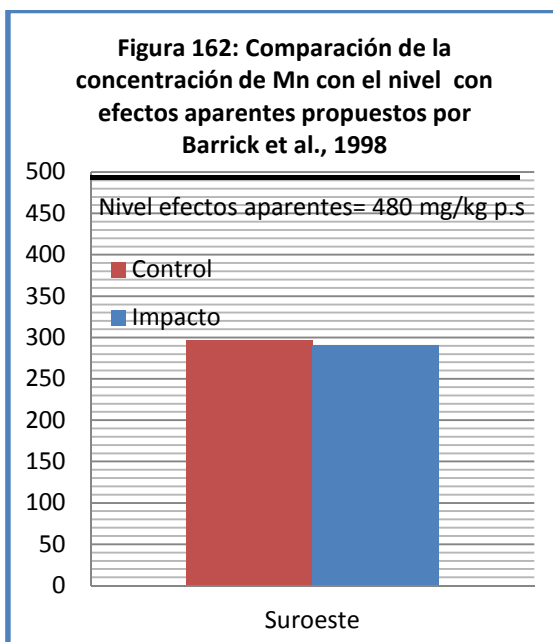
Desde la figura 161 hasta la figura 173, establecemos una comparación de los valores de metales en sedimentos encontradas en este estudio y otros valores guía propuestos para estos mismos sedimentos por otros autores y organismos (Long y Morgan., 1991; MENVIQ/EC, 1992; NYSDEC, 1994; Long et al., 1995; ANZECC, 1998; Barrick et al., 1998; Del Valls y Chapman, 1998; Nagpal et al., 2004)

En la figura 161, se muestran las concentraciones medias de Co encontradas en los puntos de muestreo de acuicultura en el Área Suroeste y una comparación con el valor límite establecido por Nagpal et al. (2004).



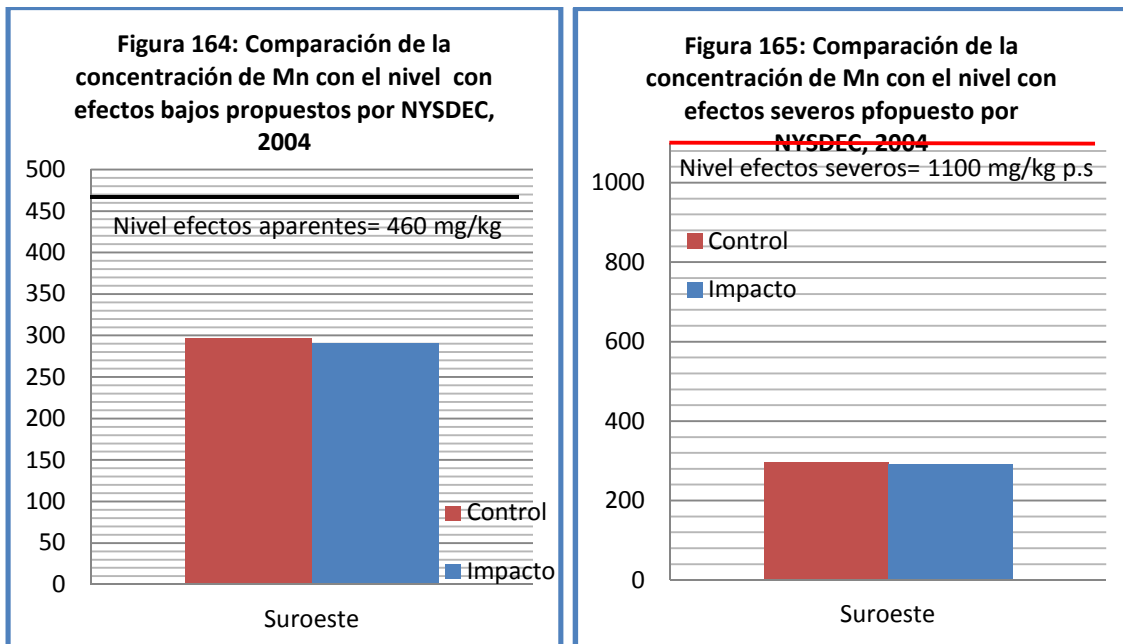
En la figura 161 se advierte que las concentraciones de Co encontradas en los puntos de muestreo están por debajo de los valores límites establecidos para sedimentos acuáticos por Nagpal et al. (2004), por lo tanto no entrañan un problema para la vida acuática de la zona. En el caso del Co, la concentración encontrada en el punto de impacto es mayor que en el punto de control.

En las figuras 162 y 163 se comparan las concentraciones medias de Mn en los sedimentos, con los valores establecidos por Barrick et al., 1998.



En relación al Mn, encontramos las mayores concentraciones en el punto de muestreo correspondientes al control, esto mismo ocurría en el caso del Área Nordeste. Por otro lado, a diferencia de lo que ocurre en el Área Nordeste, en el Área Suroeste las concentraciones de este metal en ningún caso superan los valores con efectos aparentes o con efectos severos fijados por Barrick et al. (1998), por lo tanto podemos indicar que no existirían problemas de toxicidad ambiental asociados a este metal en los sedimento analizados.

En las figuras 164 y 165 se comparan las concentraciones medias de Mn en los sedimentos estudiados con los valores a partir de los cuales son frecuentes los efectos bajos y severos en la biota propuestos por NYSDEC (1994).

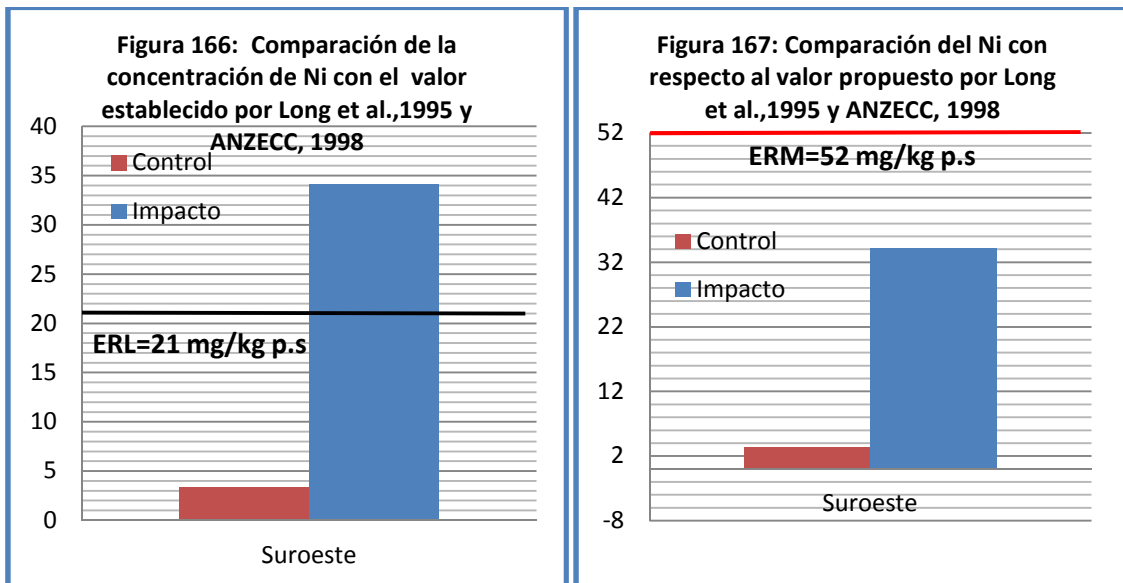


Las concentraciones encontradas en los sedimentos en el Área Suroeste están por debajo de los valores propuestos por NYSDEC (2004). Por lo tanto, no existirían problemas de toxicidad ambiental para la biota acuática con las concentraciones de Mn encontradas para los sedimentos analizados.

En el caso del Ni, se lleva a cabo una comparación con distintas guías propuestas por distintos autores y organismos. Desde la figura 166 hasta la figura 173, se muestran las comparaciones de las concentraciones de Ni obtenidas en este estudios y los distintos valores de referencia o valores guía establecidos.

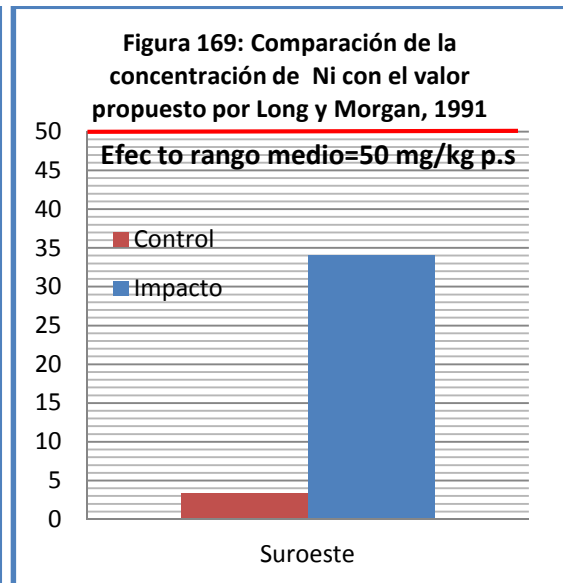
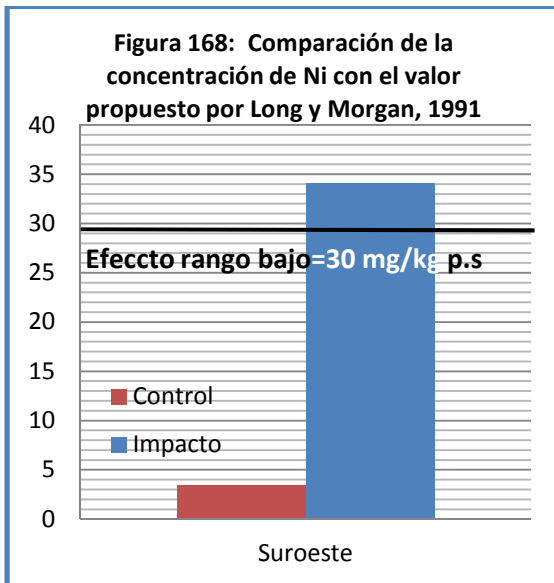
Las figuras 166 y 167 muestran las concentraciones medias de Ni con respecto a los valores límites ERL y ERM establecidos por Long et al. (1995). El valor ERL es un

valor de concentración por debajo del cual no existen o son raros los efectos biológicos en la vida acuática asociados a los sedimentos. Por otro lado, el límite ERM es un valor de concentración por encima de la cual aparecen frecuentes efectos biológicos en la vida acuática asociados a la contaminación de los sedimentos. En las figuras 167 y 168 se muestran los valores establecidos por Long et al. (1995) que coinciden con los valores establecidos por ANZECC (1998).



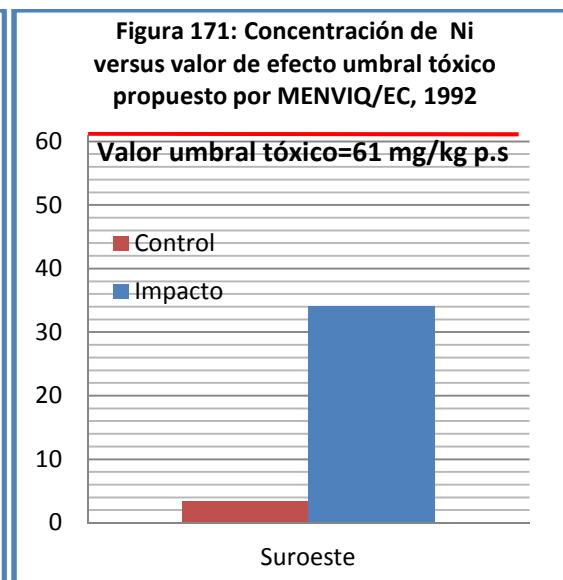
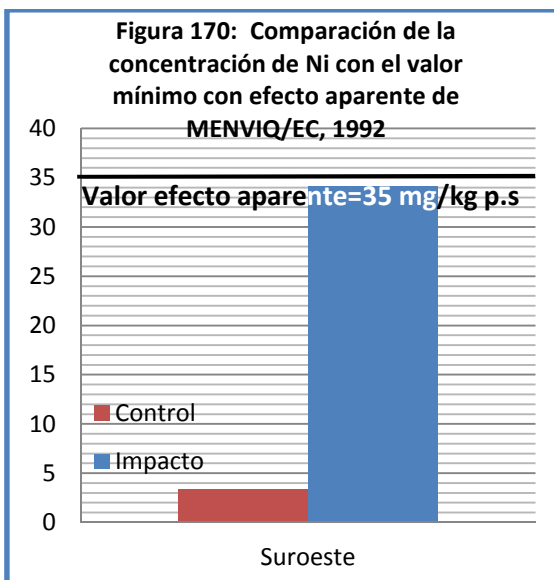
A diferencia de lo que ocurría en el Área Nordeste, que eran los dos puntos de muestreo los que superaban el valor límite ERL; en el caso del Suroeste es sólo el punto de muestreo de impacto el que lo supera (figura 166). Aunque la concentración de Ni en el punto de impacto es elevado con respecto al control, en la figura 168 se observa que los valores ERM no llegan a superarse, por lo que los efectos biológicos en la vida acuática no van a ser frecuentes en el caso de este metal.

En las figuras 168 y 169 se muestra la comparación de la concentración obtenido en este estudio con los valores límites estimados por Long y Morgan (1991).



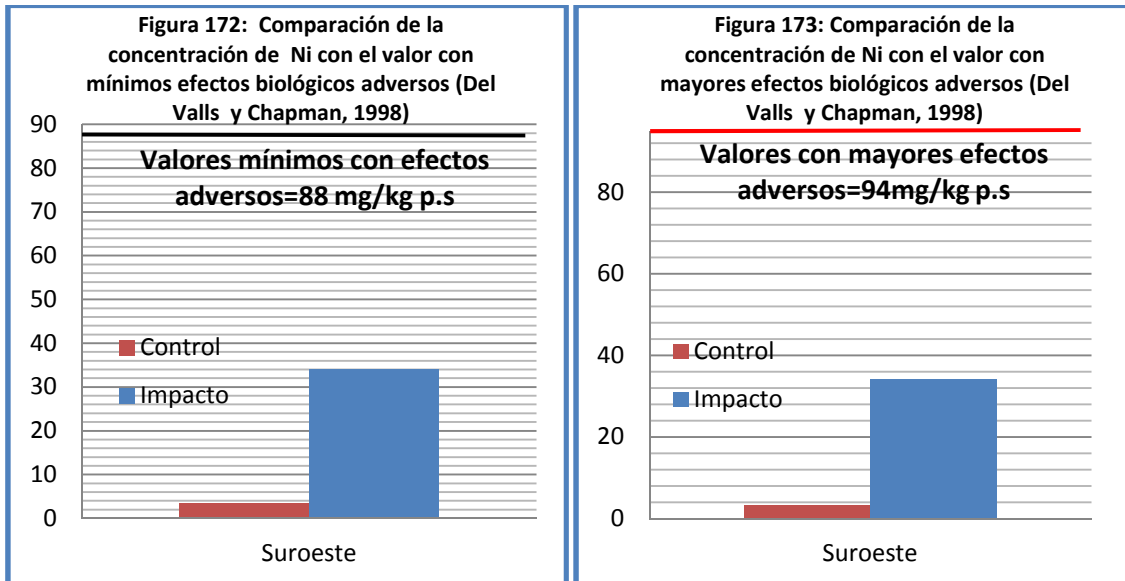
Al comparar nuestros resultados con los valores establecidos por Long y Morgan (1991), volvemos a observar (al igual que con los valores de Long et al., 1995 y los valores ANZECC, 1998) que en el punto de impacto se supera el valor con rango bajo, no llegando a alcanzar el valor de efecto con rango medio.

En las figuras 170 y 171 se lleva a cabo la comparación entre la concentración obtenida en este estudio y el MENVIQ/EC, 1992.



Al comparar con MENVIQ/EC, se obtiene que a las concentraciones de Ni obtenidas en este estudio, no se supera ninguno de los dos valores umbrales propuestos en los puntos de muestreo del área suroeste.

Por último, en las figuras 172 y 173 presentan las concentraciones obtenidas en este estudio frente a los valores con mínimos efectos biológicos adversos y los valores con efectos biológicos adversos mayores, propuestos por Del Valls y Chapman (1998).



En las figuras 172 y 173 podemos comprobar que no se superan los valores mínimos con efectos adversos y ni los valores con mayores efectos adversos para Ni en los puntos de muestreo establecidos, según los valores establecidos para Del Valls y Chapman (1998).

5.1.3. ESTUDIO COMPARATIVO DE NUESTROS RESULTADOS EN ACUICULTURA CON LOS OBTENIDOS POR OTROS AUTORES

En relación a la granulometría de los puntos de muestreo, en ambas áreas de estudio existe mayor cantidad de finos y un menor diámetro eficaz en el punto de impacto que en el punto control. La degradación de los sedimento bajo jaulas de acuicultura, ha sido constatada por diversos autores como Borja (2002), Álvarez-Iglesias (2008) y Basaran (2010). La degradación de los sedimentos bajo las jaulas de los peces de crianza, se relaciona principalmente con la continua deposición sobre los sedimentos de materia orgánica procedente de los restos de heces y piensos sin ingerir de las jaulas de acuicultura. Según estos autores, la continua deposición de estos materiales en el fondo, puede producir cambios en el contenido de materia orgánica, así como en las condiciones de oxigenación del fondo marino.

En el área nordeste coincide que el punto de muestreo con mayor cantidad de partículas finas (arcillas/limos) (punto de impacto nordeste), presenta una mayor concentración de metales Cd, Cr, Cu y Ni. Por otro lado, el área suroeste coincide que el punto de impacto también presenta una mayor cantidad de finos, y los metales que se encuentran en mayor concentración son Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn. Tal y como proponen Brayan y Langsten, 1992 y Everaat y Fischer, 1992; la fracción fina tiene una mayor disponibilidad que la fracción gruesa. Por lo tanto, los metales presentes en los puntos de impacto de acuicultura estudiados, presentan mayor concentración de finos, pudiendo presentar una mayor toxicidad ambiental debido a su posibilidad de biodisponerse en el medio con más facilidad.

En cuanto a los metales que presentan diferencias significativas entre los sedimentos procedentes de los puntos de muestreo control e impacto en acuicultura, obtenemos diferentes resultados en el área nordeste y suroeste. En el caso de los sedimentos de las jaulas del nordeste, se observan diferencias significativas para el Cu y el Mn, por otro lado, los sedimentos del suroeste presentan diferencias significativas para Co, Cr, Cu y Ni.

La existencia de un menor número de diferencias significativas entre el contenido metálico del control y del impacto en los sedimentos de la zona nordeste respecto a los de la zona suroeste, podría estar generada por la presencia de la

corriente de Canarias, que dispersa los contaminantes y evita la contaminación puntual bajo las jaulas. La zona nordeste se ve afectada por este fenómeno, mientras que la zona suroeste, no se ve afectada debido al efecto barrera que ejerce la isla tal y como describimos en la revisión y antecedentes de esta tesis.

En el caso del Mn, existe una mayor concentración en el punto de muestreo de control que en el de impacto, por lo que la acuicultura en este caso, no enriquece los sedimentos en este metal.

En el caso del Cu, los puntos de muestreo de impacto en ambas áreas de estudio (nordeste y suroeste) presentan diferencias significativas que pueden justificarse por las actividades producidas en el engorde de peces de crianza. La dispersión de estos niveles de Cu podría suponer un problema en un futuro debido a que el origen de estos altos niveles de Cu podrían relacionarse con el uso de anti-incrustantes con Cu en el mantenimiento de redes y jaulas (Macleod and Eriksen, 2009; Sneddon and Tremblay; 2011). Por lo tanto, es importante el control del uso de este metal en las jaulas de los peces de crianza, ya que a la larga se podría producir un problema de acumulación.

Independientemente de la existencia de diferencias significativas entre los puntos de muestreo de las distintas áreas, es de gran importancia comprobar si las concentraciones obtenidas superan los valores recomendados por las distintas guías de calidad ambiental de sedimentos que establecen la posible toxicidad para la biota marina.

En el área de acuicultura nordeste, metales como Mn y Ni superan las concentraciones de los valores límites propuestos por las guías de sedimentos consultadas (Long y Morgan., 1991; MENVIQ/EC, 1992; NYSDEC, 1994; Long et al., 1995; CCME, 1995; ANZECC, 1998; Barrick et al., 1998; Del Valls y Chapman, 1998; Nagpal et al., 2004). Estos valores de Mn y Ni, se superan igualmente en el punto control; por lo tanto, al estar estos dos metales elevados en el control y en el impacto, no se puede atribuir únicamente la acumulación de estos metales a la acuicultura o sus actividades.

En el caso del suroeste, los metales que se encuentran por encima de los valores propuestos por las guías de sedimentos consultadas (Long y Morgan., 1991; MENVIQ/EC, 1992; NYSDEC, 1994; Long et al., 1995; CCME, 1995; ANZECC, 1998;

Barrick et al., 1998; Del Valls y Chapman, 1998; Nagpal et al., 2004), son Cd y Ni, pudiendo suponer riesgo de toxicidad ambiental para la biota marina en el caso de que se biodispongan al medio marino. Las mayores concentraciones de Cd y Ni encontradas en el punto de impacto podrían ser causadas por la industria de la acuicultura.

Estos resultados ponen de manifiesto la necesidad de llevar a cabo una monitorización y seguimiento continuo de las concentraciones de sedimentos, debido a que los sedimentos actúan como un sumidero de contaminación y materia orgánica (Idris et al., 2007; Basaran et al., 2010; Ling et al., 2012). Es importante evitar que se produzca una continua acumulación de metales procedentes de la acuicultura y una degradación puntual del sedimento que se encuentra bajo las jaulas.

Por ello, se recomienda la movilización de la localización de las jaulas off-shore de acuicultura cada cierto tiempo para evitar la posible contaminación puntual que se pudiera producir bajo las jaulas. La zona suroeste debe de ser sometida a un seguimiento más periódico, debido a que no existe afección por la corriente de Canarias y se puede producir una acumulación de metales pesados de forma más rápida en los sedimentos bajo las jaulas.

En la tabla 25 presenta los niveles de metales encontrados en distintos estudios previos realizados en diferentes localizaciones mundiales.

Tabla 25: Concentración de metales pesados (mg/kg p.s) en sedimentos de acuicultura analizados por otros autores.

Lugar	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	Referencia
Isla Salih (Turquía)	-	-	-	10,99	-	-	-	4,17	Basaran et al., 2010
Bahía Passamoquoddy (Canadá)	21,0	-	-	-	462	-	-	71,5	Chou et al., 2004
Lago Kasumigaura (Japón)	<LD	14,48	23,32	44,76	0,22	14,79	25,77	154,98	Alam et al., 2001
Golfo Astakos (Grecia)	2,00	-	-	42,0	-	99,4	30,5	388	Belias et al., 2003
Bahía Nha Trang	0,069	-	-	-	-	-	0,078	-	Nghia et al., 2009
Bahía Van Phong	0,028	-	-	-	-	-	0,048	-	
Ecuador	-	-	-	-	-	-	4,1	9,5	Sonnenholzner y Boyd, 2000
Sinaloa, Méjico	0,82	-	-	14,9	-	9,21	19,6	56,3	Frías-Espericueta et al., 2006
Tenerife nordeste	4,32	27,76	47,49	14,69	528,11	32,91	9,69	101,61	Este estudio
Tenerife suroeste	7,54	15,49	27,84	15,82	290,87	34,11	2,31	48,63	

<LD: por debajo del Límite de Detección.

Las concentraciones de Zn, Ni, Pb y Cd se encuentran en valores intermedios con respecto a los estudios llevados a cabo en otros lugares del mundo. En el caso del Co y el Cr (metales menos estudiados), nuestro estudio presenta mayores concentraciones que las encontradas en Japón por Alam et al. en el 2011. La mayor concentración de Mn en sedimentos se encuentra bajo la jaula estudiada en el norte de la isla de Tenerife, seguida del estudio llevado a cabo en Canadá por Chou et al., 2004.

5.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS CONTENIDOS METÁLICOS ENCONTRADOS EN SEDIMENTOS DE PUERTOS Y SUS PLAYAS COLINDANTES

5.2.1. CARACTERIZACIÓN GRANULOMÉTRICA Y METALES EN ÁREA NORDESTE

5.2.1.1. GRANULOMETRÍA Y CARACTERIZACIÓN

5.2.1.1.1. PUERTO DE SANTA CRUZ DE TENERIFE (NORDESTE)

Para llevar a cabo el análisis granulométrico de las zonas portuarias, se tamizaron 100 gramos de cada una de las muestras. Las muestras tamizadas se tomaron a dos profundidades distintas: 0-2,5 y 2,5-5 cm. De las tablas 26 hasta la 31, se describen las granulometrías de los puntos de muestreo, del mismo modo desde las figuras 174 hasta la 185, se exponen las curvas granulométricas de las dos profundidades estudiadas en los puntos de muestreo del puerto nordeste.

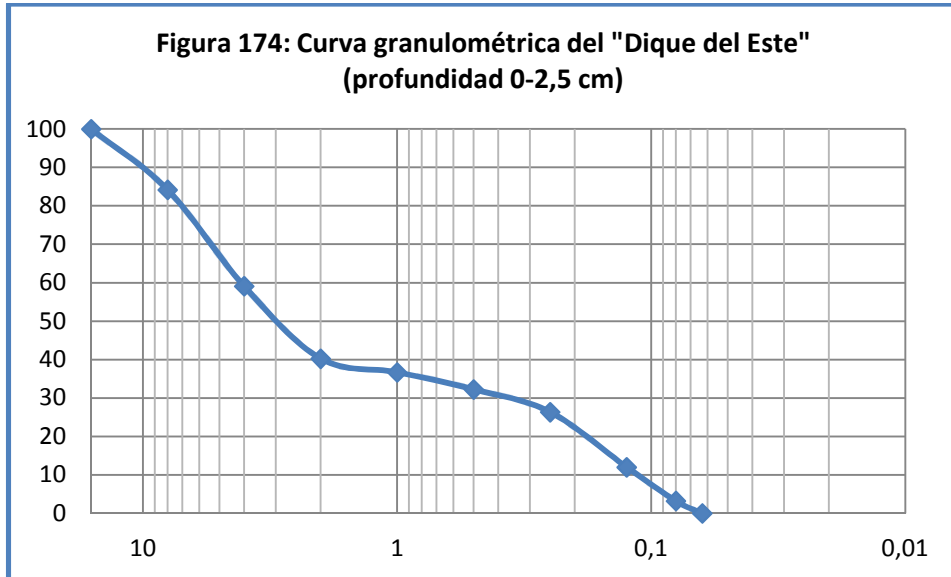
5.2.1.1.1.1. PUNTO DE MUESTREO “DIQUE DEL ESTE” (ZONA PORTUARIA)

En la tabla 26 se presenta el análisis granulométrico llevado a cabo en el punto de muestreo del “Dique del Este” siguiendo los criterios de clasificación de tamices formulados por Buchanan (1984).

Tabla 26: Granulometría de los sedimentos del “Dique del Este”		
Tipo de grano y diámetro de los tamices	Dique del Este (profundidad 0-2,5 cm)	Dique del Este (profundidad 2,5-5 cm)
Gravas (>2 mm)	40,90	26,08
Arena muy gruesa (2 mm)	18,85	9,78
Arena gruesa (1 mm)	3,57	17,00
Arena media (0,5 mm)	4,43	8,31
Arena fina (0,25 mm)	5,91	6,86
Arena muy fina (0,125 mm)	23,13	22,62
Arcilla/limo (<0,063 mm)	3,21	11,37

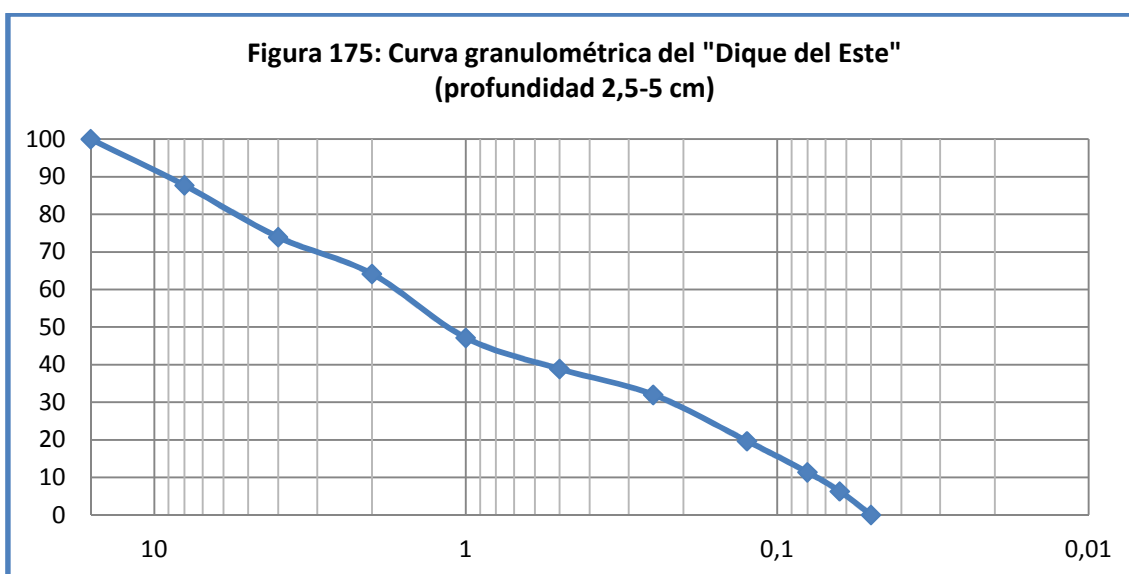
En ambas profundidades del punto de muestreo del “Dique del Este”, se encuentra un predominio de gravas, seguido por arena muy fina. La parte más superficial del “Dique del Este” (0-2,5 cm) presenta un predominio de arena muy gruesa. Los cuatro tipos de granos que siguen a esta arena presentan porcentajes más igualados y son de mayor a menor: arena fina, arena media, arena gruesa y por último arcilla/limo. Los sedimentos de profundidad de 2,5 a 5 cm presenta los siguientes tipos de granos: arena gruesa y la arcilla/limo, con porcentajes significativos del 17 y el 11,37%, respectivamente. Los siguientes tipos de granos en profundidad 2,5-5 cm, se encuentran en porcentajes por debajo del 10% y son: arena muy gruesa, arena media y arena fina.

En la figura 174 se muestra la curva granulométrica correspondiente al punto de muestreo del “Dique del Este” en su parte más superficial (0-2,5 cm). La figura muestra una graduación homogénea de arenas debido a la pendiente continua entre los tamices 0,25 y 2 mm. Existe un predominio de partículas gruesas entre 3 y 10 mm. El diámetro eficaz de la muestra (d_{10}), se fija en 0,14 mm.



En la figura 175 se muestra la curva granulométrica correspondiente al punto de muestreo del “Dique del Este” en profundidad 2,5-5 cm. Podemos observar una curva con una pendiente continua por debajo de los 2 mm que demuestra una distribución más homogénea de los granos que la observada entre 0 y 2,5 cm de

profundidad. El 50% de los granos pasan por el tamiz de 1 mm y la otra mitad por debajo de este tamiz. El diámetro eficaz (d_{10}) se fija en 0,08 mm.



En el caso del punto de muestreo del “Dique del Este”, existe un mayor porcentaje de finos y un menor diámetro eficaz (d_{10}) a mayor profundidad. En la muestra más superficial existe un mayor porcentaje de gruesos por encima de 2 mm (gravas).

5.2.1.1.2. PUNTO DE MUESTREO “VALLE SECO” (ZONA PORTUARIA)

La granulometría del punto de muestreo “Valle Seco” se muestra en la tabla 27 siguiendo los criterios de clasificación de tamices formulados por Buchanan (1984). En dicha tabla se aprecian los distintos porcentajes de los tipos de granos más frecuentes en las muestras correspondientes a las dos profundidades tomadas.

Tabla 27: Granulometría punto de muestreo “Valle Seco”		
Tipo de grano y diámetro de los tamices	Valle Seco (profundidad 0-2,5 cm)	Valle Seco (profundidad 2,5-5 cm)
Gravas (>2 mm)	1,84	0,00
Arena muy gruesa (2 mm)	2,84	14,53
Arena gruesa (1 mm)	8,47	23,36

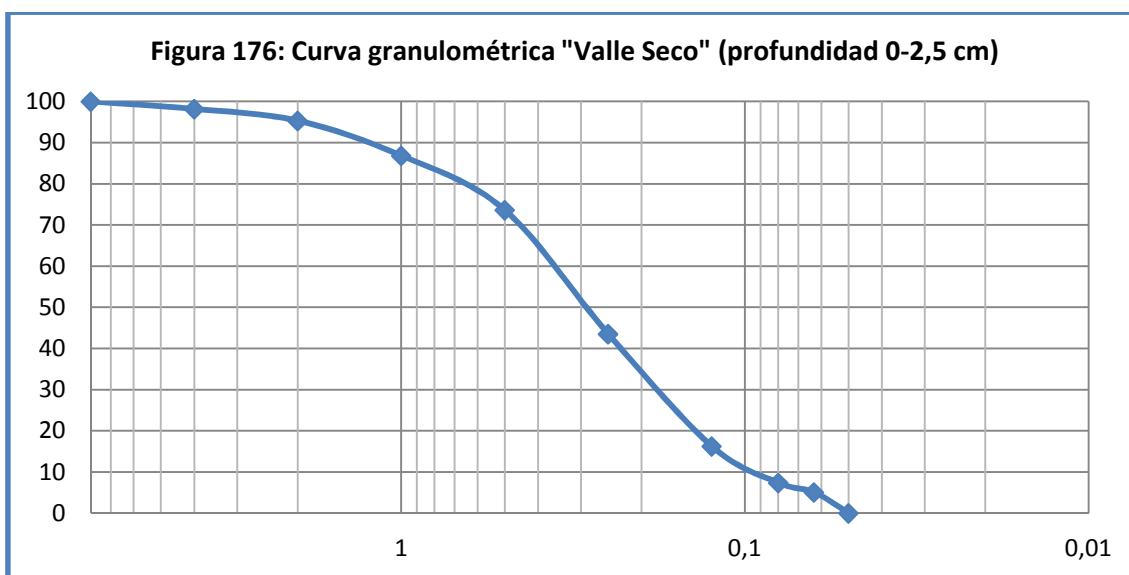
Arena media (0,5 mm)	13,21	9,31
Arena fina (0,25 mm)	30,13	10,44
Arena muy fina (0,125 mm)	36,15	28,38
Arcilla/limo (<0,063 mm)	7,36	13,98

En ambas profundidades existe una mayor proporción de arena muy fina, siendo este tipo de grano el único en común entre ambas muestras.

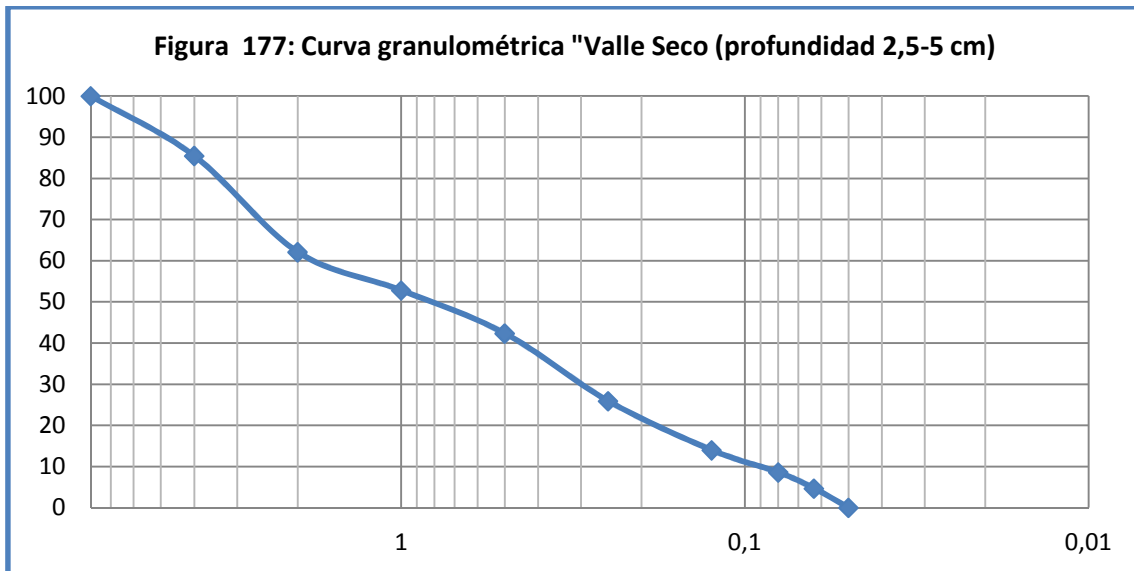
En el caso de la muestra más superficial (0-2,5 cm), los tipos de granos más comunes son la arena muy fina, seguida de la arena media y la arena gruesa, el siguiente tipo de grano en proporción es la arcilla/limo, seguida con un porcentaje más bajo de arena muy gruesa y gravas.

En el caso de la muestra de profundidad 2,5-5 cm, los granos más abundantes después de la arena fina, son la arena gruesa, seguido por la arena muy gruesa, la arcilla/limo, la arena fina y la arena media. Esta muestra a profundidad no presenta gravas.

En la figura 176, se muestra la curva granulométrica correspondiente al punto de muestreo "Valle Seco", correspondiente a la zona portuaria en profundidad 0-2,5 cm. Se observa una pendiente más pronunciada en la zona de las arenas, lo que significa un mayor predominio de estas. El diámetro eficaz (d_{10}) de la muestra, se fija en 0,1 mm.



La figura 177 muestra la curva granulométrica correspondiente al punto de muestreo “Valle Seco” a una profundidad de 2,5-5 cm. La muestra presenta una pendiente menos pronunciada, lo que se traduce en una distribución de los granos más homogénea para todos los tipos de partículas. El diámetro eficaz (d_{10}) se fija en 0,08 mm.



En el caso del punto de muestreo “Valle Seco”, encontramos que a mayor profundidad, existe un mayor porcentaje de finos y un menor diámetro eficaz. La muestra más superficial contiene un porcentaje mayor de gruesos por encima de 2 mm (gravas).

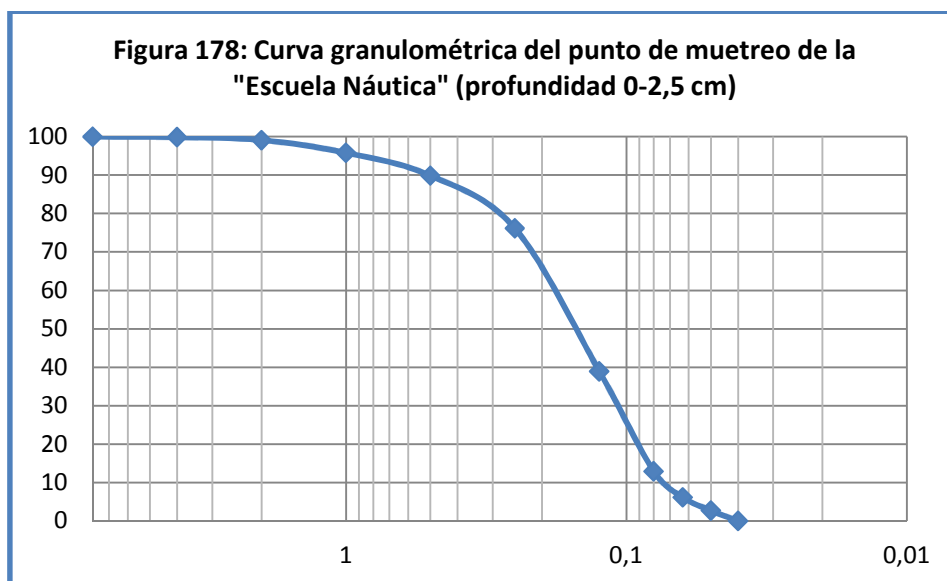
5.2.1.1.1.3. PUNTO DE MUESTREO “ESCUELA NÁUTICA” (ZONA PORTUARIA).

la distribución de la granulometría del punto de muestreo correspondiente a la “Escuela Náutica” en sus distintas profundidades, se muestra en la tabla 28, siguiendo los criterios de clasificación formulados por Buchanan (1984).

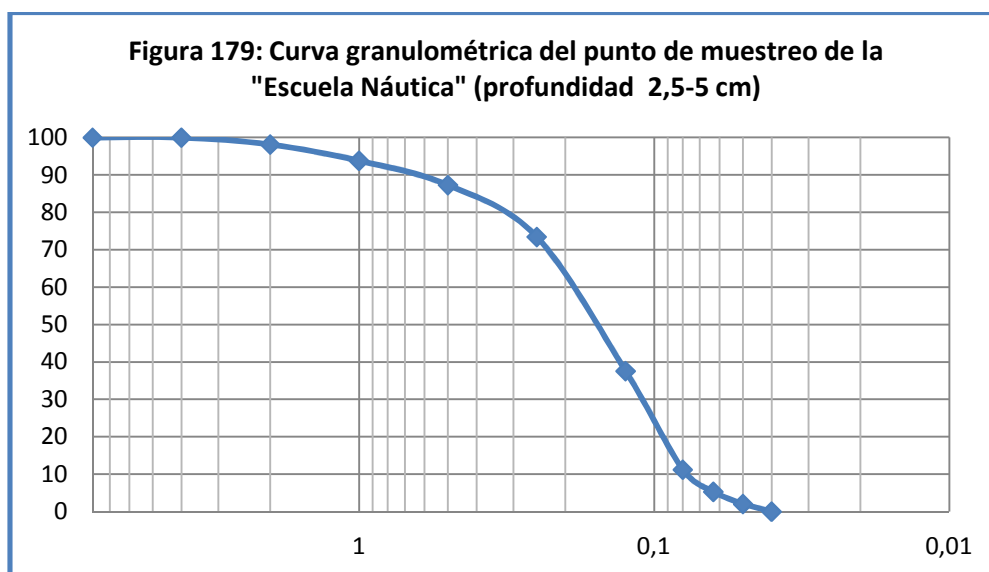
Tabla 28: Granulometría "Escuela Náutica"		
Tipo de grano y diámetro de los tamices	Escuela Náutica (profundidad 0-2,5 cm)	Escuela náutica (profundidad 2,5-5 cm)
Gravas (>2 mm)	0,11	0,00
Arena muy gruesa (2 mm)	0,78	1,87
Arena gruesa (1 mm)	3,29	4,33
Arena media (0,5 mm)	5,95	6,49
Arena fina (0,25 mm)	13,70	13,86
Arena muy fina (0,125 mm)	63,25	62,24
Arcilla/limo (<0,063 mm)	12,92	11,21

En ambas muestras a distintas profundidades, encontramos una distribución del tipo de grano parecida. En ambas muestras, tenemos un predominio por encima del 60% de arena muy fina, seguido de arena fina, arcilla/limo, arena media, arena gruesa y arena muy gruesa. En el caso de la muestra más superficial, existe un 0,11% de gravas que no se encuentra en la muestra a profundidad 2,5-5 cm.

En la figura 178, se muestra la curva granulométrica correspondiente al punto de muestreo de la "Escuela Náutica" en superficie (0-2,5 cm). Tal y como se puede observar en la figura, el 90% de la muestra pasa por un tamiz con un diámetro de 0,5 mm de diámetro, presentando una pendiente muy acusada debido a la existencia de un mayor porcentaje de granos finos. Por tanto se trata de una muestra con un predominio de partículas finas y el diámetro eficaz (d_{10}) se fija en 0,08 mm.



En la figura 179, se expone la curva granulométrica correspondiente a la Escuela Náutica en profundidad de 2,5 a 5 cm. Al igual que en la muestra anterior, en esta muestra también se observa una pendiente acusada debido predominio de partículas finas. El 90% de la muestra presenta partículas con un tamaño de grano que pasan por debajo de 0,7 mm. El diámetro eficaz de la muestra (d_{10}) se fija en 0,08 mm.



En el caso del punto de muestreo de la “Escuela Náutica”, ambas profundidades presentan distribuciones de grano muy parecidas, siendo el diámetro eficaz de ambas muestras el mismo fijado en 0,08 mm. En cuanto a las gravas, la muestra más superficial presenta un pequeño porcentaje (0,11%), que no existe en la muestra a profundidad 2,5-5 cm.

5.2.1.1.1.4. PUNTO DE MUESTREO “ATRAQUE ARMAS-FRED OLSEN” (ZONA PORTUARIA).

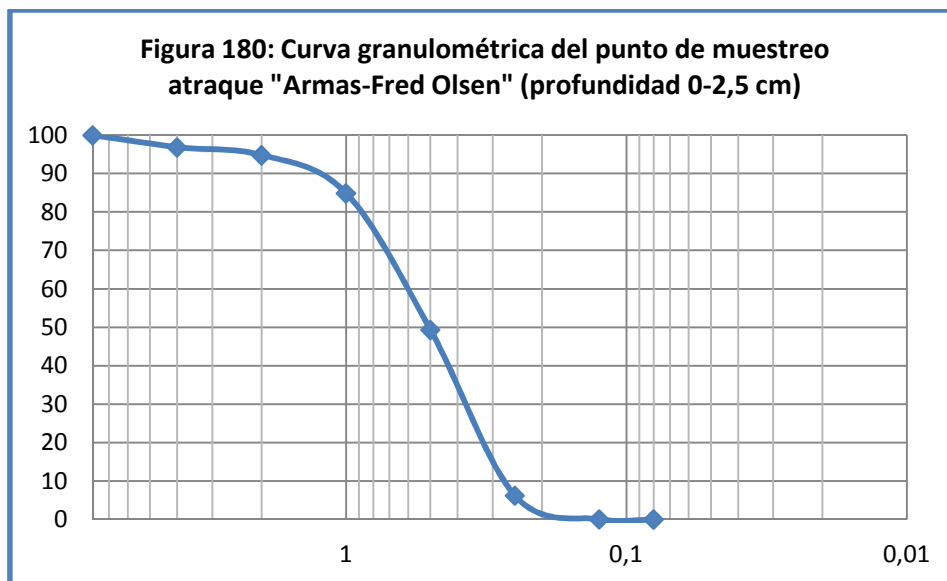
En la tabla 29 se presenta la granulometría del punto de muestreo correspondiente al “Atrache Armas-Fred Olsen” en la zona portuaria de Santa Cruz de Tenerife, siguiendo los criterios de clasificación de tamices formulados por Buchanan (1984).

Tabla 29: Granulometría del “Atraque Armas-Fred Olsen”

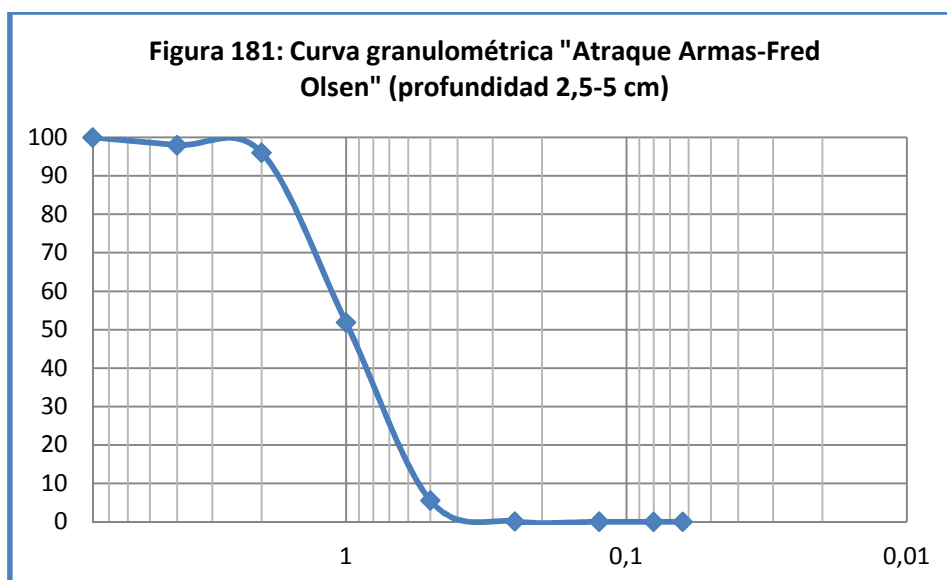
Tipo de grano y diámetro de los tamices	Atraque Armas-Fred Olsen (profundidad 0-2,5 cm)	Atraque Armas-Fred Olsen (profundidad 2,5-5 cm)
Gravas (>2 mm)	3,15	0,00
Arena muy gruesa (2 mm)	2,05	1,98
Arena gruesa (1 mm)	9,88	1,97
Arena media (0,5 mm)	35,57	44,17
Arena fina (0,25 mm)	43,12	46,34
Arena muy fina (0,125 mm)	6,23	5,45
Arcilla/limo (<0,063 mm)	2,06	0,09

En ambas profundidades, existe un mayor porcentaje de arena fina, seguido de arena media. En el caso de la muestra superficial, el siguiente tipo de grano con mayor abundancia es la arena gruesa, arena muy fina, gravas y, con porcentajes muy parecidos, encontramos arcilla/limo (2,06%) y arena muy gruesa (2,05%). En el caso de la muestra tomada a profundidad de 2,5 a 5 cm, tenemos una mayor proporción de arena muy fina, seguida de distintas arenas con proporciones muy parecidas: arena muy gruesa (1,98%) y arena gruesa (1,97 %). Por último, en esta muestra a profundidad encontramos un pequeño porcentaje de arcilla/limo (0,09%), no presentando gravas.

En la figura 180, se muestra la curva granulométrica correspondiente al punto de muestreo “Atraque Armas-Fred Olsen” en superficie (0-2,5 cm). Se aprecia una curva con una pendiente muy acusada correspondiente a una muestra con predominio de granos que pasan entre los tamices 0,25 y 1 mm. El diámetro eficaz (d_{10}) de la muestra a profundidad de 0 a 2,5 cm se fija en esta curva granulométrica en 0,28 mm.



En la figura 181, se muestra la curva granulométrica correspondiente a los sedimentos del punto de muestreo "Atrache Armas-Fred Olsen" a profundidades de entre 2,5 y 5 cm. Se comprueba que existe un predominio de partículas con el tipo de grano predominante entre los tamices 0,5 y 2 mm. El diámetro eficaz (d_{10}) de la muestra en profundidad se fija en 0,6 mm.



A diferencia de los puntos anteriores estudiados ("Dique del Este", "Valle Seco" y "Escuela Náutica"), en el caso del punto correspondiente al puerto de "Atrache Armas-Fred Olsen", la muestra que presenta un mayor porcentaje de finos y un menor

diámetro eficaz es la muestra superficial (0-2,5 cm). Esta inversión que presenta un sedimento más degradado en la parte superficial puede ser debido a la continua resuspensión y deposición de las partículas más finas en superficie, causado por el continuo funcionamiento de las turbinas de los barcos durante las actividades portuarias (Cheung et al., 2003; Je et al., 2007; Cantwell et al., 2008).

5.2.1.1.1.5. PUNTO DE MUESTREO “BARRANCO DE SANTOS” (ZONA PORTUARIA)

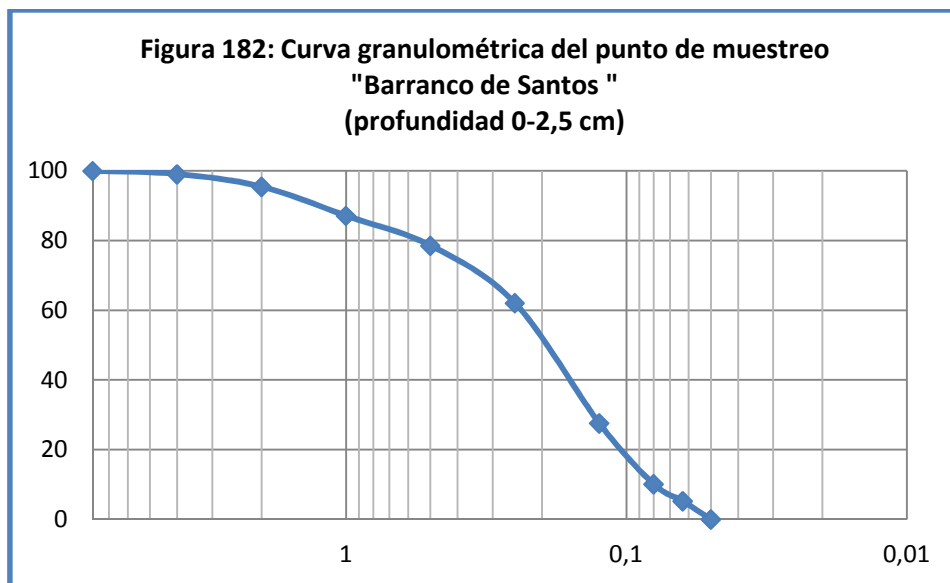
La tabla 30 muestra la granulometría correspondiente al punto de muestreo tomado en la zona portuaria en la desembocadura del Barranco de Santos, la granulometría se lleva a cabo siguiendo los criterios de clasificación formulados por Buchanan (1984).

Tabla 30: Granulometría “Barranco de Santos”		
Tipo de grano y diámetro de los tamices	Barranco Santos (profundidad 0-2,5 cm)	Barranco Santos (profundidad 2,5-5 cm)
Gravas (>2 mm)	1,62	0,07
Arena muy gruesa (2 mm)	6,31	4,56
Arena gruesa (1 mm)	14,52	5,13
Arena media (0,5 mm)	14,96	12,22
Arena fina (0,25 mm)	28,75	21,62
Arena muy fina (0,125 mm)	28,33	43,53
Arcilla/limo (<0,063 mm)	5,51	12,87

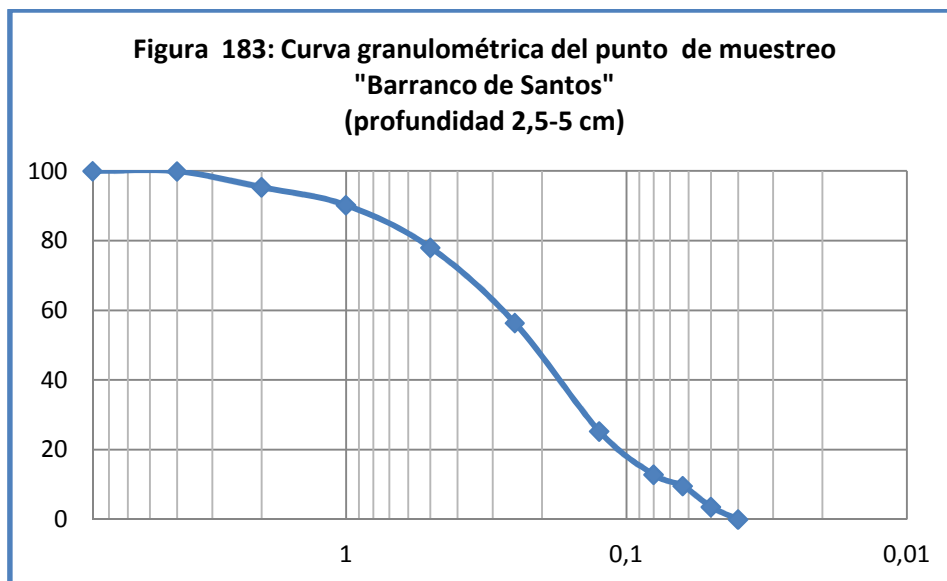
En la tabla anterior se comprueba que la granulometría varía en función de la profundidad. En el caso de la muestra tomada en superficie hasta una profundidad de 2,5 cm, encontramos un predominio de arena fina, seguido por arena muy fina (en porcentajes por debajo del 30%), arena media, arena gruesa (en porcentajes por debajo del 15%), arena muy gruesa (6,31%), arcilla/limo (5,51%) y por último gravas (1,62%). En el caso de la muestra en profundidad entre 2,5 y 5 cm, encontramos una mayor proporción de arena muy fina, con un 43,53%, seguido de la arena fina (21,62%). A continuación, el tipo de grano con mayor abundancia pero debajo de un 13% es la arcilla/limo (12,87%) y la arena media (12,22%). Finalmente, en menor

proporción se encuentra la arena gruesa (5,13%), arena muy gruesa (4,56%) y gravas (0,07%).

En la figura 182, se muestra la curva granulométrica correspondiente al punto de muestreo "Barranco de Santos" en superficie hasta una profundidad de 2,5 cm. En la curva granulométrica se observa que el 50% de los granos que pasan por los tamices presentan un diámetro inferior a 0,2 mm. El diámetro eficaz (d_{10}) de la muestra, se fija en 0,08 mm.



La figura 183 muestra la curva granulométrica correspondiente al punto de muestreo "Barranco de Santos" a profundidad entre 2,5 y 5 cm. Se comprueba que al igual que la gráfica anterior, el 50% de los granos que pasan por los tamices, se encuentran por debajo de 0,2 mm. El diámetro eficaz (d_{10}) de la muestra se fija en 0,06 mm.



Las figuras anteriores nos presentan que las muestras tomadas a profundidad entre 2,5 y 5 cm presenta mayor porcentaje de finos y un menor diámetro eficaz (d_{10}) (figura 182 y 183). La presencia de un mayor porcentaje de partículas finas en profundidad es el comportamiento normal en los sedimentos, debido a la recolocación y compactación de las partículas por gravedad.

5.2.1.1.1.6. PUNTO DE MUESTREO “LA REFINERÍA” (ZONA PORTUARIA).

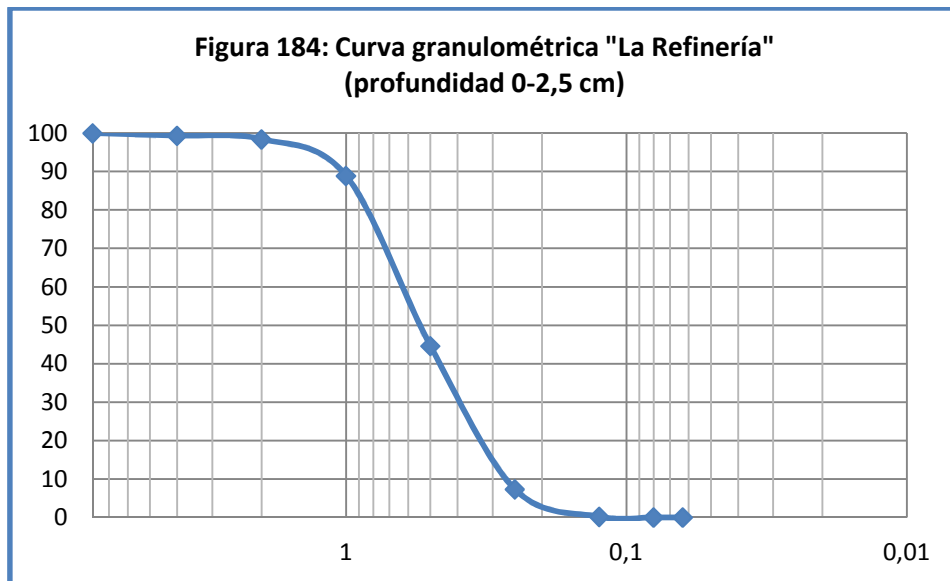
En la tabla 31, se muestra el análisis granulométrico llevado a cabo en el punto de muestreo del puerto correspondiente al punto de muestreo de “la Refinería”, siguiendo los criterios de clasificación de tamices formulados por Buchanan (1984).

Tabla 31: Granulometría del punto de muestreo de “la Refinería”		
Tipo de grano y diámetro de los tamices	Refinería (profundidad 0-2,5 cm)	Refinería (profundidad 2,5-5 cm)
Gravas (>2 mm)	0,65	0,60
Arena muy gruesa (2 mm)	0,92	4,87
Arena gruesa (1 mm)	9,52	21,62
Arena media (0,5 mm)	44,28	30,06
Arena fina (0,25 mm)	37,29	37,37

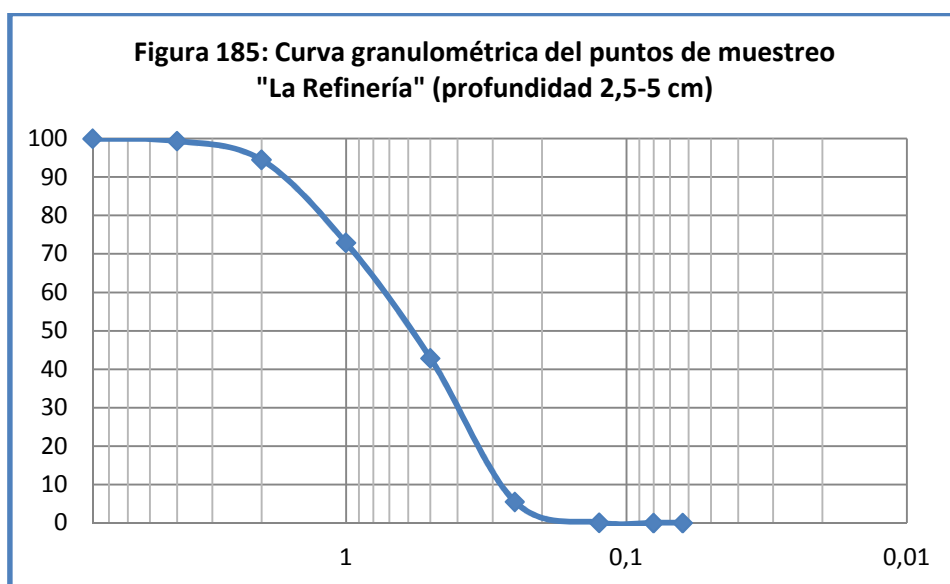
Arena muy fina (0,125 mm)	3,55	5,49
Arcilla/limo (<0,063 mm)	0,01	0,00

La tabla 31 muestra una distribución de los granos distinta para las muestras a distintas profundidades, aunque ambas tienen en común una baja proporción de arcillas/limos y gravas. En el caso de la muestra más superficial (0-2,5 cm) encontramos una mayor proporción de arena media (44,28%), seguida por la arena fina (37,29%). Tanto la arena media como la arena fina, son los tipos de granos más abundantes en la muestra, sumando ambos más del 80% del total. A continuación, por debajo del 10% encontramos arena gruesa (9,52%), seguido con un 3,55% de arena muy fina. Por debajo del 1% encontramos arena muy gruesa (0,92%), gravas (0,65%) y por último arcilla/limo con una abundancia muy baja (0,01%). En el caso de la muestra a profundidades entre 2,5 y 5 cm, los dos tipos de granos más abundantes son la arena fina (37,37%) y arena media (30,06%), seguido por arena gruesa (21,62%). La distribución de los demás tipos de granos en la muestra, son arena muy fina (5,49%), seguidas de arena muy gruesa (4,87%) y por último en menor proporción las gravas (0,60%), no existiendo presencia de arcilla/limo en la muestra.

En la figura 184 se muestra la curva granulométrica correspondiente al punto de muestreo de “la Refinería” en superficie (de 0 a 2,5 cm). Se comprueba que la pendiente de la curva granulométrica es muy acusada por la gran representación de partículas que pasan por el tamiz entre 0,2 y 1 mm en la muestra. La gráfica muestra también una baja representación de gravas y arcillas/limos. El diámetro eficaz (d_{10}) de la muestra se fija en 0,28 mm.



La figura 185 muestra la curva granulométrica correspondiente al punto de muestreo cercano a "La Refinería" a profundidad de entre 2,5 y 5 cm. La curva granulométrica presenta también una pendiente muy acusada entre los tamices 0,25 y 1 mm, aunque dicha pendiente es menos acusada que la curva granulométrica correspondiente a la muestra de la figura 184. Del mismo modo, se comprueba que las gravas y las arcillas/limos son bajos con respecto al resto de los granos tamizados. El diámetro eficaz de la muestra (d_{10}) se fija en 0,29 mm.



En el punto de muestreo correspondiente a “la Refinería”, encontramos que la curva granulométrica correspondiente a la muestra superficial (0-2,5 cm) contiene una mayor proporción de partículas finas y un diámetro eficaz menor (0,28 mm) que la muestra en profundidad.

La mayor presencia de finos en superficie puede ser debido a la resuspensión y deposición de partículas finas por el continuo fondeo de barcos en el muelle colindante de La Hondura. En el muelle de la Hondura se llevan a cabo maniobras de carga y descarga de productos petrolíferos en la refinería, por lo que continuamente hay movimiento de barcos (Cheung et al., 2003; Je et al., 2007; Cantwell et al., 2008).

5.2.1.1.2. PLAYAS COLINDANTES A PUERTOS

Para el análisis granulométrico de las playas colindantes al puerto de Santa Cruz (área nordeste), se tamizaron 100 gramos de cada una de las muestras a distintas profundidades: 0-2,5 cm y 2,5 a 5 cm. En las siguientes tablas (tabla 32-35), se describen las granulometrías de los puntos de muestreo situados en las playas del nordeste cercanas al puerto de Santa Cruz. En las gráficas se expone la tendencia que presentan las curvas granulométricas (figura 186-193) a distintas profundidades.

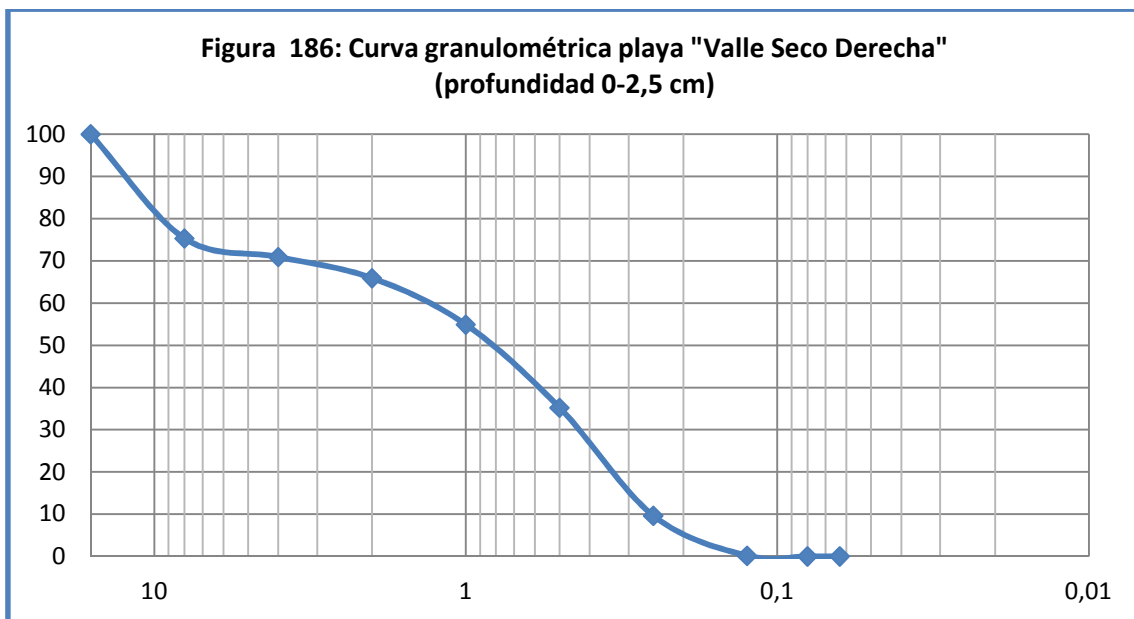
5.2.1.1.2.1. PLAYA DE VALLE SECO

La tabla 32 muestra la granulometría correspondiente al punto de muestreo de la playa de “Valle Seco Derecha”.

Tabla 32: Granulometría playa “Valle Seco Derecha”		
Tipo de grano y diámetro de los tamices	Valle Seco Derecha (profundidad 0-2,5 cm)	Valle Seco Derecha (profundidad 2,5-5 cm)
Gravas (>2 mm)	29,07	20,06
Arena muy gruesa (2 mm)	5,02	5,65
Arena gruesa (1 mm)	11,01	12,41
Arena media (0,5 mm)	19,69	22,19
Arena fina (0,25 mm)	25,59	28,84
Arena muy fina (0,125 mm)	9,62	10,84
Arcilla/limo (<0,063 mm)	0,00	0,00

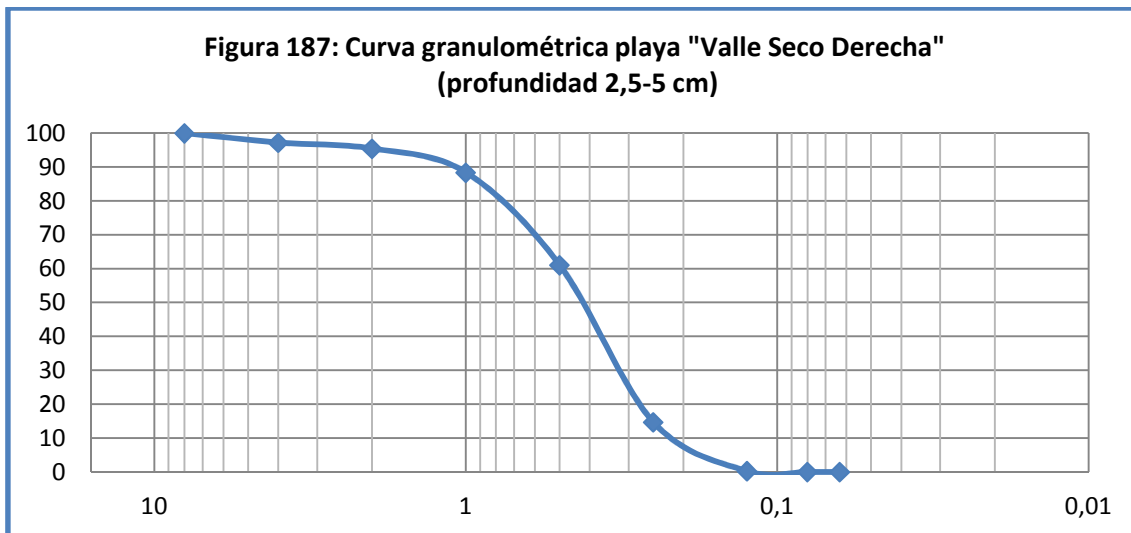
La distribución de las muestras a distinta profundidad en el punto de muestreo de la playa colindante al puerto de “Valle Seco Derecha”, son variables. En el caso de la muestra más superficial, el tipo de grano más abundante es la grava (29,07%), seguido por la arena fina (25,59%), la arena media (19,69%), la arena gruesa (11,01%), arena muy fina (9,62%) y la arena muy gruesa (5,02%), no existiendo arcilla/limo en ninguna de las muestras. En el caso de la muestra a profundidad de entre 2,5 y 5 cm, encontramos que el tipo de grano más abundante es la arena fina (28,84%), seguido de la arena media (22,19%) y la grava (20,06%). A continuación se encuentra la arena muy fina con un porcentaje del 10,84% y, por último, la arena gruesa, con 5,65%.

En la figura 186 se muestra la curva granulométrica correspondiente a la muestra en superficie del punto de muestreo de la playa colindante al puerto de “Valle Seco Derecha”.



Tal y como se puede observar en la gráfica anterior, la pendiente de la curva presenta una tangente poco acusada, que nos indica la distribución homogénea de los granos en la muestra. El diámetro eficaz (d_{10}) de la muestra se fija en 0,24 mm.

La figura 187 muestra la curva granulométrica correspondiente a la muestra en profundidad entre 2,5 y 5 cm del punto de muestreo de la playa colindante al puerto “Valle Seco Derecha”.



En el caso del punto de muestreo correspondiente a la playa “Valle Seco Derecha”, la distribución de los tipos de granos es distinta, presentando la muestra en profundidad un mayor porcentaje de finos y la muestra más superficial más cantidad de gravas. En el caso del diámetro eficaz, la muestra en profundidad presenta un menor diámetro eficaz (d_{10}) que la muestra en superficie. Por lo tanto, la muestra de “Valle Seco Derecha” presenta una distribución normal en su granulometría.

La figura 186 muestra una distribución con una mayor pendiente que la que se aprecia en la figura 187, debido a la mayor abundancia de granos que pasan por los tamices entre 0,25 y 1 mm. El diámetro eficaz (d_{10}) de la muestra se fija en 0,23 mm.

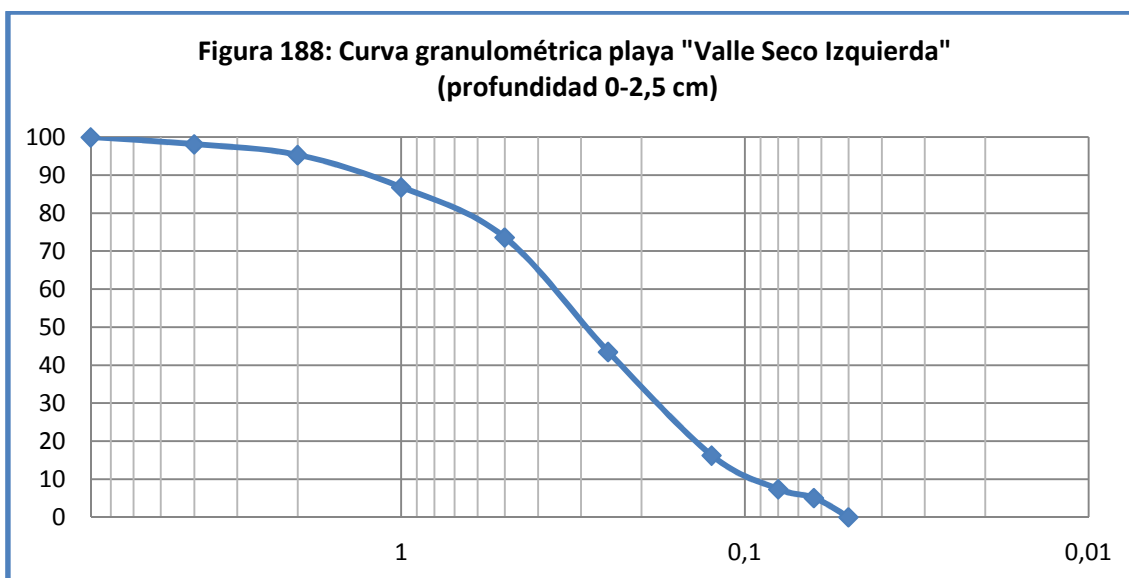
En la tabla 33 se expone el análisis granulométrico correspondiente a la playa de “Valle Seco Izquierda” con los tipos de granos más abundantes para las profundidades de 0 a 2,5 cm y de 2,5 a 5 cm.

Tabla 33: Granulometría playa “Valle Seco Izquierda”		
Tipo de grano y diámetro de los tamices	Valle Seco Izquierda (profundidad 0-2,5)	Valle Seco Izquierda (profundidad 2,5-5)
Gravas (>2 mm)	12,24	12,92
Arena muy gruesa (2 mm)	4,16	4,84
Arena gruesa (1 mm)	10,82	11,01
Arena media (0,5 mm)	30,23	27,64
Arena fina (0,25 mm)	33,75	34,23
Arena muy fina (0,125 mm)	8,78	9,35
Arcilla/limo (<0,063 mm)	0,02	0,01

En la tabla anterior, se comprueba que para ambas muestras a distintas profundidades, existe una distribución semejante con respecto a los distintos tipos de granos. El tipo de grano más abundante en ambas muestras comienza con la arena fina, seguida de la arena media, gravas, arena gruesa, arena muy fina, arena muy gruesa y por último arcillas/limos.

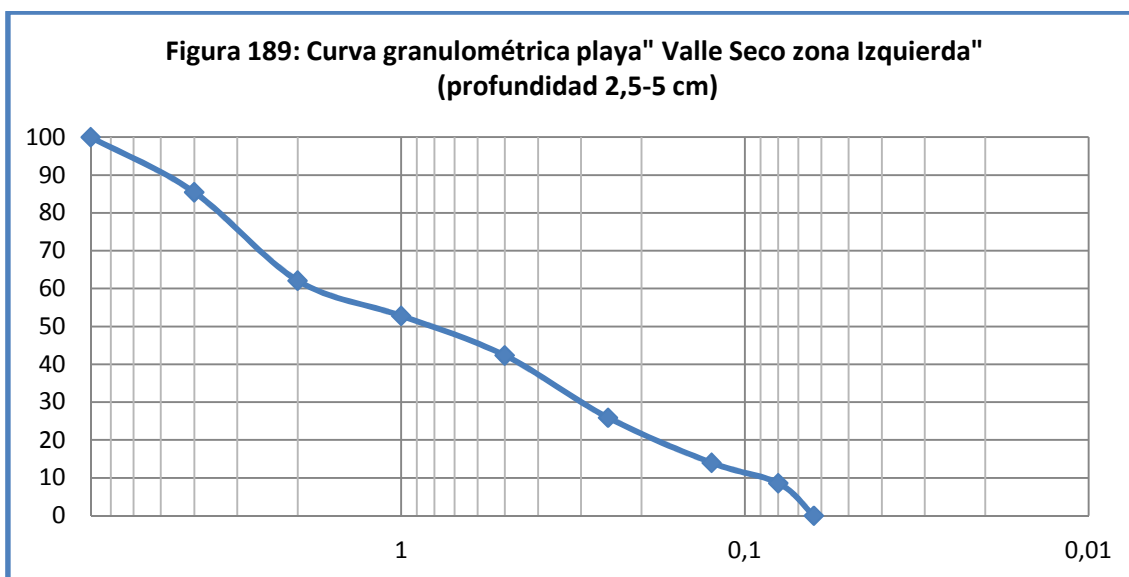
El punto de muestreo de la playa de Valle Seco se encuentra frente al punto de muestreo del puerto con el mismo nombre, situado este último punto dentro del entorno portuario. En la tabla 27 correspondiente al punto de muestreo "Valle Seco" del entorno portuario, se aprecia que las muestras correspondientes a la zona portuaria presentan una mayor proporción de finos, con respecto a la muestras de la playa de Valle Seco. Este comportamiento de los sedimentos se puede deber a la dinámica litoral, que tiende a llevar a cabo un arrastre de las partículas más finas hacia el interior, debido a su menor resistencia por el menor peso que contienen las partículas.

En la figura 188, se muestra la curva granulométrica correspondiente a la muestra más superficial de la playa de "Valle Seco Izquierda".



Se comprueba en la figura 188, una curva con pendiente poco pronunciada que indica una distribución homogénea de las partículas. El diámetro eficaz de la muestra se fija en 0,1 mm.

En la figura 189, se muestra la curva granulométrica correspondiente a la muestra de profundidades entre 2,5 y 5 cm del punto de muestreo correspondiente a la playa de “Valle Seco Izquierda”.



Al igual que la figura 188, la figura 189 también muestra una curva granulométrica con una pendiente poco pronunciada que delata la existencia de una distribución de las partículas de forma homogénea. El diámetro eficaz (d_{10}) de la muestra en profundidad se fija en 0,09 mm.

La distribución de las partículas del punto de muestreo de la playa de “Valle Seco Izquierda” en ambas muestras es prácticamente la misma tal y como se aprecia en la tabla 33. El diámetro eficaz de la muestra en profundidad ($d_{10}=0,09$ mm) es menor que la correspondiente a la muestra en superficie ($d_{10}=0,1$ mm).

5.2.1.1.2.2. PLAYA DEL PARQUE MARÍTIMO

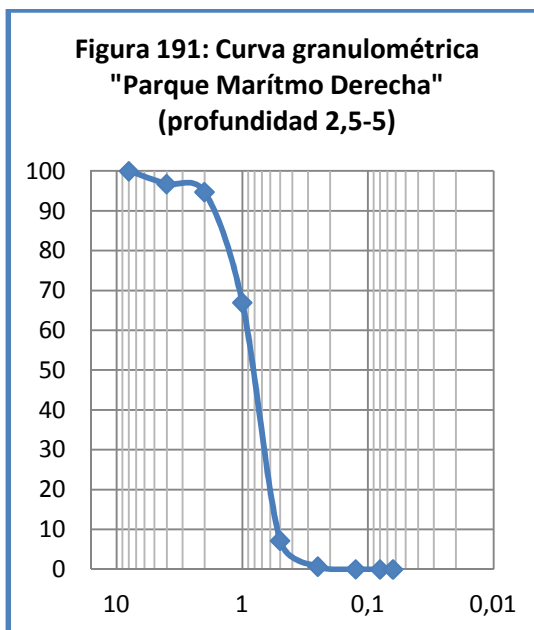
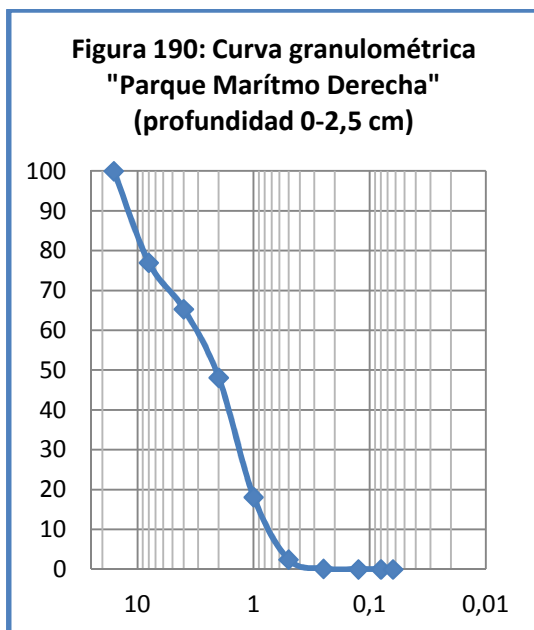
En la tabla 34 se muestra la granulometría presente en la playa del “Parque Marítimo Derecha”.

Tabla 34: Granulometría de la playa del “Parque Marítimo Derecha”		
Tipo de grano y diámetro de los tamices	Parque Marítimo Derecha (profundidad 0-2,5 cm)	Parque Marítimo Derecha (profundidad 2,5-5 cm)
Gravas (>2 mm)	34,66	3,25
Arena muy gruesa (2 mm)	17,21	1,99

Arena gruesa (1 mm)	29,99	27,79
Arena media (0,5 mm)	15,68	59,76
Arena fina (0,25 mm)	2,33	6,52
Arena muy fina (0,125 mm)	0,13	0,69
Arcilla/limo (<0,063 mm)	0,00	0,00

Las granulometrías que presentan las muestras de la playa del “Parque Marítimo Derecha” difieren en la abundancia de los tipos de granos. La muestra tomada en superficie 0-2,5 cm presenta un predominio de gravas (34,66%), seguido por la arena gruesa (29,99 %), la arena muy gruesa (17,21 %) la arena media (15,68 %), la arena fina (2,33 %) y, por último, la arena muy fina (0,13%). Por otro lado, la muestra en profundidad entre 2,5-5 cm, presenta un predominio de arena media (59,76%), seguido por la arena gruesa (27,79%), la arena fina (6,52 %), las gravas (3,25 %) y, por, último la arena muy fina (0,69%). Ninguna de las muestras presentaba arcilla/limo dentro de su granulometría.

Las figuras 190 y 191 muestran las curvas granulométrica de la muestra en superficie 0-2,5 cm y en profundidad del punto de muestreo de la playa del “Parque Marítimo Derecha”. En la curva granulométrica del punto de muestreo de la playa “Parque Marítimo Derecha”, se puede ver la baja representación de partículas que pasan por los tamices de diámetro inferior a 0,5 mm. El diámetro eficaz (d_{10}) de la muestra se fija en 0,8 mm. La figura 191 presenta una curva granulométrica con una pendiente casi vertical debido a la abundancia de partículas que pasan por los tamices entre 0,5 y 2 mm. Existe una escasa representación de partículas por debajo de 0,5 mm. El diámetro eficaz (d_{10}) de la muestra se fija en 0,5 mm.



La tabla 35 muestra la granulometría de las muestras tomadas en el punto de muestreo establecido en la playa del "Parque Marítimo Izquierda".

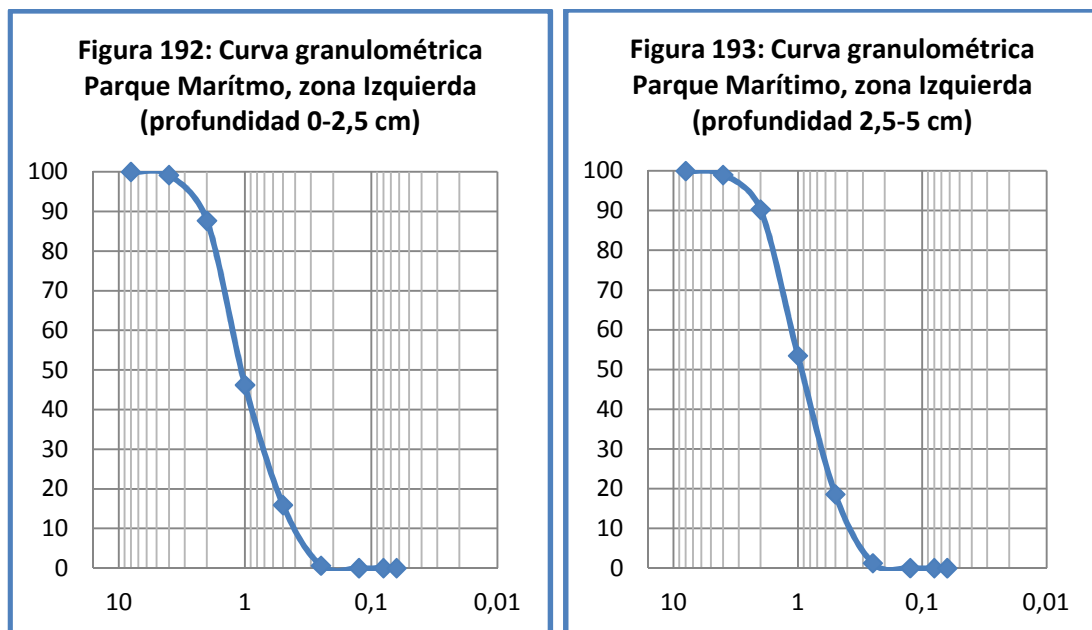
Tabla 35: Granulometría "Parque Marítimo Izquierda"

Tipo de grano y diámetro de los tamices	Parque Marítimo Izquierda (0-2,5 cm)	Parque Marítimo Izquierda (2,5-5 cm)
Gravas (>2 mm)	0,80	0,98
Arena muy gruesa (2 mm)	11,51	8,71
Arena gruesa (1 mm)	41,46	36,82
Arena media (0,5 mm)	30,30	34,90
Arena fina (0,25 mm)	15,30	17,33
Arena muy fina (0,125 mm)	0,64	1,27
Arcilla/limo (<0,063 mm)	0,00	0,00

Tal y como se comprueba en la tabla 35, la muestra en superficie 0-2,5 cm y la muestra en profundidad 2,5-5 cm muestran una distribución semejante en cuanto a los tipos de granos más abundantes se refiere. El tipo de grano en mayor proporción es la arena gruesa, seguida de la arena media y arena muy gruesa. Existe una diferenciación en los tipos de granos minoritarios entre las muestras. Por un lado la muestra superficial (0-2,5 cm) presenta gravas (0,80 %) seguido de arena muy fina (0,68 %) mientras que la muestra en profundidad (2,5-5 cm) presenta arena muy fina (1,27%)

seguido de gravas (0,98%). En ninguna de las dos muestras tomadas en el punto de muestreo “Parque Marítimo Izquierda” se apreciaron arcillas o limos.

La figura 192 y 193 muestran las curvas granulométricas correspondientes a las muestras de la playa del Parque Marítimo en la zona Izquierda en superficie 0-2,5 cm y en profundidad 2.5-5 cm. En ambas muestras se aprecia una curva con la pendiente entre 0,25 y 2 mm debido al predominio de partículas que pasan por los tamices de esa fracción. El diámetro eficaz (d_{10}) de ambas muestras se fija en 0,4 mm.



Los puntos de muestreo de la playa del Parque Marítimo zona izquierda presentan granulometrías muy parecidas y un diámetro eficaz (d_{10}) semejante (0,4 mm) para las muestras a distinta profundidad.

5.2.1.1.3. PUNTO DE CONTROL LA PLAYA DE ROQUE BERMEJO

La tabla 36 muestra la granulometría, siguiendo los criterios de Buchanan (1984) de las muestras tomadas en el punto de muestreo control localizado en la Playa de Roque Bermejo situada en el Parque Rural de Anaga.

Tabla 36: Granulometría de los dos puntos de muestreo de la playa Roque Bermejo

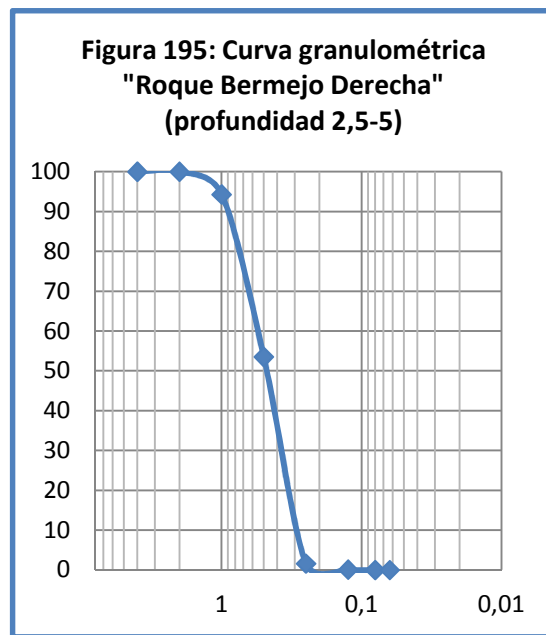
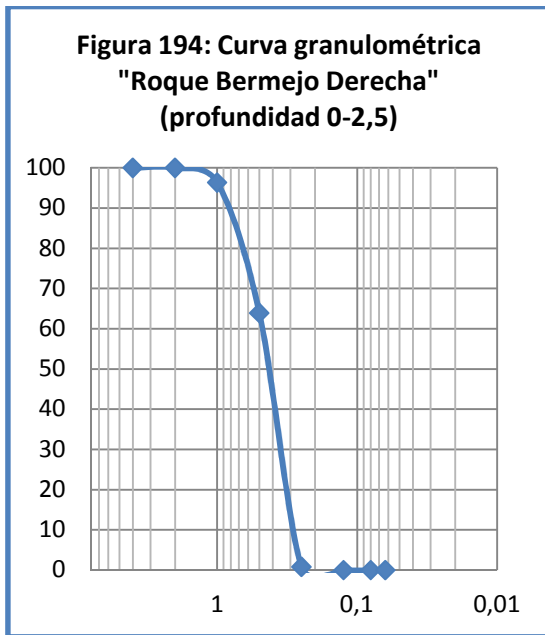
(control) a distintas profundidades				
Tipo de grano y diámetro de los tamices	“Roque Bermejo Derecha” (profundidad 0-2,5 cm)	“Roque Bermejo Derecha” (profundidad 2,5-5 cm)	“Roque Bermejo Izquierda” (profundidad 0-2,5 cm)	“Roque Bermejo Izquierda” (profundidad 2,5-5 cm)
Gravas (>2 mm)	0,00	0,00	0,00	0,00
Arena muy gruesa (2 mm)	0,00	0,00	0,00	0,35
Arena gruesa (1 mm)	3,66	5,70	3,92	5,52
Arena media (0,5 mm)	32,43	40,78	29,97	47,59
Arena fina (0,25 mm)	63,11	51,90	65,07	46,19
Arena muy fina (0,125 mm)	0,81	1,62	1,04	0,35
Arcilla/limo (<0,063 mm)	0,00	0,00	0,00	0,00

Ambas muestras procedente de “Roque Bermejo Derecha” presentan una granulometría semejante en cuanto a la distribución de los tipos de granos. El tipo de grano que se encuentra con mayor abundancia en todos los casos es la arena fina, seguida por la arena media, la arena gruesa y por último la arena muy fina. Ninguna de las muestras presenta arcilla/limo ni partículas de mayor tamaño como las gravas o arenas muy gruesas dentro de su granulometría.

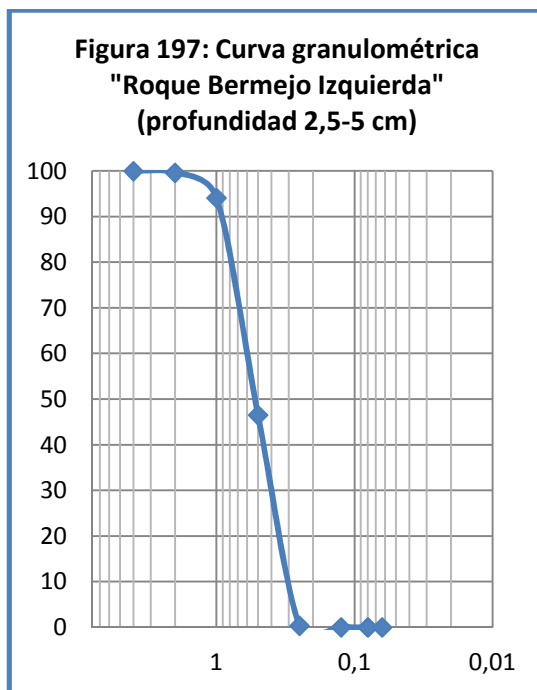
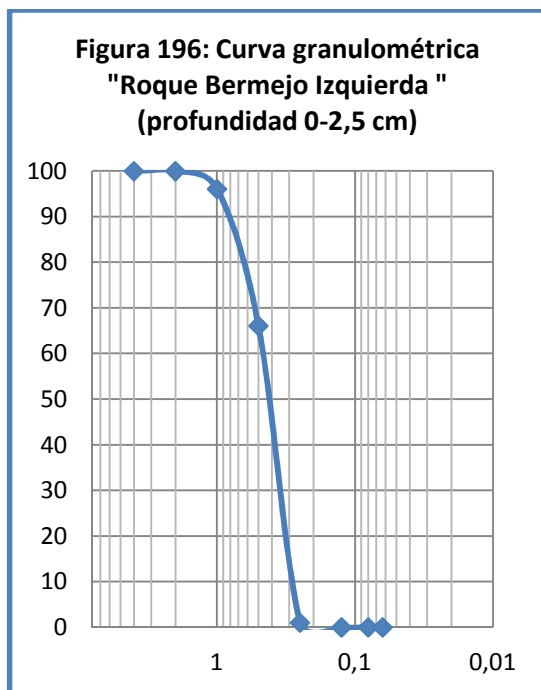
En el caso del punto de muestreo establecido en la parte izquierda de la playa, las granulometrías son variables en función de la profundidad. En el caso de la muestra más superficial existe una mayor abundancia de arena fina (65,07 %) seguido por la arena media (29,97%), arena gruesa (3,92%) y por último la arena muy fina (1,04%). Por otro lado, la muestra en profundidad 2,5-5 cm muestra un mayor porcentaje de arena media (47,59 %), seguido por la arena fina (46,19%), la arena gruesa con un 5,52% y por último la arena muy fina y la arena muy gruesa con el mismo porcentaje del 0,35%.

La figura 194 muestra la curva granulométrica correspondiente a la muestra de “Roque Bermejo Derecha” en profundidad 0-2,5 cm. En la zona derecha de esta playa existe un predominio de partículas que pasan por los tamices de entre 0,25 y 1 mm. El

diámetro eficaz (d_{10}) de la muestra se fija en 0,3 mm. La figura 195 muestra la curva granulométrica de “Roque Bermejo Derecha” a profundidad de entre 2,5 y 5 cm. Ambas figuras (194 y 195), muestran un predominio de partículas que pasan por los tamices entre 0,25 y 1 mm. El diámetro eficaz (d_{10}) de la muestra en profundidad 2,5-5 cm se fija en 0,3 mm. Por lo tanto, ambas muestras pertenecientes al punto de muestreo de la playa “Roque Bermejo Derecha” presentan granulometrías parecidas y el mismo diámetro eficaz (d_{10}).



Las figuras 196 y 197 muestran las curvas granulométricas correspondientes al punto de muestreo "Roque Bermejo Izquierda". La figura 196 muestra la curva granulométrica de la muestra en superficie 0-2,5 cm del punto de muestreo de la playa "Roque Bermejo Izquierda", en dicha figura, se observa un predominio de partículas que pasan por los tamices de entre 0,25 y 1 mm y el diámetro eficaz (d_{10}) de la muestra se fija en 0,3 mm. En la figura 197 se observa la curva granulométrica de la muestra en profundidad del punto de muestreo de la playa "Roque Bermejo Izquierda" en profundidad 2,5-5 cm. En dicha figura se comprueba que existe un dominio de partículas que pasan por los tamices entre 0,25 y 1 mm de diámetro. El diámetro eficaz (d_{10}) de la muestra se fija igualmente que en la figura anterior, en 0,3 mm. Aunque las granulometrías de las muestras en "Roque Bermejo Izquierda" presentan algunas diferencias, el diámetro eficaz fijado en ambos casos es el mismo (0,3 mm).



5.2.1.2. CONCENTRACIONES METÁLICAS EN LOS PUNTOS DE MUESTREO DEL NORDESTE

Con el fin de comprobar la existencia de diferencias significativas entre los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) entre las muestras a distinta profundidad (0-2,5 cm y 2,5-5 cm), se llevó a cabo un estudio estadístico que se detalla a continuación.

Se utilizaron los test de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk para comprobar la normalidad de los datos de concentraciones de metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) entre las dos profundidades de estudio 0-2,5 y 2,5-5 cm (tabla 37).

Metales	profundidad SPSS	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cd(µg/kg)	1	,398	120	,000	,493	120	,000
	2	,388	120	,000	,498	120	,000
Co(mg/kg)	1	,214	120	,000	,841	120	,000
	2	,174	120	,000	,864	120	,000
Cr(mg/kg)	1	,085	120	,032	,957	120	,001
	2	,093	120	,012	,956	120	,001
Cu(mg/kg)	1	,316	120	,000	,449	120	,000

	2	,278	120	,000	,700	120	,000
Mn(mg/kg)	1	,107	120	,002	,942	120	,000
	2	,192	120	,000	,587	120	,000
Ni(mg/kg)	1	,240	120	,000	,852	120	,000
	2	,228	120	,000	,853	120	,000
Pb(mg/kg)	1	,237	120	,000	,825	120	,000
	2	,224	120	,000	,813	120	,000
Zn(mg/kg)	1	,276	120	,000	,581	120	,000
	2	,288	120	,000	,688	120	,000
a. Corrección de la significación de Lilliefors							

Una vez comprobada la normalidad de los datos, se realizaron los estudios de homogeneidad de las varianzas mediante el test estadístico de Levene para cada uno de los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) entre las distintas profundidades (tabla 38).

Tabla 38: Prueba de homogeneidad de la varianza entre los metales de las muestras a distinta profundidad					
Metales		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Cd(μg/kg)	Basándose en la media	,334	1	238	,564
	Basándose en la mediana.	,103	1	238	,749
	Basándose en la mediana y con gl corregido	,103	1	235,746	,749
	Basándose en la media recortada	,159	1	238	,691
Co(mg/kg)	Basándose en la media	,113	1	238	,737
	Basándose en la mediana.	,085	1	238	,771
	Basándose en la mediana y con gl corregido	,085	1	236,844	,771
	Basándose en la media recortada	,100	1	238	,752
Cr(mg/kg)	Basándose en la media	,086	1	238	,769
	Basándose en la mediana.	,037	1	238	,847
	Basándose en la mediana y con gl corregido	,037	1	237,983	,847
	Basándose en la media recortada	,091	1	238	,763
Cu(mg/kg)	Basándose en la media	1,354	1	238	,246
	Basándose en la mediana.	,429	1	238	,513
	Basándose en la mediana y con gl corregido	,429	1	182,106	,513
	Basándose en la media recortada	,459	1	238	,499
Mn(mg/kg)	Basándose en la media	1,365	1	238	,244

	Basándose en la mediana.	1,231	1	238	,268
	Basándose en la mediana y con gl corregido	1,231	1	152,330	,269
	Basándose en la media recortada	1,308	1	238	,254
Ni(mg/kg)	Basándose en la media	,464	1	238	,497
	Basándose en la mediana.	,754	1	238	,386
	Basándose en la mediana y con gl corregido	,754	1	232,534	,386
	Basándose en la media recortada	,418	1	238	,519
Pb(mg/kg)	Basándose en la media	,030	1	238	,863
	Basándose en la mediana.	,014	1	238	,906
	Basándose en la mediana y con gl corregido	,014	1	237,813	,906
	Basándose en la media recortada	,020	1	238	,887
Zn(mg/kg)	Basándose en la media	,321	1	238	,572
	Basándose en la mediana.	,124	1	238	,725
	Basándose en la mediana y con gl corregido	,124	1	222,711	,725
	Basándose en la media recortada	,132	1	238	,717

Una vez comprobada la no normalidad y la no homogeneidad de los datos, se lleva a cabo la comprobación de la existencia de diferencias significativas mediante test no paramétricos.

Las pruebas no paramétricas demuestran que se retiene la hipótesis nula para todos los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni y Zn), por lo que no existen diferencias significativas entre los metales estudiados a diferente profundidad.

Debido a la inexistencia de diferencias significativas entre muestras a distinta profundidad (0-2,5 y 2,5-5), la siguiente parte del estudio de concentración de metales, se lleva a cabo sin diferenciar entre profundidades.

5.2.1.2.1. PUERTO DE SANTA CRUZ

La tabla 39 muestra la concentración media, desviación, estándar, máximo y mínimo de metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) encontrados en el puerto de Santa Cruz.

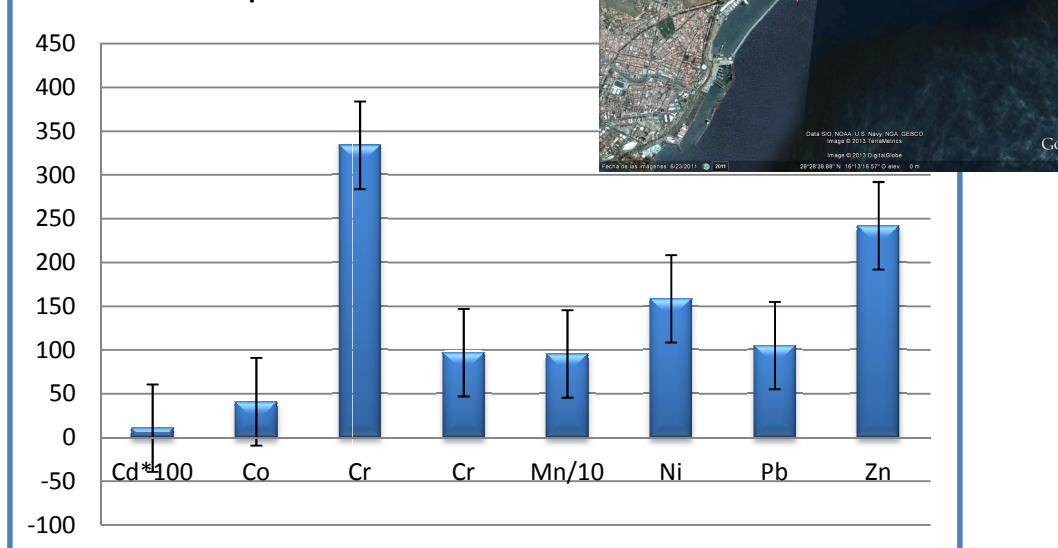
Tabla 39: Concentración media, desviación estándar, máximo y mínimo de metales en el Puerto de Santa Cruz (mg/kg p.s)

METALES	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
C media	0,109	41,13	334,14	97,17	957,30	158,68	105,39	242,25
DS	0,113	5,79	104,09	92,19	362,43	54,60	19,95	87,22
C mínima	0,037	30,74	127,55	41,87	334,00	100,80	64,13	170,77
C máxima	0,607	63,93	607,52	679,68	1858,33	348,76	150,60	777,00

Tal y como se puede ver en la figura 124, el metal que se encuentra en mayor concentración es el Mn, seguido del Cr, Zn, Ni, Pb, Cu, Co y, por último, el Cd.

En la figura 198 se muestra un histograma en el que se aprecian la concentración media y desviación estándar de los metales encontrados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) en el puerto de Santa Cruz.

Figura 198: Concentración media de metales en el puerto Santa Cruz



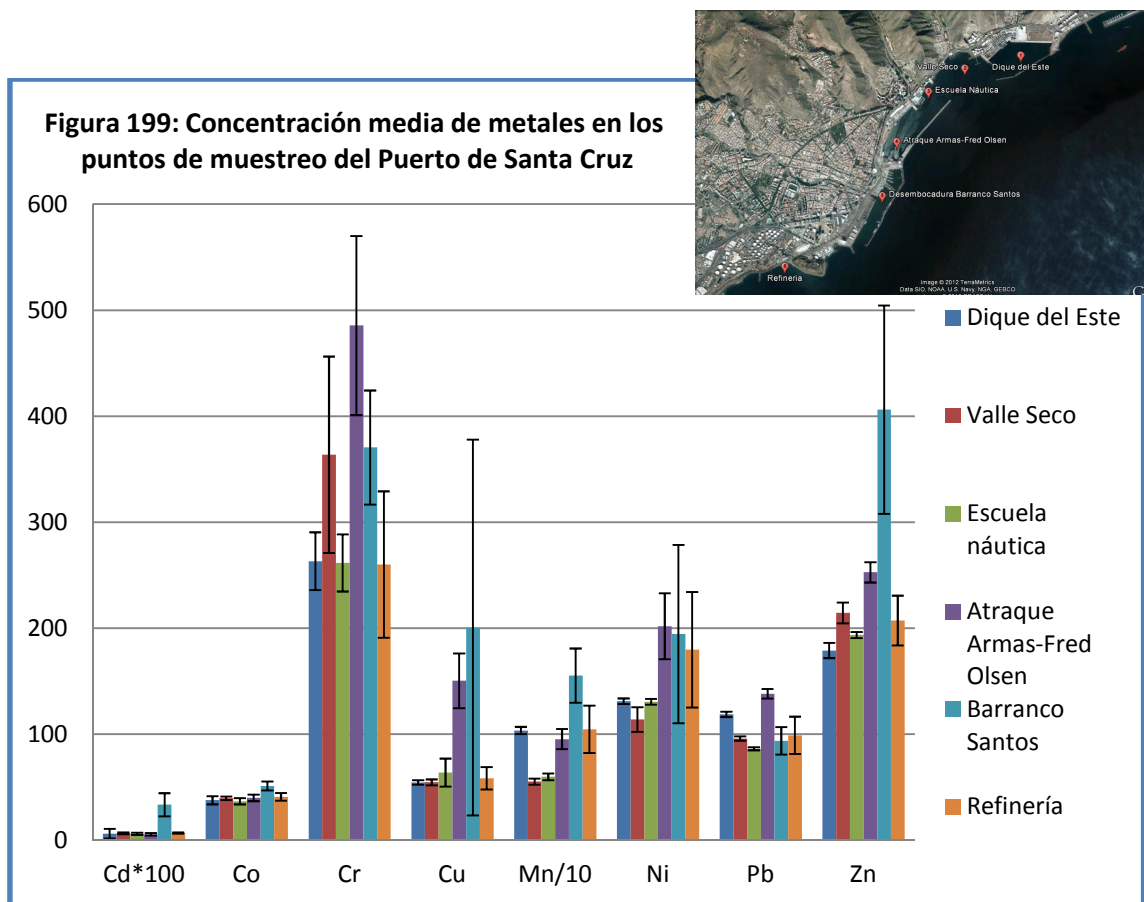
[Para poder llevar a cabo la presentación de todos los metales dentro de la misma figura, es necesario multiplicar la concentración de Cd por 100 y dividir la concentración de Mn por 10.]

La tabla 40 muestra la concentración media, desviación estándar, máximo y mínimo de metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) en sedimentos, obtenida en cada uno de los seis puntos de muestreo establecidos en el puerto de Santa Cruz.

Tabla 40: concentración media (C m), desviación estándar (DS), concentración máxima y mínima de metales en sedimentos de los seis puntos de muestreo del Puerto de Santa Cruz (mg/kg p.s)								
METALES	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
C m "Dique del Este"	0,063	37,83	263,33	54,59	1035,55	131,25	118,79	179,06
DS	0,046	3,87	27,23	2,06	34,54	2,64	2,45	7,14
C mínima	0,043	31,38	222,93	50,50	979,33	127,50	113,93	170,77
C máxima	0,254	45,48	329,85	58,47	1109,33	137,50	123,63	194,70
C m "Valle Seco"	0,067	39,68	363,67	54,73	554,07	113,97	95,99	214,53
DS	0,008	1,68	92,61	2,76	28,75	11,65	2,00	9,83
C mínima	0,047	36,81	202,65	50,07	509,33	100,80	92,97	204,00
C máxima	0,082	42,29	517,75	61,80	609,67	136,77	99,60	237,33
C m "Escuela Náutica"	0,062	36,88	261,59	63,92	598,92	130,66	86,35	193,66
DS	0,010	2,96	26,91	13,18	31,90	2,66	1,42	2,80
C mínima	0,037	30,74	196,77	41,87	519,33	126,30	83,73	186,03
C máxima	0,083	40,17	312,30	91,50	661,33	137,00	89,13	199,47
C m "Atraque Armas-Fred Olsen"	0,058	40,04	485,54	150,49	954,48	201,95	138,28	252,78
DS	0,012	3,11	84,50	25,80	95,09	31,12	4,57	9,59
C mínima	0,038	32,89	299,90	122,50	719,00	140,43	131,50	237,27
C máxima	0,081	43,99	607,52	204,83	1122,33	260,33	150,60	266,23
"C m Barranco Santos"	0,336	51,30	370,54	200,77	1553,43	194,51	93,87	406,19
DS	0,109	4,25	53,76	177,30	256,02	84,06	12,90	98,29
C mínima	0,178	43,71	301,01	67,07	1109,67	100,83	66,43	289,60
C máxima	0,607	63,93	491,34	679,68	1858,33	348,76	118,43	777,00
"C m Refinería"	0,069	41,03	260,18	58,55	1047,35	179,73	99,06	207,28
DS	0,005	3,55	69,06	10,51	222,85	54,53	17,59	23,53
C mínima	0,062	35,83	127,55	49,87	334,00	114,13	64,13	173,67
C máxima	0,078	50,37	397,24	95,13	1295,00	344,67	120,07	266,97

Con el fin de obtener una representación más clara de los datos de la tabla anterior, en la figura 199 se muestra un histograma en el que se aprecia, la

concentración media y desviación estándar de los metales encontrados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) en los seis puntos de muestreo del puerto de Santa Cruz.



[Para poder llevar a cabo la presentación de todos los metales dentro de la misma figura, es necesario multiplicar la concentración de Cd por 100 y dividir la concentración de Mn por 10.]

Tal y como se aprecia en la figura 199, el punto de muestreo localizado en la desembocadura del “Barranco de Santos”, presenta una mayor concentración de Cd, Co, Cu, Mn y Zn. Por otro lado, el punto de muestreo del “Atrque Armas-Fred Olsen” presenta una mayor concentración de Cr, Ni y Pb.

5.2.1.2.2. PLAYAS COLINDANTES AL PUERTO DE SANTA CRUZ

La tabla 41 muestra la concentración media, desviación estándar, máximo y mínimo de metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) en sedimentos procedentes de las playas colindantes al Puerto de Santa Cruz.

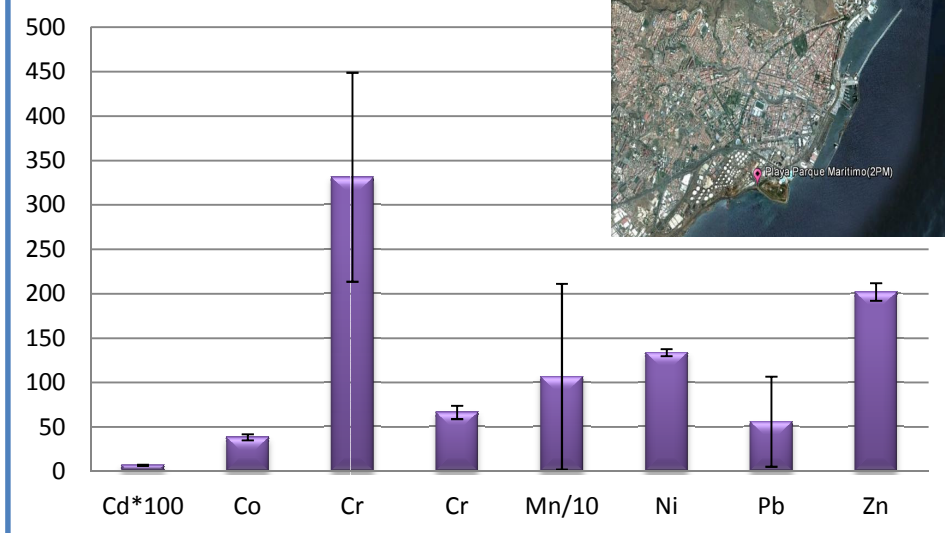
Tabla 41: Concentración media, desviación estándar, máximo y mínimo de metales en las playas colindantes al puerto de Santa Cruz (mg/kg p.s)

METALES	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
C media playas	0,071	38,59	331,44	66,61	1068,32	134,03	56,24	202,24
DS	0,008	3,40	117,65	7,45	1045,51	3,99	50,76	9,92
C mínima	0,057	32,64	174,83	50,87	750,67	124,17	3,19	170,67
C máxima	0,093	45,75	547,33	93,73	7504,37	143,40	128,03	228,03

Tal y como se aprecia en la tabla 41, el metal que se presenta en mayor concentración es el Mn, seguido del Cr, Zn, Ni, Cu, Pb, Co y Cd.

Para obtener una representación más clara de los datos de la tabla anterior, en la figura 200 se muestra un histograma con la concentración media y desviación estándar de los metales encontrados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) en las playas colindantes al puerto de Santa Cruz.

Figura 200: Concentración media de metales en playas colindantes al Puerto de Santa Cruz

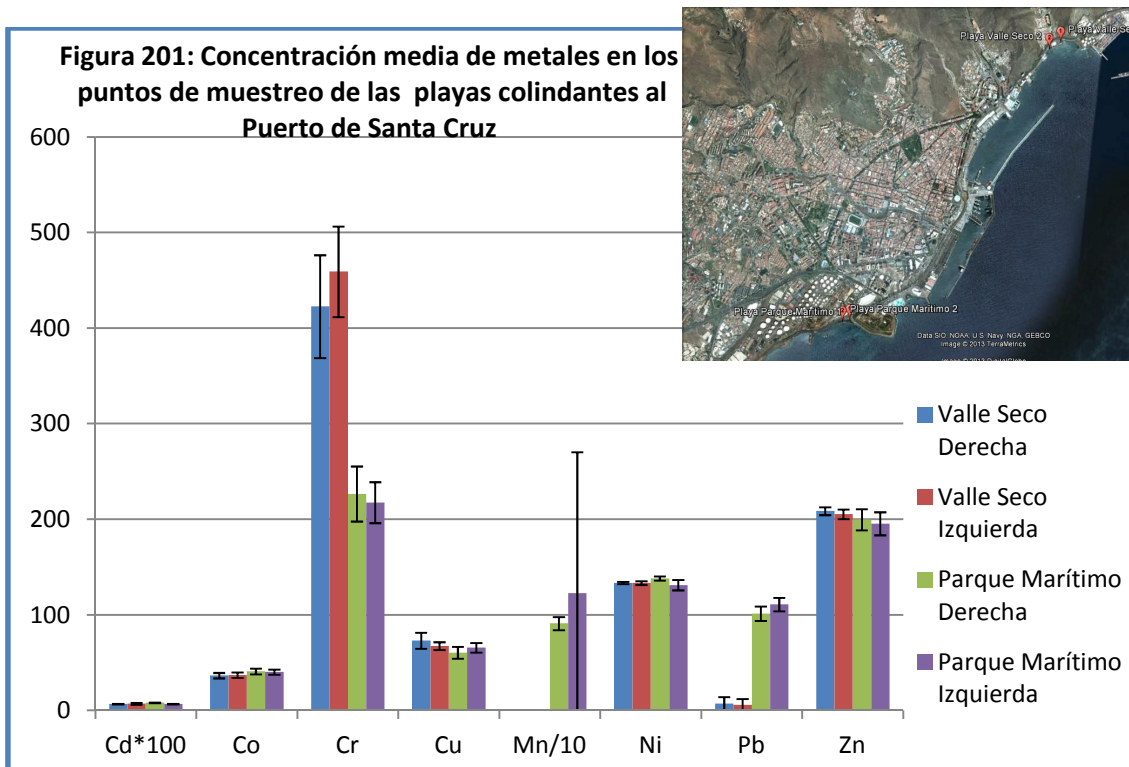


[Para poder llevar a cabo la presentación de todos los metales dentro de la misma figura, es necesario multiplicar la concentración de Cd por 100 y dividir la concentración de Mn por 10.]

La tabla 42 muestra la concentración media, desviación estándar, máximo y mínimo de metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) en los sedimentos obtenidos en cada uno de los cuatro puntos de muestreo establecidos en las playas colindantes al puerto de Santa Cruz.

Tabla 42: Concentración media (C m), desviación estándar (DS), concentración máxima y mínima de metales en los puntos de muestreo de las playas colindantes al Puerto de Santa Cruz (mg/kg p.s)								
METALES	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
C m "Valle Seco Derecha"	0,066	36,49	422,61	73,01	<LD	133,46	6,97	208,62
DS	0,003	2,85	53,82	8,34	-	1,27	7,15	4,18
C mínima	0,057	32,64	353,50	63,10	-	130,40	3,20	204,00
C máxima	0,072	40,03	545,80	93,73	-	136,73	36,51	215,07
C m "Valle Seco Izquierda"	0,070	36,93	459,08	67,36	<LD	133,35	5,78	205,25
DS	0,010	2,90	47,45	4,18	-	1,87	6,19	4,96
C mínima	0,059	32,95	397,01	57,07	-	129,13	3,19	196,47
C máxima	0,093	40,46	547,33	75,47	-	136,27	31,58	215,03
C m "Parque Marítimo Derecha"	0,080	40,77	226,57	60,45	909,92	138,16	101,31	199,68
DS	0,003	2,98	28,78	6,22	69,10	2,17	7,49	11,09
C mínima	0,074	34,08	174,83	50,87	750,67	132,83	90,50	180,40
C máxima	0,086	45,75	280,55	69,33	990,00	141,70	118,27	228,03
C m "Parque Marítimo Izquierda"	0,068	40,18	217,51	65,63	1226,72	131,15	110,89	195,41
DS	0,003	2,74	21,43	5,08	1476,28	5,39	7,02	12,06
C mínima	0,062	36,51	183,16	55,07	811,00	124,17	100,77	170,67
C máxima	0,077	44,07	254,81	71,80	7504,37	143,40	128,03	218,03

Con el fin de obtener una representación más clara de los datos de la tabla anterior, en la figura 201 se muestra un histograma en el que se aprecia, la concentración media y desviación estándar de los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) en los sedimentos de los puntos de muestreo establecidos en las playas colindantes al puerto de Santa Cruz.



[Para poder llevar a cabo la presentación de todos los metales dentro de la misma figura, es necesario multiplicar la concentración de Cd por 100 y dividir la concentración de Mn por 10.]

La figura 201 muestra que la mayor concentración de Cd, Co y Ni se encuentra en el punto de muestreo del “Parque Marítimo Izquierda” mientras que el punto de muestreo “Parque Marítimo Derecha” muestra mayor concentración de Mn y Pb. Por otro lado, la mayor concentración de Cr se encuentra en el punto de muestreo “Valle Seco Izquierda”, siendo el punto de muestro “Valle Seco Derecha” el que mayor concentración de Cu y Zn presenta.

5.2.1.2.3. PUNTO DE CONTROL PLAYA DE ROQUE BERMEJO

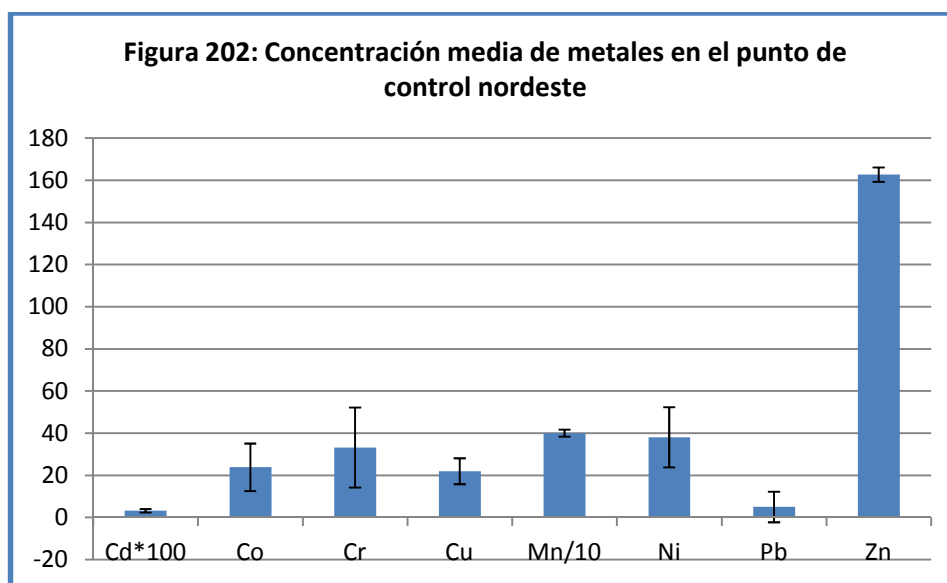
Con el fin de poder comparar la posible acumulación de los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn), la tabla 43 muestra la concentración media, desviación estándar, máximo y mínimo de metales en sedimentos procedentes del control localizado en el Parque Rural de Anaga.

Tabla 43: concentración media, desviación estándar, máximo y mínimo de metales en los puntos de muestreo de la playa control nordeste (mg/kg p.s)

METALES	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
C media control	0,032	23,84	33,19	21,97	400,28	38,05	4,99	162,73
DS	0,0081	11,26	18,97	6,14	16,39	14,31	7,25	3,44
C mínima	0,019	4,50	3,83	10,60	364,67	18,17	2,47	149,95
C máxima	0,067	44,95	86,88	34,10	428,00	61,50	36,21	166,37

Tal y como se puede ver en la tabla anterior, el metal que se presenta en mayor concentración en los puntos de control es el Mn, seguido del Zn, Ni, Cr, Co, Cu, Pb y Cd.

Para obtener una representación más clara de los datos de la tabla anterior, en la figura 202 se muestra un histograma en el que se aprecia, la concentración media y desviación estándar de los metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) encontrados en sedimentos de la Playa de Roque Bermejo.



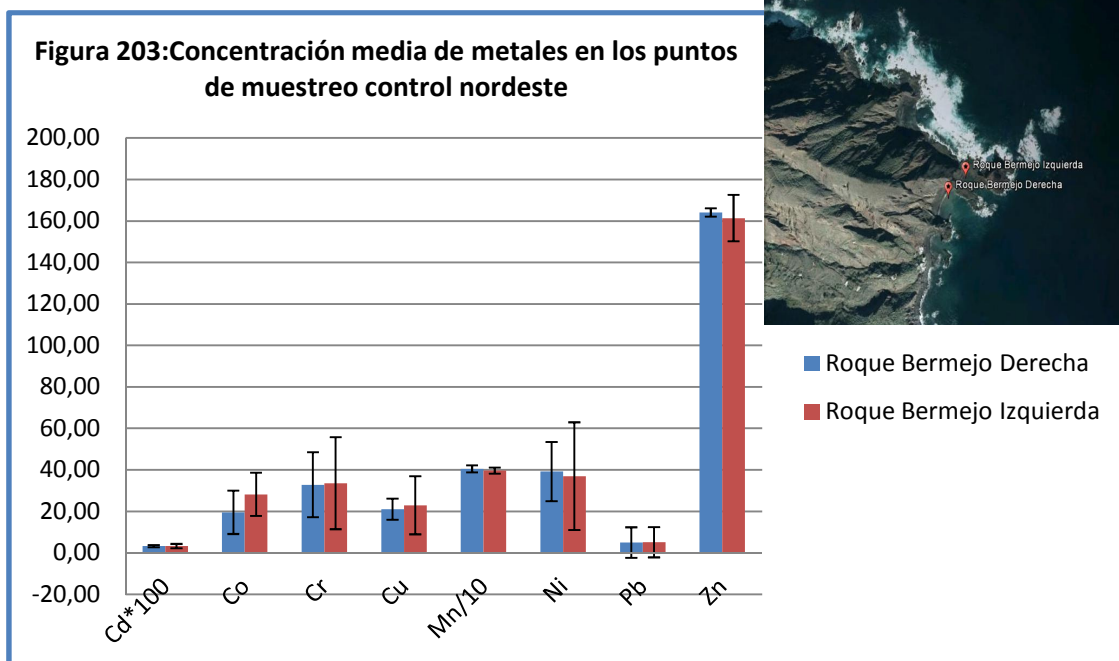
[Para poder llevar a cabo la presentación de todos los metales dentro de la misma figura, es necesario multiplicar la concentración de Cd por 100 y dividir la concentración de Mn por 10.]

La tabla 44 muestra la concentración media, desviación estándar, máximo y mínimo de metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) en sedimentos, obtenida en cada uno de los dos puntos de muestreo establecidos en la playa de Roque Bermejo.

Tabla 44: concentración media (C m), desviación estándar (DS), máximo y mínimo de metales en los puntos de muestreo de la playa control nordeste (mg/kg p.s)								
METALES	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
C m “Roque Bermejo Derecha”	0,03 2	19,4 9	32,7 9	21,0 2	404,3 5	39,1 7	4,92	164,0 9
DS	0,00 5	10,4 3	15,6 6	5,05	17,15	14,2 4	7,39	2,03
C mínima	0,04 1	37,1 2	55,2 1	29,6 0	428,0 0	61,4 3	36,2 1	166,3 7
C máxima	24,1 7	4,50	3,83	10,6 0	369,3 3	24,8 3	2,47	159,6 0
C m Roque Bermejo Izquierda	0,03 2	28,1 8	33,5 9	22,9 3	396,2 2	36,9 3	5,07	161,3 8
DS	0,01 0	10,4 3	22,2 0	14,0 4	14,87	26,0 0	7,29	11,20
C mínima	0,02 0	7,26	8,47	12,2 3	364,6 7	18,1 7	2,62	149,9 5
C máxima	0,06 7	44,9 5	86,8 8	34,1 0	427,3 3	61,5 0	35,8 2	166,1 0

La tabla 44 muestra una distribución de mayor a menor concentración de metales distinta para cada punto de muestreo. En el caso de la playa “Roque Bermejo Derecha”, la distribución es la siguiente: Mn>Zn>Ni>Cr>Cu>Co>Pb>Cd. Por otro lado, la distribución de metales en sedimentos que presenta el punto de muestreo de la playa de “Roque Bermejo Izquierda” es la siguiente: Mn>Zn>Ni>Cr>Co>Cu>Pb>Cd.

La figura 203 muestra un histograma con la concentración media y desviación estándar de los metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) encontrados en sedimentos de los dos puntos de control localizado en la playa de Roque Bermejo.



[Para poder llevar a cabo la presentación de todos los metales dentro de la misma figura, es necesario multiplicar la concentración de Cd por 100 y dividir la concentración de Mn por 10.]

El punto de muestreo “Roque Bermejo Izquierda” presenta una mayor concentración de Co, Cr, Cu y Pb, Por otro lado, el punto de muestro “Roque Bermejo Derecha” presenta mayores concentraciones de Mn, Ni y Zn. Finalmente el Cd se presenta en similar concentración en ambos puntos de muestreo

5.2.1.3. ESTUDIO GENERAL DE LOS METALES ANALIZADOS SEGÚN LAS ACTIVIDADES ESTUDIADAS Y LOS PUNTOS DE MUESTREO FIJADOS EN EL NORDESTE.

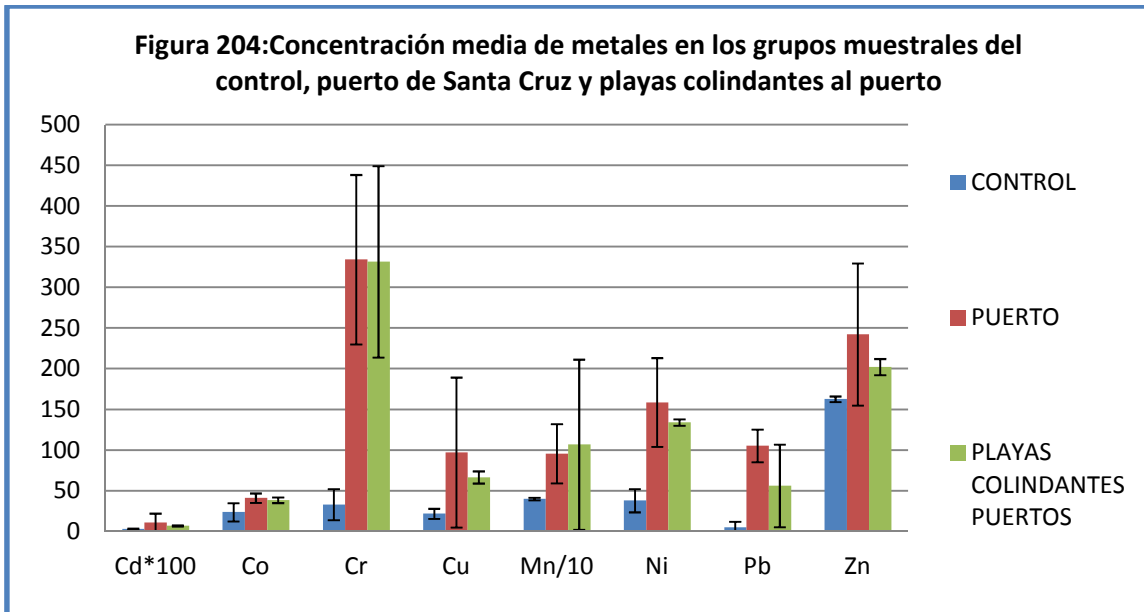
Para poder llevar a cabo una comparación entre los sedimentos estudiados, la tabla 45 muestra la concentración media, desviación estándar, máximo y mínimo de metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) en sedimentos procedentes de los grupos muestrales puerto de Santa Cruz, playas colindantes al puerto y control en la zona nordeste de Tenerife.

Tabla 45: Concentración media (C m), desviación estándar (DS), máximo y mínimo de metales en el control, puerto y playas colindantes a puertos(mg/kg p.s)

METALES	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
C m PUERTOS	0,109	41,13	334,14	97,17	957,30	158,68	105,39	242,25
DS	0,113	5,79	104,09	92,19	362,43	54,60	19,95	87,22
C m PLAYAS	0,071	38,59	331,44	66,61	1068,32	134,03	56,24	202,24
DS	0,008	3,40	117,65	7,45	1045,51	3,99	50,76	9,92
C m CONTROL	0,032	23,84	33,19	21,97	400,28	38,05	4,99	162,73
DS	0,008	11,26	18,97	6,14	16,39	14,31	7,25	3,44

Tanto los sedimentos procedentes del grupo muestral puerto de Santa Cruz como los de sus playas colindantes presentan la misma distribución de metales en los sedimentos, que de mayor a menor concentración coincide con la siguiente: Mn>Cr>Zn>Ni>Pb>Cu>Co>Cd. En el caso de los sedimentos procedentes del punto control, la distribución de metales de mayor a menor concentración es distinta, siguiendo lo siguiente: Mn>Zn>Ni>Cr>Co>Cu>Pb>Cd.

La figura 204 muestra un histograma con la concentración media y desviación estándar de los metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) encontrados en sedimentos procedentes de los grupos muestrales del puerto de Santa Cruz, playas colindantes al puerto y control.



[Para poder llevar a cabo la presentación de todos los metales dentro de la misma figura, es necesario multiplicar la concentración de Cd por 100 y dividir la concentración de Mn por 10.]

La figura 204 muestra que el grupo muestral del puerto de Santa Cruz presenta una mayor concentración de Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn. Por otro lado, el grupo muestral de las playas colindantes al puerto de Santa Cruz son las que presentan una mayor concentración de Mn.

Para poder comprobar la existencia de diferencias significativas entre las concentraciones de metales entre los grupos muestrales del puerto de Santa Cruz, sus playas colindantes y el control, se llevaron a cabo los estudios de normalidad y homogeneidad de la varianza.

Los test de Kolmorov-Smirnov y Shapiro-Wilk se utilizaron para comprobar la normalidad de las concentraciones de cada metal entre los grupos muestrales (tabla 46).

Tabla 46: Pruebas de normalidad entre los sedimentos procedentes del puerto de Santa Cruz, sus playas colindantes y el control en el área nordeste.

Metales	actividad	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cd	control	,126	40	,112	,834	40	,000
	playa colindante	,194	80	,000	,917	80	,000
	puerto	,416	120	,000	,569	120	,000
Co	control	,142	40	,041	,937	40	,027
	playa colindante	,083	80	,200*	,957	80	,009
	puerto	,154	120	,000	,916	120	,000
Cr	control	,139	40	,051	,924	40	,011
	playa colindante	,218	80	,000	,882	80	,000
	puerto	,136	120	,000	,934	120	,000
Cu	control	,087	40	,200*	,969	40	,324
	playa colindante	,143	80	,000	,917	80	,000
	puerto	,279	120	,000	,516	120	,000
Mn	control	,167	40	,007	,961	40	,175
	playa colindante	,292	80	,000	,431	80	,000
	puerto	,157	120	,000	,909	120	,000
Ni	control	,241	40	,000	,859	40	,000
	playa colindante	,107	80	,024	,979	80	,223
	puerto	,241	120	,000	,790	120	,000
Pb	control	,439	40	,000	,313	40	,000
	playa colindante	,298	80	,000	,734	80	,000
	puerto	,145	120	,000	,951	120	,000
Zn	control	,145	40	,033	,861	40	,000
	playa colindante	,134	80	,001	,954	80	,006
	puerto	,222	120	,000	,693	120	,000

a. Corrección de la significación de Lilliefors
*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Comprobada la normalidad de los resultados, se llevaron a cabo los estudios de la homogeneidad de las varianzas mediante el test estadístico de Levene para cada uno de los metales estudiados (Cd, Co, Cu, Cr, Mn, Pb, Ni y Zn) entre los grupos

muestrales del puerto de Santa Cruz, sus playas colindantes y el control del área nordeste (tabla 47).

Tabla 47: Prueba de homogeneidad de la varianza entre las los grupos muestrales del área nordeste					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Cd	Basándose en la media	46,913	2	237	,000
	Basándose en la mediana.	11,591	2	237	,000
	Basándose en la mediana y con gl corregido	11,591	2	119,693	,000
	Basándose en la media recortada	26,424	2	237	,000
Co	Basándose en la media	58,793	2	237	,000
	Basándose en la mediana.	53,865	2	237	,000
	Basándose en la mediana y con gl corregido	53,865	2	184,131	,000
	Basándose en la media recortada	57,476	2	237	,000
Cr	Basándose en la media	52,547	2	237	,000
	Basándose en la mediana.	41,028	2	237	,000
	Basándose en la mediana y con gl corregido	41,028	2	177,365	,000
	Basándose en la media recortada	50,499	2	237	,000
Cu	Basándose en la media	26,064	2	237	,000
	Basándose en la mediana.	11,162	2	237	,000
	Basándose en la mediana y con gl corregido	11,162	2	119,753	,000
	Basándose en la media recortada	17,702	2	237	,000
Mn	Basándose en la media	18,543	2	237	,000
	Basándose en la mediana.	17,754	2	237	,000
	Basándose en la mediana y con gl corregido	17,754	2	101,444	,000
	Basándose en la media recortada	18,308	2	237	,000
Ni	Basándose en la media	62,151	2	237	,000
	Basándose en la mediana.	22,743	2	237	,000
	Basándose en la mediana y con gl corregido	22,743	2	122,926	,000
	Basándose en la media recortada	47,556	2	237	,000
Pb	Basándose en la media	492,235	2	237	,000
	Basándose en la mediana.	309,183	2	237	,000
	Basándose en la mediana y con gl corregido	309,183	2	214,474	,000
	Basándose en la media recortada	492,161	2	237	,000
Zn	Basándose en la media	41,154	2	237	,000

	Basándose en la mediana.	20,750	2	237	,000
	Basándose en la mediana y con gl corregido	20,750	2	120,336	,000
	Basándose en la media recortada	33,110	2	237	,000

Una vez comprobada la normalidad y homogeneidad de las concentraciones obtenidas, se llevó a cabo la comprobación de la normalidad de los resultados.

Para la estadística inferencial, se aplica un ANOVA (post hoc: Tukey) como prueba paramétrica y los test de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney como pruebas no paramétricas.

En los sedimentos procedentes de las actividades relacionadas con los puertos en el área nordeste, se establecieron test paramétricos para los metales Cd, Co, Cr, Pb y Zn (tabla 48), estableciendo test no paramétrico para el resto de los metales: Cu, Mn y Ni.

Tabla 48: Test paramétrico ANOVA para Cd, Co, Cr, Pb y Zn entre los sedimentos de los grupos muestrales del puerto de Santa Cruz, sus playas colindantes y el control del área nordeste

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Cd	Inter-grupos	197411,292	2	98705,646	15,411	,000
	Intra-grupos	1517938,707	237	6404,805		
	Total	1715349,999	239			
Co	Inter-grupos	9136,833	2	4568,416	109,990	,000
	Intra-grupos	9843,774	237	41,535		
	Total	18980,606	239			
Cr	Inter-grupos	2997731,157	2	1498865,578	148,212	,000
	Intra-grupos	2396770,466	237	10112,956		
	Total	5394501,623	239			
Pb	Inter-grupos	333224,697	2	166612,349	156,108	,000

	Intra-grupos	252947,033	237	1067,287		
	Total	586171,730	239			
Zn	Inter-grupos	211309,323	2	105654,662	27,408	,000
	Intra-grupos	913595,197	237	3854,832		
	Total	1124904,521	239			

Las pruebas estadísticas, demuestran que existen diferencias significativas para los metales Cd, Co, Cr, Pb y Zn entre los sedimentos de los grupos muestrales puerto de Santa Cruz, sus playas colindantes y el control procedentes del área nordeste.

En la tabla 49 se ha realizado una comparación entre los tres grupos muestrales de sedimentos (puerto, playas colindantes a puertos y control en el nordeste). En dicha tabla se establece que el número 1 corresponde con el control, el número 2 son las playas colindantes al puerto de Santa Cruz y por último, el número 3 corresponde con el puerto de Santa Cruz.

Tabla 49: Comparaciones múltiples entre grupos muestrales					
HSD de Tukey					
Variable dependiente	(I) actividad SPSS	(J) actividad SPSS	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
Cd	1	2	-39,0577423 *	15,4977474	,033
		3	-77,1480340 *	14,6114164	,000
	2	1	39,0577423 *	15,4977474	,033
		3	-38,0902916 *	11,5513389	,003
	3	1	77,1480340 *	14,6114164	,000
		2	38,0902916 *	11,5513389	,003
Co	1	2	-14,7548628 *	1,2480221	,000
		3	-17,2879060 *	1,1766465	,000
	2	1	14,7548628 *	1,2480221	,000
		3	-2,5330432 *	,9302207	,019
	3	1	17,2879060 *	1,1766465	,000
		2	2,5330432 *	,9302207	,019
Cr	1	2	-298,2487827 *	19,4739784	,000
		3	-300,9491914 *	18,3602429	,000
	2	1	298,2487827 *	19,4739784	,000
		3	-2,7004088	14,5150465	,981

	3	1	300,9491914*	18,3602429	,000
		2	2,7004088	14,5150465	,981
Pb	1	2	-51,2419104*	6,3263943	,000
		3	-100,3938361*	5,9645817	,000
	2	1	51,2419104*	6,3263943	,000
		3	-49,1519257*	4,7154159	,000
	3	1	100,3938361*	5,9645817	,000
		2	49,1519257*	4,7154159	,000
Zn	1	2	-39,5063750*	12,0231528	,003
		3	-79,5179722*	11,3355371	,000
	2	1	39,5063750*	12,0231528	,003
		3	-40,0115972*	8,9615290	,000
	3	1	79,5179722*	11,3355371	,000
		2	40,0115972*	8,9615290	,000

Grupos muestrales: 1=Control; 2= Playas colindantes a puerto; 3= Puerto Santa Cruz.

Las concentraciones de los metales en sedimentos Cd, Cr, Pb y Zn entre los grupos muestrales correspondientes al puerto de Santa Cruz, playas colindantes y control del área nordeste, se diferencian significativamente unas de otras. Por otro lado, los metales Co y Cr no presentan diferencias significativas entre los dos grupos muestrales de puertos y playas colindantes a puertos, pero sí entre estos grupos y el grupo control (tabla 50-57). A continuación, se detalla la existencia de diferencias significativas entre los grupos muestrales.

La tabla 50 muestra las diferencias significativas entre los tres grupos muestrales para Cd en subconjuntos homogéneos. Tal y como podemos ver en la tabla, existen diferencias significativas entre los tres grupos muestrales, es decir existen diferencias entre control y playas colindantes a puertos y entre control y puertos.

Tabla 50: HSD de Tukey para Cd en subconjuntos homogéneos.				
HSD de Tukey ^{a,b}				
Actividad SPSS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
1	40	32,123103		
2	80		71,180845	
3	120			109,271137
Sig.		1,000	1,000	1,000
Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				

Tabla 50: HSD de Tukey para Cd en subconjuntos homogéneos.				
HSD de Tukey ^{a,b}				
Actividad SPSS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
1	40	32,123103		
2	80		71,180845	
3	120			109,271137
Sig.		1,000	1,000	1,000
Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				
a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 65,455.				
b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.				

Grupos muestrales: 1=Control; 2= Playas colindantes a puerto; 3= Puerto Santa Cruz.

La tabla 51 muestra las diferencias significativas existentes entre los grupos muestrales para Co en subconjuntos homogéneos. En dicha tabla se muestra que existen diferencias significativas entre el control y las playas colindantes a puertos, pero no muestra diferencias entre el puerto y sus playas colindantes.

Tabla 51: HSD de Tukey para Co en subconjuntos homogéneos.			
HSD de Tukey ^{a,b}			
Actividad SPSS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
1	40	23,838218	
2	80		38,593081
3	120		41,126124
Sig.		1,000	,065
Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.			
a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 65,455.			
b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.			

Grupos muestrales: 1=Control; 2= Playas colindantes a puertos; 3= Puerto Santa Cruz.

La tabla 52 muestra las diferencias significativas entre los grupos muestrales para Cr en subconjuntos homogéneos y establece diferencias significativas entre el control y los puertos y el control y las playas colindantes a puertos, pero no muestra diferencias significativas entre los puertos y sus playas colindantes.

Tabla 52: HSD de Tukey para Cr(mg/kg) en subconjuntos homogéneos			
HSD de Tukey ^{a,b}			
actividad SPSS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
1	40	33,191846	
2	80		331,440628
3	120		334,141037
Sig.		1,000	,987
Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.			
a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 65,455.			
b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.			

Grupos muestrales: 1=Control; 2= Playas colindantes a puertos; 3= Puerto Santa Cruz.

La tabla 53 muestra las diferencias significativas entre los tres grupos muestrales (control, playas colindantes, puertos de Santa Cruz) para Pb en subconjuntos homogéneos. En la tabla se observa que existen diferencias significativas entre los 3 grupos muestrales para el metal Pb.

Tabla 53: HSD de Tukey para Pb (mg/kg) en subconjuntos homogéneos.				
HSD de Tukey ^{a,b}				
actividad SPSS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
1	40	4,994525		
2	80		56,236435	
3	120			105,388361
Sig.		1,000	1,000	1,000
Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				
a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 65,455.				
b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.				

Grupos muestrales: 1=Control; 2= Playas colindantes a puertos; 3= Puerto Santa Cruz.

La tabla 54 muestra las diferencias significativas entre los tres grupos muestrales para Zn en subconjuntos homogéneos, mostrando que existen diferencias significativas entre los 3 grupos muestrales estudiados (control, playas colindantes y puertos de Santa Cruz).

Tabla 54: HSD de Tukey para Zn (mg/kg) en subconjuntos homogéneos.				
HSD de Tukey ^{a,b}				
actividad SPSS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
1	40	162,732167		
2	80		202,238542	
3	120			242,250139
Sig.		1,000	1,000	1,000
Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				
a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 65,455.				
b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.				

Grupos muestrales: 1=Control; 2= Playas colindantes a puertos; 3= Puerto Santa Cruz.

En cuanto a las pruebas no paramétricas, se rechazan las hipótesis nulas para los metales estudiados (Cu, y Ni, pero no Mn) mediante estas pruebas. De forma detallada en las siguientes tablas, se establecen las diferencias significativas entre los grupos muestrales (tabla 55-57).

La tabla 55 muestra que existen diferencias significativas para Cu y Ni entre el control (grupo muestral 1) y playas colindantes (grupo muestral 2), no existiendo diferencias significativas para el Mn entre los grupos muestrales estudiados.

Tabla 55: Estadísticos de contraste ^a entre los grupos muestrales 1 y 2			
Metales	Cu(mg/kg)	Mn(mg/kg)	Ni(mg/kg)
U de Mann-Whitney	,000	1600,000	,000
W de Wilcoxon	820,000	4840,000	820,000
Z	-8,908	,000	-8,908
Sig. asintót. (bilateral)	,000	1,000	,000
a. Variable de agrupación: actividad SPSS			

Grupos muestrales: 1=Control; 2= Playas colindantes a puertos.

La tabla 56 demuestra que existen diferencias significativas entre el control (grupo muestral 1) y el puerto (grupo muestral 3) para los metales los tres metales (Cu, Mn y Ni).

Tabla 56: Estadísticos de contraste^a entre los grupos muestrales 1 y 3

Metales	Cu(mg/kg)	Mn(mg/kg)	Ni(mg/kg)
U de Mann-Whitney	,000	40,000	,000
W de Wilcoxon	820,000	860,000	820,000
Z	-9,457	-9,300	-9,458
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000
a. Variable de agrupación: actividad SPSS			

Grupos muestrales: 1=Control; 3= Puerto Santa Cruz.

La tabla 57 muestra que existen diferencias significativas para el Mn entre el grupo muestral 2 (playas colindantes a puertos) y el grupo muestral 3 (puerto) , no existiendo diferencias significativas para Cu y Ni entre estos dos grupos.

Tabla 57: Estadísticos de contraste ^a entre los grupos muestrales 2 y 3			
Metales	Cu(mg/kg)	Mn(mg/kg)	Ni(mg/kg)
U de Mann-Whitney	4308,000	2043,500	4583,000
W de Wilcoxon	11568,000	5283,500	7823,000
Z	-1,227	-6,902	-,541
Sig. asintót. (bilateral)	,220	,000	,588
a. Variable de agrupación: actividad SPSS			

Grupos muestrales: 2= Playas colindantes a puertos; 3= Puerto Santa Cruz.

Por tanto, los estudios estadísticos anteriores demuestran que independientemente de la realización de pruebas paramétricas o no paramétricas, obtenemos diferencias significativas ($p > 0,05$) para todos los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) en los sedimentos entre algunos de los grupos muestrales analizados: control, puerto y playas colindantes a puerto en el área nordeste.

Desde las figuras 205 hasta la 212, se muestran los rangos de concentraciones medias (95% IC) en los que se encuentran cada uno de los metales estudiados, (Cd, Co, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb y Zn) en los tres grupos muestrales analizados (control, playa colindante a puerto y puerto de Santa Cruz).

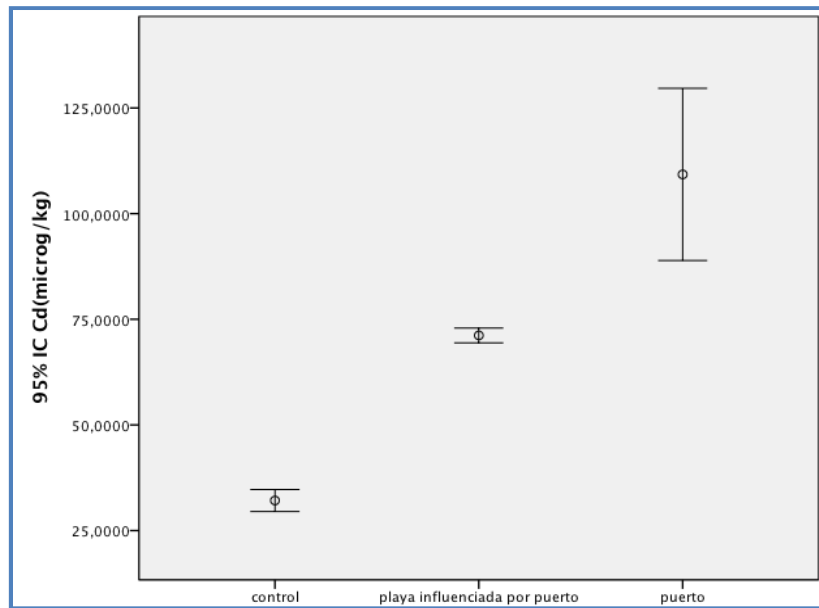


Figura 205: Concentraciones medias de Cd en punto control, playa colindante y puerto de Santa Cruz.

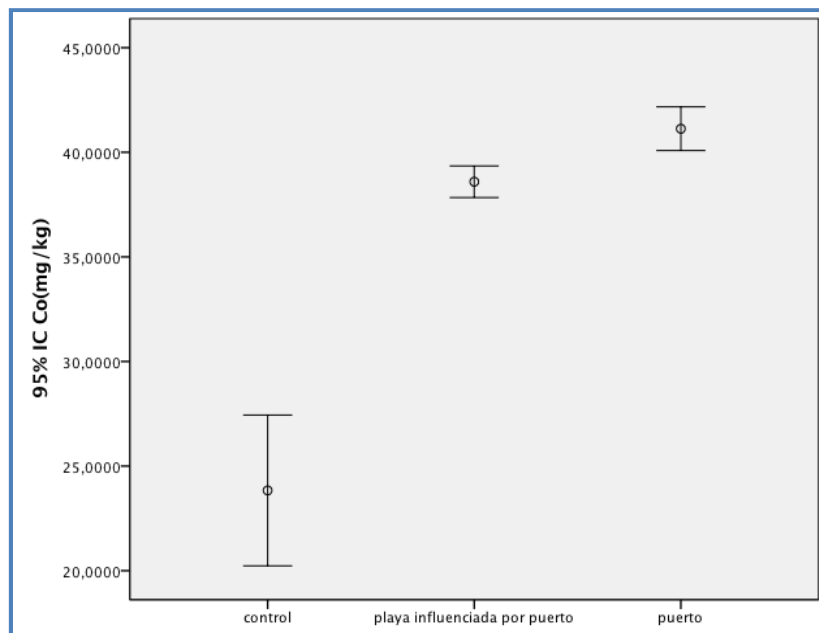


Figura 206: Concentraciones medias de Co en punto control, playa colindante y puerto de Santa Cruz.

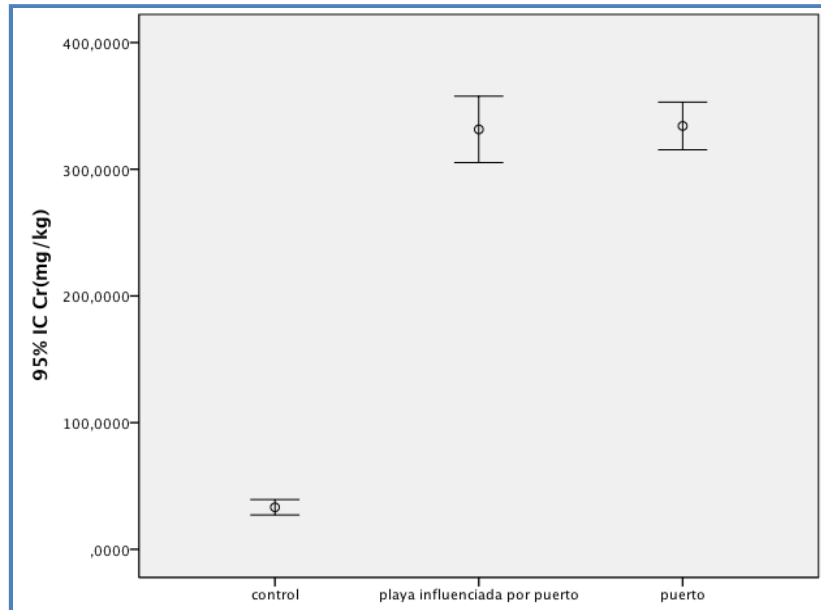


Figura 207: Concentraciones medias de Cr en punto control, playa colindante y puerto de Santa Cruz.

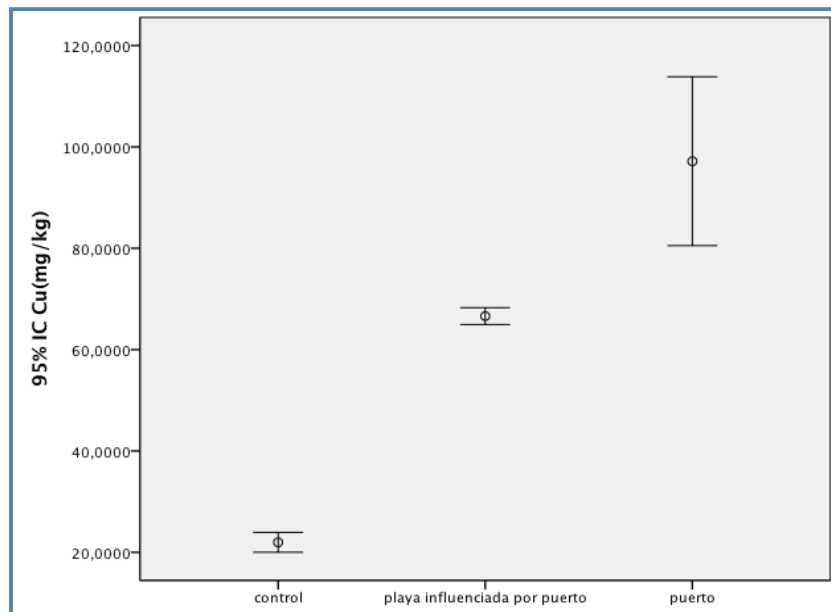


Figura 208: Concentraciones medias de Cu en punto control, playa colindante y puerto de Santa Cruz.

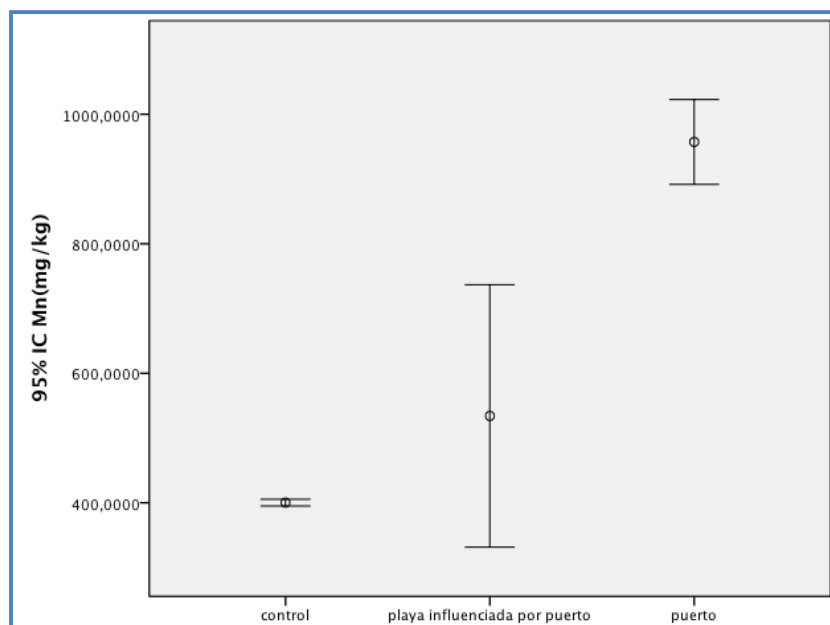


Figura 209: Concentraciones medias de Mn en punto control, playa colindante y puerto de Santa Cruz.

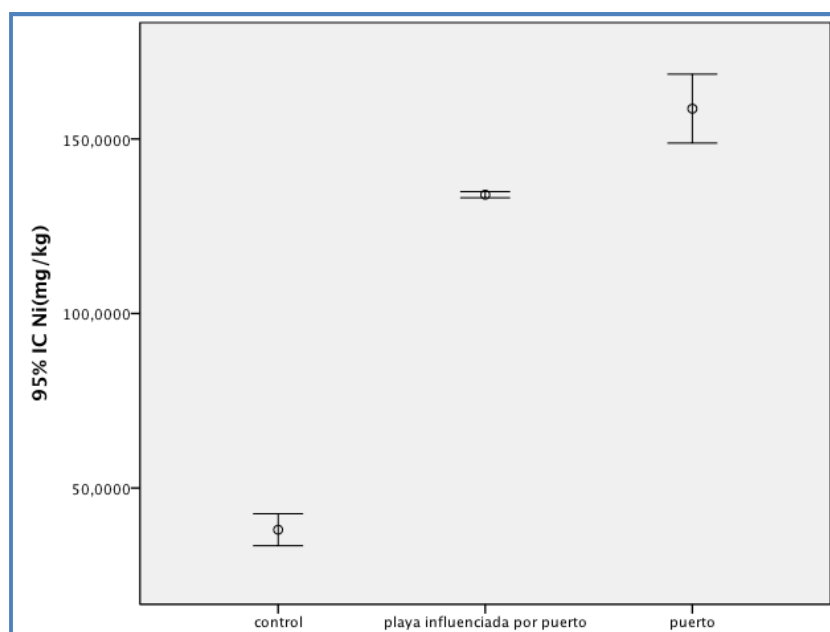


Figura 210: Concentraciones medias de Ni en punto control, playa colindante y puerto de Santa Cruz.

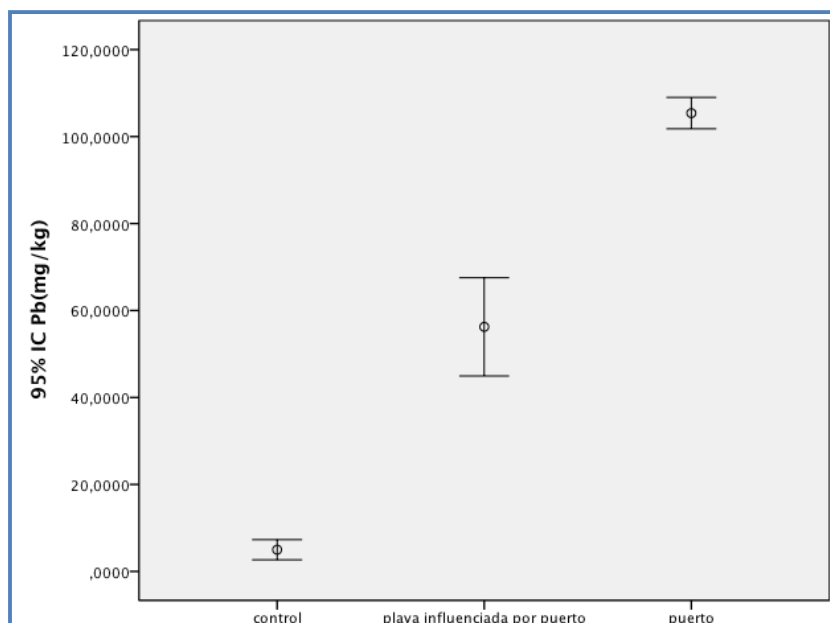


Figura 211: Concentraciones medias de Pb en punto control, playa colindante y puerto de Santa Cruz.

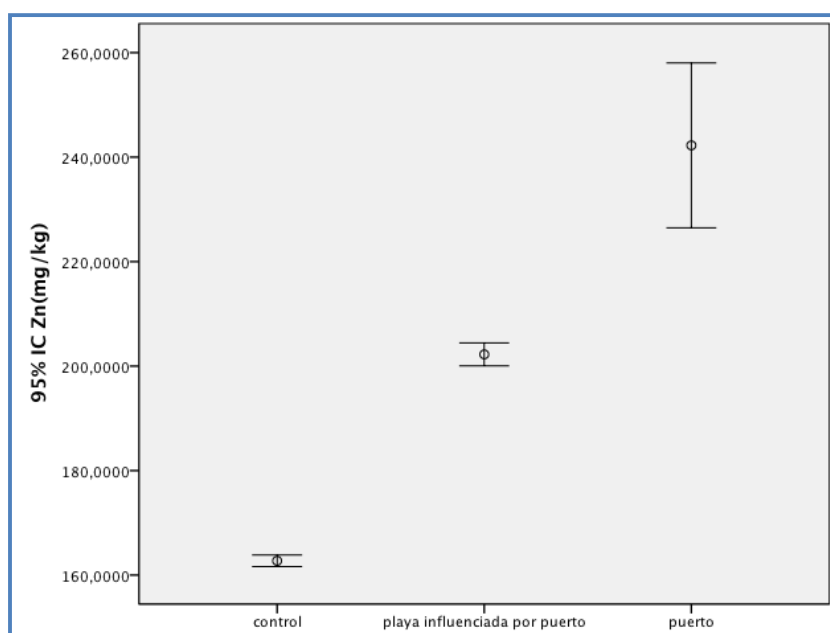


Figura 212: Concentraciones medias de Zn en punto control, playa colindante y puerto de Santa Cruz.

Una vez descritos los datos y la estadística entre los grupos muestrales correspondientes al puerto de Santa Cruz, sus playas colindantes y el control del área nordeste, pasamos a describir los datos y la estadística entre los doce puntos muestreo establecidos en el nordeste: 6 localizados en el puerto de Santa Cruz, 4 localizados en

las playas colindantes a los puertos y 2 localizados en la playa de Roque Bermejo como punto de control.

La tabla 58 muestra las concentraciones medias, desviaciones estándar, máximos y mínimos de metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) en sedimentos, obtenida en cada uno de los doce puntos de muestreo establecidos en el área nordeste de la isla de Tenerife.

Tabla 58: concentración media (C m), desviación estándar (DS), de metales en los puntos de muestreo del área nordeste de la isla de Tenerife (mg/kg p.s)								
METALES	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
C m Dique del Este	0,06	37,83	263,33	54,59	1035,55	131,25	118,79	179,06
DS	0,05	3,87	27,23	2,06	34,54	2,64	2,45	7,14
C m Valle Seco	0,07	39,68	363,67	54,73	554,07	113,97	95,99	214,53
DS	0,01	1,68	92,61	2,76	28,75	11,65	2,00	9,83
C m Escuela náutica	0,06	36,88	261,59	63,92	598,92	130,66	86,35	193,66
DS	0,01	2,96	26,91	13,18	31,90	2,66	1,42	2,80
C m Atraque Armas-Fred Olsen	0,06	40,04	485,54	150,49	954,48	201,95	138,28	252,78
DS	0,01	3,11	84,50	25,80	95,09	31,12	4,57	9,59
C m Barranco Santos	0,34	51,30	370,54	200,77	1553,43	194,51	93,87	406,19
DS	0,11	4,25	53,76	177,30	256,02	84,06	12,90	98,29
C m Refinería	0,07	41,03	260,18	58,55	1047,35	179,73	99,06	207,28
DS	0,00	3,55	69,06	10,51	222,85	54,53	17,59	23,53
C m Parque Marítimo Derecha	0,08	40,77	226,57	60,45	909,92	138,16	101,31	199,68
DS	0,00	2,98	28,78	6,22	69,10	2,17	7,49	11,09
C m Parque Marítimo izquierda	0,07	40,18	217,51	65,63	1226,72	131,15	110,89	195,41
DS	0,00	2,74	21,43	5,08	1476,28	5,39	7,02	12,06
C m Valle Seco Derecha	0,07	36,49	422,61	73,01	<LD	133,46	6,97	208,62
DS	0,00	2,85	53,82	8,34	-	1,27	7,15	4,18
C m Valle Seco Izquierda	0,07	36,93	459,08	67,36	<LD	133,35	5,78	205,25
DS	0,01	2,90	47,45	4,18	-	1,87	6,19	4,96
C m Roque Bermejo Derecha	0,03	19,49	32,79	21,02	404,35	39,17	4,92	164,09
DS	0,01	10,43	15,66	5,05	17,15	14,24	7,39	2,03
C m Roque Bermejo Izquierda	0,03	28,18	33,59	22,93	396,22	36,93	5,07	161,38
DS	0,01	10,43	22,20	14,04	14,87	26,00	7,29	11,20

La distribución de mayor a menor concentración de metales en sedimentos encontrada en los distintos puntos de muestreo difiere entre sí. Por un lado, los puntos de muestreo “Dique del Este”, “Valle Seco”, “Escuela Náutica”, “Atraque Armas-Fred Olsen”, “Refinería”, playa del “Parque Marítimo Derecha” y playa del “Parque Marítimo Izquierda” presentan la siguiente distribución de mayor a menor concentración: Mn>Cr>Zn>Ni>Pb>Cu>Co>Cd.

En el caso del punto de muestreo del “Barranco de Santos”, encontramos la siguiente distribución: Mn>Zn>Cr>Cu>Ni>Pb>Co>Cd. En el caso del punto de muestreo de “Roque Bermejo Derecha”, la distribución es la siguiente: Mn>Zn>Ni>Cr>Cu>Co>Pb>Cd mientras que la distribución de metales en del punto de muestreo control “Roque Bermejo Izquierda” sigue la siguiente secuencia: Mn>Zn>Ni>Cr>Co>Cu>Pb>Cd. Por último, los puntos de muestreo de la playa de “Valle Seco Derecha” y “Valle Seco Izquierda” siguen entre ellos una misma distribución de metales de mayor a menor concentración, aunque el Mn se encontraba por debajo del límite de detección. La distribución de metales de mayor a menor concentración en los puntos de muestreo de la playa de Valle Seco son los siguientes: Cr>Zn>Ni>Cu>Co>Pb>Cd. De esta forma, eliminando el Mn, esta secuenciación corresponde con la secuenciación de metales obtenida para los puntos de muestreo “Dique del Este”, “Valle Seco”, “Escuela Náutica”, “Atraque Armas-Fred Olsen”, “Refinería” y las playas “Parque Marítimo Derecha” y “Parque Marítimo Izquierda”.

Una vez terminada la estadística descriptiva de los puntos de muestreo del área nordeste, pasamos a comprobar la existencia de diferencias significativas existentes entre los puntos de muestreo establecidos en este estudio.

Para comprobar la existencia de normalidad de los datos, se usaron los test de Kolmorow-Smirnov y de Shapiro-Wilk para cada uno de los metales (Cd, Co, Cu, Cr, Pb, Mn, Ni y Zn) de los sedimentos estudiados en los puntos de muestreo del área nordeste (tabla 59).

Tabla 59: Pruebas de normalidad ^{b,c} para los puntos de muestreo del nordeste de la isla de Tenerife							
	punto SPSS	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cd(microg/kg)	1	,144	20	,200*	,928	20	,140

	2	,194	20	,048	,801	20	,001
	3	,235	20	,005	,872	20	,013
	4	,230	20	,007	,847	20	,005
	5	,193	20	,048	,908	20	,058
	6	,219	20	,013	,918	20	,089
	7	,396	20	,000	,386	20	,000
	8	,177	20	,102	,922	20	,109
	9	,098	20	,200*	,975	20	,854
	10	,132	20	,200*	,972	20	,790
	11	,184	20	,076	,923	20	,112
	12	,150	20	,200*	,962	20	,581
	Co(mg/kg)	1	,205	20	,027	,867	20
2		,148	20	,200*	,948	20	,332
3		,199	20	,038	,854	20	,006
4		,189	20	,059	,866	20	,010
5		,104	20	,200*	,974	20	,836
6		,177	20	,100	,871	20	,012
7		,130	20	,200*	,963	20	,606
8		,157	20	,200*	,928	20	,144
9		,181	20	,084	,868	20	,011
10		,168	20	,140	,899	20	,040
11		,165	20	,157	,902	20	,044
12		,159	20	,198	,944	20	,287
Cr(mg/kg)	1	,136	20	,200*	,945	20	,292
	2	,203	20	,030	,843	20	,004
	3	,133	20	,200*	,912	20	,068
	4	,199	20	,037	,922	20	,107
	5	,181	20	,084	,937	20	,206
	6	,175	20	,112	,948	20	,332
	7	,201	20	,033	,866	20	,010
	8	,110	20	,200*	,962	20	,581
	9	,114	20	,200*	,978	20	,908
	10	,167	20	,147	,923	20	,113
	11	,191	20	,054	,928	20	,144
	12	,145	20	,200*	,959	20	,518
Cu(mg/kg)	1	,141	20	,200*	,957	20	,477
	2	,113	20	,200*	,940	20	,244
	3	,222	20	,011	,874	20	,014
	4	,156	20	,200*	,945	20	,293
	5	,217	20	,014	,883	20	,020
	6	,200	20	,035	,883	20	,020
	7	,113	20	,200*	,966	20	,675
	8	,245	20	,003	,918	20	,090

	9	,137	20	,200*	,954	20	,424
	10	,241	20	,003	,852	20	,006
	11	,283	20	,000	,719	20	,000
	12	,204	20	,028	,741	20	,000
Mn(mg/kg)	1	,152	20	,200*	,934	20	,188
	2	,183	20	,079	,958	20	,511
	5	,172	20	,124	,908	20	,058
	6	,511	20	,000	,266	20	,000
	7	,157	20	,200*	,926	20	,128
	8	,158	20	,200*	,951	20	,390
	9	,105	20	,200*	,967	20	,688
	10	,131	20	,200*	,969	20	,741
	11	,138	20	,200*	,905	20	,052
	12	,200	20	,035	,781	20	,000
Ni(mg/kg)	1	,273	20	,000	,790	20	,001
	2	,209	20	,022	,891	20	,028
	3	,140	20	,200*	,940	20	,238
	4	,254	20	,002	,889	20	,025
	5	,171	20	,129	,931	20	,165
	6	,233	20	,006	,876	20	,015
	7	,177	20	,099	,900	20	,041
	8	,226	20	,009	,836	20	,003
	9	,096	20	,200*	,973	20	,813
	10	,169	20	,139	,952	20	,399
	11	,237	20	,005	,854	20	,006
	12	,273	20	,000	,806	20	,001
Pb(mg/kg)	1	,502	20	,000	,298	20	,000
	2	,393	20	,000	,333	20	,000
	3	,420	20	,000	,434	20	,000
	4	,399	20	,000	,397	20	,000
	5	,175	20	,109	,911	20	,067
	6	,137	20	,200*	,938	20	,216
	7	,161	20	,188	,944	20	,291
	8	,216	20	,015	,900	20	,042
	9	,134	20	,200*	,970	20	,753
	10	,106	20	,200*	,946	20	,308
	11	,277	20	,000	,847	20	,005
	12	,185	20	,071	,906	20	,054
Zn(mg/kg)	1	,225	20	,009	,901	20	,043
	2	,155	20	,200*	,906	20	,053
	3	,200	20	,035	,869	20	,011
	4	,155	20	,200*	,963	20	,600
	5	,161	20	,187	,940	20	,240

	6	,144	20	,200*	,976	20	,873
	7	,197	20	,041	,886	20	,023
	8	,203	20	,030	,879	20	,017
	9	,195	20	,045	,922	20	,108
	10	,136	20	,200*	,909	20	,061
	11	,275	20	,000	,679	20	,000
	12	,251	20	,002	,887	20	,024
<p>a. Corrección de la significación de Lilliefors</p> <p>*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.</p> <p>b. Mn (mg/kg) es una constante cuando punto muestreo = 3 y se ha desestimado.</p> <p>c. Mn (mg/kg) es una constante cuando punto muestreo = 4 y se ha desestimado.</p>							

Una vez comprobada la normalidad de los resultados, se llevó a cabo el estudio de la homogeneidad de las varianzas con el test de Levene, para cada uno de los metales estudiados en los dos puntos de muestreo establecidos (tabla 60).

Tabla 60: Prueba de homogeneidad de la varianza ^{a,b} para los puntos de muestreo del nordeste de la isla de Tenerife					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Cd($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Basándose en la media	20,543	11	228	,000
	Basándose en la mediana.	13,674	11	228	,000
	Basándose en la mediana y con gl corregido	13,674	11	31,918	,000
	Basándose en la media recortada	17,775	11	228	,000
Co(mg/kg)	Basándose en la media	13,748	11	228	,000
	Basándose en la mediana.	9,445	11	228	,000
	Basándose en la mediana y con gl corregido	9,445	11	72,717	,000
	Basándose en la media recortada	13,279	11	228	,000
Cr(mg/kg)	Basándose en la media	9,922	11	228	,000
	Basándose en la mediana.	7,780	11	228	,000
	Basándose en la mediana y con gl corregido	7,780	11	115,668	,000
	Basándose en la media recortada	9,614	11	228	,000
Cu(mg/kg)	Basándose en la media	18,912	11	228	,000
	Basándose en la mediana.	8,796	11	228	,000
	Basándose en la mediana y con gl corregido	8,796	11	20,106	,000
	Basándose en la media recortada	14,739	11	228	,000
Mn(mg/kg)	Basándose en la media	3,955	9	190	,000
	Basándose en la mediana.	1,229	9	190	,279
	Basándose en la mediana y con gl corregido	1,229	9	20,117	,332
	Basándose en la media recortada	1,244	9	190	,271
Ni(mg/kg)	Basándose en la media	36,667	11	228	,000
	Basándose en la mediana.	14,182	11	228	,000

	Basándose en la mediana y con gl corregido	14,182	11	43,858	,000
	Basándose en la media recortada	33,233	11	228	,000
Pb(mg/kg)	Basándose en la media	12,500	11	228	,000
	Basándose en la mediana.	9,598	11	228	,000
	Basándose en la mediana y con gl corregido	9,598	11	123,207	,000
	Basándose en la media recortada	12,095	11	228	,000
Zn(mg/kg)	Basándose en la media	6,880	11	228	,000
	Basándose en la mediana.	6,574	11	228	,000
	Basándose en la mediana y con gl corregido	6,574	11	22,312	,000
	Basándose en la media recortada	6,771	11	228	,000
a. Mn (mg/kg) es una constante cuando punto muestreo = 3 y se ha desestimado.					
b. Mn (mg/kg) es una constante cuando punto muestreo = 4 y se ha desestimado.					

Una vez comprobada la normalidad y homogeneidad de las concentraciones medias obtenidas de metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) en los sedimentos de los puntos de muestreo del área nordeste, se comprueba la necesidad del uso de test no paramétricos.

El resumen de las pruebas de hipótesis para pruebas no paramétricas, demuestra diferencias significativas para todos los metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn). En las siguientes tablas (61-136), se detallan de forma específica, los estadísticos de contraste para de los 12 puntos de muestreo establecidos en el área nordeste, en ellos se puede ver la existencia de diferencias significativas entre cada uno de los puntos de muestreo.

En la tabla 61, se muestran los estadísticos de contraste entre el punto de muestreo 1 (“Roque Bermejo Derecha”) y 2 (“Roque Bermejo Izquierda”). En dicha tabla se observa que no existen diferencias significativas para ningún metal entre el punto de muestreo 1 (“Roque Bermejo Derecha”) y el 2 (“Roque Bermejo Izquierda”).

Tabla 61: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 1 y 2								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	178,00 0	121,00 0	190,00 0	163,50 0	154,50 0	183,50 0	198,50 0	114,50 0
W de Wilcoxon	388,00 0	331,00 0	400,00 0	373,50 0	364,50 0	393,50 0	408,50 0	324,50 0
Z	-,595	-2,137	-,271	-,987	-1,234	-,446	-,041	-2,313

Sig. asintót. (bilateral)	,552	,033	,787	,323	,217	,655	,968	,021
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,565 ^a	,033 ^a	,799 ^a	,327 ^a	,221 ^a	,659 ^a	,968 ^a	,020 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 62 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 1 (“Roque Bermejo Derecha”) y el punto 3 (“Valle Seco Derecha”). La tabla muestra la existencia de diferencias significativas entre el punto de muestreo 1 (“Roque Bermejo Derecha”) y el 3 (“Valle Seco Derecha”).

Tabla 62: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 1 y 3								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	,000	38,000	,000	,000	,000	,000	84,000	,000
W de Wilcoxon	210,000	248,000	210,000	210,000	210,000	210,000	294,000	210,000
Z	-5,410	-4,382	-5,410	-5,411	-5,786	-5,412	-3,138	-5,412
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,002	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,001 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 63 muestra los estadísticos de contraste entre el punto de muestreo 1 (“Roque Bermejo Derecha”) y el punto de muestreo 4 (“Valle Seco Izquierda”). La tabla muestra la existencia de diferencias significativas para los metales Cd, Co, Cr,

Cu, Pb, Mn, Ni y Zn, no existiendo diferencias significativas para el Pb entre el punto 1 (“Roque Bermejo Derecha”) y el punto 4 (“Valle Seco Izquierda”).

Tabla 63: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 1 y 4								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	,000	30,500	,000	,000	,000	,000	128,000	,000
W de Wilcoxon	210,000	240,500	210,000	210,000	210,000	210,000	338,000	210,000
Z	-5,410	-4,585	-5,410	-5,410	-5,786	-5,411	-1,948	-5,411
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,051	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,052 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 64 muestra los estadísticos de contraste entre el punto de muestreo 1 (“Roque Bermejo Derecha”) y el punto de muestreo 5 (“Parque Marítimo Derecha”). Tal y como se aprecia en la tabla, existen diferencias significativas para todos los metales estudiados entre el punto 1 (“Roque Bermejo Derecha”) y el punto 5 (“Parque Marítimo Derecha”).

Tabla 64: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 1 y 5								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	,000	3,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	210,000	213,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000
Z	-5,410	-5,329	-5,410	-5,411	-5,413	-5,412	-5,410	-5,412
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000

Tabla 64: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 1 y 5								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	,000	3,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	210,000	213,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000
Z	-5,410	-5,329	-5,410	-5,411	-5,413	-5,412	-5,410	-5,412
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 65 muestra los estadísticos de contraste entre el punto de muestreo 1 (“Roque Bermejo Derecha”) y el punto de muestreo 6 (“Parque Marítimo Izquierda”). Tal y como se aprecia en la tabla, existen diferencias significativas para todos los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn).

Tabla 65: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 1 y 6								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	,000	1,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	210,000	211,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000
Z	-5,410	-5,383	-5,410	-5,412	-5,413	-5,410	-5,411	-5,412
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 66 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 1 (“Roque Bermejo Derecha”) y el punto 7 (“Dique del Este”). Tal y como se aprecia en la tabla, existen diferencias significativas en todos los metales entre el punto 1 (“Roque Bermejo Derecha”) y el punto 7 (“Dique del Este”).

Tabla 66: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 1 y 7								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	,000	26,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	210,000	236,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000
Z	-5,410	-4,707	-5,410	-5,411	-5,414	-5,414	-5,411	-5,412
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 67 muestra los estadísticos de contraste entre el punto de muestreo 1 (“Roque Bermejo Derecha”) y el punto de muestreo 8 (“Valle Seco”). En la tabla se muestra que existen diferencias significativas para todos los metales entre el punto 1 (“Roque Bermejo Derecha”) y el punto 8 (“Valle Seco”).

Tabla 67: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 1 y 8								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	,000	2,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	210,000	212,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000
Z	-5,410	-5,356	-5,410	-5,411	-5,414	-5,411	-5,410	-5,412

Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 68 muestra los estadísticos de contraste entre el punto de muestreo 1 (“Roque Bermejo Derecha”) y el punto de muestreo 9 (“Escuela Náutica”). Tal y como se puede ver en la tabla, existen diferencias significativas para todos los metales entre el punto 1 (“Roque Bermejo Derecha”) y el punto 9 (“Escuela Náutica”).

Tabla 68: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 1 y 9								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	4,000	27,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	214,000	237,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000
Z	-5,302	-4,680	-5,410	-5,411	-5,413	-5,410	-5,410	-5,412
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 69 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 1 (“Roque Bermejo Derecha”) y el punto 10 (“Atraque Armas-Fred Olsen”). En la tabla se comprueba que existen diferencias significativas para todos los metales entre el punto 1 (“Roque Bermejo Derecha”) y el punto 10 (“Atraque Armas-Fred Olsen”).

Tabla 69: Estadísticos de contraste ^b entre los puntos 1 y 10								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	4,000	10,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	214,000	220,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000
Z	-5,302	-5,140	-5,410	-5,410	-5,413	-5,411	-5,410	-5,411
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 70 muestra los estadísticos de contraste entre el punto de muestreo 1 (“Roque Bermejo Derecha”) y el punto de muestreo 11 (“Barranco de Santos”). En la tabla se aprecia que existen diferencias significativas entre todos los metales entre el punto 1 (“Roque Bermejo Derecha”) y el punto 11 (“Barranco de Santos”).

Tabla 70: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 1 y 11								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000
Z	-5,410	-5,410	-5,410	-5,410	-5,413	-5,410	-5,410	-5,411
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 71 muestra los estadísticos de contraste entre el punto de muestreo 1 (“Roque Bermejo Derecha”) y el punto de muestreo 12 (“Refinería”). Tal y como muestra la tabla, existen diferencias significativas para todos los metales entre el punto 1 (“Roque Bermejo Derecha”) y el punto 12 (“Refinería”).

Tabla 71: Estadísticos de contraste ^b entre el punto 1 y 12								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	,000	3,000	,000	,000	20,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	210,000	213,000	210,000	210,000	230,000	210,000	210,000	210,000
Z	-5,410	-5,329	-5,410	-5,410	-4,872	-5,410	-5,410	-5,411
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 72, muestra a modo de resumen las diferencias significativas existentes en los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) entre el punto de muestreo 1 (“Roque Bermejo Derecha”) y el resto de los puntos de muestreo.

Tabla 72: Resumen de las diferencias significativas existentes entre el punto 1 (“Roque Bermejo Derecha”) y el resto de los puntos de muestreo								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
2: Roque Bermejo Izquierda	No	No	No	No	No	No	No	No
3: Valle Seco Derecha	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
4: Valle Seco Izquierda	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si
5: Parque Marítimo Derecha	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
6: Parque Marítimo Izquierda	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
7: Dique del Este	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si

8: Valle Seco	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
9: Escuela Náutica	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
10: Atraque Armas-Fred Olsen	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
11: Barranco de Santos	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
12: Refinería	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Tal y como se comprueba en la tabla 72, los únicos puntos que no presenta diferencias significativas entre los metales es el punto 1 (“Roque Bermejo Derecha”) y el punto 2 (“Roque Bermejo Izquierda”). Además no existen diferencias significativas en cuanto a Pb entre el punto de muestreo “Roque Bermejo Derecha” y el punto de muestreo 4 perteneciente a la playa de “Valle Seco Izquierda”.

En las siguientes tablas (73-82), se lleva a cabo el estudio de los estadísticos de contraste en pruebas no paramétricas entre el punto de muestreo “Roque Bermejo Izquierda” (número 2) y el resto de los puntos de muestreo.

La tabla 72 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 2 (“Roque Bermejo Izquierda”) y el punto 3 (“Valle Seco Derecha”). En dicha tabla se comprueba la existencia de diferencias significativas para todos los metales entre el punto 2 (“Roque Bermejo Izquierda”) y el punto 3 (“Valle Seco Derecha”).

Tabla 73: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 2 y 3								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	15,000	90,000	,000	,000	,000	,000	76,000	,000
W de Wilcoxon	225,000	300,000	210,000	210,000	210,000	210,000	286,000	210,000
Z	-5,004	-2,976	-5,410	-5,411	-5,789	-5,412	-3,354	-5,411
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,003	,000	,000	,000	,000	,001	,000

Tabla 73: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 2 y 3								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	15,000	90,000	,000	,000	,000	,000	76,000	,000
W de Wilcoxon	225,000	300,000	210,000	210,000	210,000	210,000	286,000	210,000
Z	-5,004	-2,976	-5,410	-5,411	-5,789	-5,412	-3,354	-5,411
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,003	,000	,000	,000	,000	,001	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,002 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,001 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 74 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 2 (“Roque Bermejo Izquierda”) y el punto 4 (“Valle Seco Izquierda”). En dicha tabla se puede comprobar la existencia de diferencias significativas para todos los metales entre el punto 2 (“Roque Bermejo Izquierda”) y el punto 4 (“Valle Seco Izquierda”).

Tabla 74: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 2 y 4								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	12,000	84,000	,000	,000	,000	,000	116,000	,000
W de Wilcoxon	222,000	294,000	210,000	210,000	210,000	210,000	326,000	210,000
Z	-5,085	-3,138	-5,410	-5,410	-5,789	-5,411	-2,272	-5,410
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,002	,000	,000	,000	,000	,023	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,001 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,023 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 75 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 2 (“Roque Bermejo Izquierda”) y el punto 5 (“Parque Marítimo Derecha”). La tabla muestra la existencia de diferencias significativas para todos los metales entre los puntos estudiados.

Tabla 75: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 2 y 5								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	,000	41,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	210,000	251,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000
Z	-5,410	-4,301	-5,410	-5,411	-5,415	-5,412	-5,410	-5,412
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 76 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 2 (“Roque Bermejo Izquierda”) y el punto 6 (“Parque Marítimo Izquierda”). Tal y como muestra la tabla, existen diferencias significativas para todos los metales entre los puntos estudiados.

Tabla 76: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 2 y 6								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	12,000	42,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	222,000	252,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000
Z	-5,085	-4,274	-5,410	-5,412	-5,415	-5,411	-5,411	-5,411
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000

Tabla 76: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 2 y 6								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	12,000	42,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	222,000	252,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000
Z	-5,085	-4,274	-5,410	-5,412	-5,415	-5,411	-5,411	-5,411
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 77 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 2 (“Roque Bermejo Izquierda”) y el punto 7 (“Dique del Este”). Existen diferencias significativas para todos los metales entre los puntos descritos en la tabla 77.

Tabla 77: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 2 y 7								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	21,000	80,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	231,000	290,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000
Z	-4,842	-3,246	-5,410	-5,411	-5,416	-5,414	-5,411	-5,412
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,001	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,001 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 78 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 2 (“Roque Bermejo Izquierda”) y el punto 8 (“Valle Seco”). Tal y como se aprecia en la tabla, existen diferencias significativas para todos los metales entre los puntos estudiados.

Tabla 78: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 2 y 8								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	12,000	50,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	222,000	260,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000
Z	-5,085	-4,058	-5,410	-5,411	-5,416	-5,411	-5,410	-5,411
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 79 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 2 (“Roque Bermejo Izquierda”) y el punto 9 (“Escuela Náutica”), mostrando diferencias significativas para todos los metales entre los puntos estudiados.

Tabla 79: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 2 y 9								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	18,000	81,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	228,000	291,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000
Z	-4,923	-3,219	-5,410	-5,411	-5,416	-5,411	-5,410	-5,411
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,001	,000	,000	,000	,000	,000	,000

Tabla 79: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 2 y 9								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	18,000	81,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	228,000	291,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000
Z	-4,923	-3,219	-5,410	-5,411	-5,416	-5,411	-5,410	-5,411
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,001	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,001 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 80 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 2 (“Roque Bermejo Izquierda”) y el punto 10 (“Atrache Armas-Fred Olsen”). Tal y como se aprecia en la tabla, existen diferencias significativas para todos los metales entre los puntos descritos.

Tabla 80: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 2 y 10								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	22,000	49,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	232,000	259,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000
Z	-4,815	-4,085	-5,410	-5,410	-5,415	-5,411	-5,410	-5,410
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 81 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 2 (“Roque Bermejo Izquierda”) y el punto 11 (“Barranco Santos”). Tal y como se aprecia en la tabla, existen diferencias significativas para todos los metales entre el punto 2 (“Roque Bermejo Izquierda”) y el punto 11 (“Barranco Santos”).

Tabla 81: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 2 y 11								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	,000	2,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	210,000	212,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000
Z	-5,410	-5,356	-5,410	-5,410	-5,415	-5,411	-5,410	-5,410
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 82 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 2 (“Roque Bermejo Izquierda”) y el punto 12 (“Refinería”). Tal y como se aprecia en la tabla, existen diferencias significativas para todos los metales entre el punto 2 (“Roque Bermejo Izquierda”) y el punto 12 (“Refinería”).

Tabla 82: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 2 y 12								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	8,000	40,000	,000	,000	20,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	218,000	250,000	210,000	210,000	230,000	210,000	210,000	210,000
Z	-5,194	-4,328	-5,410	-5,410	-4,874	-5,411	-5,410	-5,410
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000

Tabla 82: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 2 y 12								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	8,000	40,000	,000	,000	20,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	218,000	250,000	210,000	210,000	230,000	210,000	210,000	210,000
Z	-5,194	-4,328	-5,410	-5,410	-4,874	-5,411	-5,410	-5,410
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 83 muestra a modo de resumen las diferencias significativas existentes en los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) entre el punto de muestreo 2 ("Roque Bermejo Izquierda") y el resto de los puntos de muestreo.

Tabla 83: Resumen de las diferencias significativas existentes entre el punto de muestreo 2 ("Roque Bermejo Izquierda") y el resto de los puntos de muestreo de estudio								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
3: Valle Seco Derecha	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
4: Valle Seco Izquierda	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
5: Parque Marítimo Derecha	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
6: Parque Marítimo Izquierda	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
7: Dique del Este	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
8: Valle Seco	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
9: Escuela Náutica	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
10: Atraque Armas-Fred Olsen	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
11: Barranco de Santos	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
12: Refinería	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
9: Escuela Náutica	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Tal y como se comprueba en la tabla 83 existen diferencias significativas para todos los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Pb, Mn, Ni y Zn) entre el punto 2 (“Roque Bermejo Izquierda”) y el resto de los puntos de muestreo.

Expuestas las diferencias significativas de los estadísticos de contraste del punto de muestreo control “Roque Bermejo Izquierda” con el resto de los puntos, se lleva a cabo el estudio de los estadísticos de contraste entre el punto de muestreo “Valle Seco Derecha” y el resto de los puntos (tabla 84 hasta tabla 92).

La tabla 84 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 3 (“Valle Seco Derecha”) y el punto 4 (“Valle Seco Izquierda”). Tal y como se muestra en la tabla, existen diferencias significativas para los metales Cr, Cu, Pb y Zn entre el punto 3 (“Valle Seco Derecha”) y el punto 4 (“Valle Seco Izquierda”). Por otro lado, se demuestra que no existen diferencias significativas para los Cd, Co, Mn y Ni entre los puntos de muestreo estudiados.

Tabla 84: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 3 y 4								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	167,00 0	165,00 0	121,00 0	111,00 0	200,00 0	176,00 0	125,50 0	119,50 0
W de Wilcoxon	377,00 0	375,00 0	331,00 0	321,00 0	410,00 0	386,00 0	335,50 0	329,50 0
Z	-,893	-,947	-2,137	-2,408	,000	-,650	-2,016	-2,179
Sig. asintót. (bilateral)	,372	,344	,033	,016	1,000	,516	,044	,029
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,383 ^a	,355 ^a	,033 ^a	,015 ^a	1,000 ^a	,529 ^a	,043 ^a	,028 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 85 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 3 (“Valle Seco Derecha”) y el punto 5 (“Parque Marítimo Derecha”). En dicha tabla se aprecia que existen diferencias significativas para todos los metales entre los puntos descritos.

Tabla 85: Estadísticos de contraste ^b entre los puntos de muestreo 3 y 5								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	,000	53,000	,000	34,000	,000	19,000	,000	72,000
W de Wilcoxon	210,00 0	263,00 0	210,00 0	244,00 0	210,00 0	229,00 0	210,00 0	282,00 0
Z	-5,410	-3,976	-5,410	-4,491	-5,783	-4,899	-5,411	-3,464
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,001
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 86 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 3 (“Valle Seco Derecha”) y el punto 6 (“Parque Marítimo Izquierda”). La tabla muestra que existen diferencias significativas para los metales Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn entre el punto 3 (“Valle Seco Derecha”) y el punto 6 (“Parque Marítimo Izquierda”), no existiendo diferencias significativas entre los puntos para el metal Cd.

Tabla 86: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 3 y 6								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	154,00 0	78,000	,000	100,50 0	,000	108,50 0	,000	54,000
W de Wilcoxon	364,00 0	288,00 0	210,00 0	310,50 0	210,00 0	318,50 0	210,00 0	264,00 0
Z	-1,244	-3,300	-5,410	-2,693	-5,783	-2,476	-5,411	-3,951
Sig. asintót. (bilateral)	,213	,001	,000	,007	,000	,013	,000	,000

Tabla 86: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 3 y 6								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	154,000	78,000	,000	100,500	,000	108,500	,000	54,000
W de Wilcoxon	364,000	288,000	210,000	310,500	210,000	318,500	210,000	264,000
Z	-1,244	-3,300	-5,410	-2,693	-5,783	-2,476	-5,411	-3,951
Sig. asintót. (bilateral)	,213	,001	,000	,007	,000	,013	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,221 ^a	,001 ^a	,000 ^a	,006 ^a	,000 ^a	,012 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 87 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 3 (“Valle Seco Derecha”) y el punto 7 (“Dique del Este”). La tabla muestra que existen diferencias significativas para los metales Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn entre el punto 3 (“Valle Seco Derecha”) y el punto 7 (“Dique del Este”), no existiendo diferencias significativas entre los puntos para el Co.

Tabla 87: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 3 y 7								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	42,000	150,000	,000	,000	,000	73,500	,000	,000
W de Wilcoxon	252,000	360,000	210,000	210,000	210,000	283,500	210,000	210,000
Z	-4,274	-1,353	-5,410	-5,411	-5,784	-3,427	-5,411	-5,413
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,176	,000	,000	,000	,001	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,183 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 88 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 3 (“Valle Seco Derecha”) y el punto 8 (“Valle Seco” zona portuaria). La tabla muestra que existen diferencias significativas para los metales Co, Cr, Cu, Mn, Ni y Pb entre el punto 3 (“Valle Seco Derecha”) y el punto 8 (“Valle Seco”), no existiendo diferencias significativas entre los puntos para los metales Cd y Zn.

Tabla 88: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 3 y 8								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	192,000	68,000	127,000	,000	,000	38,000	,000	134,000
W de Wilcoxon	402,000	278,000	337,000	210,000	210,000	248,000	210,000	344,000
Z	-,216	-3,571	-1,975	-5,411	-5,784	-4,384	-5,411	-1,786
Sig. asintót. (bilateral)	,829	,000	,048	,000	,000	,000	,000	,074
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,841 ^a	,000 ^a	,049 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,076 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 89 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 3 (“Valle Seco Derecha”) y el punto 9 (“Escuela Náutica”). Tal y como muestra la tabla existen diferencias significativas para los metales Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn entre los puntos estudiados, no existiendo diferencias significativas entre los puntos para Cd y Co.

Tabla 89: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 3 y 9								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	137,500	185,000	,000	95,500	,000	62,000	,000	,000
W de Wilcoxon	347,500	395,000	210,000	305,500	210,000	272,000	210,000	210,000
Z	-1,691	-,406	-5,410	-2,828	-5,783	-3,734	-5,411	-5,412

Sig. asintót. (bilateral)	,091	,685	,000	,005	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,091 ^a	,698 ^a	,000 ^a	,004 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 90 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 3 (“Valle Seco Derecha”) y el punto 10 (“Atraque Armas-Fred Olsen”). Tal y como se muestra en la tabla existen diferencias significativas para todos los metales entre los puntos descritos.

Tabla 90: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 3 y 10								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	87,000	71,500	97,000	,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	297,000	281,500	307,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000
Z	-3,057	-3,476	-2,786	-5,411	-5,783	-5,412	-5,410	-5,411
Sig. asintót. (bilateral)	,002	,001	,005	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,002 ^a	,000 ^a	,005 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 91 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 3 (“Valle Seco Derecha”) y el punto 11 (“Barranco de Santos”). Tal y como se muestra en la tabla, existen diferencias significativas para todos los metales entre los puntos descritos anteriormente.

Tabla 91 Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 3 y 11								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	,000	,000	95,000	34,000	,000	143,000	,000	,000
W de Wilcoxon	210,000	210,000	305,000	244,000	210,000	353,000	210,000	210,000
Z	-5,410	-5,410	-2,840	-4,491	-5,783	-1,542	-5,411	-5,411
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,005	,000	,000	,123	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,004 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,127 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 92 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 3 (“Valle Seco Derecha”) y el punto 12 (“Refinería”) en donde se muestra la existencia de diferencias significativas para todos los metales excepto para el Zn, en el que no se muestran diferencias significativas para dichos puntos.

Tabla 92: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 3 y 12								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	102,000	63,000	12,000	35,000	,000	20,000	,000	134,500
W de Wilcoxon	312,000	273,000	222,000	245,000	210,000	230,000	210,000	344,500
Z	-2,651	-3,706	-5,085	-4,464	-5,783	-4,870	-5,410	-1,772
Sig. asintót. (bilateral)	,008	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,076
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,007 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,076 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 93 muestra a modos de resumen las diferencias significativas existentes en los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) entre el punto de muestreo 3 (“Valle Seco Derecha”) y el resto de los puntos de muestreo. Tal y como se comprueba en la tabla, no existen diferencias significativas entre el punto 3 (“Valle Seco Derecha”) y los puntos de muestreo en los siguientes casos específicos: entre el punto 3 (“Valle Seco Derecha”) y el punto 4 (“Valle Seco Izquierda”) para los metales Cd, Co, Mn y Ni; entre el punto 3 y el 6 (“Parque Marítimo Izquierda”) para el Cd; entre el punto 3 y el 7 (“Dique del Este”) para Co; entre el punto 3 y el 9 (“Escuela Náutica”) para Cd y Zn; entre el punto 3 y el 10 (“Atrache Armas-Fred Olsen”) para Cd y Co; y por último entre el punto 3 y el punto 12 (“Refinería”) para Zn. El resto de los puntos de muestreo presentan diferencias significativas entre los distintos metales.

Tabla 93: Resumen de las diferencias significativas existentes entre el punto 3 (“Valle Seco Derecha”) y el resto de los puntos de muestreo.								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
4: Valle Seco Izquierda	No	No	Si	Si	No	No	Si	Si
5: Parque Marítimo Derecha	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
6: Parque Marítimo Izquierda	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
7: Dique del Este	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si
8: Valle Seco	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
9: Escuela Náutica	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No
10: Atrache Armas-Fred Olsen	No	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si
11: Barranco de Santos	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
12: Refinería	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No

Expuestas las diferencias significativas de los estadísticos de contraste del punto de muestreo “Valle Seco Derecha” (punto 3) con el resto de los puntos, se lleva a cabo el estudio de los estadísticos de contraste entre el punto de muestreo “Valle Seco Izquierda” (punto 4) y el resto de los puntos de muestreo (tabla 94-101).

La tabla 94 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 4 (“Valle Seco Izquierda”) y el punto 5 (“Parque Marítimo Derecha”). Tal y como se puede ver en la tabla existen diferencias significativas para todos los metales entre los puntos descritos.

Tabla 94: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 4 y 5								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	57,000	76,000	,000	61,500	,000	21,000	,000	107,000
W de Wilcoxon	267,000	286,000	210,000	271,500	210,000	231,000	210,000	317,000
Z	-3,868	-3,354	-5,410	-3,747	-5,783	-4,844	-5,411	-2,516
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,001	,000	,000	,000	,000	,000	,012
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,001 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,011 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 95 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 4 (“Valle Seco Izquierda”) y el punto 6 (“Parque Marítimo Izquierda”). La tabla muestra que no existen diferencias significativas entre el punto 4 (“Valle Seco Izquierda”) y el punto 6 (“Parque Marítimo Izquierda”) para Cd y Cu. Por otro lado, se comprueba la existencia de diferencias significativas para Co, Cr, Mn, Ni, Pb y Zn.

Tabla 95: Estadísticos de contraste^b entre los punto 4 y 6

Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	197,000	96,000	,000	165,500	,000	113,000	,000	83,000
W de Wilcoxon	407,000	306,000	210,000	375,500	210,000	323,000	210,000	293,000
Z	-,081	-2,813	-5,410	-,934	-5,783	-2,353	-5,411	-3,166
Sig. asintót. (bilateral)	,935	,005	,000	,351	,000	,019	,000	,002
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,947 ^a	,004 ^a	,000 ^a	,355 ^a	,000 ^a	,018 ^a	,000 ^a	,001 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 96 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 4 (“Valle Seco Izquierda”) y el punto 7 (“Dique del Este”). Tal y como se muestra en la tabla existen diferencias significativas para todos los metales excepto para el Co en los puntos de muestreo descritos.

Tabla 96: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 4 y 7								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	47,500	161,000	,000	3,000	,000	75,000	,000	,000
W de Wilcoxon	257,500	371,000	210,000	213,000	210,000	285,000	210,000	210,000
Z	-4,125	-1,055	-5,410	-5,329	-5,784	-3,384	-5,411	-5,412
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,291	,000	,000	,000	,001	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,301 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 97 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 4 (“Valle Seco Izquierda”) y el punto 8 (“Valle Seco”). Tal y como muestra la tabla existen diferencias significativas para todos los metales excepto para el Cd en los puntos estudiados.

Tabla 97: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 4 y 8								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	182,000	86,000	81,000	5,000	,000	40,500	,000	81,000
W de Wilcoxon	392,000	296,000	291,000	215,000	210,000	250,500	210,000	291,000
Z	-,487	-3,084	-3,219	-5,275	-5,784	-4,315	-5,411	-3,220
Sig. asintót. (bilateral)	,626	,002	,001	,000	,000	,000	,000	,001
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,640 ^a	,002 ^a	,001 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,001 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 98 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 4 (“Valle Seco Izquierda”) y el punto 9 (“Escuela Náutica”). Tal y como muestra la estadística de contraste de la tabla, existen diferencias significativas entre el punto 4 (“Valle Seco Izquierda”) y el punto 9 (“Escuela Náutica”) para todos los metales excepto para los metales Co y Cu.

Tabla 98: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 4 y 9								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	119,500	189,500	,000	138,000	,000	71,500	,000	4,000
W de Wilcoxon	329,500	399,500	210,000	348,000	210,000	281,500	210,000	214,000
Z	-2,178	-,284	-5,410	-1,677	-5,783	-3,477	-5,411	-5,303

Sig. asintót. (bilateral)	,029	,776	,000	,093	,000	,001	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,028 ^a	,779 ^a	,000 ^a	,096 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 99 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 4 (“Valle Seco Izquierda”) y el punto 10 (“Atrache Armas-Fred Olsen”). Tal y como se muestra en la tabla, existen diferencias significativas entre los puntos descritos para todos los metales excepto para el caso del Cr.

Tabla 99: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 4 y 10								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	87,000	89,000	135,000	,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	297,000	299,000	345,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000
Z	-3,057	-3,003	-1,758	-5,410	-5,783	-5,411	-5,410	-5,410
Sig. asintót. (bilateral)	,002	,003	,079	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,002 ^a	,002 ^a	,081 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 100 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 4 (“Valle Seco Izquierda”) y el punto 11 (“Barranco de Santos”). Tal y como se muestra en la tabla, existen diferencias significativas para todos los metales excepto para Ni entre los puntos de muestreo estudiados.

Tabla 100: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 4 y 11								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	,000	,000	43,000	9,000	,000	143,500	,000	,000
W de Wilcoxon	210,000	210,000	253,000	219,000	210,000	353,500	210,000	210,000
Z	-5,410	-5,410	-4,247	-5,167	-5,783	-1,528	-5,411	-5,410
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,126	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,127 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 101 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 4 (“Valle Seco Izquierda”) y el punto 12 (“Refinería”). La tabla muestra que existen diferencias significativas para los metales entre el punto 4 (“Valle Seco Izquierda”) y el punto 12 (“Refinería”) excepto en los casos del Cd y el Zn.

Tabla 101: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 4 y 12								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	164,000	74,000	1,000	48,000	,000	20,000	,000	176,500
W de Wilcoxon	374,000	284,000	211,000	258,000	210,000	230,000	210,000	386,500
Z	-,974	-3,408	-5,383	-4,112	-5,783	-4,869	-5,410	-,636
Sig. asintót. (bilateral)	,330	,001	,000	,000	,000	,000	,000	,525
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,341 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,529 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 102 muestra a modos de resumen las diferencias significativas existentes en los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) entre el punto de muestreo 4 (“Valle Seco Izquierda”) y el resto de los puntos de muestreo. Tal y como se comprueba en la tabla, no existen diferencias significativas entre el punto 4 (“Valle Seco Izquierda”) y los puntos de muestreo en los siguientes casos específicos: entre el punto 4 (“Valle Seco Izquierda”) y el punto 6 (“Parque Marítimo Izquierda”) para los metales Cd, y Cu; entre el punto 4 y el 7 (“Dique del Este”) para Co; entre el punto 4 y el 8 (“Valle Seco”) para el metal Cd; entre el punto 4 y el 9 (“Escuela Náutica”) para Co y Cu; entre el punto 4 y el 10 (“Atrache Armas-Fred Olsen”) para el Cr; entre el punto 4 y el 11 (“Barranco de Santos”) para el metal Ni; y por último, entre el punto 4 y el 12 (“Refinería”) para Zn. El resto de los puntos de muestreo no descritos, muestran diferencias significativas entre los distintos metales y los distintos puntos.

Tabla 102: Resumen de las diferencias significativas existentes entre el punto 4 (Valle Seco Izquierda) y el resto de los puntos de muestreo								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
5: Parque Marítimo Derecha	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
6: Parque Marítimo Izquierda	No	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si
7: Dique del Este	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si
8: Valle Seco	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
9: Escuela Náutica	Si	No	Si	No	Si	Si	Si	No
10: Atrache Armas-Fred Olsen	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si
11: Barranco de Santos	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si
12: Refinería	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No

Expuestas las diferencias significativas de los estadísticos de contraste del punto de muestreo “Valle Seco Izquierda” (punto 4) con el resto de los puntos, se lleva a cabo el estudio de los estadísticos de contraste entre el punto de muestreo “Parque Marítimo Derecha” (punto 5) y el resto de los puntos de muestreo (tabla 103-109).

La tabla 103 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 5 (“Parque Marítimo Derecha”) y el punto 6 (“Parque Marítimo Izquierda”). La tabla muestra que no existen diferencias significativas entre Co, Cr, Mn y Zn entre el punto 5 (“Parque Marítimo Derecha”) y el punto 6 (“Parque Marítimo Izquierda”), existiendo diferencias significativas para el resto de los metales (Cd, Cu, Ni, Pb) entre dichos puntos descritos.

Tabla 103: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 5 y 6								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	1,000	168,000	145,000	91,000	174,500	52,500	68,500	162,000
W de Wilcoxon	211,000	378,000	355,000	301,000	384,500	262,500	278,500	372,000
Z	-5,383	-,866	-1,488	-2,951	-,690	-3,991	-3,558	-1,029
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,387	,137	,003	,490	,000	,000	,304
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,398 ^a	,142 ^a	,003 ^a	,495 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,314 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 104 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 5 (“Parque Marítimo Derecha”) y el punto 7 (“Dique del Este”). La tabla muestra que existen diferencias significativas para todos los metales entre los puntos descritos.

Tabla 104: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 5 y 7								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	20,000	115,000	62,000	103,000	3,000	12,000	22,000	20,000
W de Wilcoxon	230,000	325,000	272,000	313,000	213,000	222,000	232,000	230,000
Z	-4,869	-2,299	-3,733	-2,624	-5,330	-5,091	-4,816	-4,873
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,021	,000	,009	,000	,000	,000	,000

Tabla 104: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 5 y 7								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	20,000	115,000	62,000	103,000	3,000	12,000	22,000	20,000
W de Wilcoxon	230,000	325,000	272,000	313,000	213,000	222,000	232,000	230,000
Z	-4,869	-2,299	-3,733	-2,624	-5,330	-5,091	-4,816	-4,873
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,021	,000	,009	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,021 ^a	,000 ^a	,008 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 105 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 5 (“Parque Marítimo Derecha”) y el punto 8 (“Valle Seco”). La tabla muestra que no existen diferencias significativas para el Co entre el punto 5 (“Parque Marítimo Derecha”) y el punto 8 (“Valle Seco” zona portuaria), existiendo diferencias significativas entre los puntos para el resto de los metales.

Tabla 105: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 5 y 8								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	32,000	151,000	46,000	102,000	,000	3,500	94,000	43,000
W de Wilcoxon	242,000	361,000	256,000	312,000	210,000	213,500	304,000	253,000
Z	-4,544	-1,325	-4,166	-2,652	-5,411	-5,317	-2,868	-4,249
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,185	,000	,008	,000	,000	,004	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,192 ^a	,000 ^a	,007 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,004 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 106 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 5 (“Parque Marítimo Derecha”) y el punto 9 (“Escuela Náutica”). La tabla muestra que no existen diferencias significativas para Cu entre el punto 5 (“Parque Marítimo Derecha”) y el punto 9 (“Escuela Náutica”), existiendo diferencias significativas entre los puntos para el resto de los metales (Cd, Co, Cr, Mn, Ni, Pb y Zn).

Tabla 106: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 5 y 9								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	22,000	71,000	72,000	162,500	,000	7,500	,000	100,000
W de Wilcoxon	232,000	281,000	282,000	372,500	210,000	217,500	210,000	310,000
Z	-4,815	-3,489	-3,462	-1,015	-5,411	-5,209	-5,411	-2,708
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,001	,310	,000	,000	,000	,007
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,314 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,006 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 107 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 5 (“Parque Marítimo Derecha”) y el punto 10 (“Atraque Armas-Fred Olsen”). En la tabla se observa que no existen diferencias significativas para el Co y el Mn entre el punto 5 (“Parque Marítimo Derecha”) y el punto 10 (“Atraque Armas-Fred Olsen”), existiendo diferencias significativas entre los puntos para el resto de los metales (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn).

Tabla 107: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 5 y 10								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn

U de Mann-Whitney	13,000	176,000	,000	,000	142,500	2,000	,000	,000
W de Wilcoxon	223,000	386,000	210,000	210,000	352,500	212,000	210,000	210,000
Z	-5,058	-,649	-5,410	-5,410	-1,555	-5,358	-5,410	-5,412
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,516	,000	,000	,120	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,529 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,121 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 108 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 5 (“Parque Marítimo Derecha”) y el punto 11 (“Barranco de Santos”). Tal y como se muestra en la tabla, no existen diferencias significativas para Ni y Pb entre los puntos descritos, existiendo diferencias significativas entre los puntos para el resto de metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn y Zn) estudiados.

Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	,000	5,000	,000	3,000	,000	171,000	135,500	,000
W de Wilcoxon	210,000	215,000	210,000	213,000	210,000	381,000	345,500	210,000
Z	-5,410	-5,275	-5,410	-5,329	-5,410	-,785	-1,745	-5,412
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,433	,081	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,445 ^a	,081 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 109 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 5 (“Parque Marítimo Derecha”) y el punto 12 (“Refinería”) mostrando diferencias significativas para Cd Mn y Ni, no mostrando diferencias significativas para el resto de metales estudiados (Co, Cr, Cu, Pb y Zn) entre los puntos estudiados.

Tabla 109: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 5 y 12								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	11,000	195,000	152,000	138,000	66,500	32,000	191,500	165,000
W de Wilcoxon	221,000	405,000	362,000	348,000	276,500	242,000	401,500	375,000
Z	-5,112	-,135	-1,298	-1,677	-3,611	-4,546	-,230	-,947
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,892	,194	,094	,000	,000	,818	,344
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,904 ^a	,201 ^a	,096 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,820 ^a	,355 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 110 muestra a modos de resumen las diferencias significativas existentes en los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) entre el punto de muestreo 5 (“Parque Marítimo Derecha”) y el resto de los puntos de muestreo. Tal y como se comprueba en la tabla, no existen diferencias significativas entre el punto 5 (“Parque Marítimo Derecha”) y los puntos de muestreo en los siguientes casos específicos: con respecto al punto 6 (“Parque Marítimo Izquierda”) para los metales Co, Cr, Mn y Zn; con respecto al punto 8 (“Valle Seco”) para el metal Cd; con respecto al punto 9 (“Escuela Náutica”) para Cu; con respecto al punto 10 (“Atraque Armas-Fred Olsen”) para Co y Mn; en cuanto al punto 11 (“Barranco de Santos”) para el metal Ni y Pb; y por último en relación al punto 12 (“Refinería”) para Co, Cr, Cu, Pb y Zn. El resto de los puntos de muestreo no descritos, muestran diferencias significativas entre los distintos metales.

Tabla 110: Resumen de las diferencias significativas existentes entre el punto 5 (“Parque Marítimo Derecha”) y el resto de los puntos de muestreo

Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
6: Parque Marítimo Izquierda	Si	No	No	Si	No	Si	Si	No
7: Dique del Este	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
8: Valle Seco	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
9: Escuela Náutica	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si
10: Atraque Armas-Fred Olsen	Si	No	Si	Si	No	Si	Si	Si
11: Barranco de Santos	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	Si
12: Refinería	Si	No	No	No	Si	Si	No	No

Expuestas las diferencias significativas de los estadísticos de contraste del punto de muestreo “Parque Marítimo Derecha” (punto 5) con el resto de los puntos de muestreo, se lleva a cabo el estudio de los estadísticos de contraste entre el punto de muestreo “Parque Marítimo Izquierda” (punto 6) y el resto de los puntos de muestreo (tabla 111-116).

La tabla 111 muestra las estadísticas de contraste entre el punto de muestreo 6 (“Parque Marítimo Izquierda”) y el punto 7 (“Dique del Este”). Tal y como se puede ver en la tabla, no existen diferencias significativas para Ni entre los puntos, existiendo diferencias significativas entre los puntos para el resto de metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Pb y Zn).

Tabla 111: Estadísticos de contraste^b entre el punto de muestreo 6 y 7

Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	36,000	125,000	29,000	14,500	21,000	168,000	49,500	43,500
W de Wilcoxon	246,000	335,000	239,000	224,500	231,000	378,000	259,500	253,500
Z	-4,436	-2,029	-4,626	-5,020	-4,843	-,866	-4,072	-4,236
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,042	,000	,000	,000	,386	,000	,000

Tabla 111: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 6 y 7								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	36,000	125,000	29,000	14,500	21,000	168,000	49,500	43,500
W de Wilcoxon	246,000	335,000	239,000	224,500	231,000	378,000	259,500	253,500
Z	-4,436	-2,029	-4,626	-5,020	-4,843	-,866	-4,072	-4,236
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,042	,000	,000	,000	,386	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,043 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,398 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 112 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 6 ("Parque Marítimo Izquierda") y el punto 8 ("Valle Seco"). Tal y como muestra la tabla, no existen diferencias significativas para Cd y Co entre los puntos estudiados, existiendo diferencias significativas entre los puntos para el resto de los metales (Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn).

Tabla 112: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 6 y 8								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	175,000	184,000	30,000	16,000	,000	69,000	,000	34,000
W de Wilcoxon	385,000	394,000	240,000	226,000	210,000	279,000	210,000	244,000
Z	-,676	-,433	-4,599	-4,979	-5,411	-3,544	-5,411	-4,492
Sig. asintót. (bilateral)	,499	,665	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,512 ^a	,678 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 113 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 6 (“Parque Marítimo Izquierda”) y el punto 9 (“Escuela Náutica”). La tabla muestra que no existen diferencias significativas para Cu, Ni y Zn entre los puntos descritos, existiendo diferencias significativas entre dichos puntos para el resto de metales (Cd, Co, Cr, Mn y Pb).

Tabla 113: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 6 y 9								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	118,000	96,500	34,000	163,500	,000	179,500	,000	154,500
W de Wilcoxon	328,000	306,500	244,000	373,500	210,000	389,500	210,000	364,500
Z	-2,218	-2,800	-4,490	-,988	-5,411	-,555	-5,411	-1,232
Sig. asintót. (bilateral)	,027	,005	,000	,323	,000	,579	,000	,218
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,026 ^a	,004 ^a	,000 ^a	,327 ^a	,000 ^a	,583 ^a	,000 ^a	,221 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 114 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 6 (“Parque Marítimo Izquierda”) y el punto 10 (“Atrake Armas-Fred Olsen”). Tal y como se puede ver en la tabla, no existen diferencias significativas para Co entre el punto 6 (“Parque Marítimo Izquierda”) y el punto 10 (“Atrake Armas-Fred Olsen”), existiendo diferencias significativas para el resto de metales (Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) entre dichos puntos.

Tabla 114: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 6 y 10								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	74,000	197,000	,000	,000	122,000	2,000	,000	,000

W de Wilcoxon	284,000	407,000	210,000	210,000	332,000	212,000	210,000	210,000
Z	-3,408	-,081	-5,410	-5,411	-2,110	-5,356	-5,411	-5,411
Sig. asintót. (bilateral)	,001	,935	,000	,000	,035	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,947 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,035 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 115 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 6 (“Parque Marítimo Izquierda”) y el punto 11 (“Barranco de Santos”). La tabla muestra que no existen diferencias significativas para Ni entre el punto 6 (“Parque Marítimo Izquierda”) y el punto 11 (“Barranco de Santos”), existiendo diferencias significativas entre dichos puntos para el resto de los metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Pb y Zn).

Tabla 115: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 6 y 11								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	,000	3,000	,000	9,000	20,000	131,500	26,500	,000
W de Wilcoxon	210,000	213,000	210,000	219,000	230,000	341,500	236,500	210,000
Z	-5,410	-5,329	-5,410	-5,168	-4,869	-1,853	-4,695	-5,411
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,064	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,063 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 116 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 6 (“Parque Marítimo Izquierda”) y el punto 12 (“Refinería”). La tabla muestra que no existen

diferencias significativas para Cd, Co, Pb y Zn, entre los puntos descritos, existiendo diferencias significativas para el resto de metales (Cr, Cu, Mn, Ni) entre dichos puntos.

Tabla 116: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 6 y 12								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	146,000	173,000	123,000	64,000	68,500	23,000	146,000	137,000
W de Wilcoxon	356,000	383,000	333,000	274,000	278,500	233,000	356,000	347,000
Z	-1,461	-,730	-2,083	-3,680	-3,557	-4,788	-1,461	-1,704
Sig. asintót. (bilateral)	,144	,465	,037	,000	,000	,000	,144	,088
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,149 ^a	,478 ^a	,038 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,149 ^a	,091 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 117 muestra a modos de resumen las diferencias significativas existentes en los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) entre el punto de muestreo 6 (“Parque Marítimo Izquierda”) y el resto de los puntos de muestreo. Tal y como se comprueba en la tabla, no existen diferencias significativas entre el punto 6 (“Parque Marítimo Izquierda”) y los puntos de muestreo en los siguientes casos específicos: entre el punto 6 el 7 (“Dique del Este”) para el metal Ni, entre el punto 6 y el 8 (“Valle Seco”) para el metal Cd y Co; entre el punto 6 y el 9 (“Escuela Náutica”) para Cu, Ni y Zn; entre el punto 6 y el 10 (“Atraque Armas-Fred Olsen”) para el Co; entre el punto 6 y el 11 (“Barranco de Santos”) para el metal Ni; y por último, entre el punto 6 y el 12 (“Refinería”) para Cd, Co, Pb y Zn. El resto de los puntos de muestreo no descritos, muestran diferencias significativas entre los distintos metales.

Tabla 117: Resumen de las diferencias significativas existentes entre el punto 6

("Parque Marítimo Izquierda") y el resto de los puntos de muestreo								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
7: Dique del Este	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si
8: Valle Seco	No	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si
9: Escuela Náutica	Si	Si	Si	No	Si	No	Si	No
10: Atraque Armas-Fred Olsen	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si
11: Barranco de Santos	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si
12: Refinería	No	No	Si	Si	Si	Si	No	No

Expuestas las diferencias significativas de los estadísticos de contraste del punto de muestreo correspondiente a la playa "Parque Marítimo Izquierda" (punto 6) con el resto de los puntos, llevamos a cabo el estudio de los estadísticos de contraste entre el punto de muestreo "Dique del Este" (punto 7) y el resto de los puntos de muestreo (tabla 118-122).

La tabla 118 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 7 ("Dique del Este") y el punto 8 ("Valle Seco" zona portuaria). Tal y como se muestra en la tabla, no existen diferencias significativas para Co y Cu entre los puntos estudiados en esta tabla, existiendo diferencias significativas para el resto de metales (Cd, Cr, Mn, Ni, Pb y Zn).

Tabla 118: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 7 y el 8								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	56,000	134,000	71,000	198,000	,000	65,000	,000	,000
W de Wilcoxon	266,000	344,000	281,000	408,000	210,000	275,000	210,000	210,000
Z	-3,895	-1,785	-3,489	-,054	-5,413	-3,654	-5,411	-5,413
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,074	,000	,957	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,076 ^a	,000 ^a	,968 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 119 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 7 (“Dique del Este”) y el punto 9 (“Escuela Náutica”). Tal y como muestra la tabla, no existen diferencias significativas para Co, Cr y Ni entre el punto 7 (“Dique del Este”) y el punto 9 (“Escuela Náutica”), existiendo diferencias significativas para el resto de los metales estudiados (Cd, Cu, Mn, Pb y Zn).

Tabla 119: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 7 y 9								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	108,00 0	166,00 0	191,00 0	94,000	,000	175,00 0	,000	12,500
W de Wilcoxon	318,00 0	376,00 0	401,00 0	304,00 0	210,00 0	385,00 0	210,00 0	222,50 0
Z	-2,489	-,920	-,243	-2,868	-5,412	-,677	-5,411	-5,075
Sig. asintót. (bilateral)	,013	,358	,808	,004	,000	,499	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,012 ^a	,369 ^a	,820 ^a	,004 ^a	,000 ^a	,512 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 120 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 7 (“Dique del Este”) y el punto 10 (“Atraque Armas-Fred Olsen”). Tal y como muestra la tabla, no existen diferencias significativas para Cd y Co entre los puntos descritos en esta tabla, existiendo diferencias significativas entre dichos puntos para el resto de metales estudiados (Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn).

Tabla 120: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 7 y 10								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	155,00 0	129,00 0	4,000	,000	87,500	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	365,00 0	339,00 0	214,00 0	210,00 0	297,50 0	210,00 0	210,00 0	210,00 0
Z	-1,217	-1,921	-5,302	-5,411	-3,045	-5,414	-5,411	-5,412

Sig. asintót. (bilateral)	,224	,055	,000	,000	,002	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,231 ^a	,056 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,002 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 121 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 7 (“Dique del Este”) y el punto 11 (“Barranco de Santos”). Tal y como muestra la tabla, no existen diferencias significativas para Ni entre los puntos, existiendo diferencias significativas para el resto de metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Pb y Zn).

Tabla 121: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 7 y 11								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	4,000	2,000	10,000	,000	,000	129,000	11,000	,000
W de Wilcoxon	214,000	212,000	220,000	210,000	210,000	339,000	221,000	210,000
Z	-5,302	-5,356	-5,140	-5,411	-5,411	-1,922	-5,113	-5,412
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,055	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,056 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 122 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 7 (“Dique del Este”) y el punto 12 (“Refinería”). Tal y como muestra la tabla, no existen diferencias significativas para Cr, Cu y Mn entre el punto 7 (“Dique del Este”) y el punto 12 (“Refinería”), existiendo diferencias significativas para el resto de metales (Cd, Co, Ni, Pb y Zn).

Tabla 122: Estadísticos de contraste ^b entre el punto 7 y 12								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	37,000	114,000	177,000	170,500	134,000	20,500	52,000	33,000
W de Wilcoxon	247,000	324,000	387,000	380,500	344,000	230,500	262,000	243,000
Z	-4,409	-2,326	-,622	-,798	-1,786	-4,859	-4,004	-4,519
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,020	,534	,425	,074	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,020 ^a	,547 ^a	,429 ^a	,076 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 123 muestra a modos de resumen las diferencias significativas existentes en los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) entre el punto de muestreo 7 (“Dique del Este”) y el resto de los puntos de muestreo. Tal y como se comprueba en la tabla, no existen diferencias significativas entre el punto 7 (“Dique del Este”) y los puntos de muestreo en los siguientes casos específicos: entre el punto 7 y 8 (“Valle Seco” zona portuaria) para el metal Co y Cu, 7 y 9 (“Escuela Náutica”) para Co, Cr y Ni; entre el punto 7 y el 10 (“Atrake Armas-Fred Olsen”) para el Cd y Co; entre el punto 7 y el 11 (“Barranco de Santos”) para el metal Ni; y por último, entre el punto 7 y el 12 (“Refinería”) para Cr, Cu y Mn. El resto de los puntos de muestreo no descritos, muestran diferencias significativas entre los metales entre el punto 7 (“Dique del Este”) y el resto de los puntos de muestreo estudiados.

Tabla 123: Resumen de las diferencias significativas existentes entre el punto 7 (“Dique del Este”) y el resto de los puntos de muestreo									
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	
8: Valle Seco	Si	No	Si	No	Si	Si	Si	Si	
9: Escuela Náutica	Si	No	No	Si	Si	No	Si	Si	
10: Atrake Armas-Fred Olsen	No	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	

11: Barranco de Santos	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si
12: Refinería	Si	Si	No	No	No	Si	Si	Si

Expuestas las diferencias significativas de los estadísticos de contraste del punto de muestreo “Dique del Este” (punto 7) con el resto de los puntos, se lleva a cabo el estudio de los estadísticos de contraste entre el punto de muestreo “Valle Seco” perteneciente a la zona portuaria (punto 8) y el resto de los puntos de muestreo (tabla 124-127).

La tabla 124 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 8 (“Valle Seco” zona portuaria) y el punto 9 (“Escuela Náutica”). No existen diferencias significativas para Cd entre el punto 8 (“Valle Seco” zona portuaria) y el 9 (“Escuela Náutica”), existiendo diferencias significativas entre dichos puntos para el resto de los metales (Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn) en dicho puntos.

Tabla 124: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 8 y 9								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	135,000	80,000	68,000	96,000	60,500	64,500	,000	,000
W de Wilcoxon	345,000	290,000	278,000	306,000	270,500	274,500	210,000	210,000
Z	-1,758	-3,246	-3,571	-2,814	-3,775	-3,666	-5,411	-5,413
Sig. asintót. (bilateral)	,079	,001	,000	,005	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,081 ^a	,001 ^a	,000 ^a	,004 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 125 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 8 (“Valle Seco” zona portuaria) y el punto 10 (“Atraque Armas-Fred Olsen”). Tal y como se puede ver en la tabla no existen diferencias significativas para Co entre los puntos

descritos, existiendo diferencias significativas entre los puntos para el resto de metales.

Tabla 125: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 8 y 10								
	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	96,000	161,000	61,000	,000	,000	,000	,000	1,000
W de Wilcoxon	306,000	371,000	271,000	210,000	210,000	210,000	210,000	211,000
Z	-2,813	-1,055	-3,760	-5,411	-5,411	-5,411	-5,410	-5,384
Sig. asintót. (bilateral)	,005	,291	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,004 ^a	,301 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 126 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 8 (“Valle Seco” zona portuaria) y el punto 11 (“Barranco de Santos”). En la tabla se comprueba que no existen diferencias significativas para Cr y Pb entre el punto 8 (“Valle Seco” zona portuaria) y el punto 11 (“Barranco de Santos”), existiendo diferencias significativas entre los puntos para el resto de metales.

Tabla 126: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 8 y 11								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	,000	,000	194,000	,000	,000	50,000	157,000	,000
W de Wilcoxon	210,000	210,000	404,000	210,000	210,000	260,000	367,000	210,000
Z	-5,410	-5,410	-,162	-5,411	-5,411	-4,058	-1,163	-5,411
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,871	,000	,000	,000	,245	,000

Tabla 126: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 8 y 11								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	,000	,000	194,000	,000	,000	50,000	157,000	,000
W de Wilcoxon	210,000	210,000	404,000	210,000	210,000	260,000	367,000	210,000
Z	-5,410	-5,410	-,162	-5,411	-5,411	-4,058	-1,163	-5,411
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,871	,000	,000	,000	,245	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,883 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,253 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 127 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 8 (“Valle Seco” zona portuaria) y el punto 12 (“Refinería”). Tal y como muestra la tabla, no existen diferencias significativas para Cd, Co, Cu y Pb entre el punto 8 (“Valle Seco” zona portuaria) y el punto 12 (“Refinería”), existiendo diferencias significativas para el resto de metales estudiados (Cr, Mn, Ni, Zn).

Tabla 127: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 8 y 12								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	147,000	163,000	81,000	169,500	20,000	7,000	186,000	115,000
W de Wilcoxon	357,000	373,000	291,000	379,500	230,000	217,000	396,000	325,000
Z	-1,434	-1,001	-3,219	-,825	-4,870	-5,221	-,379	-2,300
Sig. asintót. (bilateral)	,152	,317	,001	,409	,000	,000	,705	,021
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,157 ^a	,327 ^a	,001 ^a	,414 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,718 ^a	,021 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 128 muestra a modos de resumen las diferencias significativas existentes en los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) entre el punto de muestreo 8 (“Valle Seco” zona portuaria) y el resto de los puntos de muestreo. Tal y como se comprueba en la tabla, no existen diferencias significativas entre el punto 8 (“Valle Seco” zona portuaria) y los puntos de muestreo en los siguientes casos específicos: entre el 8 y 9 (“Escuela Náutica”) para Cd; entre el punto 8 y el 10 (“Atraque Armas-Fred Olsen”) para el Co; entre el punto 8 y el 11 (“Barranco de Santos”) para el metal Cr y Pb; y por último, entre el punto 8 y el 12 (“Refinería”) para Cd, Co, Cu y Pb. El resto de los puntos de muestreo no descritos, muestran diferencias significativas entre los metales estudiados.

Tabla 128: Resumen de las diferencias significativas existentes entre el punto 8 (“Valle Seco” zona portuaria) y el resto de los puntos de muestreo

Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
9: Escuela Náutica	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
10: Atraque Armas-Fred Olsen	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si
11: Barranco de Santos	Si	Si	No	Si	Si	Si	No	Si
12: Refinería	No	No	Si	No	Si	Si	No	Si

Expuestas las diferencias significativas de los estadísticos de contraste del punto de muestreo “Valle Seco” zona portuaria (punto 8) con el resto de los puntos, se lleva a cabo el estudio de los estadísticos de contraste entre el punto de muestreo “Escuela Náutica” (punto 9) y el resto de los puntos de muestreo (tabla 129-131).

La tabla 129 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 9 (“Escuela Náutica”) y el punto 10 (“Atraque Armas-Fred Olsen”). La tabla muestra que no existen diferencias significativas para Cd entre el punto 9 (“Escuela Náutica”) y el punto 10 (“Atraque Armas-Fred Olsen”), existiendo diferencias significativas para el resto de metales (Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) entre los puntos de muestreo.

Tabla 129: Estadísticos de contraste^b entre el punto de muestreo 9 y 10

Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	160,000	77,000	2,000	,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	370,000	287,000	212,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000
Z	-1,082	-3,327	-5,356	-5,410	-5,411	-5,410	-5,410	-5,411
Sig. asintót. (bilateral)	,279	,001	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,289 ^a	,001 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 130 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 9 (“Escuela Náutica”) y el punto 11 (“Barranco de Santos”). En la tabla se aprecia que existen diferencias significativas entre los puntos para todos los metales estudiados.

Tabla 130: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 9 y 11								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	,000	,000	3,000	17,000	,000	124,000	81,000	,000
W de Wilcoxon	210,000	210,000	213,000	227,000	210,000	334,000	291,000	210,000
Z	-5,410	-5,410	-5,329	-4,950	-5,411	-2,056	-3,219	-5,411
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,040	,001	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,040 ^a	,001 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 131 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 9 (“Escuela Náutica”) y el punto 12 (“Refinería”). La tabla muestra que no existen diferencias significativas para Cr y Cu entre el punto 9 (“Escuela Náutica”) y el punto 12 (“Refinería”), existiendo diferencias significativas para el resto de metales (Cd, Co, Mn, Ni, Pb y Zn).

Tabla 131: Estadísticos de contraste ^b entre el punto 9 y 12								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	95,000	78,000	180,000	129,000	22,000	20,000	105,000	95,000
W de Wilcoxon	305,000	288,000	390,000	339,000	232,000	230,000	315,000	305,000
Z	-2,840	-3,300	-,541	-1,921	-4,815	-4,869	-2,570	-2,841
Sig. asintót. (bilateral)	,005	,001	,589	,055	,000	,000	,010	,004
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,004 ^a	,001 ^a	,602 ^a	,056 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,009 ^a	,004 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 132 muestra a modos de resumen las diferencias significativas existentes en los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) entre el punto de muestreo 9 (“Escuela Náutica”) y el resto de los puntos de muestreo. Tal y como se comprueba en la tabla, no existen diferencias significativas entre el punto 9 (“Escuela Náutica”) y 10 (“Atrake Armas-Fred Olsen”) para el Cd y también, entre el punto 9 y el 12 (“Refinería”) para Cr y Cu. El resto de los puntos de muestreo no descritos, muestran diferencias significativas entre los distintos metales.

Tabla 132: Resumen de las diferencias significativas existentes entre el punto 9 (“Escuela Náutica”) y el resto de los puntos de muestreo								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
10: Atrake Armas-Fred	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Olsen								
11: Barranco de Santos	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
12: Refinería	Si	Si	No	No	Si	Si	Si	Si

Comprobados los estadísticos de contraste entre el punto 9 (“Escuela Náutica”) y el resto de los puntos de muestreo, pasamos a describir los estadísticos de contraste entre el punto 10 (“Atraque Armas-Fred Olsen”) y el resto de los puntos de muestreo establecidos (tabla 133-134).

La tabla 133 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 10 (“Atraque Armas-Fred Olsen”) y el punto 11 (“Barranco de Santos”). Tal y como podemos ver en la tabla, no existen diferencias significativas para Cu y Ni entre el punto 10 (“Atraque Armas-Fred Olsen”) y el punto 11 (“Barranco de Santos”).

Tabla 133: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 10 y 11								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	,000	1,000	57,000	169,000	2,000	165,000	,000	,000
W de Wilcoxon	210,000	211,000	267,000	379,000	212,000	375,000	210,000	210,000
Z	-5,410	-5,383	-3,868	-,839	-5,356	-,947	-5,410	-5,410
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,402	,000	,344	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,414 ^a	,000 ^a	,355 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 134 muestra los estadísticos de contraste entre el punto 10 (“Atraque Armas-Fred Olsen”) y el punto 12 (“Refinería”). La tabla muestra que no existen diferencias significativas entre el punto 10 (“Atraque Armas-Fred Olsen”) y el punto 12 (“Refinería”) para Co, existiendo diferencias significativas entre los puntos para el resto de metales (Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn).

Tabla 134: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 10 y 12								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	65,000	193,000	12,000	,000	87,000	113,000	,000	35,000
W de Wilcoxon	275,000	403,000	222,000	210,000	297,000	323,000	210,000	245,000
Z	-3,652	-,189	-5,085	-5,410	-3,057	-2,353	-5,410	-4,463
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,850	,000	,000	,002	,019	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,862 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,002 ^a	,018 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 135 muestra a modos de resumen las diferencias significativas existentes en los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) entre el punto de muestreo 10 (“Atrache Armas-Fred Olsen”) y el resto de los puntos de muestreo. Tal y como se comprueba en la tabla, no existen diferencias significativas entre los puntos descritos para Cr y Cu. El resto de metales (Cd, Co, Mn, Ni, Pb y Zn) muestran diferencias significativas entre los puntos.

Tabla 135: Resumen de las diferencias significativas existentes entre el punto 10 (“Atrache Armas-Fred Olsen”) y el resto de los puntos de muestreo								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
11: Barranco de Santos	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
12: Refinería	Si	Si	No	No	Si	Si	Si	Si

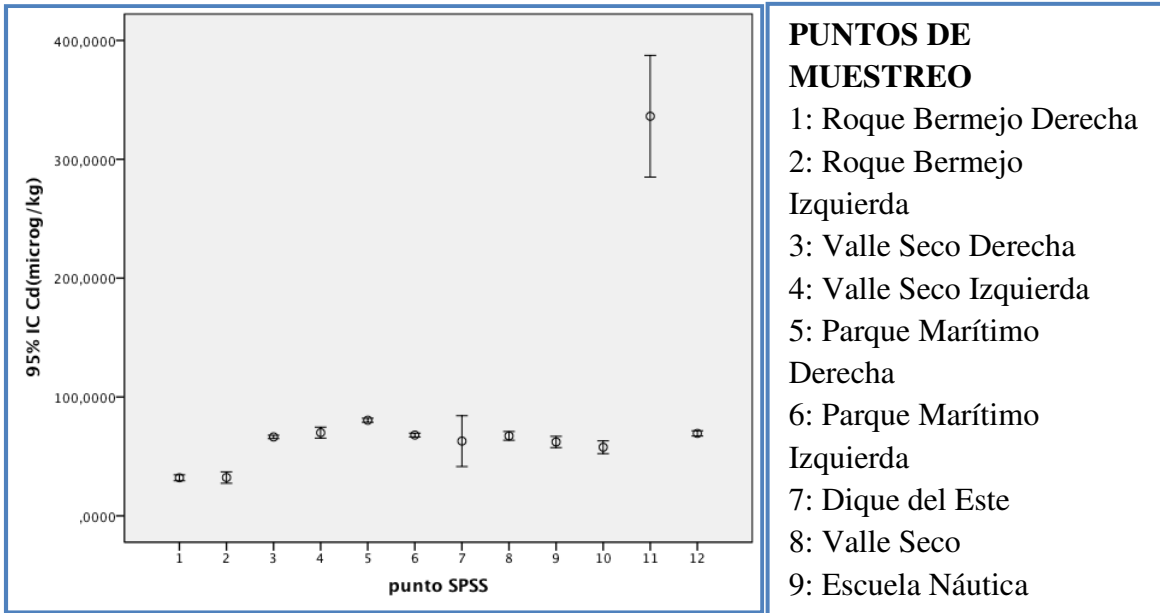
Por último, en la tabla 136, se comprueba el último estadístico de contraste entre el punto de muestreo “Barranco de Santos” (punto 11) y el punto de la “Refinería” (punto 12). En dicha tabla se comprueba que no existen diferencias significativas para Ni y Pb entre los puntos de muestreo “Barranco de Santos” y

“Refinería”, existiendo diferencias significativas para el resto de metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn y Zn) entre dichos puntos.

Tabla 136: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 11 y 12								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	,000	15,000	46,000	8,000	25,000	182,000	169,000	,000
W de Wilcoxon	210,000	225,000	256,000	218,000	235,000	392,000	379,000	210,000
Z	-5,410	-5,005	-4,166	-5,194	-4,734	-,487	-,839	-5,410
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,626	,402	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,640 ^a	,414 ^a	,000 ^a

En las siguientes figuras (de la figura 213 hasta la 220) se muestra la concentración de los metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) en los sedimentos estudiados en los puntos de muestreo del entorno portuario (puertos y playas colindantes) y el control, establecidos en este estudio.

La figura 213 muestra la concentración de Cd en $\mu\text{g}/\text{kg}$ en los doce puntos de muestreo del área nordeste.



- PUNTOS DE MUESTREO**
- 1: Roque Bermejo Derecha
 - 2: Roque Bermejo Izquierda
 - 3: Valle Seco Derecha
 - 4: Valle Seco Izquierda
 - 5: Parque Marítimo Derecha
 - 6: Parque Marítimo Izquierda
 - 7: Dique del Este
 - 8: Valle Seco
 - 9: Escuela Náutica

Figura 213: concentración de Cd en µg/kg en los puntos de muestreo del nordeste

Tal y como se puede ver en la figura 213, la mayor concentración de Cd se encuentra en el punto de muestreo “Barranco de Santos”, mostrando los puntos de control “Roque Bermejo Derecha” y “Roque Bermejo Izquierda” las concentraciones más bajas de este metal.

La figura 214 muestra la concentración de Co en mg/kg en los doce puntos de muestreo del área nordeste. La mayor concentración de Co se encuentra en el punto de muestreo correspondiente al “Barranco de Santos”, mostrando los puntos de control “Roque Bermejo Derecha e Izquierda” las concentraciones más bajas de este metal.

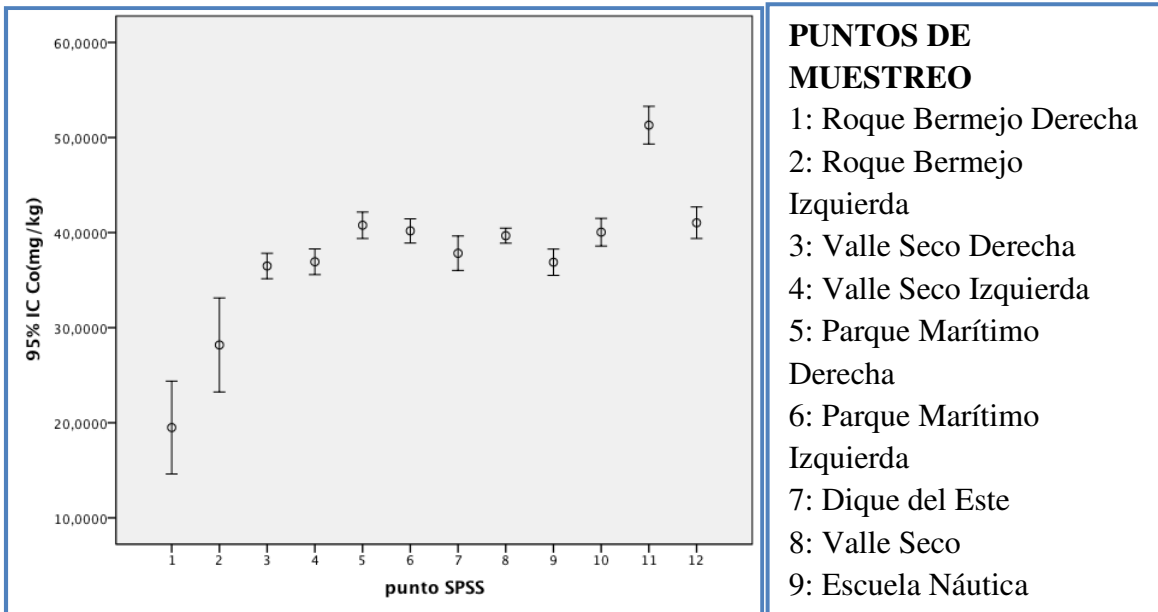


Figura 214: concentración de Co en mg/kg en los puntos de muestreo del nordeste

La figura 215 muestra la concentración de Cr en mg/kg en los doce puntos de muestreo del área nordeste. La mayor concentración de Cr se encuentra en el punto de muestreo correspondiente al “Barranco de Santos”, mostrando los puntos de control “Roque Bermejo Derecha e Izquierda” las concentraciones más bajas de este metal.

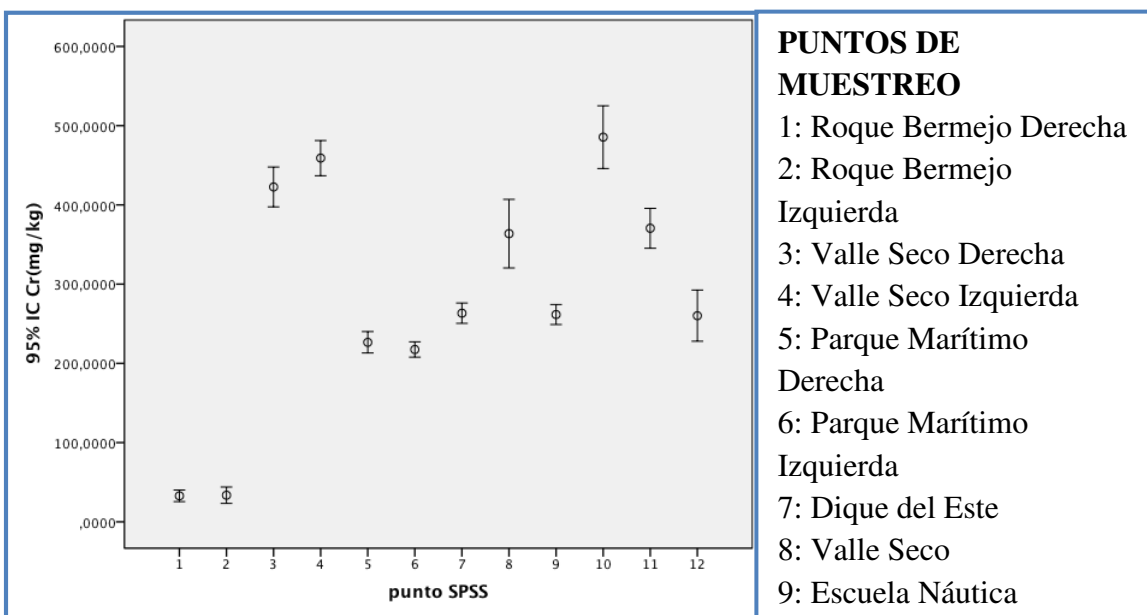


Figura 215: concentración de Cr en mg/kg en los puntos de muestreo del nordeste

La figura 216 muestra la concentración de Cu en mg/kg en los doce puntos de muestreo del área nordeste. La mayor concentración de Cu se encuentra en el punto de muestreo correspondiente al “Barranco de Santos”, mostrando los puntos de control “Roque Bermejo Derecha e Izquierda” las concentraciones más bajas de Cu.

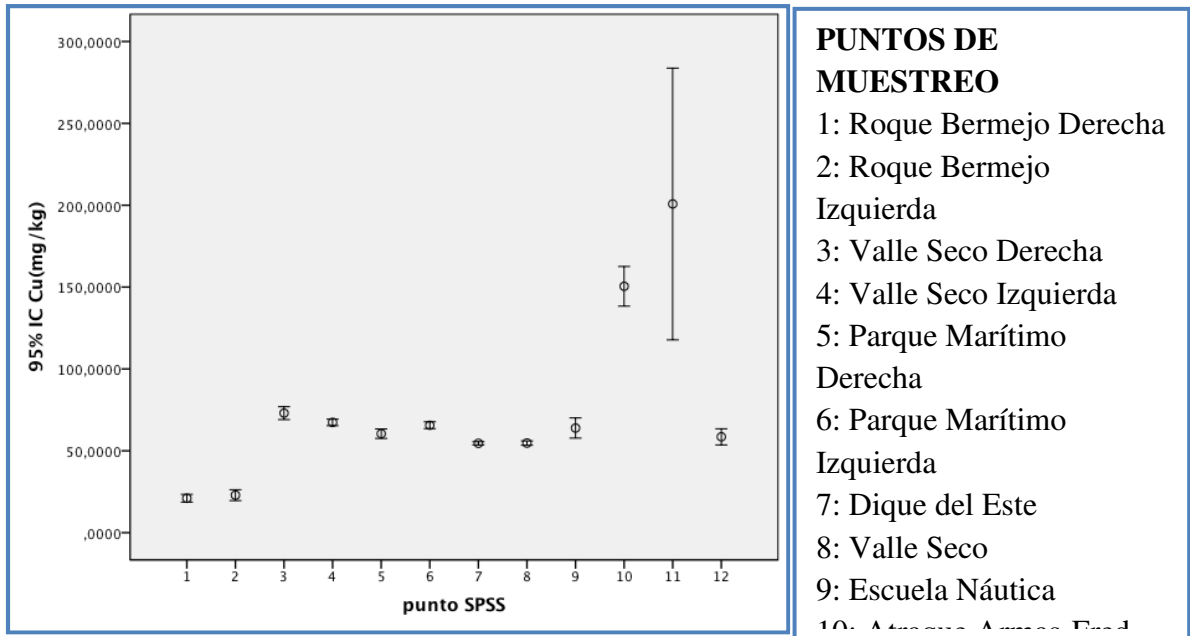


Figura 216: concentración de Cu en mg/kg en los puntos de muestreo del nordeste

La figura 217 muestra la concentración de Mn en mg/kg en los doce puntos de muestreo del área nordeste. La mayor concentración de Mn se encuentra en el punto de muestreo correspondiente al “Barranco de Santos”, mostrando los puntos de control “Roque Bermejo Derecha” y “Roque Bermejo Izquierda” las concentraciones más bajas detectadas para este metal. Hay que tener en cuenta que los valores de “Valle Seco Derecha” y “Valle Seco Izquierda” se encuentran por debajo del límite de detección.

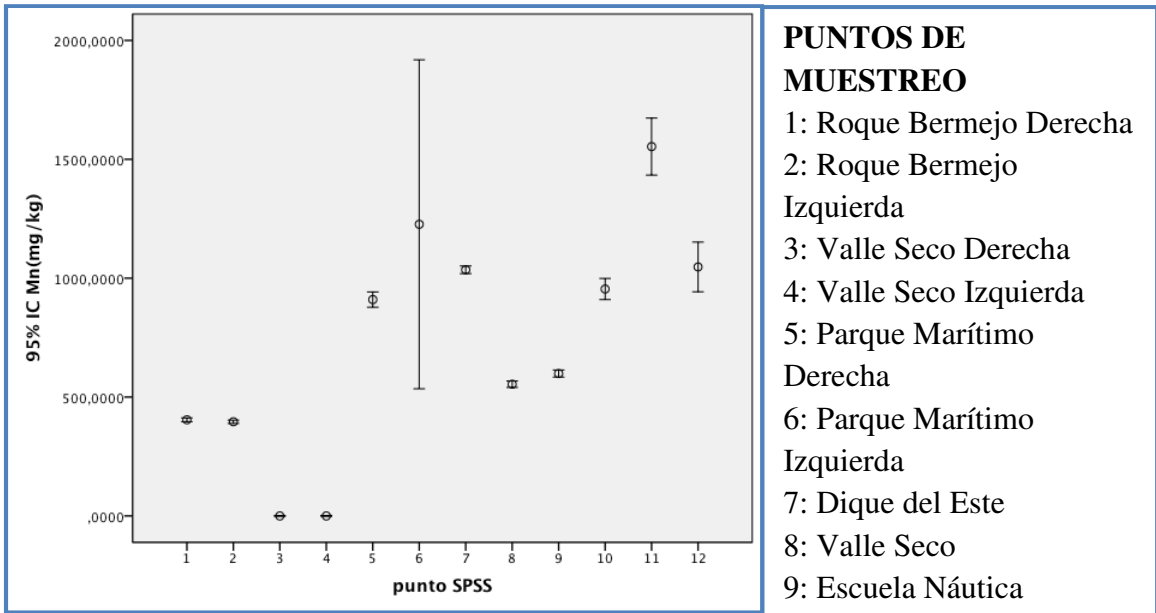


Figura 217: concentración de Mn en mg/kg en los puntos de muestreo del nordeste

La figura 218 muestra la concentración de Ni en mg/kg en los doce puntos de muestreo del área nordeste. La mayor concentración de Ni, se encuentra en el punto de muestreo correspondiente “Atraque Armas-Fred Olsen”, mostrando los puntos de control “Roque Bermejo Derecha” y “Roque Bermejo Izquierda” las concentraciones más bajas de Ni.

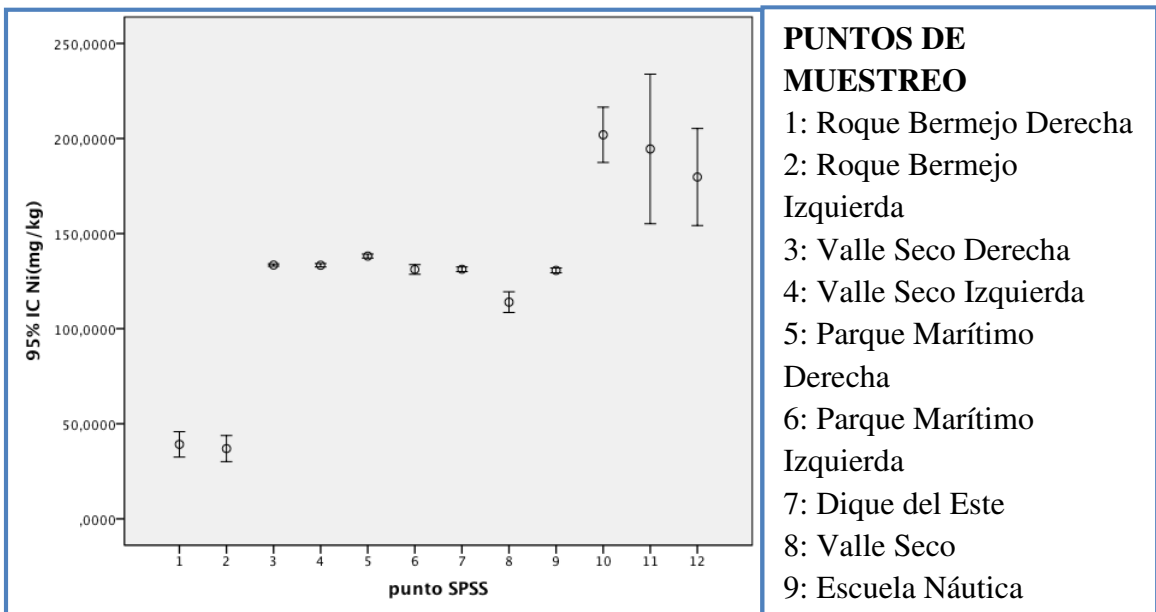


Figura 218: concentración de Ni en mg/kg en los puntos de muestreo del nordeste

La figura 219 muestra la concentración de Pb en mg/kg en los doce puntos de muestreo del área nordeste. Tal y como se puede ver en la gráfica, la mayor concentración de Pb se encuentra en el punto de muestreo correspondiente al “Atraque Armas-Fred Olsen”, mostrando los puntos de control “Roque Bermejo Derecha”, “Roque Bermejo Izquierda”, “Valle Seco Derecha” y “Valle Seco Izquierda”, las concentraciones más bajas de este metal.

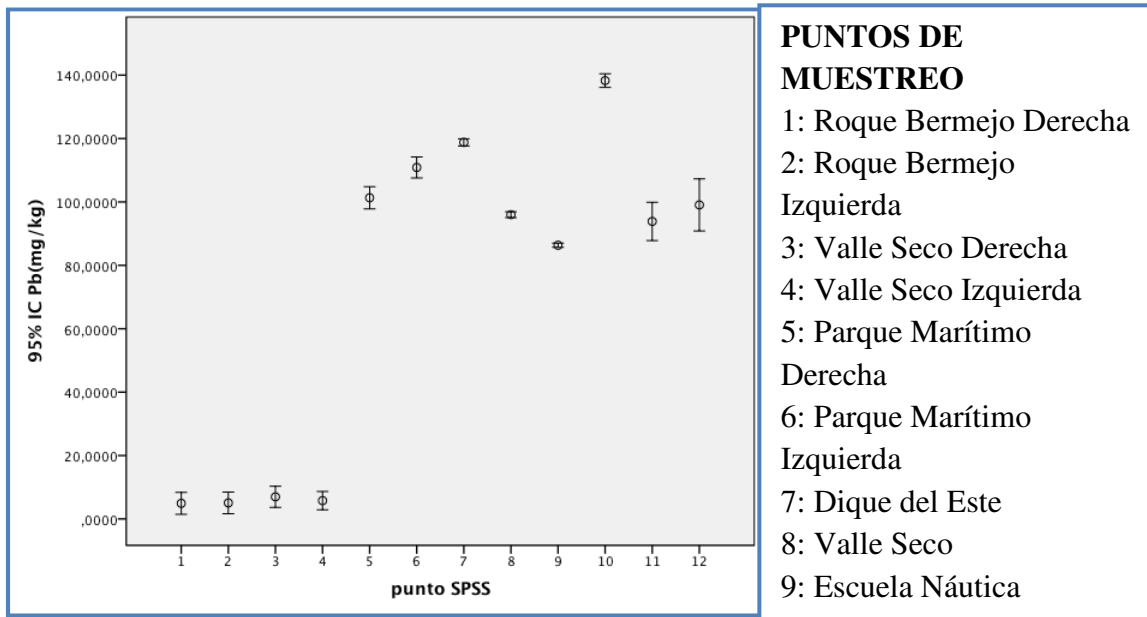


Figura 219: concentración de Pb en mg/kg en los puntos de muestreo del nordeste

La figura 220 muestra la concentración de Zn en mg/kg en los doce puntos de muestreo del área nordeste. La mayor concentración de Zn se encuentra en el punto de muestreo correspondiente al “Barranco de Santos”, mostrando los puntos de control “Roque Bermejo Derecha” y “Roque Bermejo Izquierda” las concentraciones más bajas de este metal.

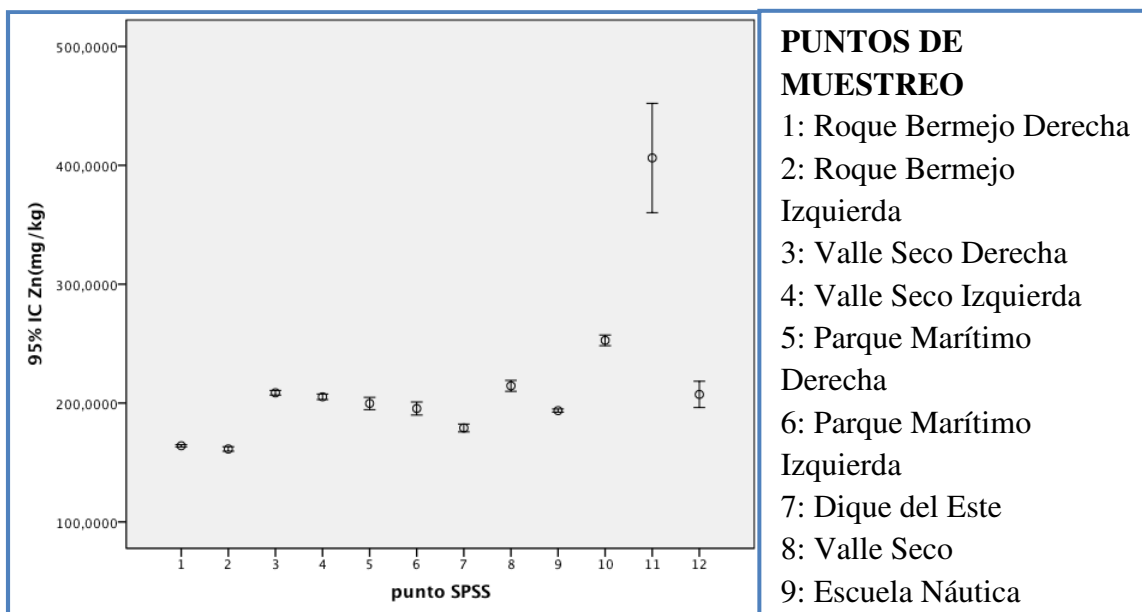


Figura 220: concentración de Zn en mg/kg en los puntos de muestreo del nordeste

Por tanto, la estadística descriptiva de los sedimentos de los puntos de muestreo pone de manifiesto que el punto de muestreo que presenta mayor concentración de Cd, Co, Cr, Cu, Mn y Zn es el Barranco de Santos. Por otro lado, el punto de muestreo correspondiente al atraque Armas-Fred Olsen, presenta una mayor concentración de Ni y Pb en sus sedimentos.

5.2.1.4. CORRELACIONES INTERMETÁLICAS ENTRE LAS MUESTRAS DE SEDIMENTOS DEL ÁREA NORDESTE

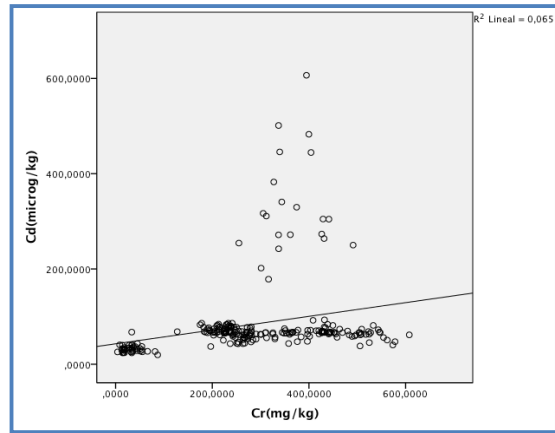
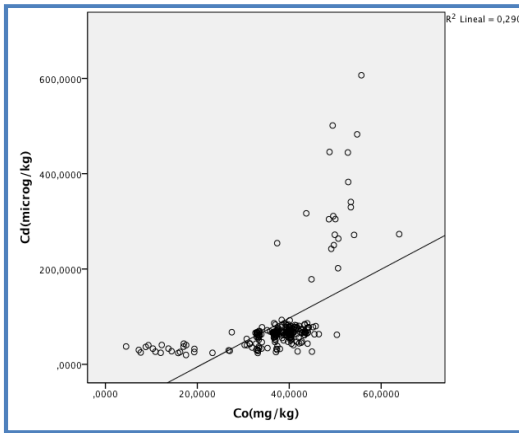
Se llevan a cabo las correlaciones intermetálicas entre las muestras de sedimentos del área nordeste (tabla 137).

Tabla 137: Correlaciones intermetálicas entre las muestras del área nordeste

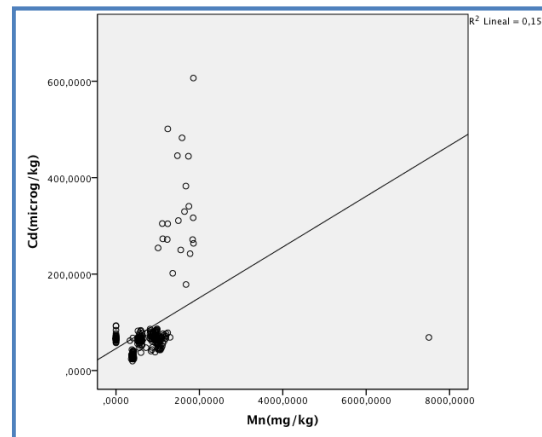
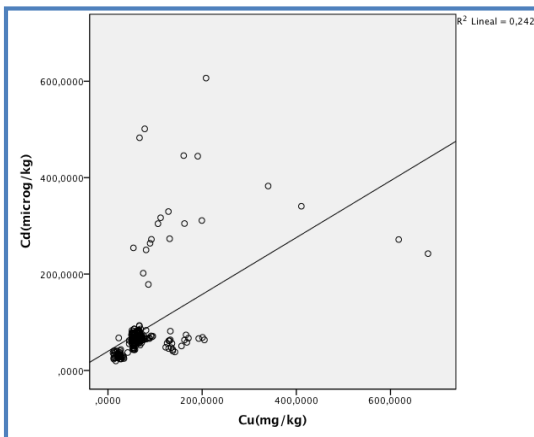
Metales		Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
Cd	Correlación de Pearson	1	,538**	,255**	,492**	,391**	,358**	,212**	,769**
	Sig. (bilateral)		,000	,000	,000	,000	,000	,001	,000
Co	Correlación de Pearson	,538**	1	,505**	,439**	,348**	,625**	,523**	,556**

	Sig. (bilateral)	,000		,000	,000	,000	,000	,000	,000
Cr	Correlación de Pearson	,255**	,505**	1	,387**	-,017	,608**	,279**	,420**
	Sig. (bilateral)	,000	,000		,000	,796	,000	,000	,000
Cu	Correlación de Pearson	,492**	,439**	,387**	1	,315**	,611**	,317**	,591**
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000		,000	,000	,000	,000
Mn	Correlación de Pearson	,391**	,348**	-,017	,315**	1	,319**	,568**	,351**
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,796	,000		,000	,000	,000
Ni	Correlación de Pearson	,358**	,625**	,608**	,611**	,319**	1	,567**	,588**
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000		,000	,000
Pb	Correlación de Pearson	,212**	,523**	,279**	,317**	,568**	,567**	1	,283**
	Sig. (bilateral)	,001	,000	,000	,000	,000	,000		,000
Zn	Correlación de Pearson	,769**	,556**	,420**	,591**	,351**	,588**	,283**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	

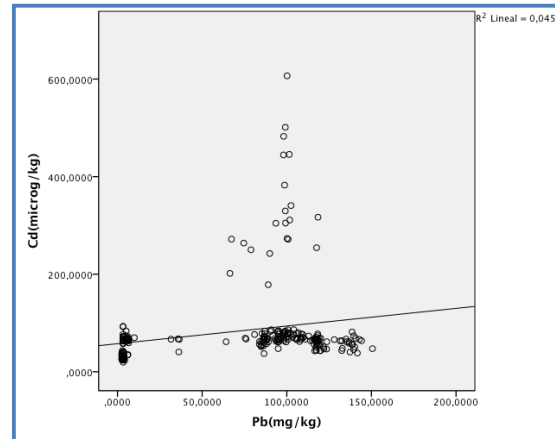
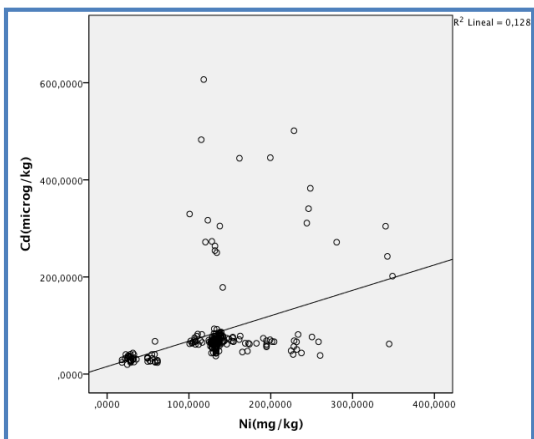
De las figuras 221 hasta la 248 se muestran las correlaciones intermetálicas encontradas en las muestras del puerto de Santa Cruz, playas colindantes y control de los sedimentos del área nordeste. Todas las correlaciones intermetálicas encontradas son positivas excepto la de la figura 235 (Cr-Mn) que muestra una correlación intermetálica negativa.



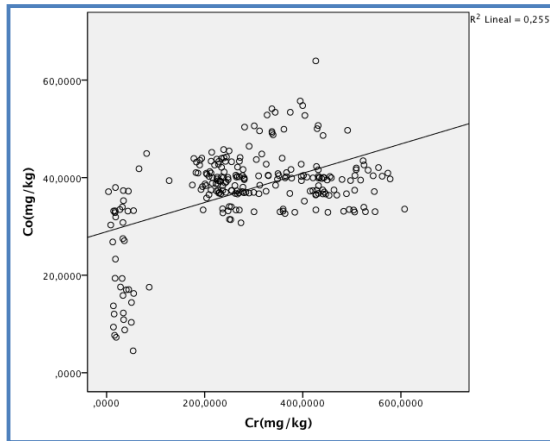
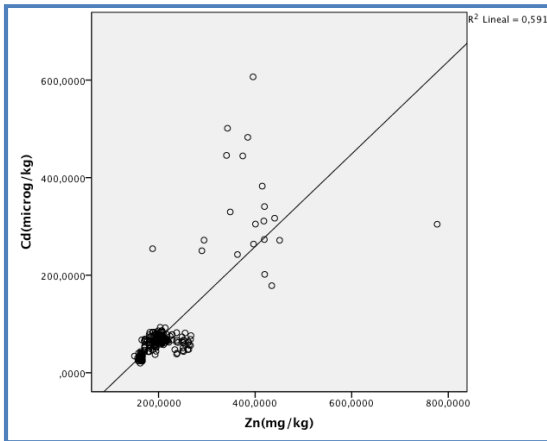
Figuras 221 y 222: Correlaciones intermetálicas positivas entre Cd-Co y Cd-Cr



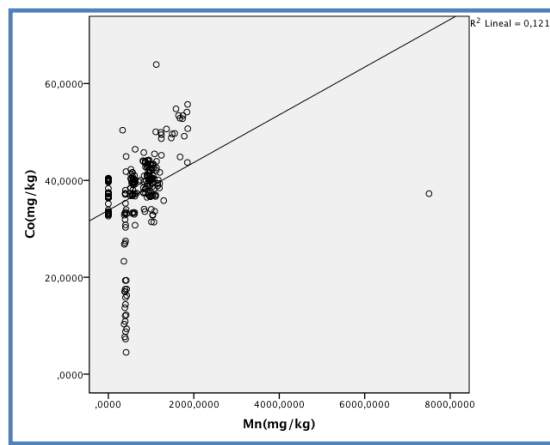
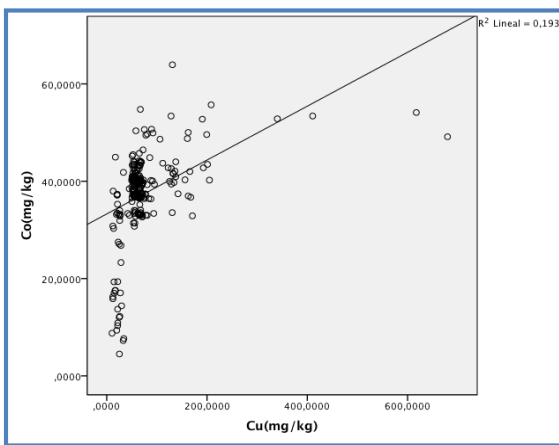
Figuras 223 y 224: correlaciones intermetálicas positivas entre Cd-Cu y Cd-Mn



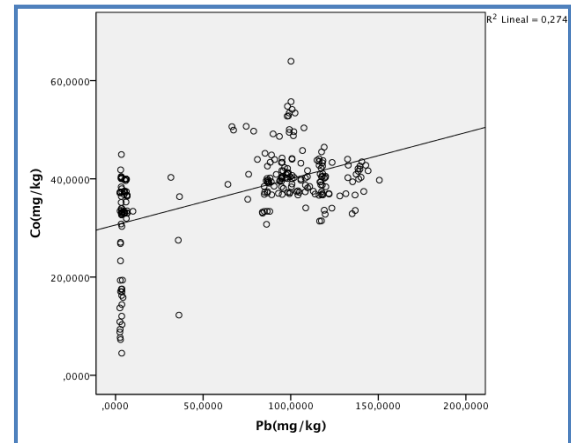
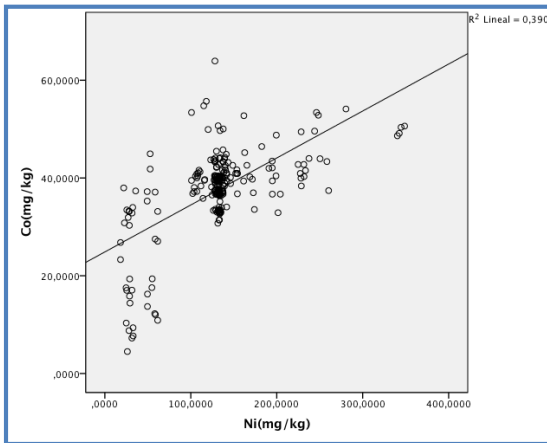
Figuras 225 y 226: Correlaciones intermetálicas positivas entre Cd-Ni y Cd-Pb



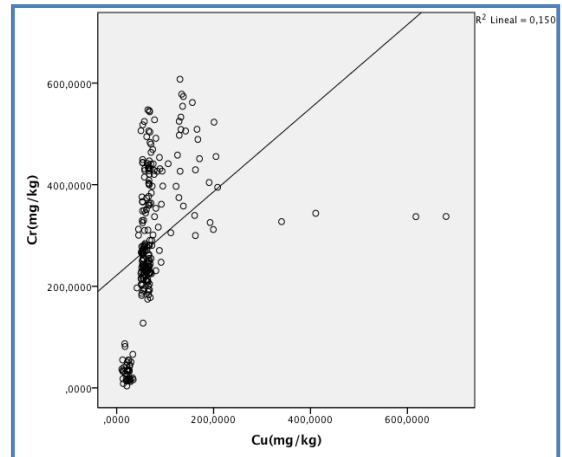
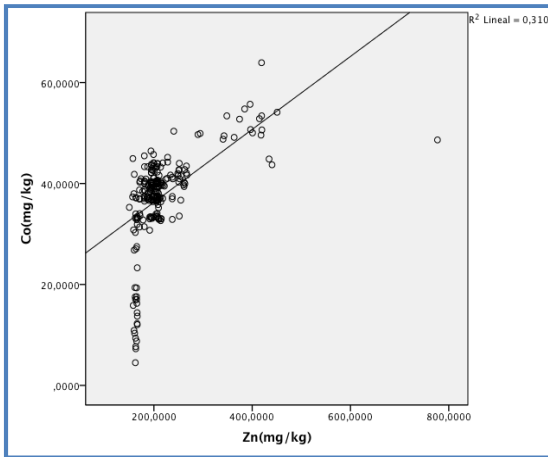
Figuras 227 y 228: Correlaciones intermetálicas positivas entre Cd-Zn y Co-Cr.



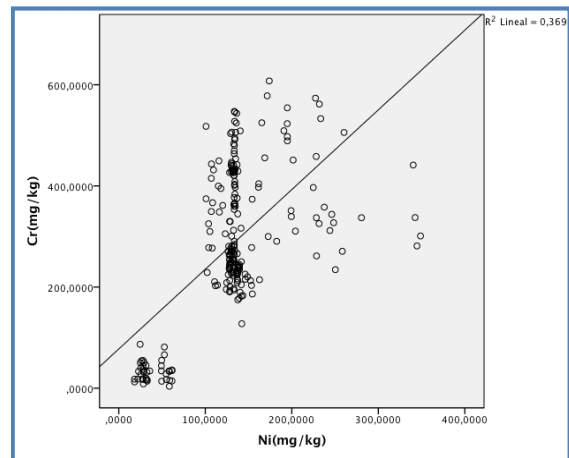
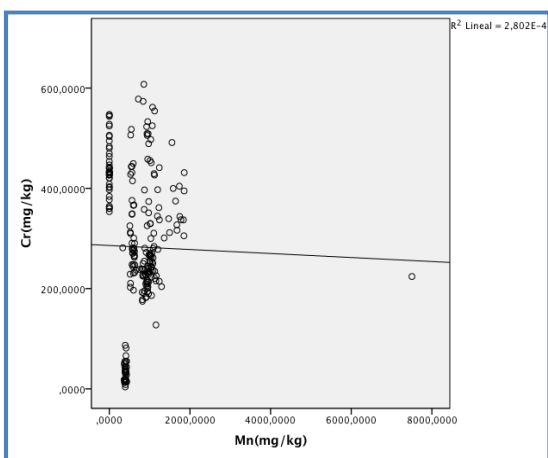
Figuras 229 y 230: Correlaciones intermetálicas positivas entre Co-Cu y Co-Mn.



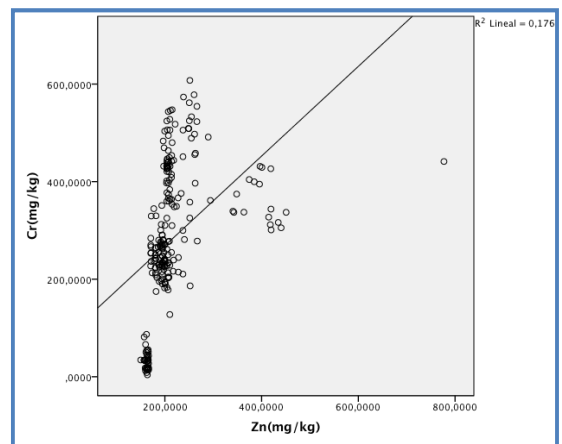
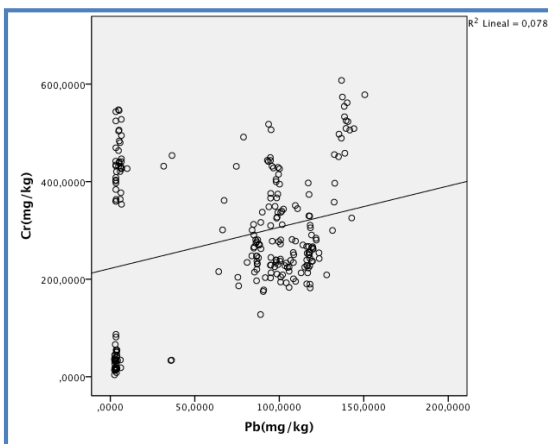
Figuras 231 y 232: Correlaciones intermetálicas positivas entre Co-Ni y Co-Pb.



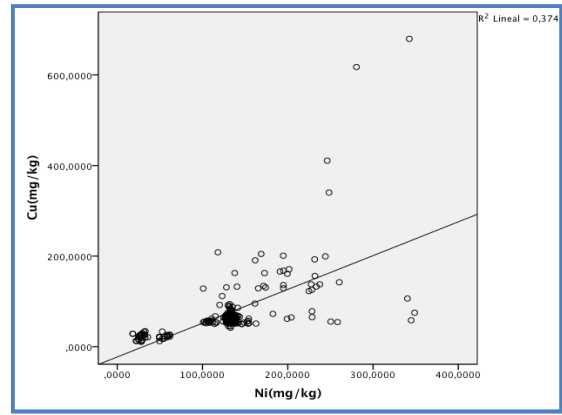
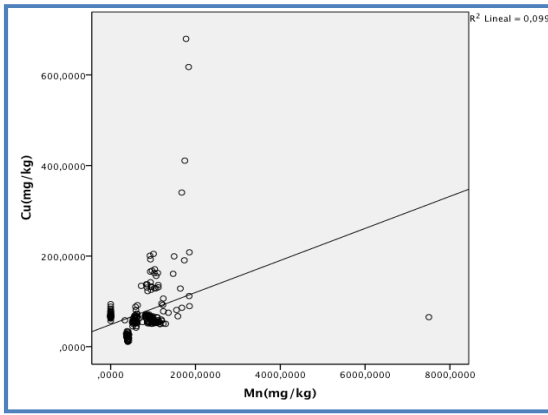
Figuras 233 y 234: Correlaciones intermetálicas positivas entre Co-Zn y Cr-Cu.



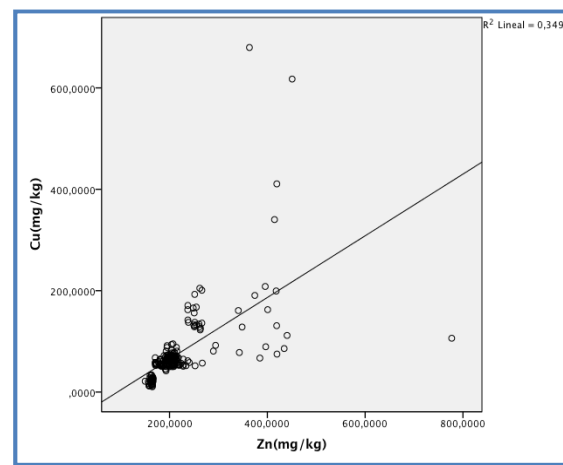
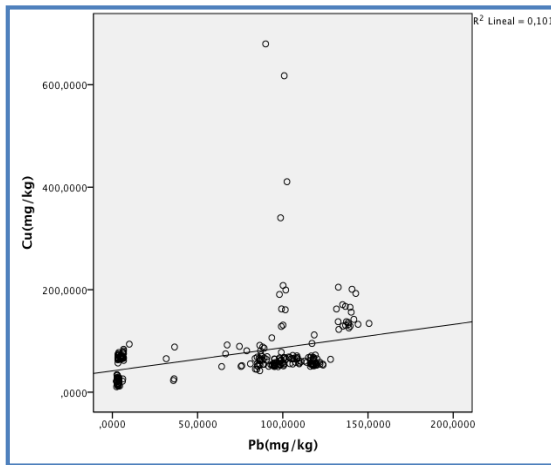
Figuras 235 y 236: Correlación intermetálica negativa entre Cr-Mn y correlación intermetálica positiva entre Cr-Ni.



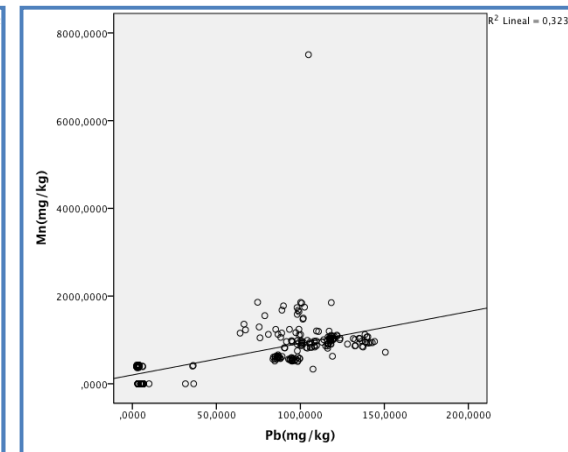
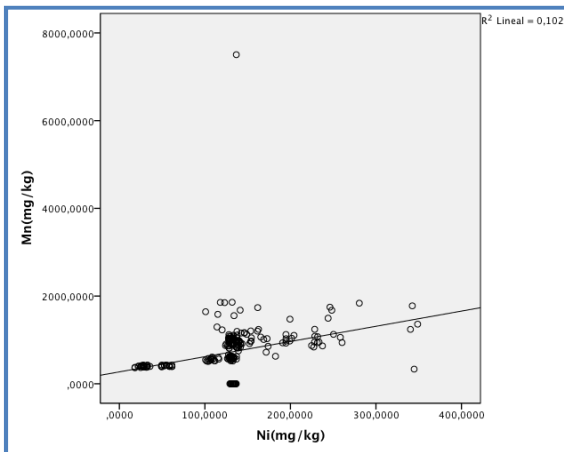
Figuras 237 y 238: Correlaciones intermetálicas positivas entre Cr-Pb y Cr-Zn.



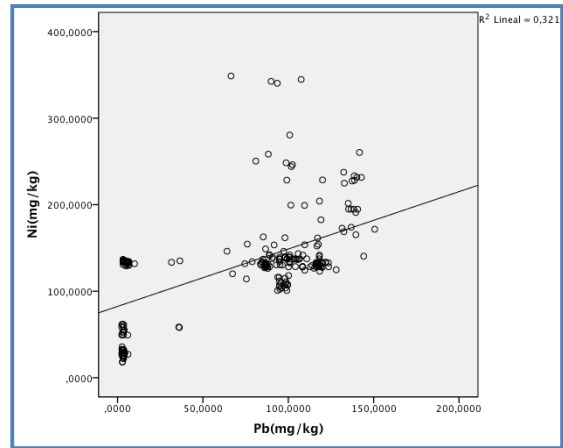
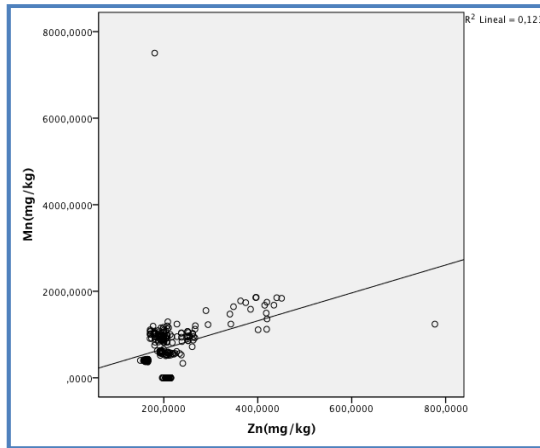
Figuras 239 y 240: Correlaciones intermetálicas positivas entre Cu-Mn y Cu-Ni.



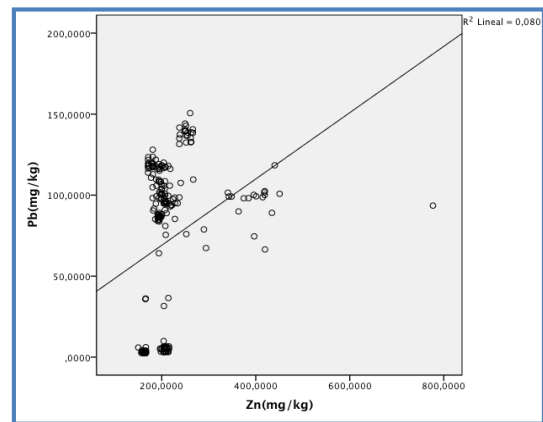
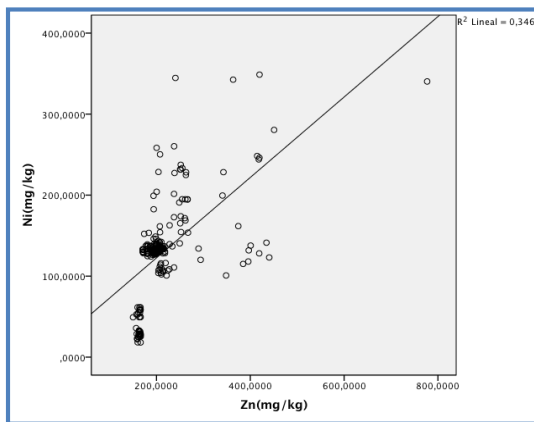
Figuras 241 y 242: Correlaciones intermetálicas positivas entre Cu-Pb y Cu-Zn



Figuras 243 y 244: Correlaciones intermetálicas positivas entre Mn-Ni y Mn-Pb



Figuras 245 y 246: Correlaciones intermetálicas positivas entre Mn-Zn y Ni-Pb



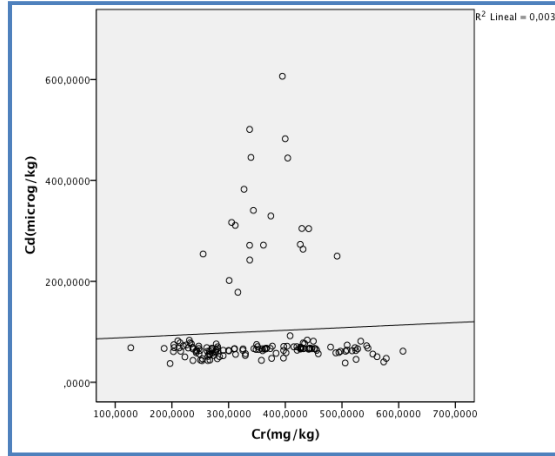
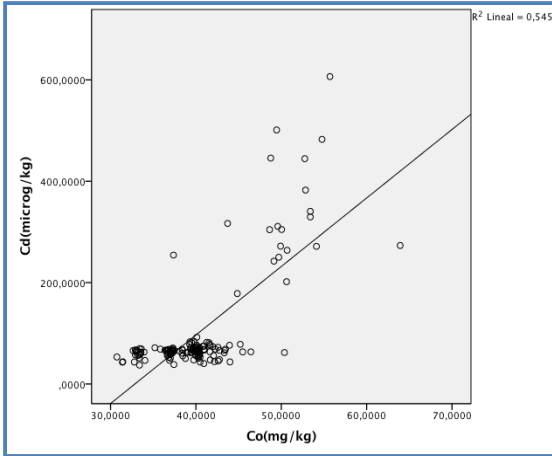
Figuras 247 y 248: Correlaciones intermetálicas positivas entre Ni-Zn y Pb-Zn

La siguiente tabla muestra las correlaciones intermetálicas existentes en los sedimentos del puerto de Santa Cruz de Tenerife (tabla 138).

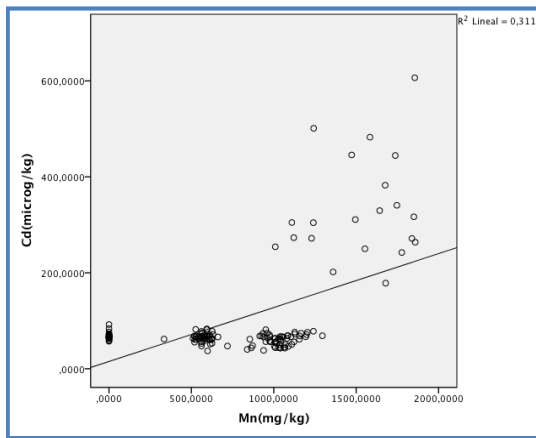
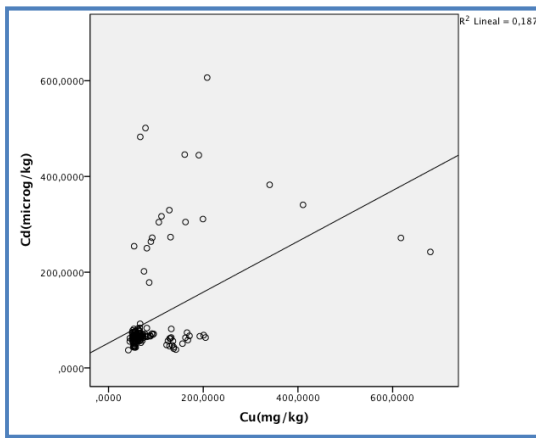
Tabla 138: correlación Rho de Spearman entre los sedimentos del puerto de Santa Cruz		Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
Cd($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Coeficiente de correlación	1,000	,466**	,069	,290**	,240**	,047	-,234**	,467**
	Sig. (bilateral)	.	,000	,401	,000	,003	,565	,004	,000
Co(mg/kg)	Coeficiente de correlación	,466**	1,000	,094	,272**	,474**	,224**	,239**	,513**
	Sig. (bilateral)	,000	.	,253	,001	,000	,006	,003	,000

Cr(mg/kg)	Coeficiente de correlación	,069	,094	1,000	,533**	- ,282**	,226**	-,020	,528**
	Sig. (bilateral)	,401	,253	.	,000	,000	,005	,803	,000
Cu(mg/kg)	Coeficiente de correlación	,290**	,272**	,533**	1,000	,136	,444**	,151	,629**
	Sig. (bilateral)	,000	,001	,000	.	,097	,000	,064	,000
Mn(mg/kg)	Coeficiente de correlación	,240**	,474**	- ,282**	,136	1,000	,292**	,566**	,227**
	Sig. (bilateral)	,003	,000	,000	,097	.	,000	,000	,005
Ni(mg/kg)	Coeficiente de correlación	,047	,224**	,226**	,444**	,292**	1,000	,216**	,362**
	Sig. (bilateral)	,565	,006	,005	,000	,000	.	,008	,000
Pb(mg/kg)	Coeficiente de correlación	- ,234**	,239**	-,020	,151	,566**	,216**	1,000	,089
	Sig. (bilateral)	,004	,003	,803	,064	,000	,008	.	,279
Zn(mg/kg)	Coeficiente de correlación	,467**	,513**	,528**	,629**	,227**	,362**	,089	1,000
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,005	,000	,279	.

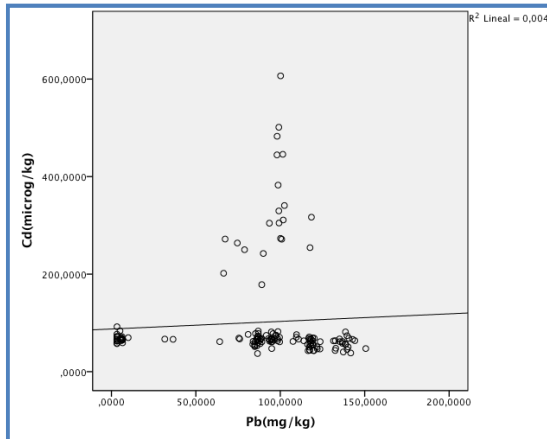
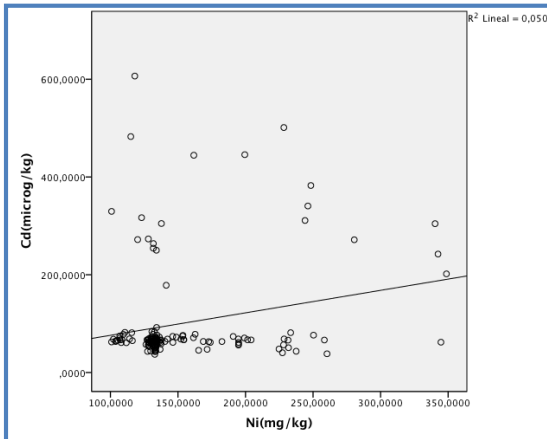
Las siguientes figuras (249-276) muestran las correlaciones intermetálicas existentes en los puntos de muestreo del puerto. Todas las correlaciones intermetálicas existentes son positivas, excepto la de la figura 264 correspondiente a la interrelación Cr-Mn que es negativa. En el caso de las muestras generales de todos los puntos de muestreo, también presentaron una única correlación intermetálica negativa, correspondiente también a Cr-Mn.



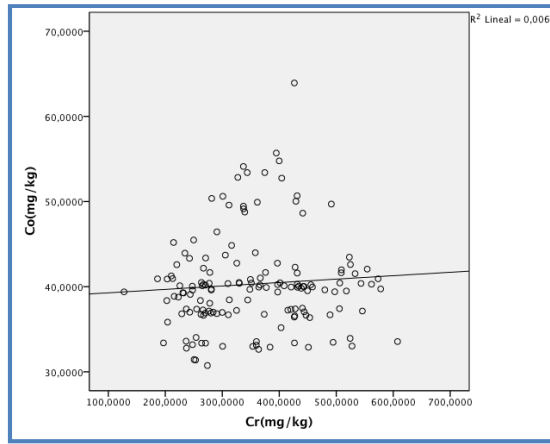
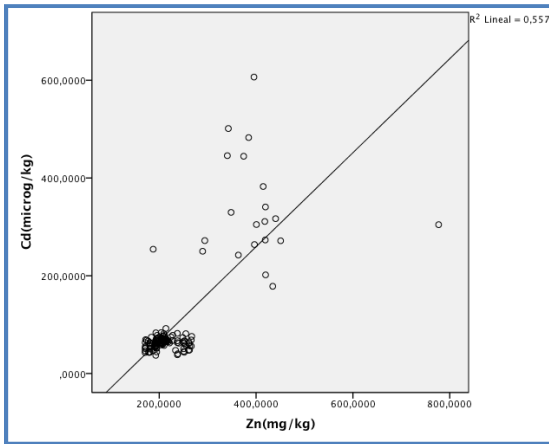
Figuras 249 y 250: Correlaciones intermetálicas positivas entre Cd-Co y Cd-Cr.



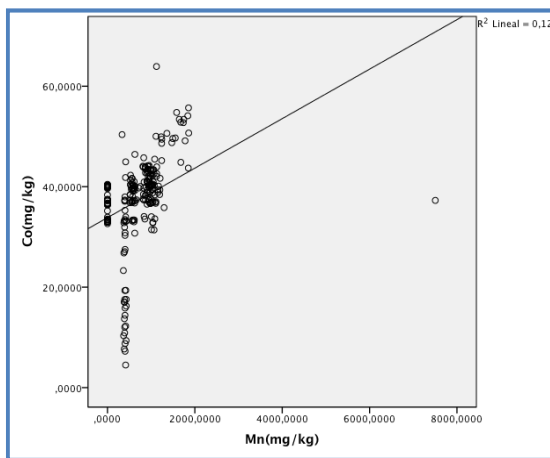
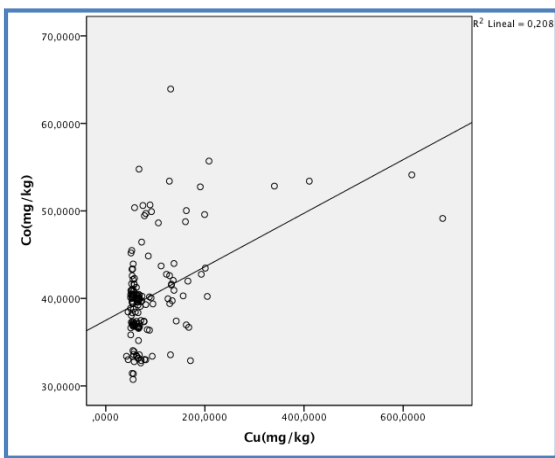
Figuras 251 y 252: Correlaciones intermetálicas positivas entre Cd-Cu y Cd-Mn.



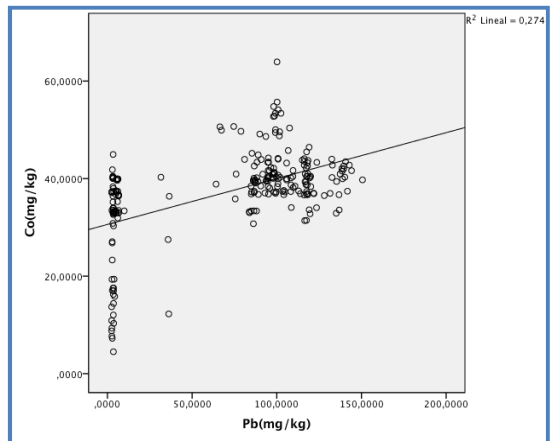
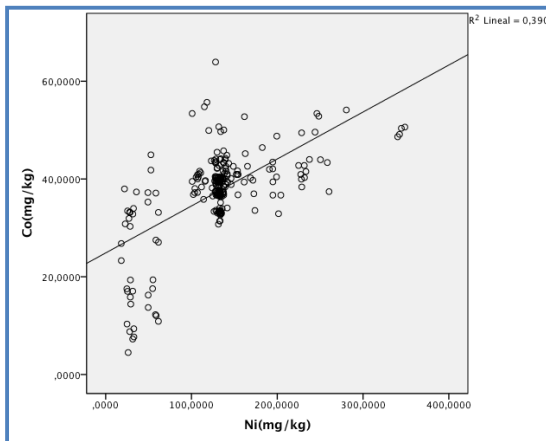
Figuras 253 y 254: Correlaciones intermetálicas positivas entre Cd-Ni y Cd-Pb.



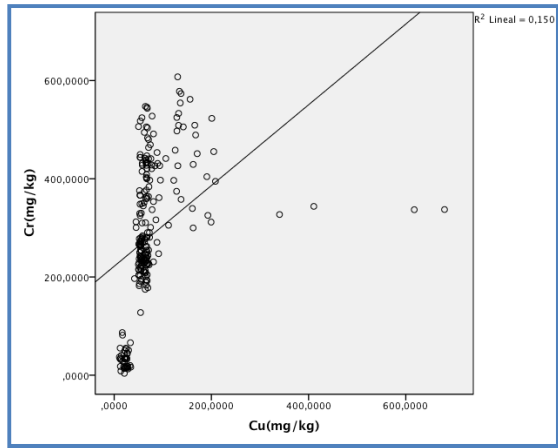
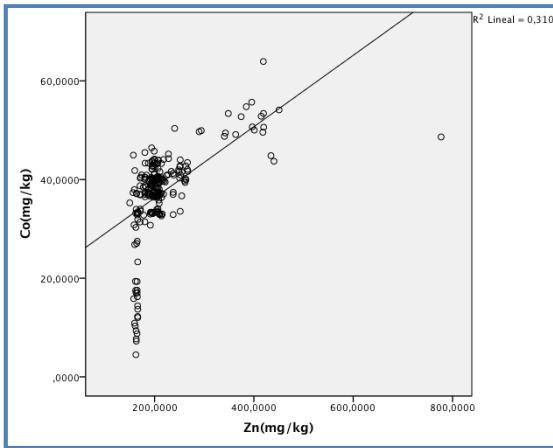
Figuras 255 y 256: Correlaciones intermetálicas positivas entre Cd-Zn y Co-Cr.



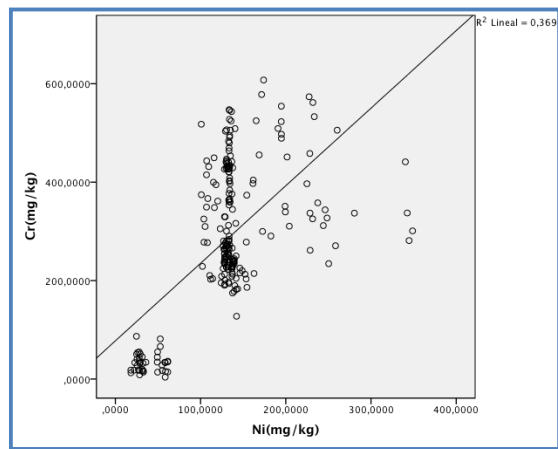
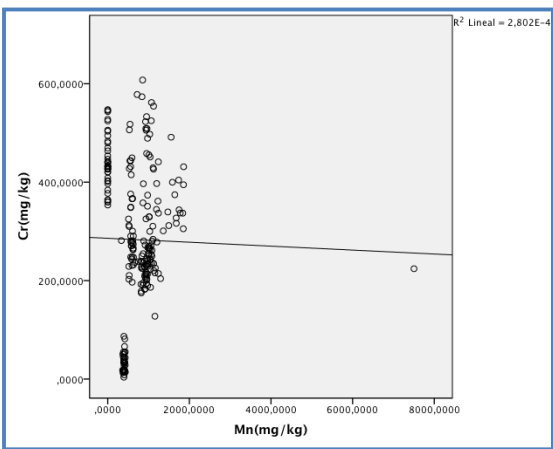
Figuras 257 y 258: Correlaciones intermetálicas positivas entre Co-Cu y Co-Mn.



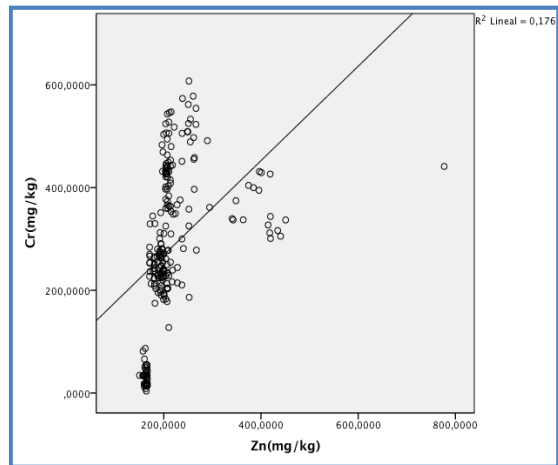
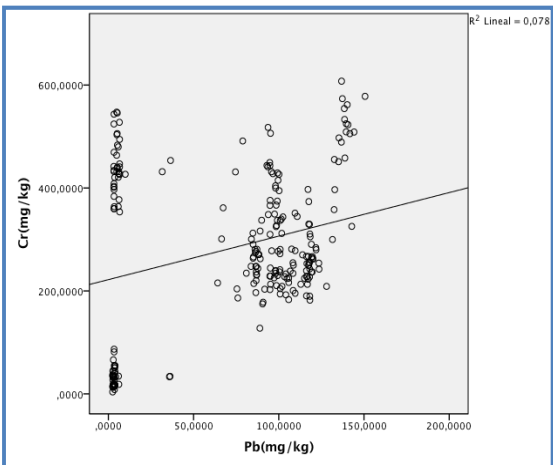
Figuras 259 y 260: Correlaciones intermetálicas positivas entre Co-Ni y Co-Pb.



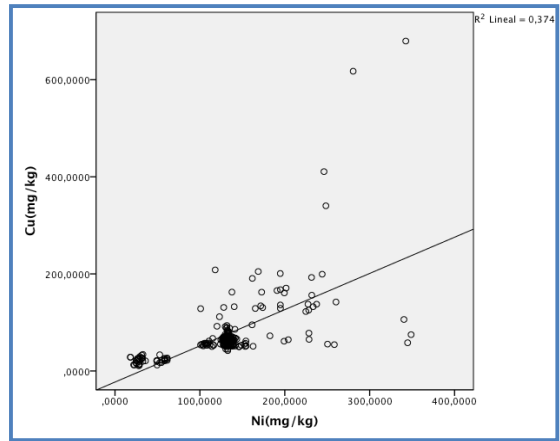
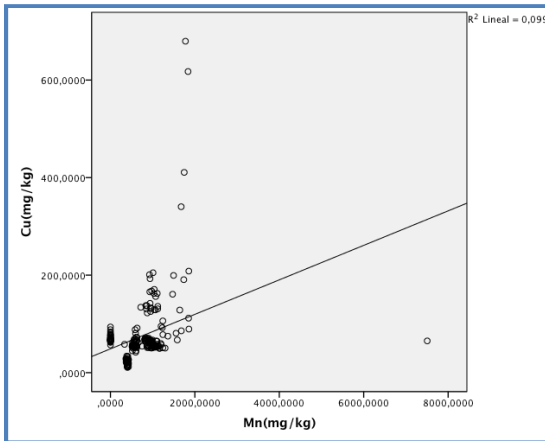
Figuras 261 y 262: Correlaciones intermetálicas positivas entre Co-Zn y Cr-Cu.



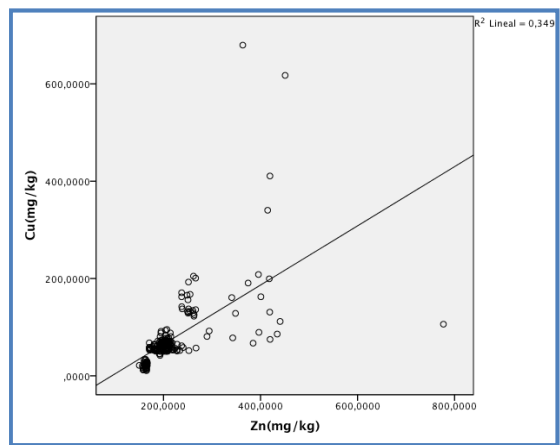
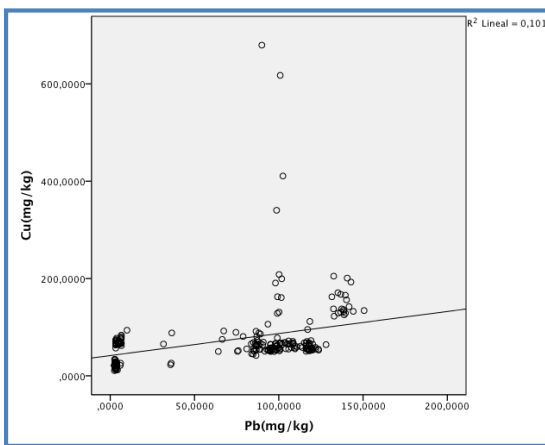
Figuras 263 y 264: Correlaciones intermetálicas positivas entre Cr-Mn y Cr-Ni.



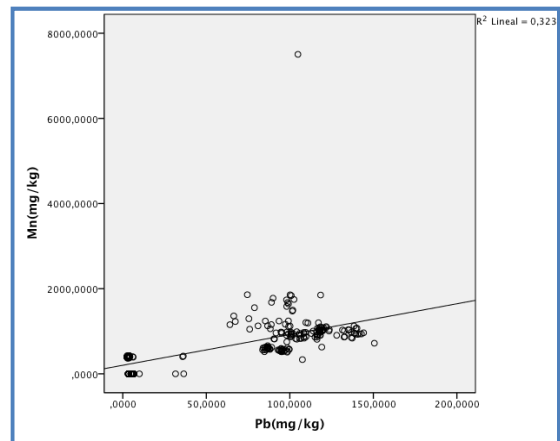
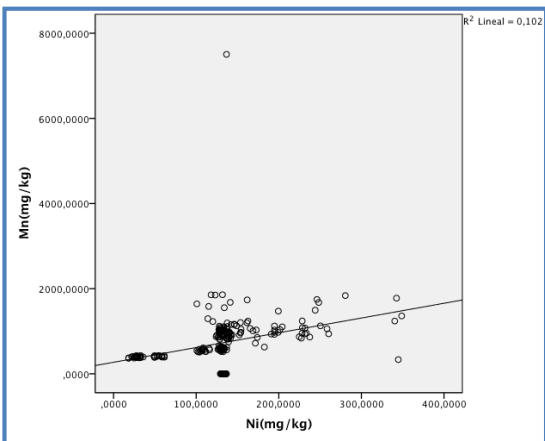
Figuras 265 y 266: Correlaciones intermetálicas positivas entre Cr-Pb y Cr-Zn.



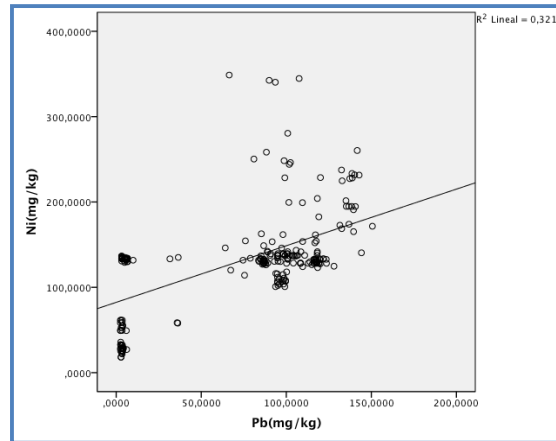
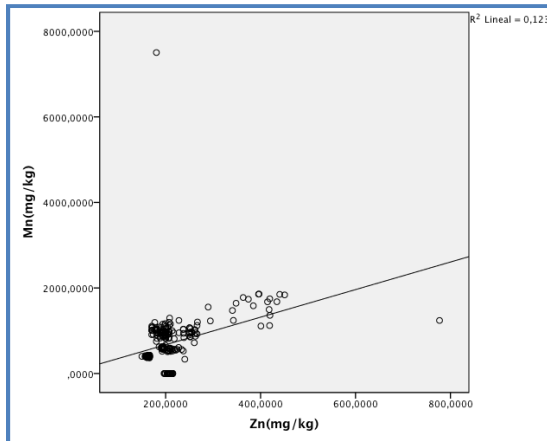
Figuras 267 y 268: Correlaciones intermetálicas positivas entre Cu-Mn y Cu-Ni.



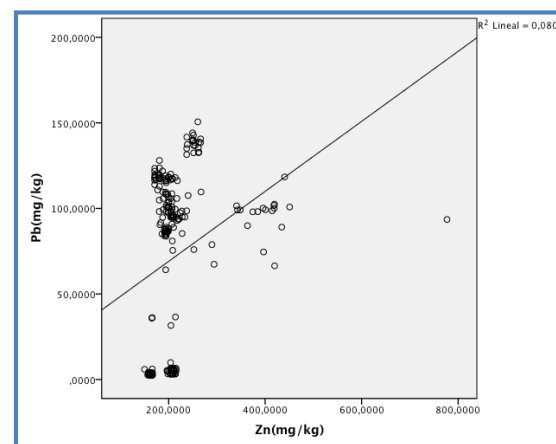
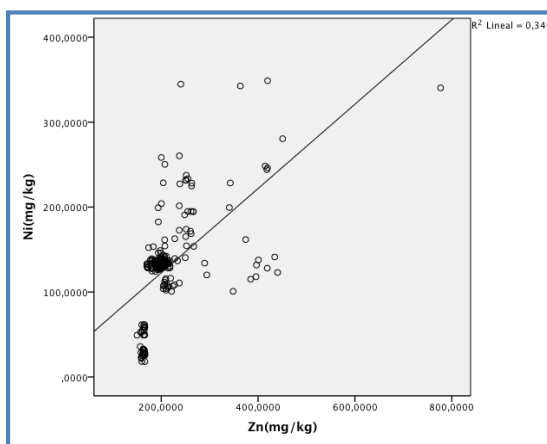
Figuras 268 y 270: Correlaciones intermetálicas positivas entre Cu-Pb y Cu-Zn.



Figuras 271 y 272: Correlaciones intermetálicas positivas entre Mn-Ni y Mn-Pb.



Figuras 273 y 274: Correlaciones intermetálicas positivas entre Mn-Zn y Ni-Pb.



Figuras 275 y 276: Correlaciones intermetálicas positivas entre Ni-Zn y Pb-Zn.

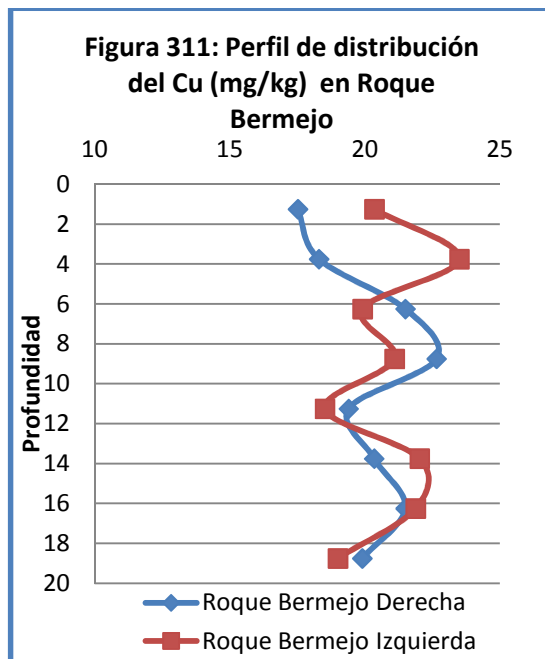
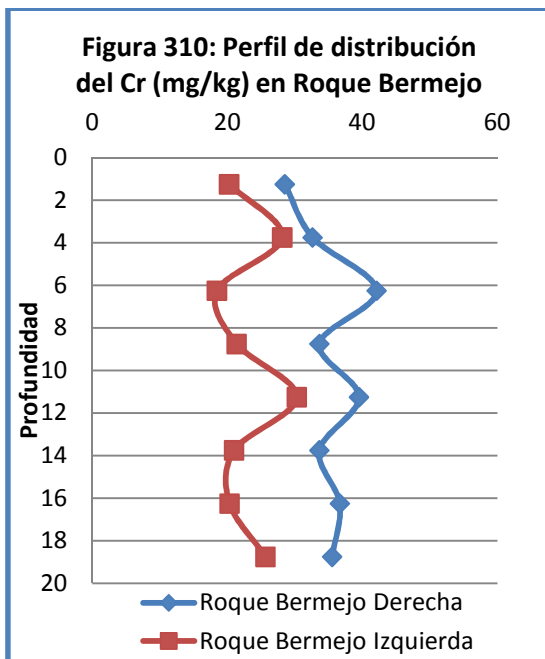
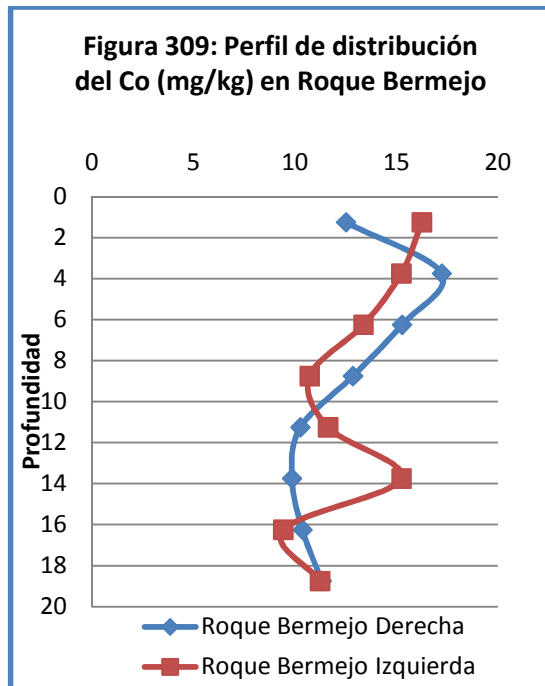
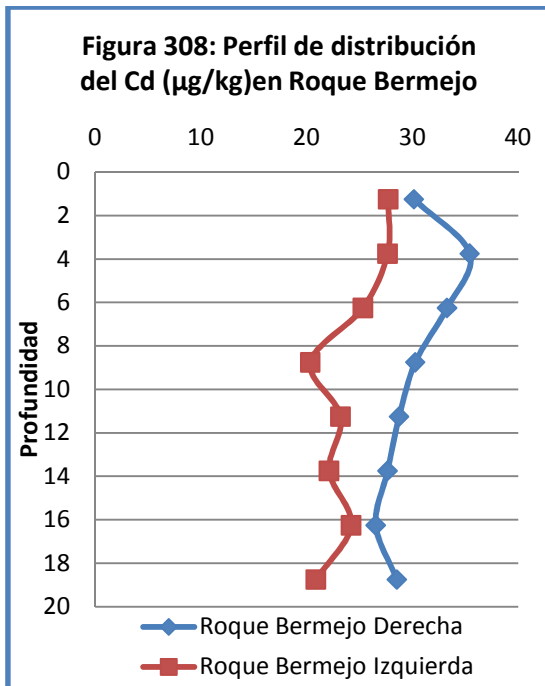
5.2.1.5. CONCENTRACIONES DE METALES EN PERFILES

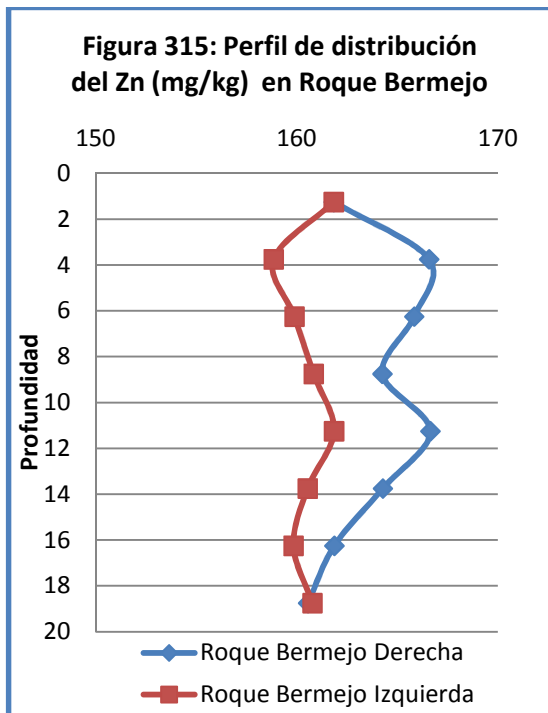
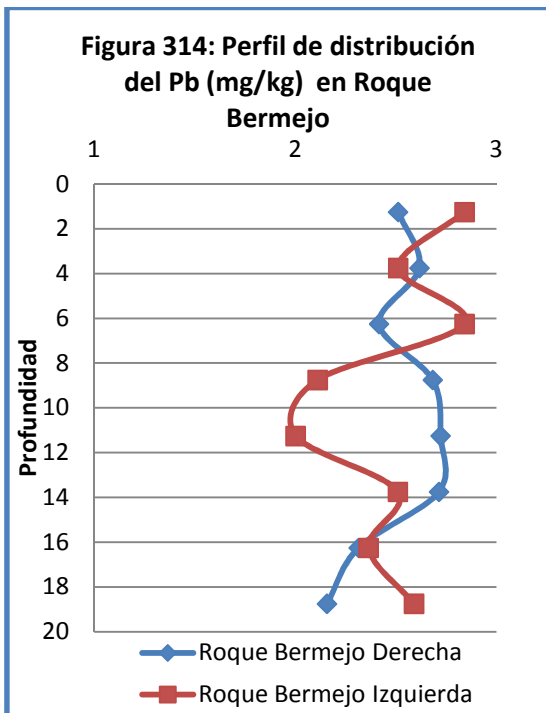
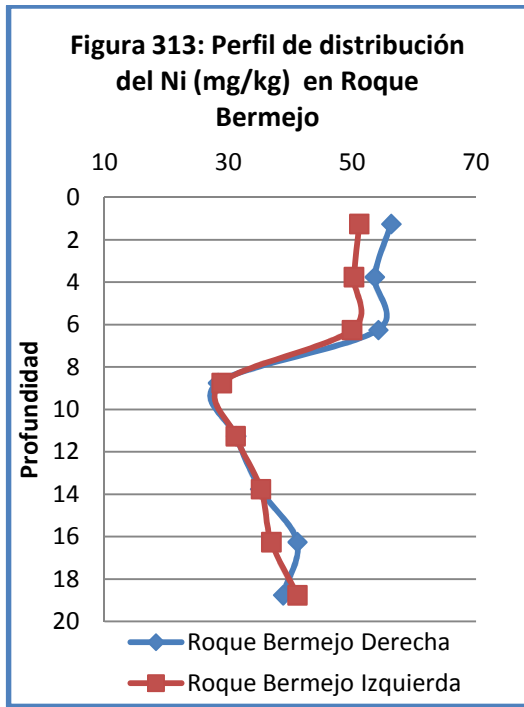
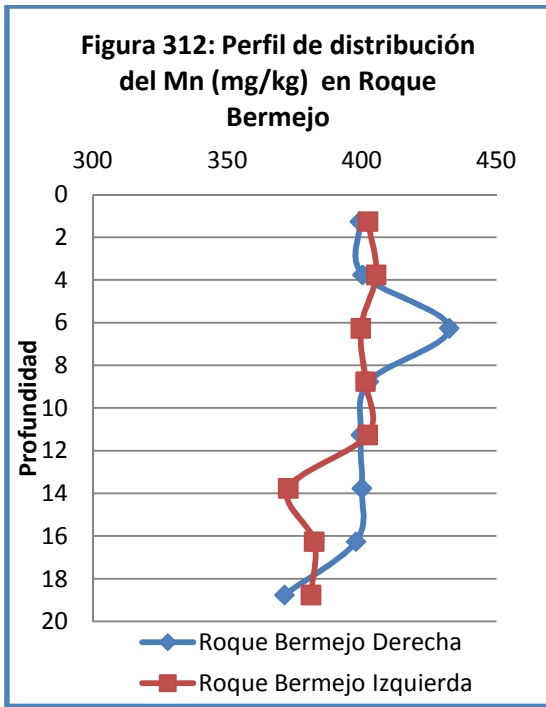
5.2.1.5.1. PERFILES EN LOS PUNTOS DE CONTROL

Las siguientes figuras (308 hasta 315), muestran la distribución de los metales a lo largo del perfil de 20 cm estudiados en los 2 puntos de muestreo control (“Roque Bermejo Derecha” y “Roque Bermejo Izquierda”) de los metales analizados en este estudio (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn).

Metales como el Cr (figura 310) y el Ni (figura 313) muestran perfiles en profundidad prácticamente iguales entre los dos puntos de muestreo. El resto de

metales como Cd (figura 308), Co (figura 309), Cr (figura 310), Cu (figura 311), Mn (figura 312), Pb (figura 314) y Zn (figura 315) presenta perfiles con concentraciones parecidas pero con distinta distribución entre los perfiles control.

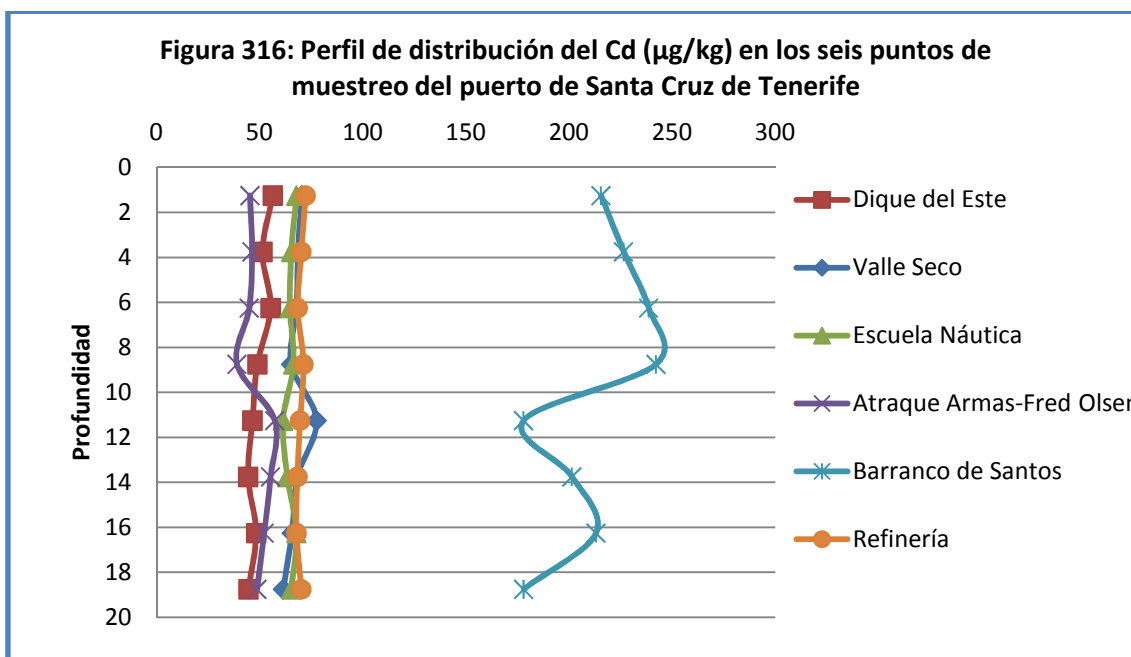




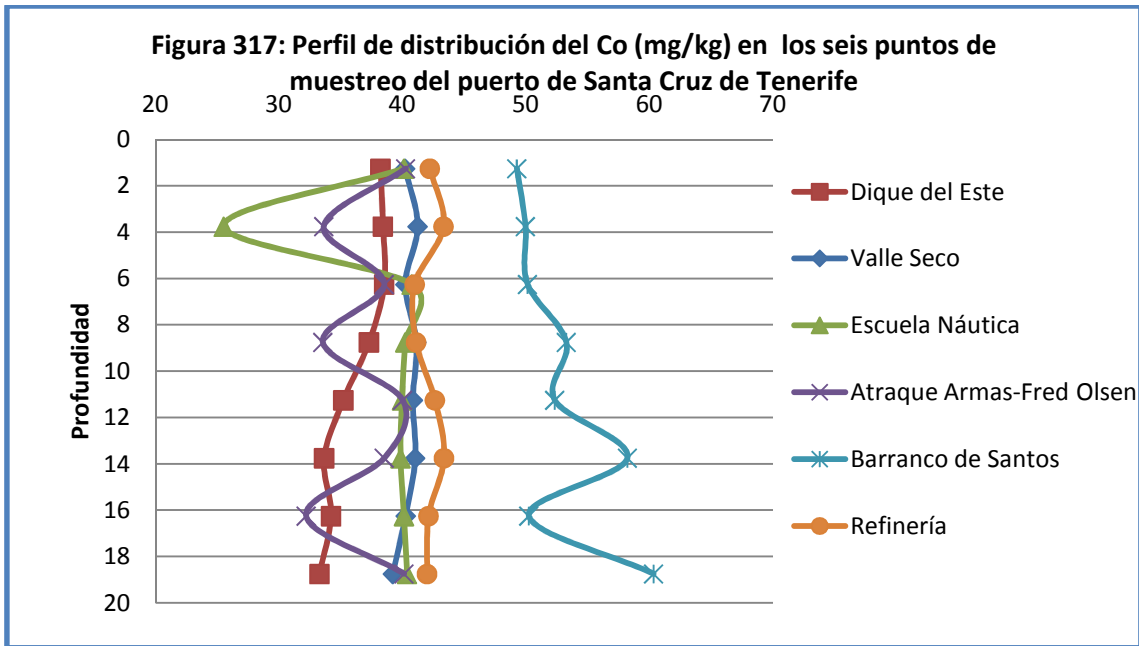
5.2.1.5.2. PERFILES EN PUNTOS DE MUESTREO DEL PUERTO DE SANTA CRUZ

Las siguientes figuras (316 hasta 323), muestran la distribución de los metales a lo largo del perfil de 20 cm estudiados en los 6 puntos de muestreo del puerto.

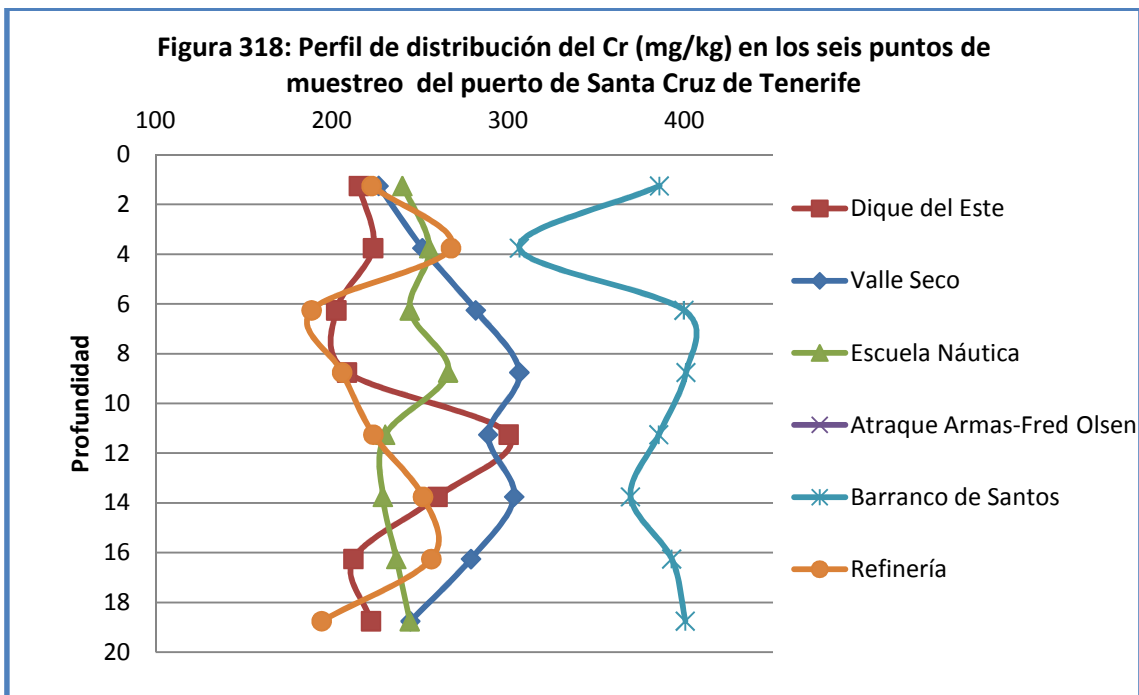
La figura 316 muestra la distribución de Cd ($\mu\text{g}/\text{kg}$) a lo largo del perfil de los 6 puntos de muestreo establecidos en el puerto de Santa Cruz de Tenerife. En dicha gráfica se aprecia que no existe una tendencia clara en cuanto a la distribución de Cd y que el punto de muestreo de “Barranco de Santos” es el que presenta una mayor concentración, diferenciándose del resto de perfiles.



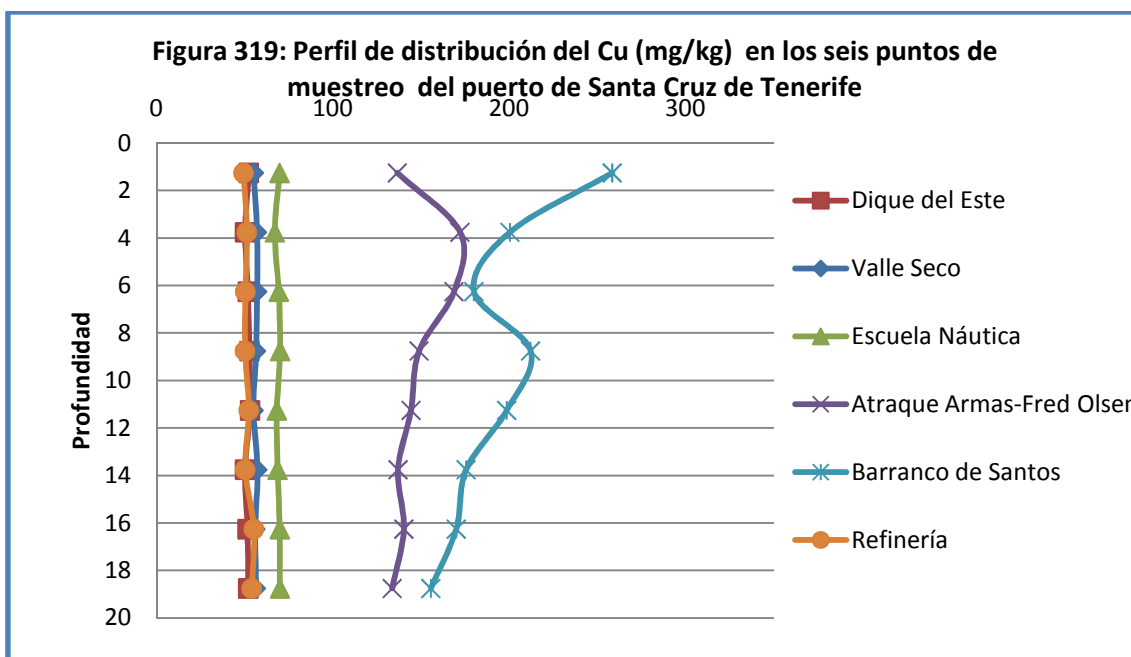
La figura 317 muestra la distribución de Co en los perfiles correspondientes a los puntos de muestreo del puerto de Santa Cruz de Tenerife situado en el área nordeste. En dicha gráfica se observa que no existe un comportamiento claro en cuanto a la distribución de Co en profundidad en los 6 puntos de muestreo. Se observa también que el perfil perteneciente al punto de muestreo correspondiente al “Barranco de Santos” se diferencia del resto de perfiles, mostrando una mayor concentración de este metal.



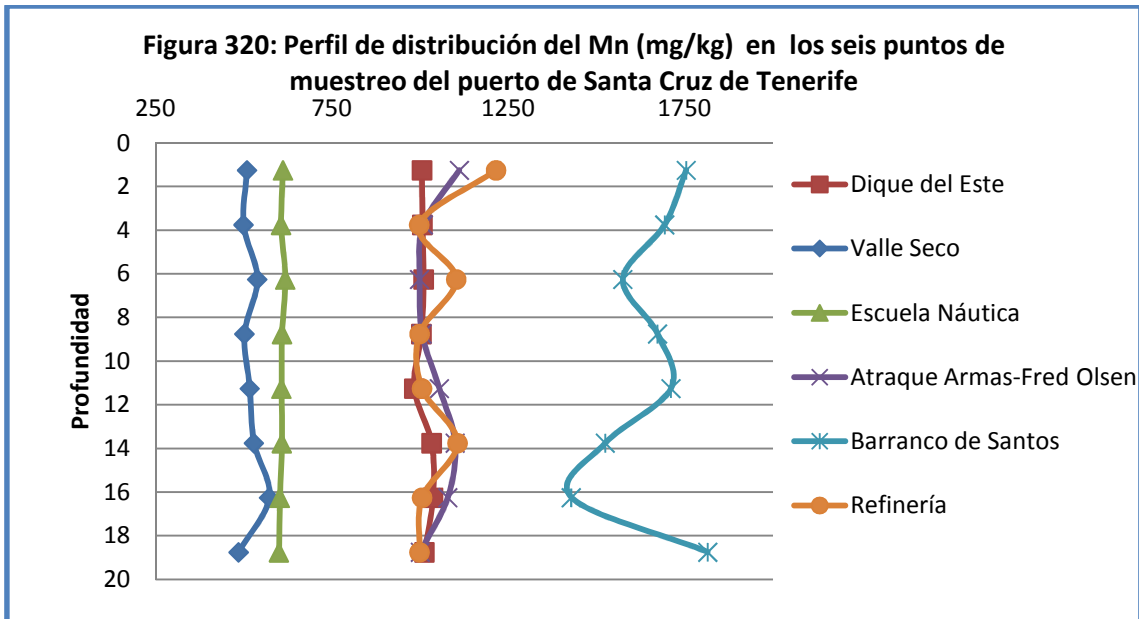
La figura 318, muestra la distribución de Cr de los 6 perfiles de distribución de metales en el puerto de Santa Cruz (área nordeste). En dicha gráfica se puede ver que no existe una distribución semejante en los 6 perfiles, sino que cada perfil muestra su propia distribución en profundidad. El punto de muestreo correspondiente al “Barranco de Santo” se diferencia en cuanto a su concentración al grupo de perfiles de los otros cinco puntos que se encuentran más unidos.



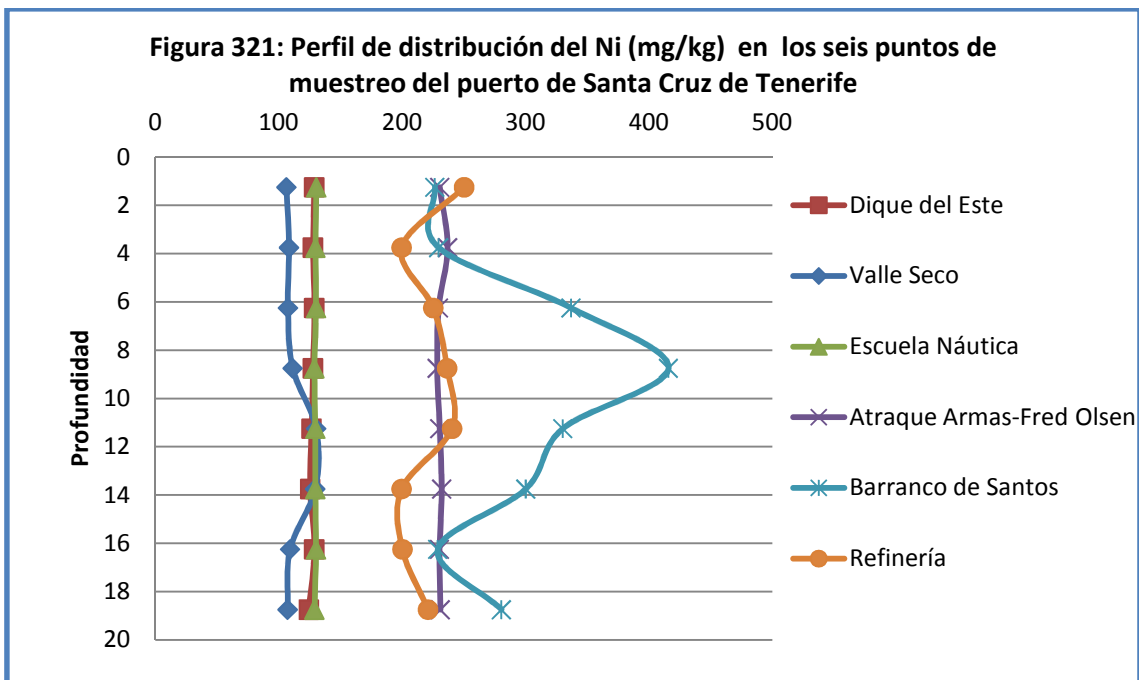
La figura 319 muestra el perfil de distribución del Cu en los seis puntos de muestreo del puerto de Santa Cruz de Tenerife. En dicha tabla se aprecia que los puntos de “Atraque Armas-Fred Olsen” y Barranco de Santos se diferencian del resto de los perfiles analizados en el puerto. Las muestras de Dique del Este, Valle Seco, Escuela Náutica y la Refinería muestran una distribución de sus perfiles que se asemejan por sin presentar grandes variaciones.



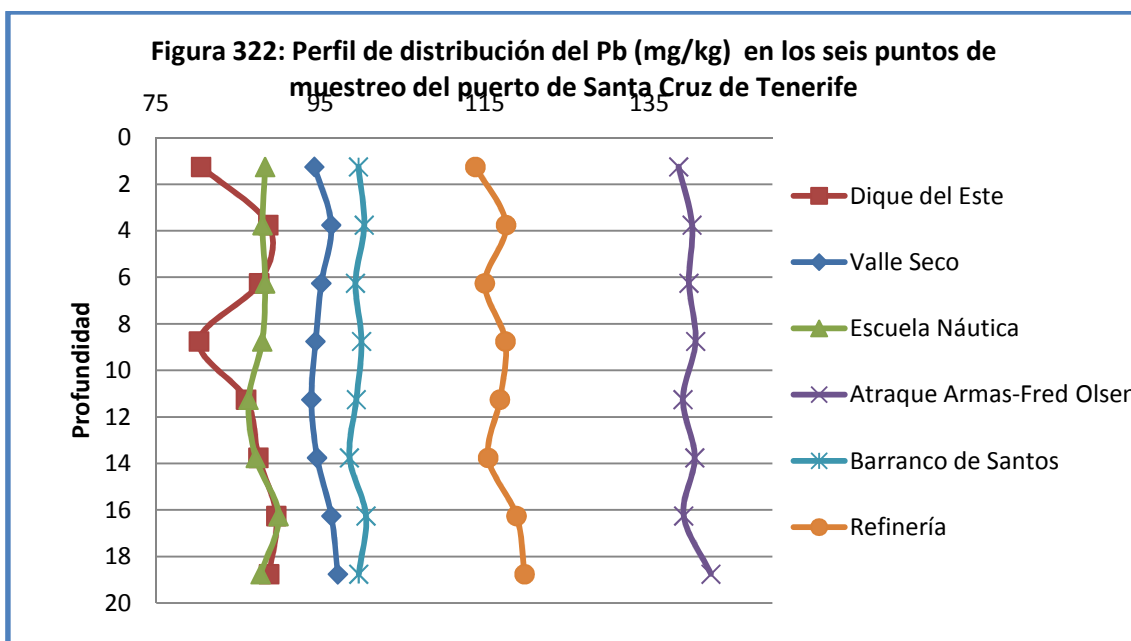
La figura 320 muestra la distribución de los perfiles de los seis puntos de muestreo analizados en el puerto de Santa Cruz de Tenerife (área nordeste). En dicha figura se observa que se pueden diferenciar 3 grupos de perfiles en relación al Mn, por un lado el perfil del “Baranco de Santos”; por otro lado el grupo de perfiles del “Dique del Este”, “Atraque Armas-Fred Olsen” y la “Refinería” que se encuentran en concentraciones intermedias y por último los perfiles de la “Escuela Náutica” y “Valle Seco” que son las que menor concentración de Mn presentan.



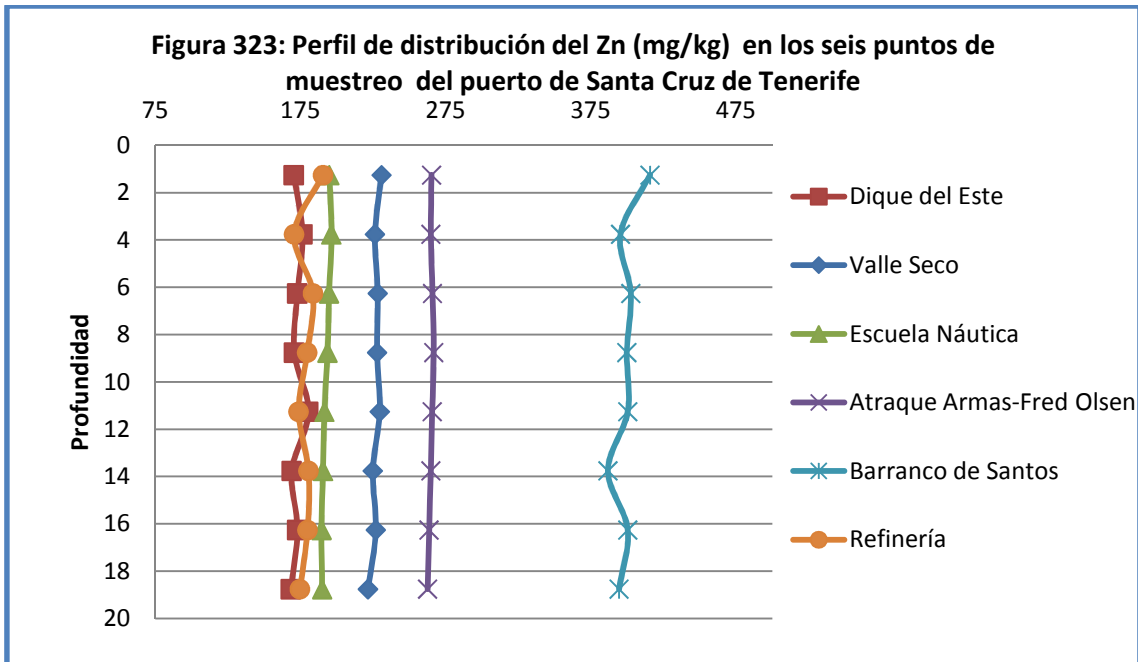
La figura número 321 muestra los perfiles de distribución del Ni de los 6 puntos de muestreo del puerto de Santa Cruz. En dicha figura se observa que existen dos grupos de perfiles diferenciados. Por un lado con mayor concentración encontramos los perfiles correspondientes a los puntos de muestreo de la “Refinería”, “Atrake Armas-Fred Olsen” y “Barranco de Santos”, presentando a profundidades intermedias una mayor concentración este último. Por otro lado, con menor concentración, encontramos los perfiles de los puntos de muestreo “Dique del Este”, “Valle Seco” zona portuaria y “Escuela Náutica”.



La figura 322 muestra la distribución de los perfiles de los 6 puntos de muestreo del puerto de Santa Cruz. Se observa que todos los perfiles de los distintos puntos presentan distintas concentraciones, siendo el perfil del punto de muestreo correspondiente al “Atrache Armas-Fred Olsen” el que mayor concentración presenta, seguido por el punto de muestreo de la “Refinería”, el “Barranco de Santos”, “Valle Seco” zona portuaria, “Escuela Náutica” y por último el “Dique del Este”.



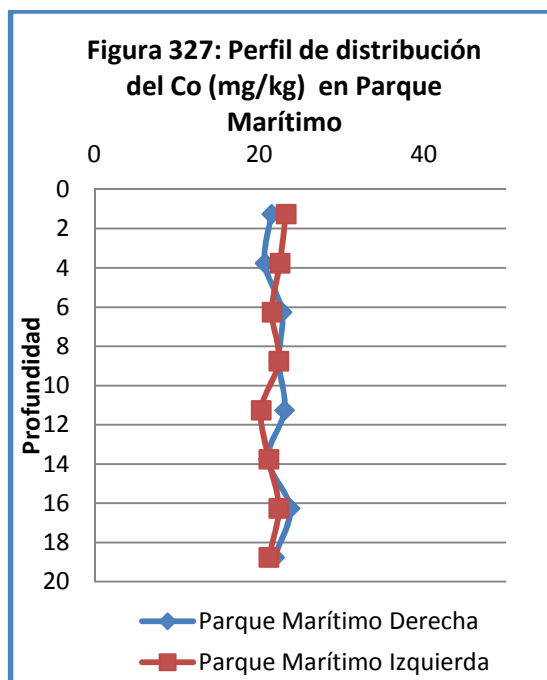
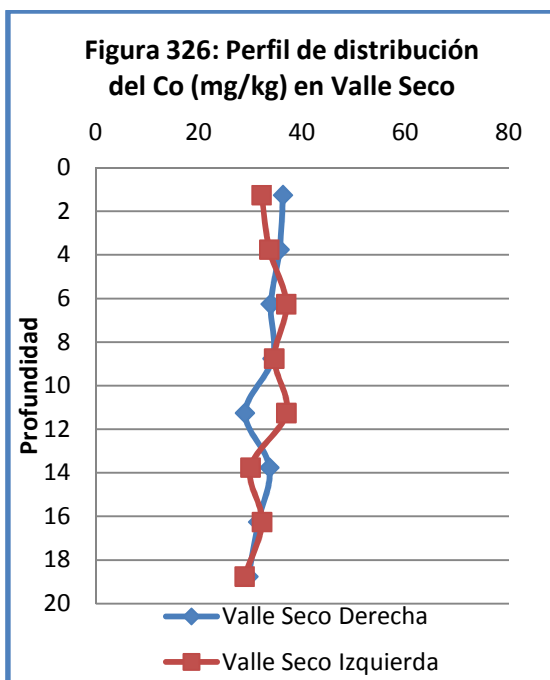
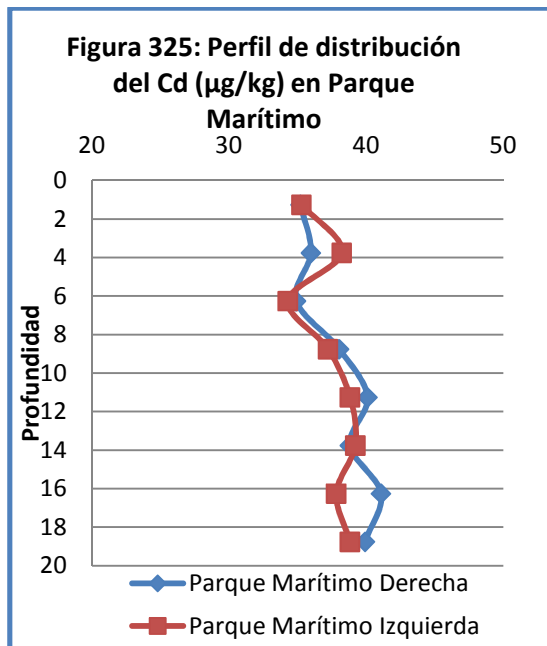
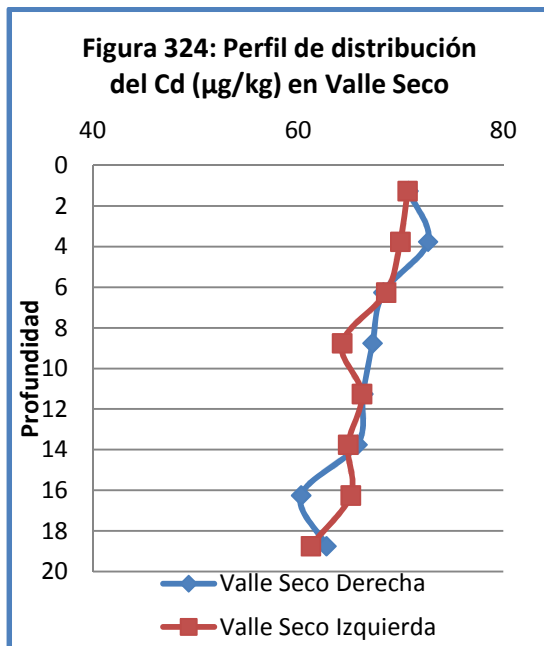
La siguiente figura muestra la distribución de los perfiles correspondientes al Zn. Dicha figura muestra que los perfiles presentan una distribución sin grandes variaciones de concentraciones a medida que profundizamos en el perfil. El punto de muestreo que mayor concentración presenta es el correspondiente al “Barranco de Santos” (figura 323).



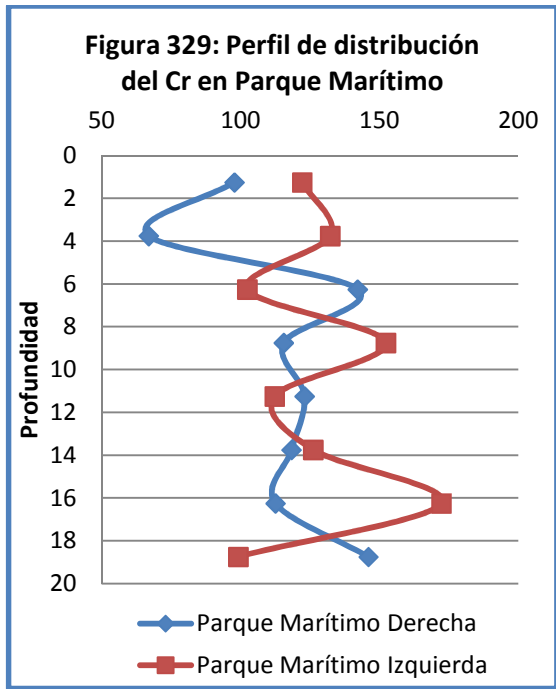
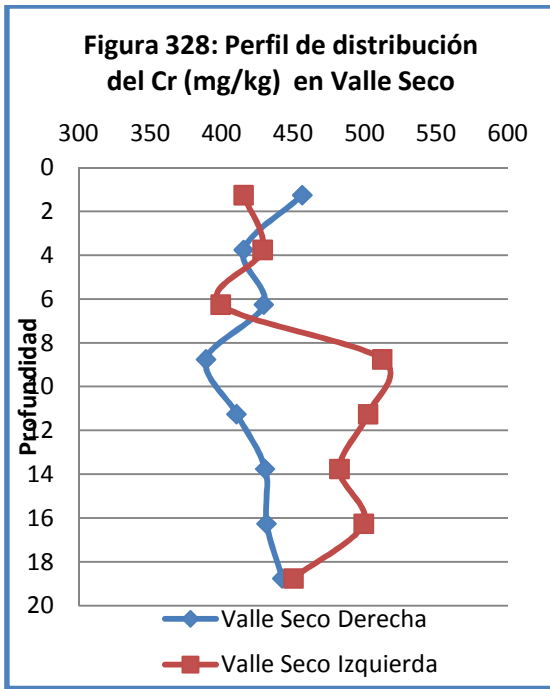
5.2.1.5.3. PERFILES EN PLAYAS COLINDANTES A LOS PUERTOS

En las siguientes figuras (324 hasta 338) se muestra la distribución de metales en profundidad de los perfiles estudiados en las playas colindantes al puerto de Santa Cruz de Tenerife (playa de “Valle Seco Derecha”, “Valle Seco Izquierda”, “Parque Marítimo Derecha” y “Parque Marítimo Izquierda”).

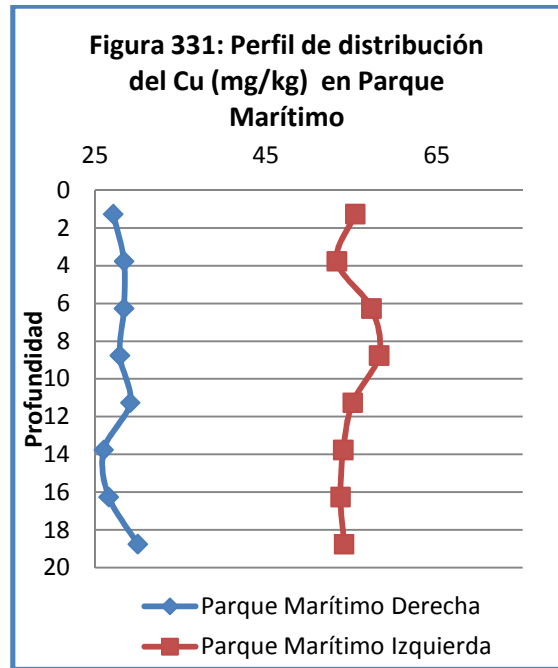
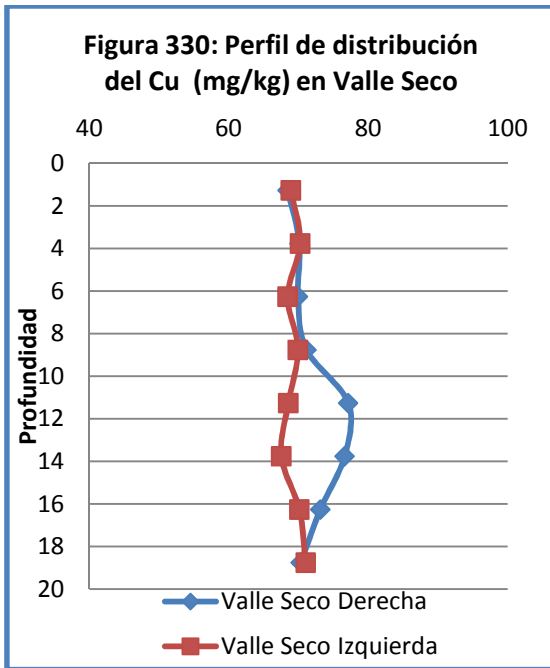
Las figuras 324 y 325 muestran que la distribución de Cd existente en los puntos de muestreo correspondientes a las playas “Valle Seco Derecha”, “Valle Seco Izquierda”, “Parque Marítimo Derecha” y “Parque Marítimo Izquierda”, presentan perfiles parecidos de Cd, por lo que se observa una distribución de la concentración semejante. Este mismo comportamiento se observa en el caso del Co en los perfiles de los mismos puntos de muestreo (figuras 326 y 327).



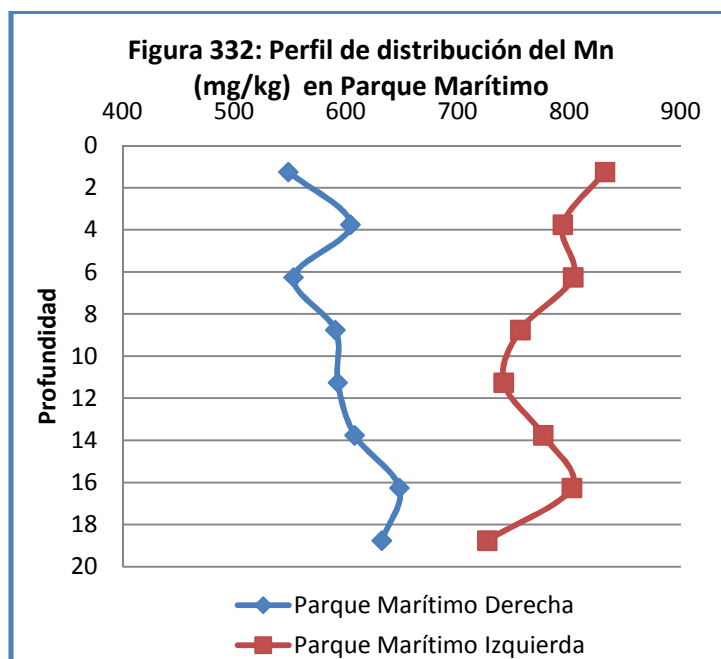
En cuanto a la concentración de Cr en profundidad hasta 20 cm, se comprueba una distribución de los perfiles distinta en el caso del punto de muestreo “Valle Seco Derecha”, “Valle Seco Izquierda”, “Parque Marítimo Derecha” y “Parque Marítimo Izquierda” figuras 328 y 329). Se observa una distribución que en muchos casos se entrelazan, pero no llevan la misma trayectoria.



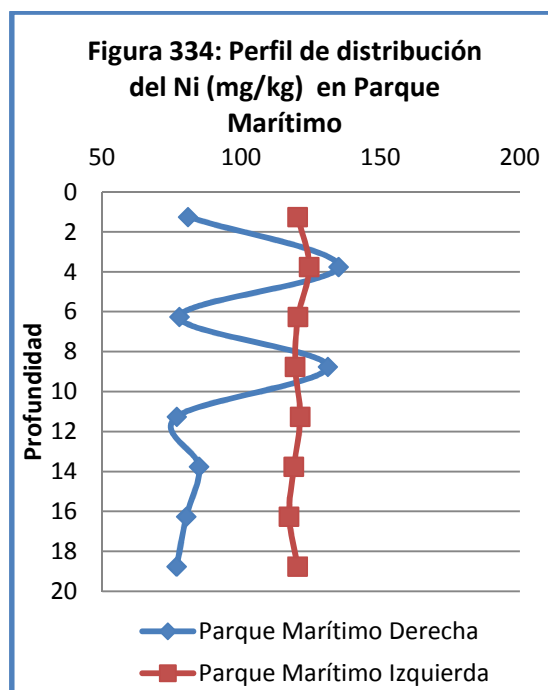
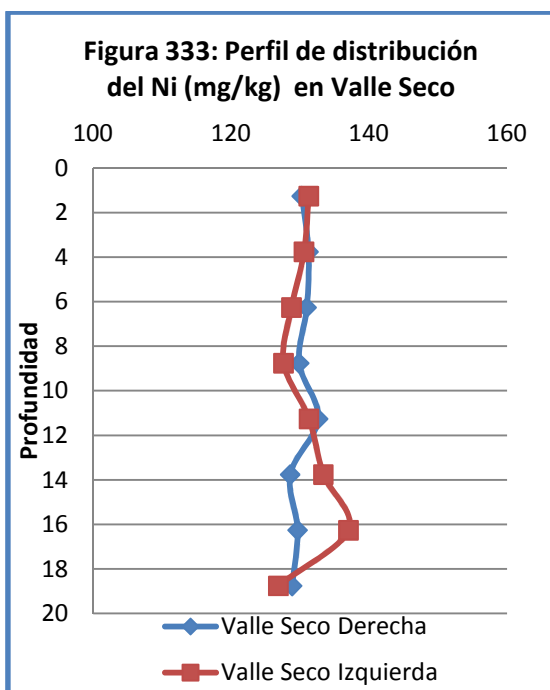
En cuanto a la concentración de Cu en los perfiles (figura 330 y 331), se comprueba que la distribución en el perfil de la playa de “Valle Seco Derecha e Izquierda”, es semejante. En el caso de la playa correspondiente al Parque Marítimo, se observa una distribución distinta en el perfil correspondientes al “Parque Marítimo Derecha” y el “Parque Marítimo Izquierda” que se puede deber a que el punto de muestreo Derecha está más alejado de la zona en la que se llevan a cabo labores de reparación de barco de pesca, estando el punto de muestreo “Parque Marítimo Izquierda” más cercano a dicha zona donde se usan comúnmente pinturas con alto contenido en Cu.



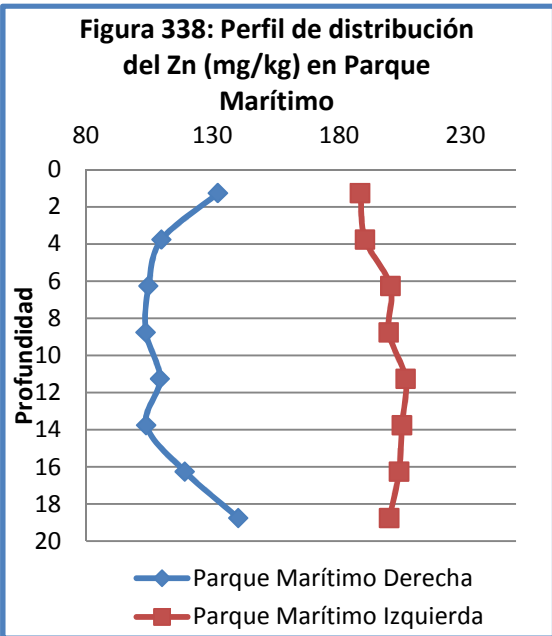
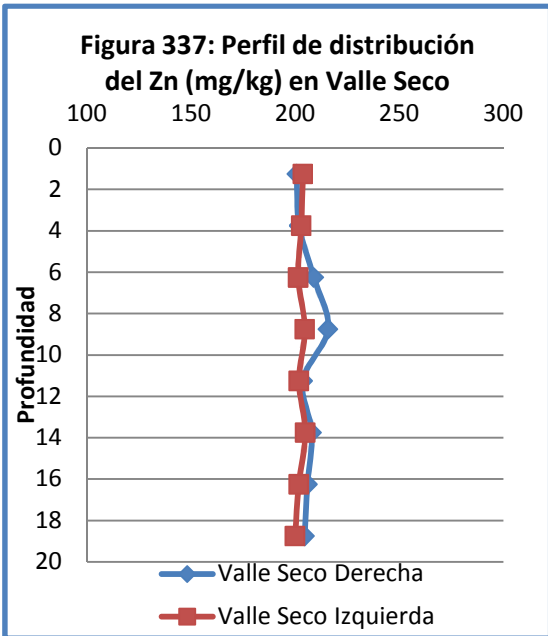
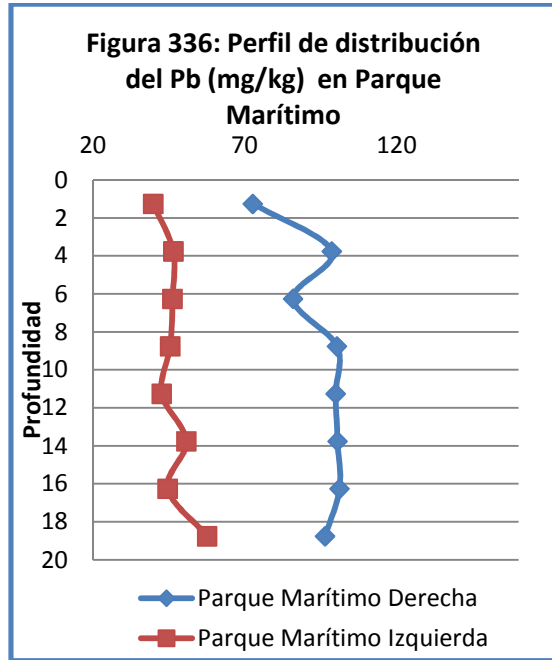
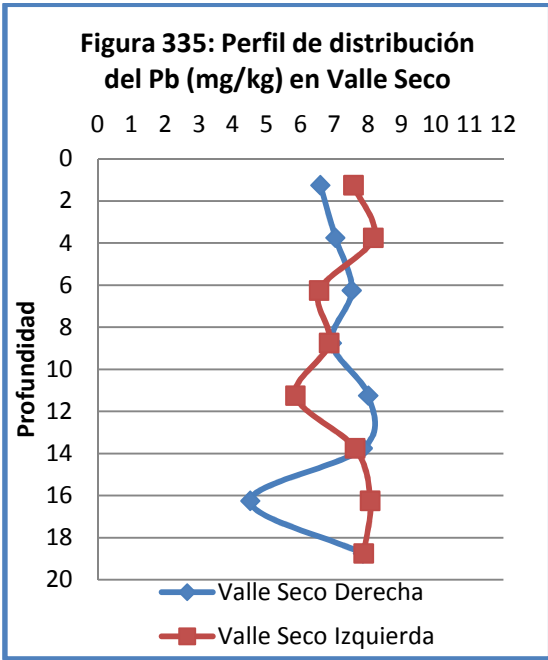
La figura 332 muestra una distribución de Mn distinta entre el perfil del punto de muestreo “Parque Marítimo Derecha” y el perfil “Parque Marítimo Izquierda”. La diferencia entre las distintas granulometrías se puede deber a la distinta distribución granulométrica entre ambos puntos de muestreo, ya que se sabe que este metal está estrechamente relacionado con el contenido en partículas finas (Horowitz y Eldrick, 1987; Moore et al, 1989; Brayan y Langston, 1992; Everaat y Fischer, 1992 e Idris et al, 2007).



En el caso del perfil de Ni (figura 333 y 334) y Zn (figura 337 y 338) encontramos que los perfiles de los puntos de muestreo “Valle Seco Derecha e Izquierda” presentan una distribución semejante, pero en los casos de los perfiles de los puntos de muestreo “Parque Marítimo Derecha e Izquierda”, se observa que ambos puntos difieren en sus concentraciones, presentando el perfil correspondiente al “Parque Marítimo Derecha” una menor concentración que la encontrada en el “Parque Marítimo Izquierda”. Por tanto, coincide que el perfil de distribución del punto donde se realizan reparaciones de barcos presenta una mayor concentración de este metal.



La distribución de la concentración de Pb a lo largo de los perfiles estudiados, demuestran en la tabla 335 una distribución semejante del metal Pb en los puntos de muestreo “Valle Seco Derecha e Izquierda”. Los perfiles de los puntos de muestreo de la playa del Parque Marítimo, muestran perfiles con mayor concentración de Cu, Mn, Ni y Zn en el punto de muestreo “Parque Marítimo Izquierda”, por el contrario en relación al Pb (figura 336), el perfil con mayor concentración se encuentra en el punto de muestreo “Parque Marítimo Derecha”, esto puede ser debido posiblemente a los pequeños derrames que pudieran producirse durante las operaciones de carga y descarga de los productos petrolíferos desde los barcos a la refinería.



5.2.2. DISCUSIÓN SOBRE LOS CONTENIDOS METÁLICOS DE LAS MUESTRAS DEL PUERTO Y PLAYAS COLINDANTES EN LOS SEDIMENTOS DEL NORDESTE EN COMPARACIÓN CON LAS DISTINTAS RECOMENDACIONES

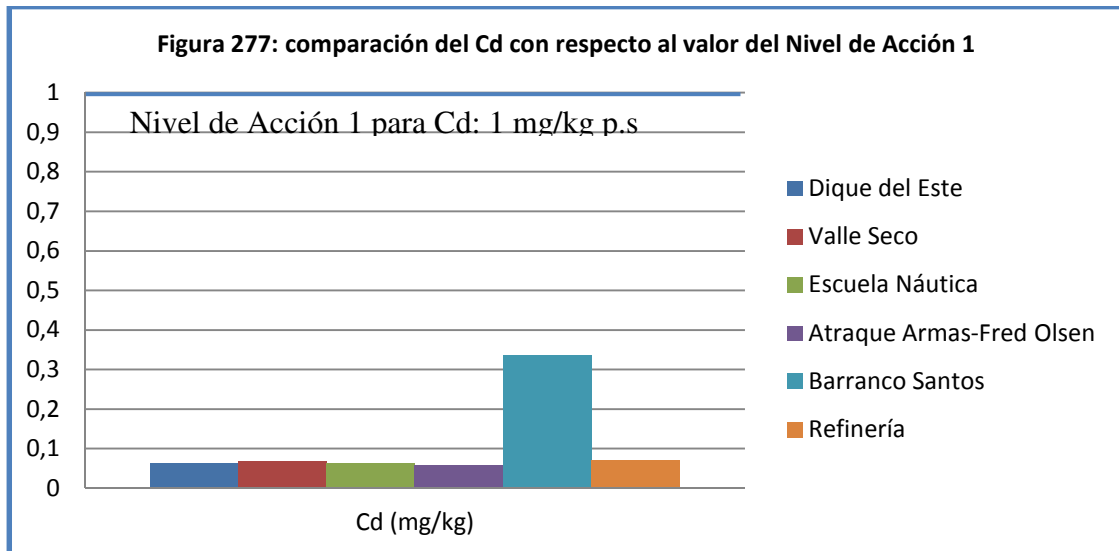
5.2.2.1. DISCUSIÓN MUESTRAS DEL PUERTO DE SANTA CRUZ DE TENERIFE Y SU COMPARACIÓN CON LAS RECOMENDACIONES DEL CEDEX

Para la evaluación de los niveles de metales observados en los sedimentos del Puerto de Santa Cruz y de los dos puntos control establecidos (“Roque Bermejo Derecha e Izquierda”) se han comparado los valores de Cd, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn de los puntos de muestreo pertenecientes al puerto, con las recomendaciones de concentraciones límites de contaminantes establecidas por el CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas) para la gestión de material dragado. El CEDEX establece los valores expuestos en la tabla 139:

Tabla 139: Recomendaciones CEDEX y Categorías en la gestión del material dragado en puertos españoles (mg/kg p.s).						
CATEGORÍA I	Material dragado cuya concentración de metales es igual o inferior al Nivel de Acción 1.					
Nivel Acción 1	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
	1	200	100	100	120	500
CATEGORÍA II	Material dragado cuya concentración es superior al Nivel de Acción 1 e inferior o igual al Nivel de Acción 2.					
Nivel Acción 2	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
	5	1000	400	400	600	3000
CATEGORÍA III a	Material dragado cuya concentración se encuentra entre el Nivel de Acción 2 y ocho veces el Nivel de Acción 2.					
CATEGORÍA III b	Material dragado cuya concentración es superior a ocho veces la concentración establecida en el Nivel de Acción 2.					

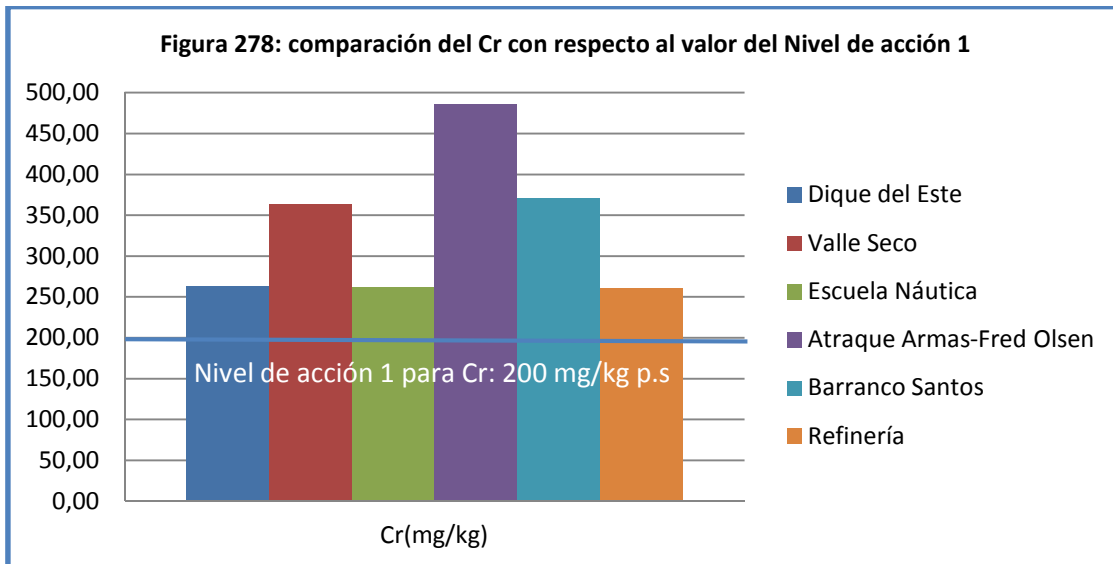
Las figuras 277-288 muestra el nivel de acción y la categoría a la que pertenecen los puntos de muestreo localizados en el puerto según los valores recomendados por el CEDEX.

La figura 277 muestra la concentración de metales en sedimentos de los puntos de muestreo del puerto con respecto al valor límite de Cd en el nivel de acción 1 recomendado para la gestión de dragado por el CEDEX.

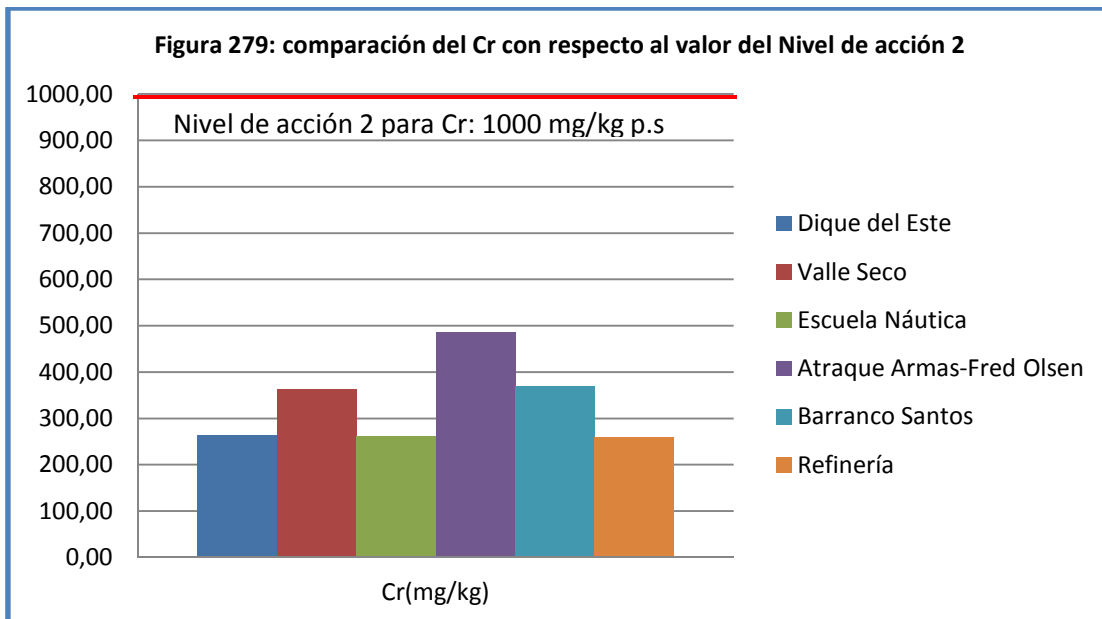


Tal y como se muestra en la figura 277, las concentraciones de Cd en el puerto nunca llegan a superar el Nivel de Acción 1 para Cd recomendado por el CEDEX. Debido a que nos encontramos con valores por debajo de este nivel de Acción, los sedimentos de los 6 puntos de muestreo se consideraran de Categoría 1 y podrían ser libremente vertidos al mar sin ningun tratamiento previo. Al no se superado el Nivel de Acción 1, no es necesario exponer el Nivel de Acción 2 propuesto por el CEDEX.

La figura 278 muestra la concentración encontrada de Cr en los puntos de muestreo del puerto de Santa Cruz y los puntos control, con respecto al límite fijado para este metal por el CEDEX.

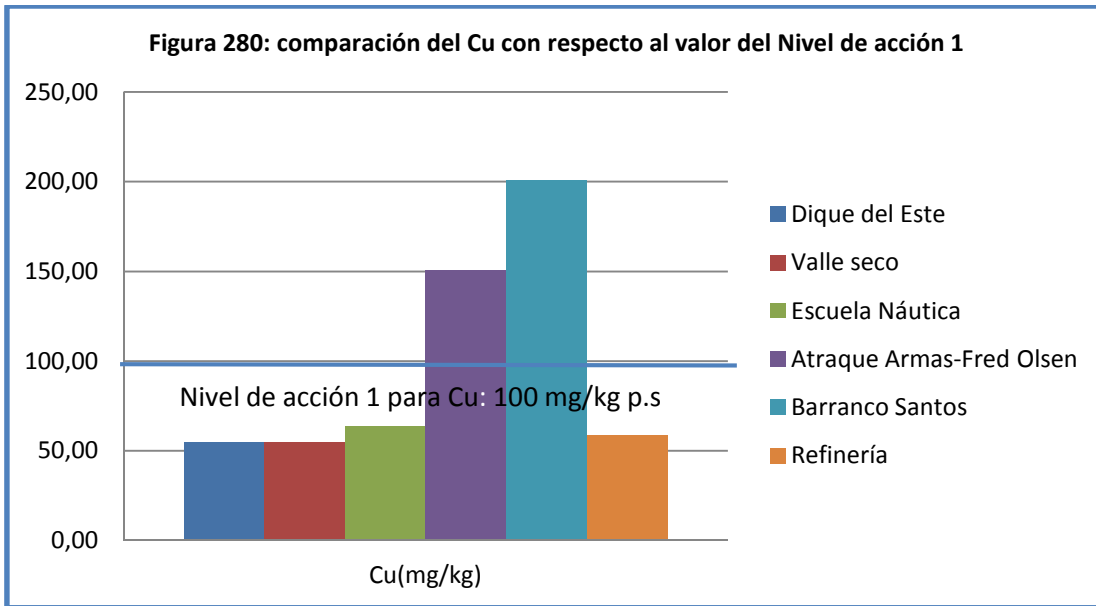


Tal y como muestra la figura 278, los 6 puntos localizados en el puerto superan el Nivel de Acción 1 fijado por el CEDEX. Para poder conocer la forma en que se llevará a cabo la gestión de este sedimento o material dragado, es necesario conocer si las concentraciones de este metal superan el Nivel de Acción 2. Por lo tanto, en la figura 279 se muestra la concentración encontrada de Cr en los puntos de muestreo del puerto de Santa Cruz y los puntos control, con respecto al límite fijado para este metal por el CEDEX para el Nivel de Acción 2.



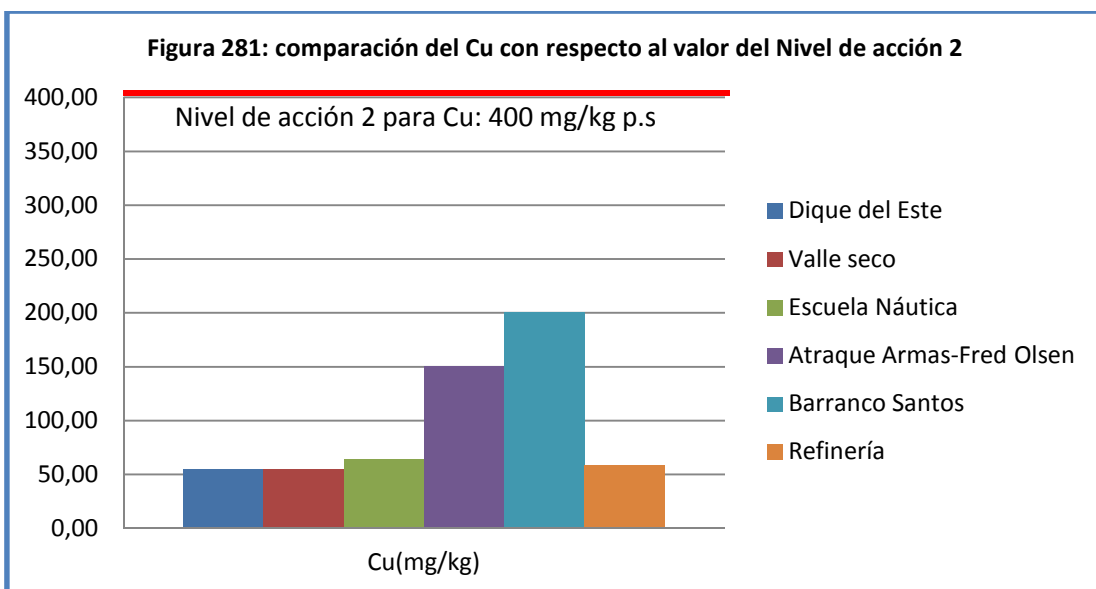
Tal y como muestra la figura 279, los puntos de muestreo establecidos en el puerto, no superan el nivel de Acción 2 para Cr. Debido a que la concentración de Cr encontrada en los puntos de muestreo del puerto de Santa Cruz superan el Nivel de Acción 1 (figura 278) pero no superan el nivel de Acción 2 (figura 279); nos encontramos frente a sedimentos pertenecientes a la Categoría 2, por lo tanto este material debe de ser dragado de forma controlada al mar y no de forma libre.

La figura 280 muestra la concentración encontrada de Cu en los puntos de muestreo del puerto de Santa Cruz, con respecto al límite fijado para este metal por el CEDEX para el Nivel de Acción 1.



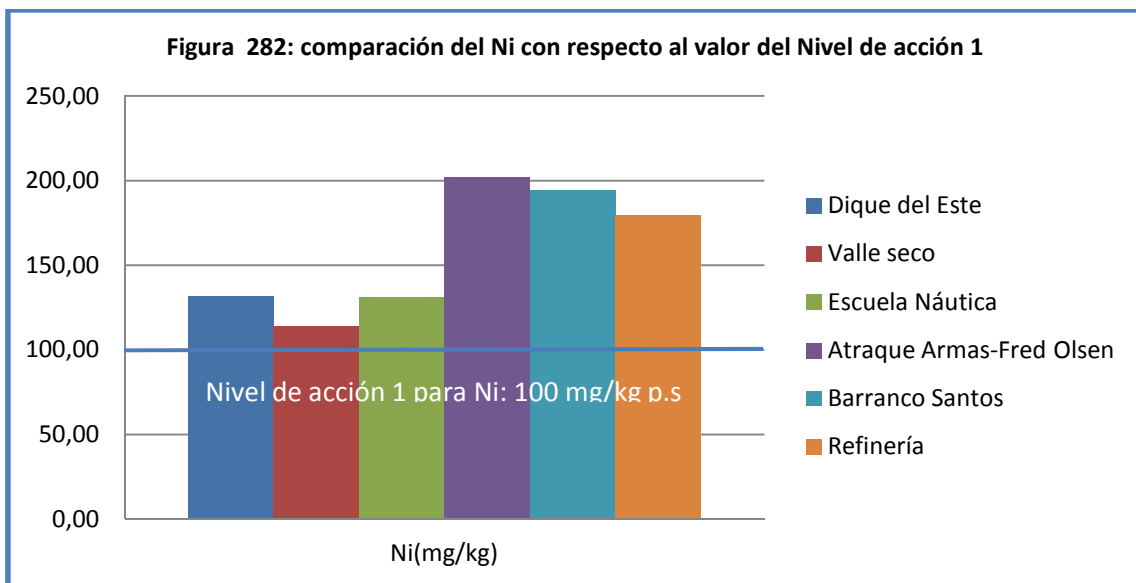
Tal y como se muestra la figura anterior, las concentraciones de Cu se supera para el Nivel de Acción 1 en los puntos de muestreo: “Atraque Armas-Fred Olsen” y “Barranco de Santos”, por lo que para estos dos puntos de muestreo se deberá comprobar si superan el Nivel de Acción 2. El resto de los puntos de muestreo “Dique del Este”, “Valle Seco”, “Escuela Náutica” y “Refinería” se consideran material dragado de Categoría 1 en cuanto a la concentración de Cu se refiere.

La figura 281 muestra la comparación de los puntos de muestreo del puerto con respecto al nivel 2 establecido por el CEDEX para el Cu.

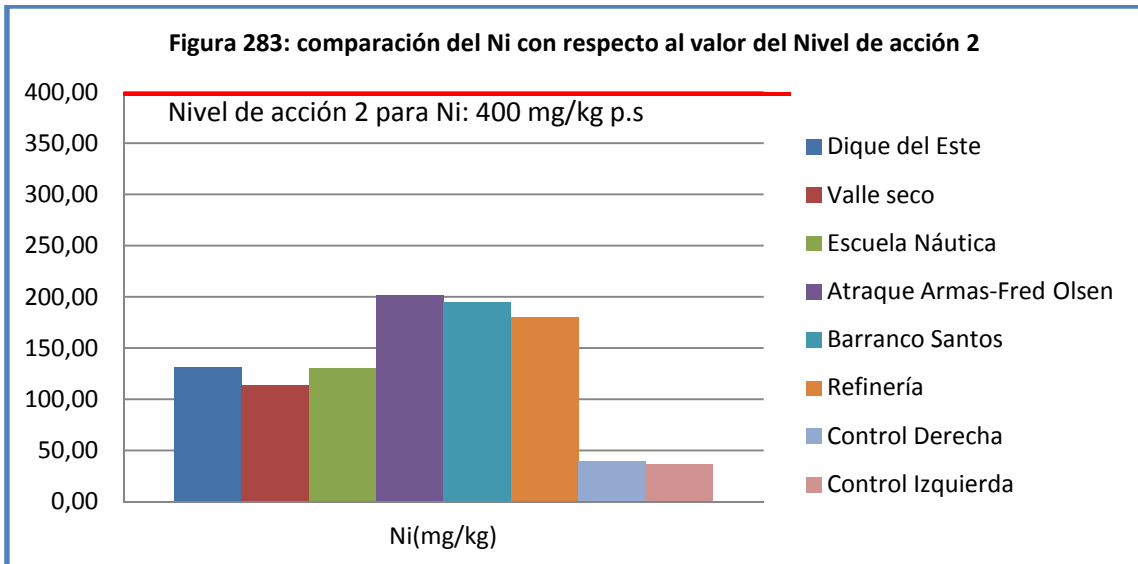


Tal y como se puede ver en la gráfica, los puntos de muestreo “Atraque Armas-Fred Olsen” y “Barranco de Santos”, no superan el Nivel de Acción 2 para el Cu. Al encontrarse estos dos puntos de muestreo entre el Nivel de Acción 1 y el 2, se integra a estos sedimentos en la Categoría 2, por lo tanto pueden ser dragados al mar pero de forma controlada.

La figura 282 muestra la comparación de los puntos de muestreo del puerto con respecto al nivel 1 establecido por el CEDEX para Ni.

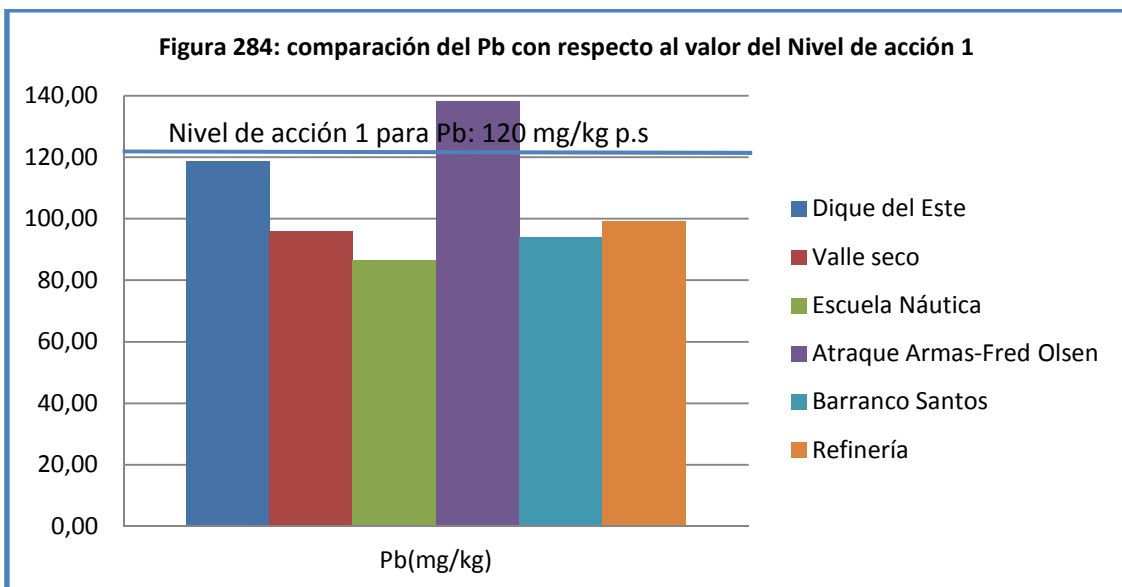


Tal y como muestra la figura 282, los 6 puntos de muestreo del puerto de Santa Cruz se encuentra por encima del Nivel de acción 1 para Ni establecido por el CEDEX. Por lo tanto es necesario conocer si estos niveles superan también el Nivel de Acción 2, por lo que en la figura 283 se muestra la comparación de los puntos de muestreo del puerto con respecto al nivel 2 establecido por el CEDEX para Ni.



En la figura 283 se comprueba que ninguno de los 6 puntos de muestreo del puerto de Santa Cruz supera el valor límite de Ni establecido por el CEDEX para el nivel de acción 2, por lo que el material dragado (sedimentos) de los 6 puntos de muestreo debe ser vertido al mar de forma controlada.

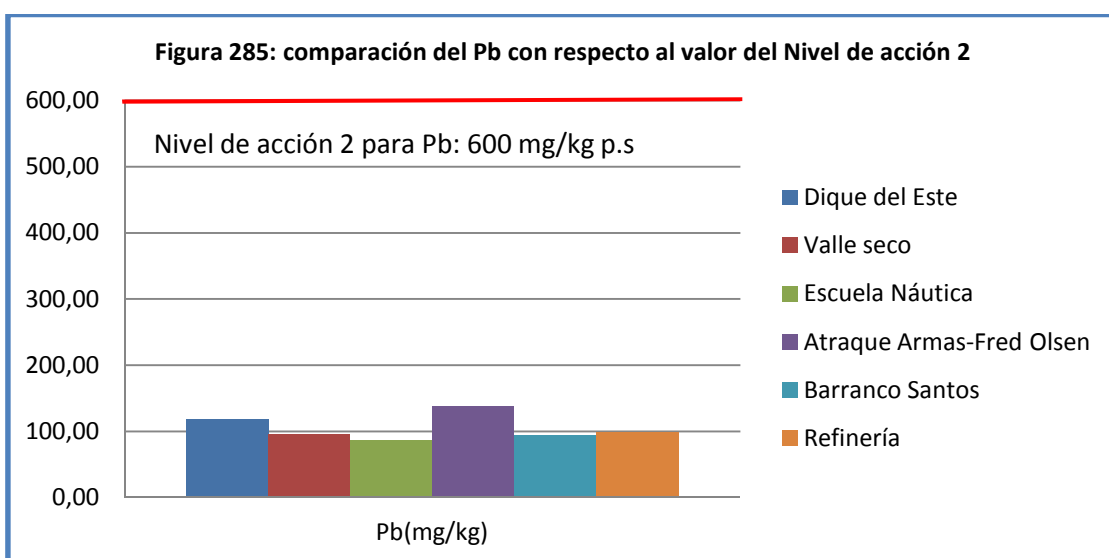
La figura 284 muestra la comparación de los puntos de muestreo del puerto con respecto al nivel 2 establecido por el CEDEX para el Pb.



En la figura anterior se comprueba que los puntos de muestreo del “Dique de Este”, “Valle Seco”, “Escuela Náutica”, “Barranco de Santos” y “Refinería” están por

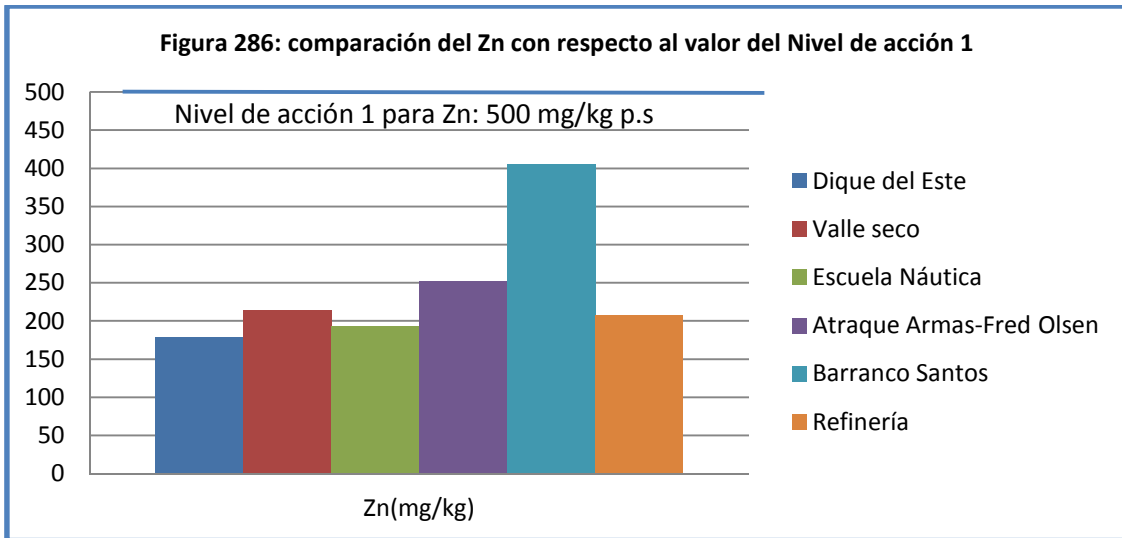
debajo del nivel de acción 1 para Pb establecido por el CEDEX. Por otro lado, el único punto de muestreo que supera este nivel de Acción es el punto “Atraque Armas-Fred Olsen”. Por tanto, los sedimentos de los puntos de muestreo “Dique del Este”, “Valle Seco”, “Escuela Náutica”, “Barranco de Santos” y “Refinería” se englobarían dentro de la Categoría 1 en cuanto al nivel de Pb se refiere, tendiendo que comprobar si el punto de muestreo “Atraque Armas-Fred Olsen” supera este valor.

La figura 285 muestra la comparación de los puntos de muestreo del puerto con respecto al nivel 2 establecido por el CEDEX para Pb.



En la figura 285 se comprueba que el punto de muestreo “Atraque Armas-Fred Olsen”, no supera el Nivel de Acción 2 establecido para el Pb por el CEDEX. Por tanto, los sedimentos del punto de muestreo de “Atraque Armas-Fred Olsen”, se englobarían dentro de la Categoría 2 para lo que el metal Pb se refiere, por lo que es necesario un control a la hora de su dragado al mar.

La figura 286 muestra la comparación de los puntos de muestreo del puerto con respecto al nivel 1 establecido por el CEDEX para Zn.



En la figura 286 se comprueba que todos los puntos de control están por debajo de los puntos de muestreo del puerto. En ningún caso, se superan los valores dados por el CEDEX como niveles de acción 1 para Zn. Todos los sedimentos procedentes de los 6 puntos de muestreo portuarios se consideran de Categoría I en cuanto al contenido de Zn se refiere, por lo que se pueden verter libremente al mar.

Es de gran importancia conocer que el CEDEX obliga a considerar todos los metales en común para llevar a cabo las recomendaciones de gestión de un sedimentos. Por tanto, ya sea por superar el nivel de Acción 1 de un metal o por otro, todos los sedimentos procedentes de los 6 puntos de muestreo del puerto de Santa Cruz pertenecen a la Categoría II. Los sedimentos o materiales de Categoría II según las recomendaciones establecidas por el Organismo CEDEX, deben de ser vertidos al mar de forma controlada. Para llevar a cabo un vertido de material dragado de forma controlada es necesario una Autorización especial, para poder ser dada dicha Autorización es necesario llevar a cabo una serie de estudio previos como son: hipótesis de impactos ambientales, programa de control ambiental, medidas correctivas y estudio de fuentes de emisión para establecer programas de reducción.

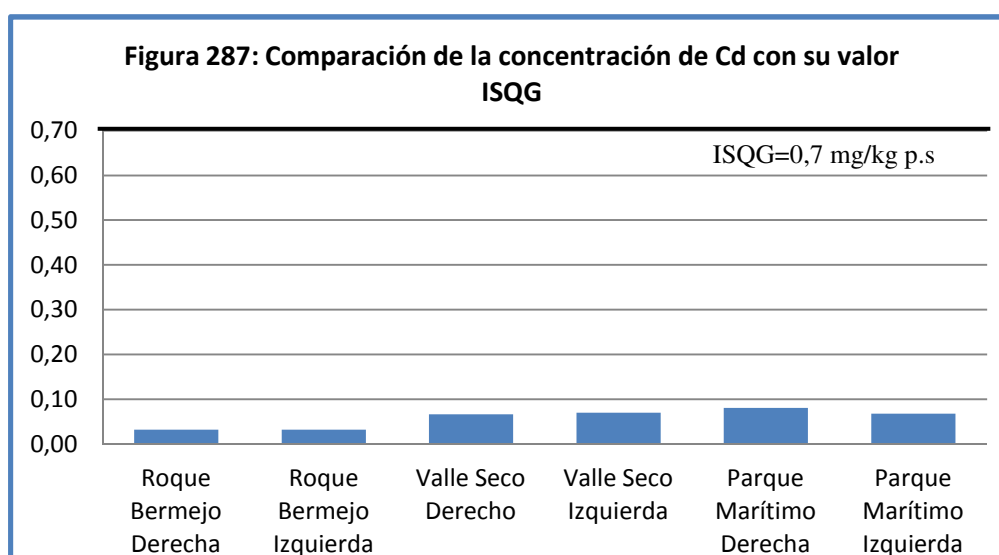
5.2.2.2. DISCUSIÓN SOBRE EL CONTENIDO METÁLICO EN MUESTRAS DE LAS PLAYAS COLINDANTES AL PUERTO DE SANTA CRUZ DE

TENERIFE Y SU COMPARACIÓN CON GÚÍAS DE CALIDAD DE SEDIMENTOS.

La concentraciones de Cd, Cr, Cu, Pb y Zn encontradas en los puntos de muestreo de las playas cercanas al puerto nordeste, se comparan con los valores establecidos por las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995). Para llevar a cabo la comparación de la concentración de Co, Mn y Ni, se utilizan otras guías de calidad de sedimentos (Long y Morgan., 1991; MENVIQ/EC, 1992; NYSDEC, 1994; Long et al., 1995; ANZECC, 1998; Barrick et al., 1998; Del Valls y Chapman, 1998; Nagpal et al., 2004).

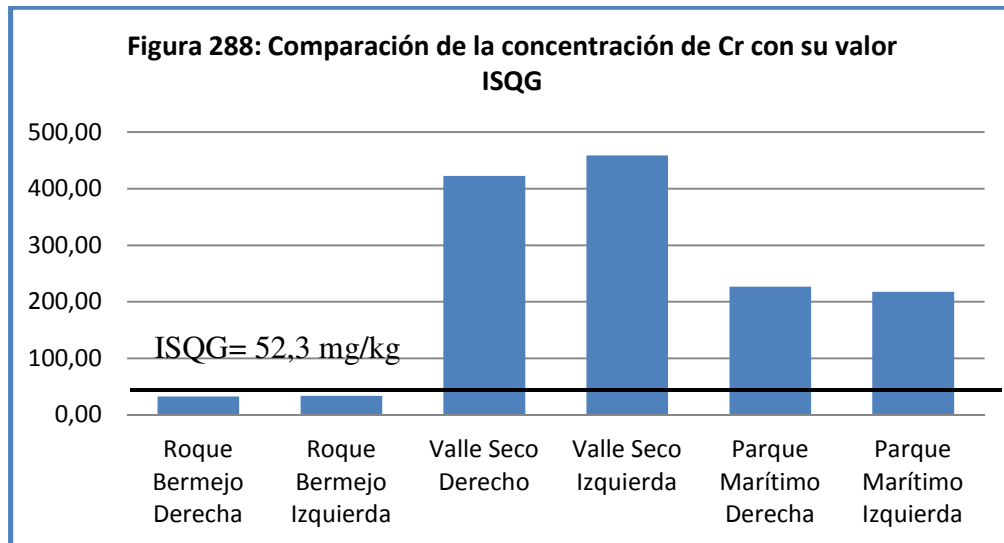
En las figuras 287-295, se comparan las concentraciones obtenidas en este estudio con las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995).

La figura 287 muestra las concentración media de Cd en los puntos de muestreo de las playas colindantes al puerto de Santa Cruz y el valor ISQG establecido en las guías canadienses (CCME, 1995).

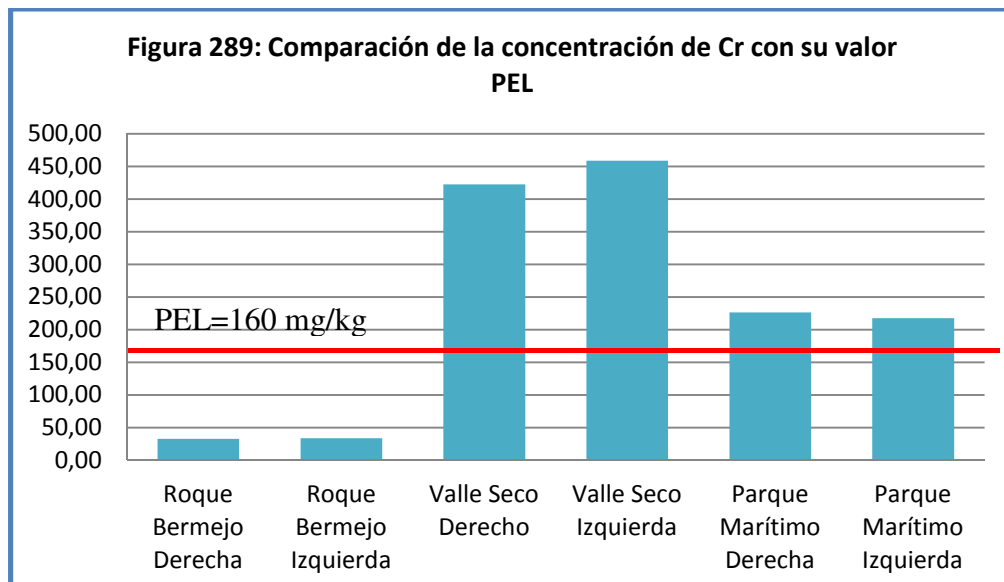


Los puntos de muestreo procedentes de las playas colindantes, están por debajo de los valores ISQG establecidos en las Guías canadienses. Al no superarse los valores ISQG tampoco se supera el valor PEL, establecido en 4,2 mg/kg p.s..

Las figuras 288 y 289 representan las concentraciones medias de Cr con respecto a los valores límites ISQG y PEL establecidos en las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995).



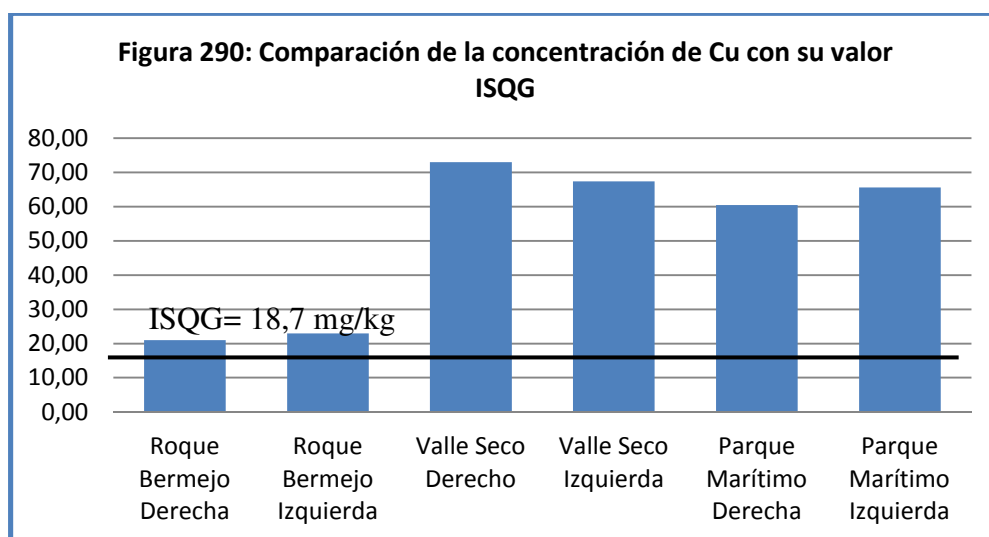
En la figura 289, se muestra la comparación de la concentración de Cr con respecto al valor PEL establecidos por las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995).



En el caso del Cr, se superan los valores PEL establecidos por las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida

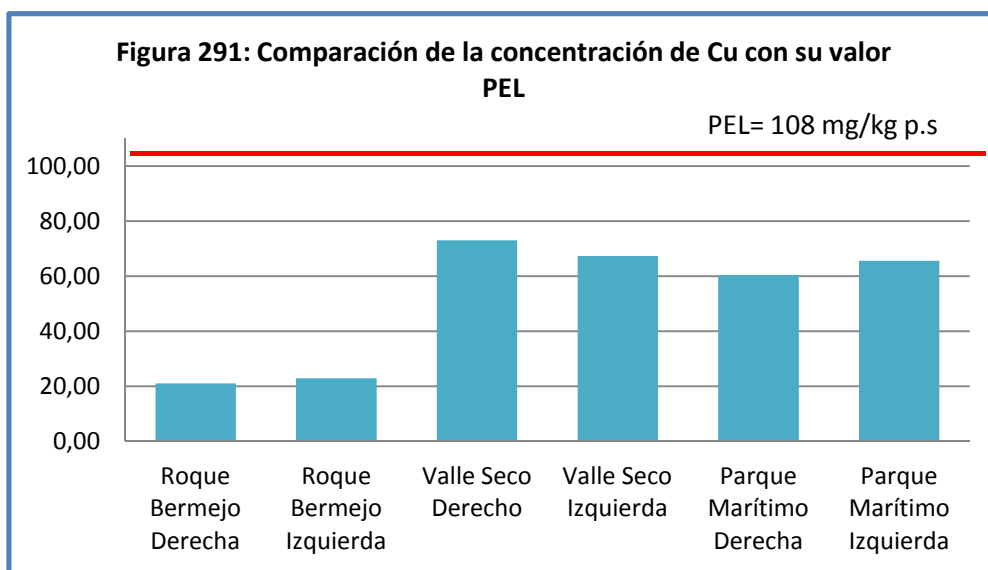
acuática” (CCME, 1995) para los puntos de muestreo “Valle Seco Derecha e Izquierda” y “Parque Marítimo Derecha e Izquierda”. En ambos puntos es conocido y habitual el empleo de pinturas cromadas para el mantenimiento de barcos de pesca y este hábito puede ser la causa de que existan estos valores tan altos de Cr en las playas cercanas a los puertos estudiadas. Es de gran importancia conocer la especiación que presenta este metal ya que en el caso del Cr (VI) es bien conocida su mayor toxicidad para el ser humano. Un cambio en las condiciones de pH, potencial óxido-reducción (Eh) o materia orgánica de las zonas en las que se ubican estas playas, podrían biodisponer este metal y causar problemas de toxicidad.

La figura 290 muestra los valores encontrados de Cu con respecto a los valores ISQG de Cu establecido en las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995).



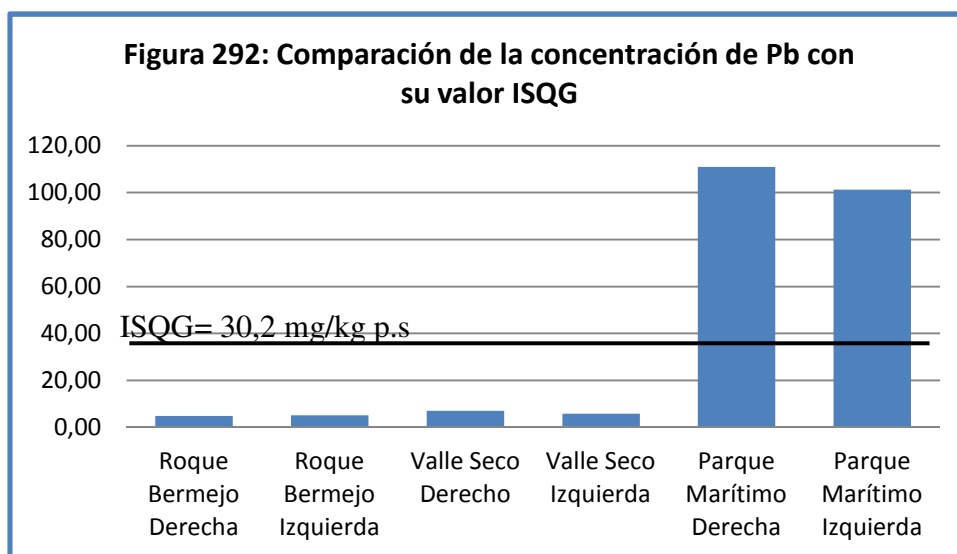
Tal y como se muestra en la figura anterior, todos los puntos de muestreo incluidos los puntos control, presentan concentraciones por encima de los valores establecidos en las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995). Esto indica que el material volcánico característico del área nordeste de la isla presenta una concentración de Cu por encima de los valores ISQG establecidos. Aún así, tal y como se muestra en la gráfica anterior, los valores de Cu presentes en los puntos control son bajos en comparación

con los valores presentes en los puntos de muestreo de las playas colindantes “Valle Seco Derecha e Izquierda” y “Parque Marítimo Derecha e Izquierda”. La diferencia de valores existente entre los puntos control y las playas cercanas a puertos puede ser debida al uso de productos anti-incrustantes con Cu en los barcos que con frecuencia son reparados en las cercanías de dichos puntos de muestreo. Es de gran importancia conocer si los valores encontrados en las playas cercanas a puertos superan los valores PEL establecidos en las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995).

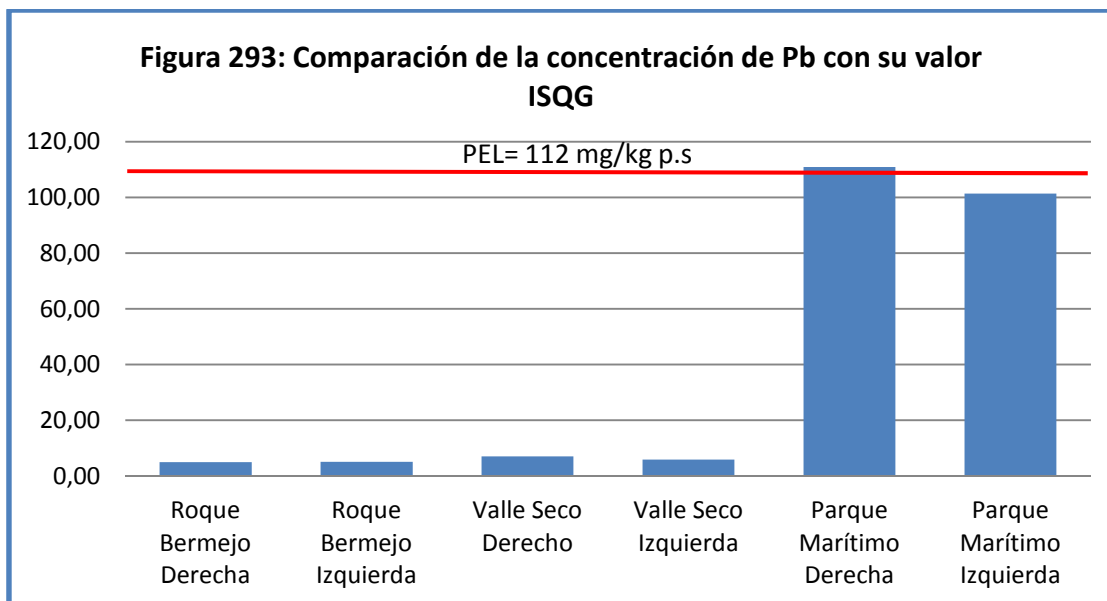


La figura 291 muestra la concentración de Cu encontrada en los puntos de muestreo de las playas colindantes al puerto de Santa Cruz y los valores PEL establecidos en las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995). Tal y como se observa en la gráfica anterior en ningún caso se superan los valores PEL, lo que implica que las concentraciones de Cu encontradas en los puntos de muestreo de playas cercanas al puerto de Santa Cruz no van a generar graves problemas de toxicidad ambiental en el caso de que se biodisponga el metal.

La figura 292 muestra la concentración de Pb detectada en las playas cercanas al puerto de Santa Cruz y su comparación con las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995).

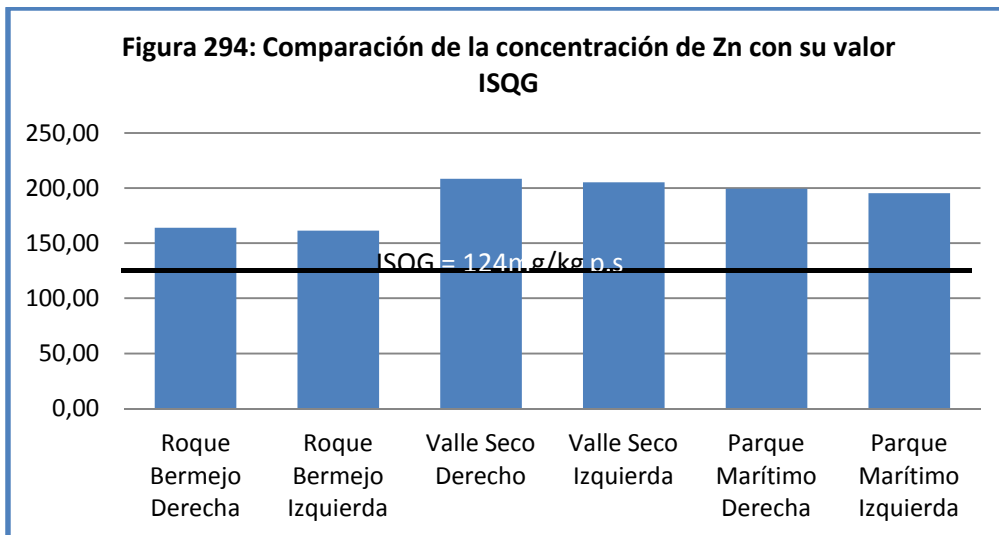


Tal y como se muestra en la gráfica anterior, los puntos de muestreo correspondientes a la playa de “Parque Marítimo Derecha e Izquierda”, son los únicos que presentan valores de Pb por encima del valor ISQG presente en las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995). La playa del Parque Marítimo colinda con el Muelle de La Hondura donde se lleva a cabo la carga y descarga de productos petrolíferos con alto contenido en Pb desde el mar mediante tuberías submarinas. En algunos casos podrían darse pequeñas pérdidas que liberarían este metal y permitirían la acumulación en la playa cercana a este muelle. Aún así, es de gran importancia comprobar si se superan los valores PEL establecidos en las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995). Estos valores se muestran en la siguiente gráfica.

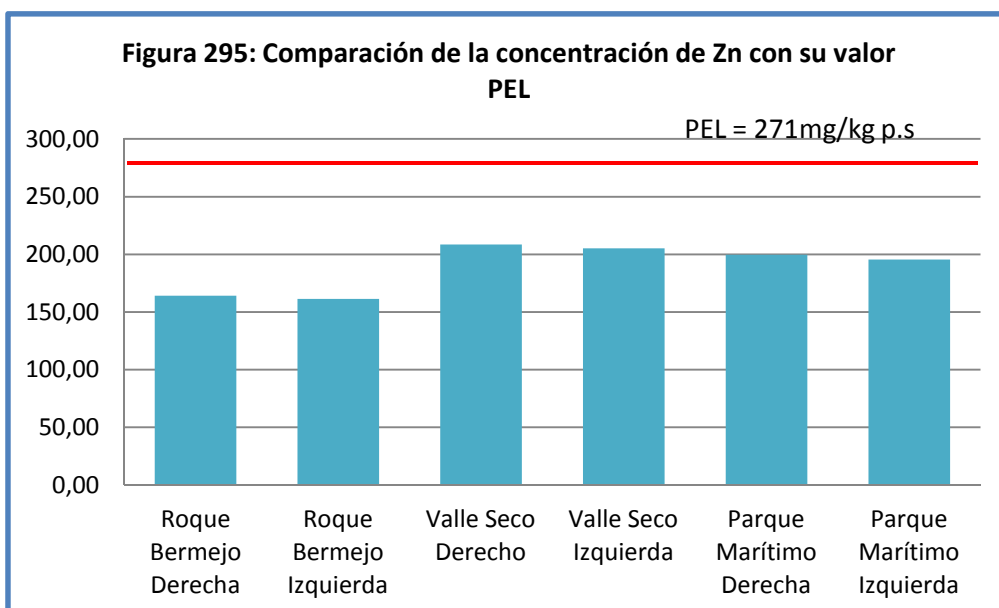


La figura 293 muestra que los puntos de muestreo de la playa del “Parque Marítimo Derecha” no superan los valores PEL establecidos por las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995). Esto indica que las concentraciones de este metal no presentan problemas de toxicidad ambiental a la concentraciones observadas. Sin embargo, debido a que el valor de concentración de Pb del Parque Marítimo Derecha (el más próximo al muelle de la Hondura), presenta concentraciones próximas a los valores PEL, sería idóneo llevar a cabo un control y un dragado de la arena de la playa y la zona colindante al muelle de la Hondura cada cierto tiempo, para así evitar los posibles problemas de toxicidad ambiental que se pudieran presentar en el caso de biodisponerse el metal.

La figura 294 muestra la concentración de Zn encontrada en los puntos de muestreo de playas cercanas a los puertos, en comparación con los valores ISQG de las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995).



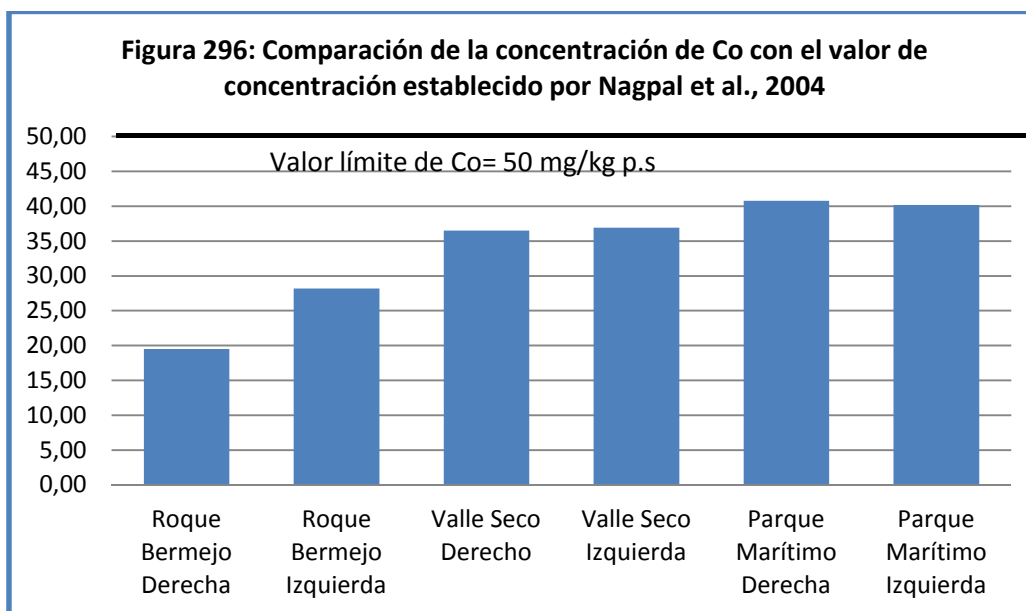
Tal y como se puede ver en la tabla anterior, tanto los valores de control como de playas colindantes, superan los valores de Zn establecidos en el límite ISQG. Esto demuestra que la concentración de Zn del área nordeste es de forma natural elevada, ya que el punto control también presenta valores por encima de los límites ISQG establecidos en las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995). Es de gran importancia conocer si estos valores superan los límites PEL establecidos en las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995), en la gráfica siguiente se muestra esta comparación (figura 295).



Tal y como se muestra en la figura 295, en ningún caso se superan los valores PEL establecidos en las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995) para el Zn, por tanto, no se esperan efectos tóxicos para el ambiente ni la biota de la zona.

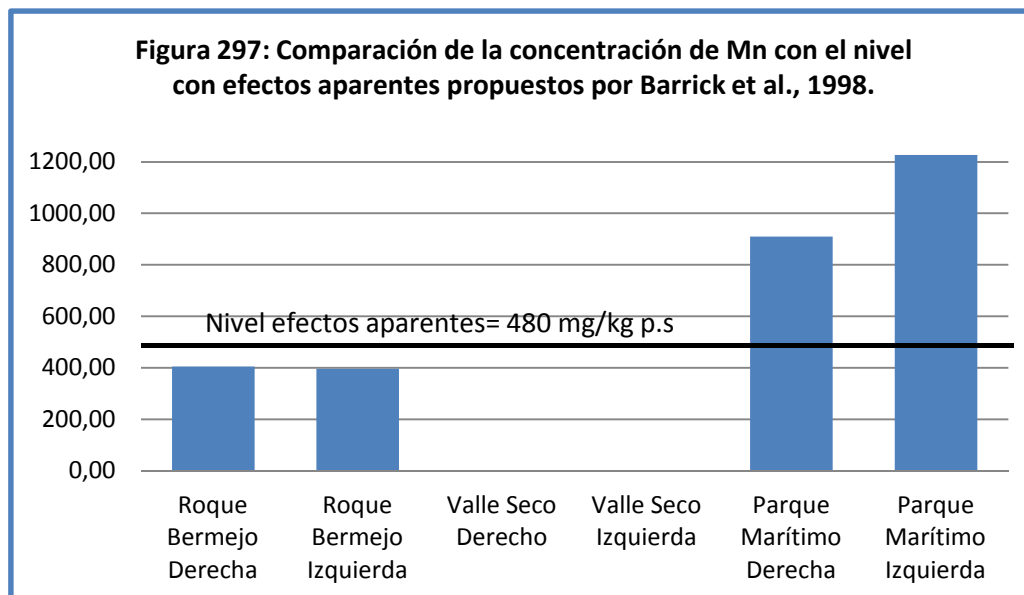
Una vez llevada a cabo la comparación con los valores de metales Cd, Cr, Cu, Pb y Zn establecidos en las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995), es de gran importancia llevar a cabo la comparación del resto de los metales (Co, Mn y Ni). Desde la figura 296 hasta la 307, establecemos una comparación de los valores de metales en sedimentos encontradas en este estudio y otros valores guía propuestos para estos mismos sedimentos por otros autores y organismos (Long y Morgan., 1991; MENVIQ/EC, 1992; NYSDEC, 1994; Long et al., 1995; ANZECC, 1998; Barrick et al., 1998; Del Valls y Chapman, 1998; Nagpal et al., 2004)

En la figura 296, se muestran las concentraciones medias de Co encontradas en los puntos de muestreo de acuicultura en el Área Nordeste y una comparación con el valor límite establecido por Nagpal et al (2004).



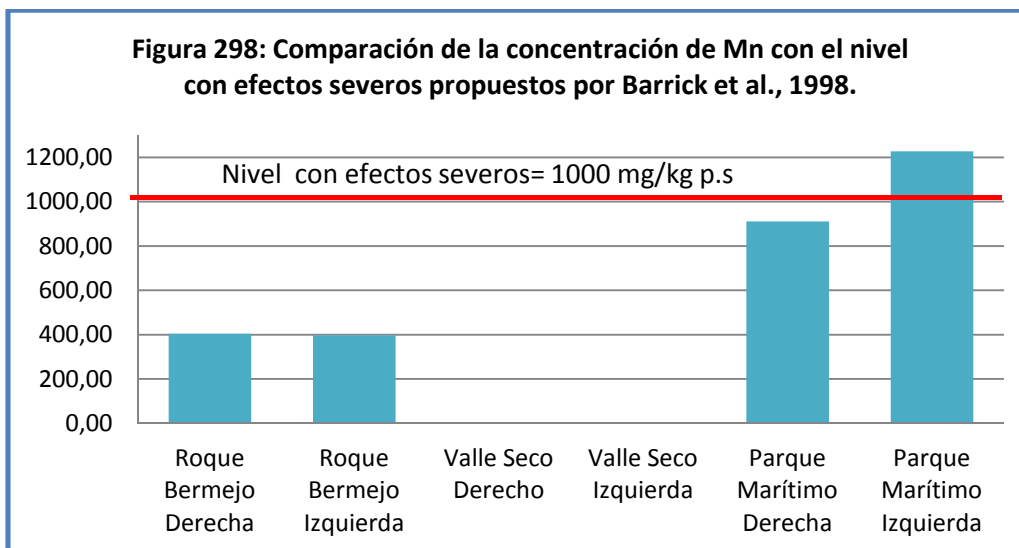
La figura 296 muestra que en ningún punto de muestreo se supera el valor límite de Co establecido por Nagpal et al. (2004).

La figura 297 muestra la comparación de la concentración de Mn en los puntos de muestreo y el nivel con efectos aparentes por Barrick et al. (1998).



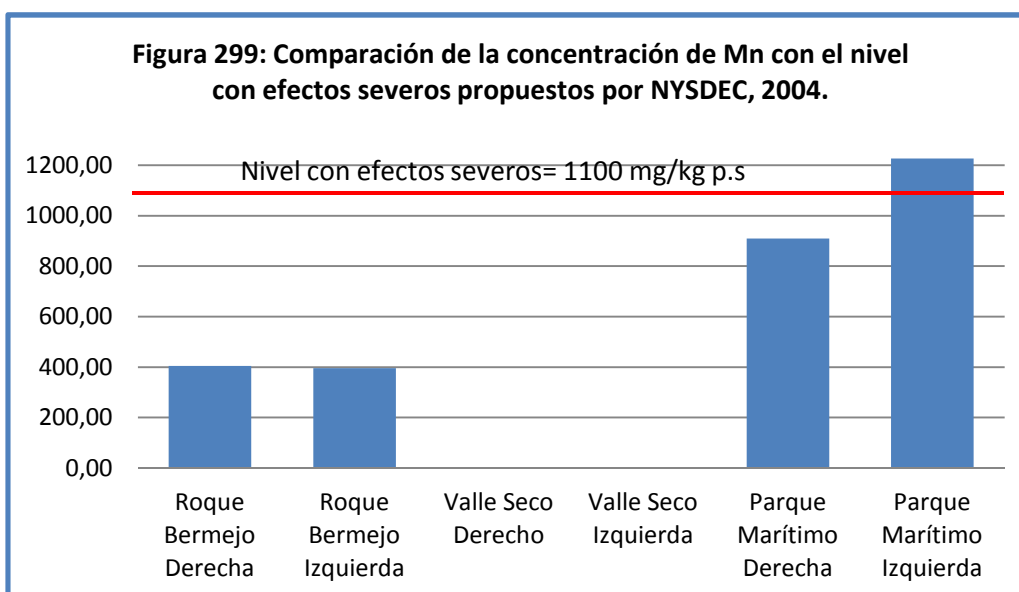
La gráfica anterior muestra que el punto de muestreo correspondiente al Parque Marítimo (Derecha e Izquierda) presenta valores por encima del nivel con efectos aparentes propuestos por Barrick et al. (1998). Los valores de Mn en el punto de muestreo de “Valle Seco Derecha e Izquierda”, no se han podido detectar, esto puede ser debido a que el Mn es un metal que está estrechamente relacionado con las partículas finas y este punto de muestreo presenta mayoritariamente partículas gruesas. La siguiente gráfica, compara las concentraciones existentes en los puntos de muestreo y los niveles con efectos severos propuestos por Barrick et al. (1998).

Una vez comprobado el alcance de los efectos aparentes de Mn, en la figura 298 se muestran los niveles con efectos severos propuestos por Barrick et al. (1998).



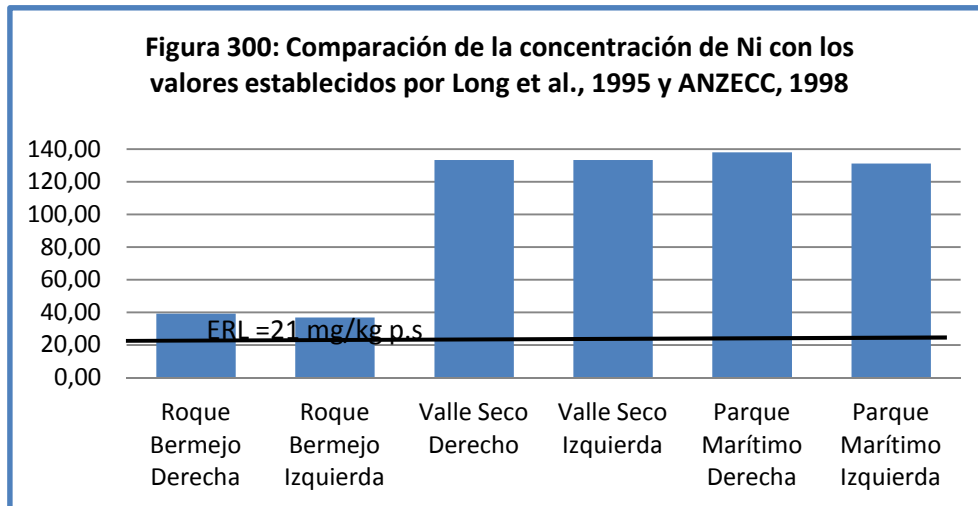
La figura anterior muestra que el punto de muestreo correspondiente al Parque Marítimo Izquierda supera los niveles con efectos severos establecidos por Barrick et al. (1998). Dicho punto de muestreo puede presentar problemas de toxicidad ambiental en el caso de que ocurra una biodisponibilidad de dicho metal.

La figura 299 muestra la comparación de la concentración de Mn con respecto a los valores establecidos por el Organismo NYSDEC en el año 2004.

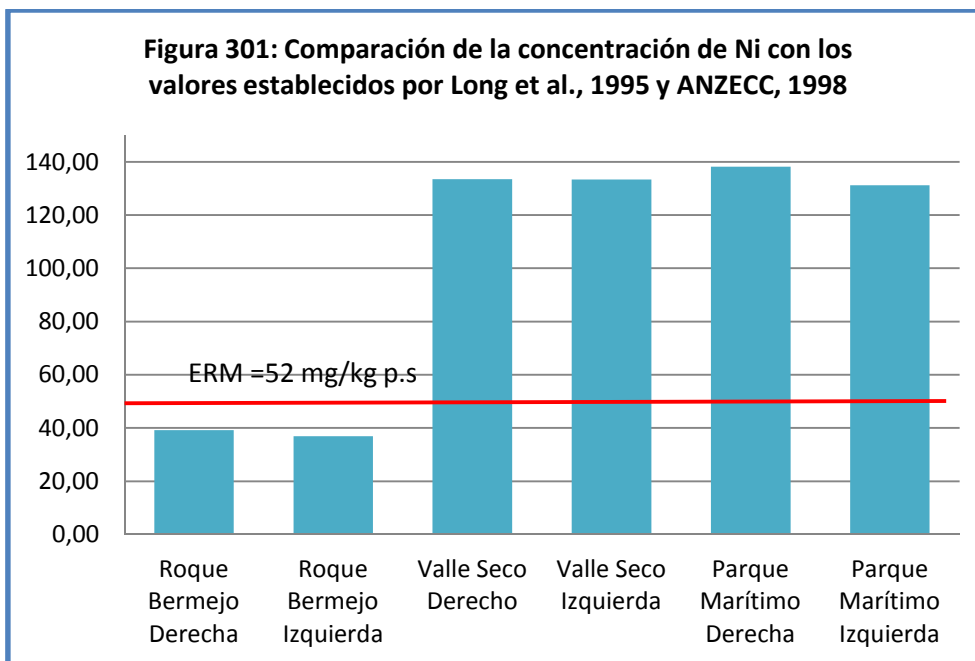


Tal y como muestra la tabla anterior, se comprueba que también se supera en el punto de muestreo Parque Marítimo Izquierda el nivel con efectos severos para Mn propuesto por NYSDEC (2004).

La figura 300 muestra la comparación del valor con efecto bajo propuesto por los autores Long et al. (1995) y el Organismo ANZECC (1998).



La tabla anterior muestra que todos los puntos de muestreo incluido los puntos de control, se superan los valores con efectos bajos. Es de gran importancia, llevar a cabo la comparación de las concentraciones encontradas de Ni con los valores con efectos medios que se muestran en la figura 301.



La gráfica anterior muestra que tanto los puntos de muestreo “Valle Seco Derecha e Izquierda” como los del “Parque Marítimo Derecha e Izquierda”, se encuentran por encima de los valores ERM. Los únicos puntos que no superan los límites ERM son los de Roque Bermejo (Derecha e Izquierda).

Long y Morgan, (1991) proponen otros valores de efectos con rango bajo y medio tal y como se pueden ver en las figuras 302 y 303. En dichas tablas se vuelve a comprobar que todos los puntos de muestreo se encuentran por encima de los valores con efectos de rango bajo (figura 302). La figura 303 muestra que los puntos de muestreo de playas colindantes a puertos superan los valores con efecto de rango medio mientras que los puntos control, no lo superan.

Figura 302: Comparación de la concentración de Ni con el valor de efectos de rango bajo propuesto por Long y Morgan, 1991

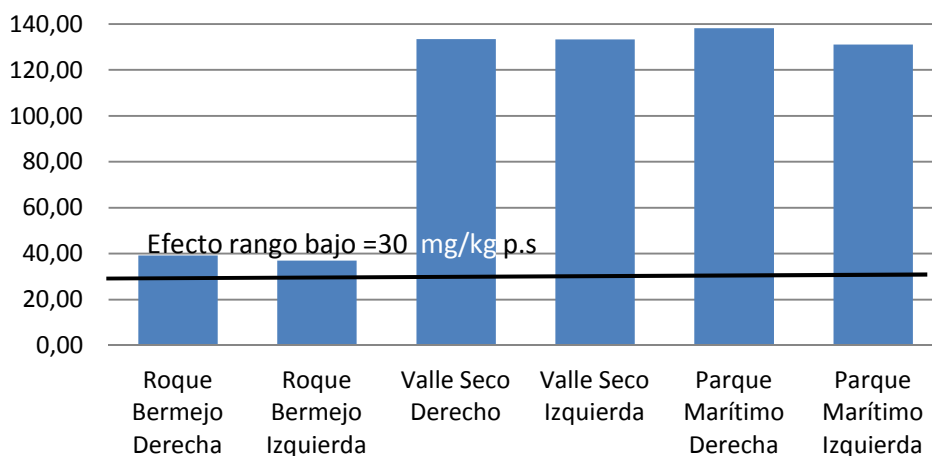
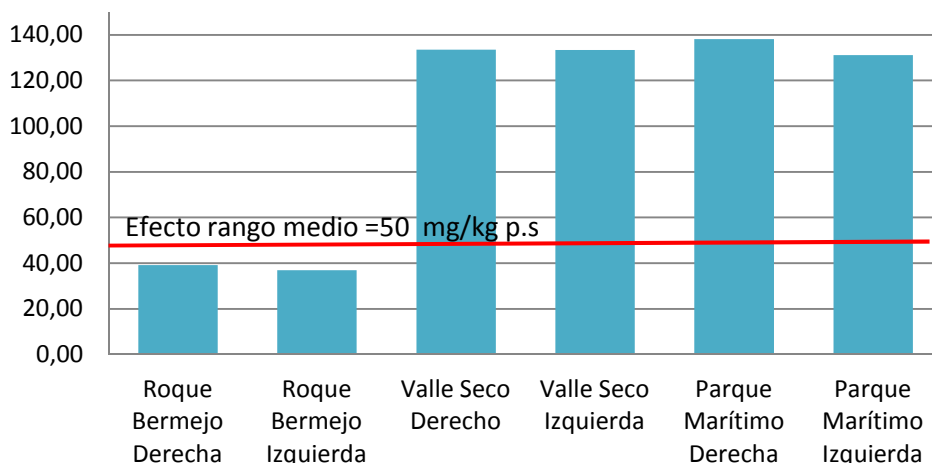


Figura 303: Comparación de la concentración de Ni con el valor de efectos de rango medio propuesto por Long y Morgan, 1991



En las siguientes figuras 304 y 305 se muestran las concentraciones encontradas de Ni con respecto a los valores mínimos con efectos aparentes (figura 304) y los valores con efectos umbrales tóxicos propuestos por MENVIQ/EC, (1992) (figura 305).

Figura 304: Comparación de la concentración de Ni con el valor mínimo con efectos aparentes propuestos por MENVIQ/EC, 1992

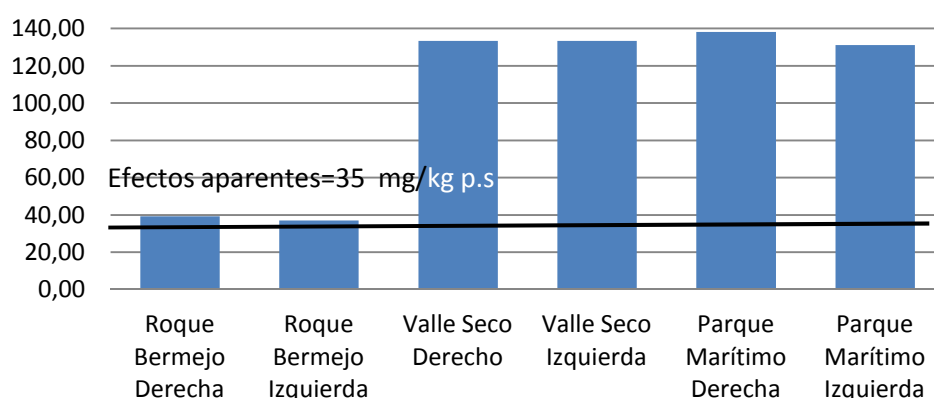
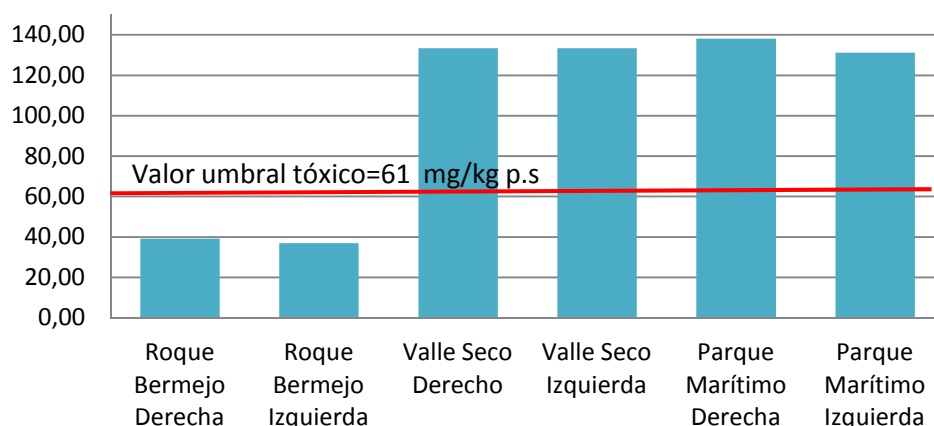


Figura 305: Comparación de la concentración de Ni con los valores con efecto umbral tóxicos propuestos por MENVIQ/EC, 1992



Las figuras 306 y 307 muestran las concentraciones encontradas de Ni con respecto a los valores mínimos con efectos biológicos adversos (figura 306) y los valores con mayores efectos biológicos adversos (figura 307) propuestos por Del Valls y Chapman en 1998. En todos los casos se comprueba que los valores con mínimos efectos adversos y con mayores efectos adversos, son superados en los puntos de muestreo correspondientes a las playas colindantes a los puertos pero no por los puntos control.

Figura 306: Comparación de la concentración de Ni con el valor con mínimos efectos biológicos adversos (Del Valls y Chapman, 1998)

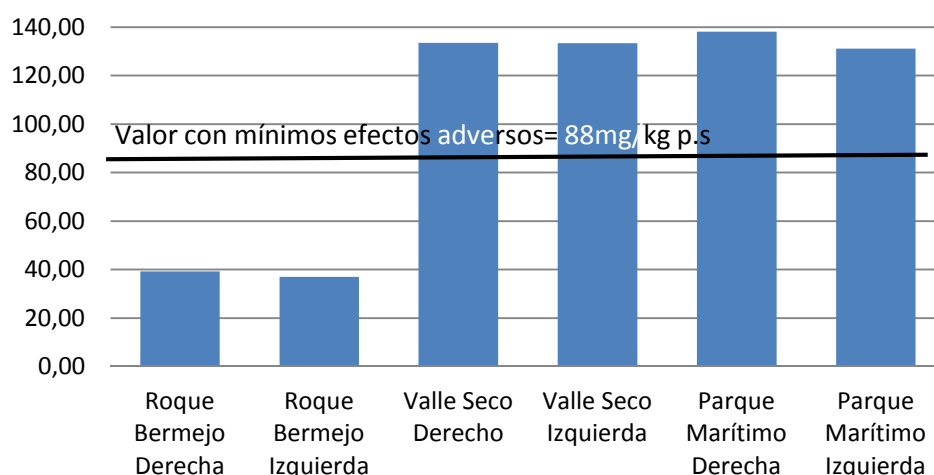
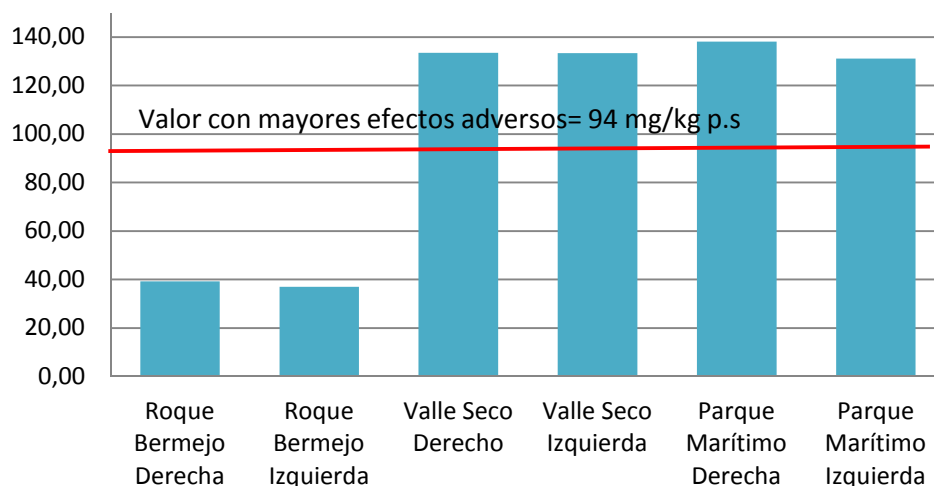


Figura 307: Comparación de la concentración de Ni con los valores con mayores efectos biológicos adversos (Del Valls y Chapman, 1998)



En relación al Ni obtenemos que todos los puntos de muestreo de playas colindantes a puertos obtenidos, incluidos los punto se control, superan los límites con una toxicidad más baja propuestos por Long et al., (1995); ANZECC (1998); Long y Morgan (1991); MENVIQ/EC (1992). El único límite que no es superado por los puntos de muestreo control y sí por las playas colindantes a puertos, es el valor con mínimos efectos adversos propuestos por Del Valls y Chapman (1998), el cual presenta un valor

menos restrictivo. Por otro lado, los puntos de muestreo de playas colindantes “Valle Seco Derecha e Izquierda” y “Parque Marítimo Derecha e Izquierda” superan los límites propuestos con una toxicidad más alta e intermedia (Long et al., (1995); ANZECC (1998); Long y Morgan (1991); MENVIQ/EC (1992), Del Valls y Chapman (1998)), por tanto, se podría dar un problema de toxicidad ambiental en el caso de biodisponerse este metal.

5.2.3. SÍNTESIS Y DISCUSIÓN GENERAL DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PUERTO DE SANTA CRUZ DE TENERIFE Y SUS PLAYAS COLINDANTES

En relación a la granulometría los puntos de muestreo del puerto correspondientes al “Dique del Este”, “Valle Seco” y “Barranco de Santos” presentan un mayor porcentaje de finos en la muestra en profundidad (2,5-5 cm) que en la muestra en superficie (0-2,5 cm). Esta distribución debe considerarse normal debido a la compactación que presentan las partículas de forma natural con el paso del tiempo. En el punto de muestreo de la “Escuela Náutica” encontramos una distribución igual de las partículas en la muestra en superficie y en profundidad.

En cuanto a los puntos de muestreo del puerto donde existe un continuo movimiento de barcos (“Atraque Armas-Fred Olsen” y “Refinería”), encontramos una distribución de sedimentos alterna, es decir, se encuentran más partículas finas y menor diámetro eficaz en superficie que en profundidad. Esta inversión podría ser debida a la continua resuspensión y deposición de las partículas más finas en superficie, causada por el continuo funcionamiento de las turbinas de los barcos durante las actividades portuarias (Cheung et al., 2003; Je et al., 2007; Cantwell et al., 2008).

Entre los seis puntos de muestreo del puerto, encontramos que el punto de muestreo que presenta un menor diámetro eficaz y un mayor porcentaje de partículas finas corresponde con la desembocadura del “Barranco de Santos”.

Las granulometrías de las playas colindantes al puerto de Santa Cruz (“Valle Seco Derecha e Izquierda” y “Parque Marítimo Izquierda”), presentan una distribución de los tipos de granos y diámetros eficaces semejantes entre ambas muestras a distinta profundidad (0-2,5 y 2,5-5). Esto puede deberse al continuo oleaje que existe dentro de las playas colindantes al puerto de Santa Cruz, lo que hace que las partículas más finas se depositen a una profundidad mayor de 5 cm, homogenizando las partes más superficiales del sedimento. En el caso del punto de muestreo localizado en el “Parque Marítimo Derecha” encontramos una excepción a lo descrito anteriormente, mostrando una granulometría y diámetro eficaz distintos en superficie ($d_{10}=0,8$ mm) y en profundidad ($d_{10}=0,5$ mm). Esta variación podría ser debida a que la dinámica de

este punto de muestreo está influenciada por el continuo funcionamiento de los barcos en el muelle de la Hondura muy cercano a dicho punto. Los puntos de control fijados en el Espacio Natural Protegido de Anaga (“Roque Bermejo Derecha e Izquierda”) presentan granulometrías semejantes y diámetros eficaces iguales entre sí, esto responde a lo descrito anteriormente en relación al oleaje.

Estudiando las diferencias significativas entre el contenido de metales en superficie (0-2,5 cm) y en profundidad (2,5-5 cm), obtenemos que no existen diferencias significativas entre las muestras en los puntos de muestreo del puerto, playas colindantes y control en el área nordeste.

Separando y estudiando las muestras en tres grupos muestrales (puerto de Santa Cruz, playas colindantes a puertos y control), el puerto de Santa Cruz presenta una mayor concentración de Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn, siendo las playas colindantes al puerto de Santa Cruz son las que presentan una mayor concentración de Mn. Esto corrobora lo concluido por varios autores en sus estudios, los cuales verifican que los entornos portuarios son zonas contaminadas por metales pesados en donde existe acumulación de estos (Del Valls et al., 2004; Muniz et al., 2004; Lager et al., 2005; Sprovieri et al., 2007; Casado- Martínez et al., 2007; Idris et al., 2007; Morales-Caselles et al., 2008; Aguirre-Martínez et al., 2009; Renzi et al., 2009; Papaefthymiou et al., 2010). Por otro lado, el grupo muestral correspondiente a las playas colindantes al puerto de Santa Cruz, es el que presenta una mayor concentración de Mn. El Mn es uno de los metales menos tóxicos y se presenta normalmente junto al Fe en cantidades notables en los sistemas acuáticos procedentes de la geoquímica natural del medio, pero es importante subrayar que el Mn juega un papel importante en el transporte de contaminantes metálicos (principalmente Cd o Pb) en los cuerpos acuáticos (Chakrabarti et al., 1994). Por lo tanto es de gran importancia tener un control del Mn en presencia de otros metales más tóxicos, debido a que puede biodisponer a estos otros metales y movilizarlos.

Si estudiamos la existencia de diferencias significativas entre los grupos muestrales, encontramos que existen diferencias para Cd, Pb y Zn. En el caso del Co, Cu, Cr y Ni, encontramos que no existen diferencias significativas entre los grupos muestrales puertos y playas colindantes, existiendo diferencias significativas entre el

control y los puertos y entre el control y las playas colindantes. En cuanto al Mn no existen diferencias significativas entre el control y las playas colindantes, existiendo estas diferencias entre el control y el puerto o entre las playas colindantes y el puerto.

Si estudiamos los puntos de muestreo por separado obtenemos diferencias significativas entre el punto de control “Roque Bermejo Derecha” y el resto de puntos (excepto “Roque Bermejo Izquierda”) para todos los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn), tan solo encontramos una excepción en la concentración de Pb entre “Roque Bermejo Derecha” y “Valle Seco Derecha” en la que no existen diferencias significativas. En el caso del punto de muestreo “Roque Bermejo Izquierda”, encontramos diferencias significativas en todos los casos para todos los puntos de muestreo. La presencia de esta clara diferenciación vuelve a confirmar que los puertos y sus entornos (playas colindantes) son zonas contaminadas que pueden producir acumulación de metales pesados (Del Valls et al., 2004; Muniz et al., 2004; Lager et al., 2005; Sprovieri et al., 2007; Casado- Martínez et al., 2007; Idris et al., 2007; Morales-Caselles et al., 2008; Aguirre-Martínez et al., 2009; Renzi et al., 2009; Papaefthymiou et al., 2010).

De los 6 puntos de muestreo localizados en el puerto, el punto correspondiente al “Barranco de Santos” es el que presenta una mayor concentración de Cd, Co, Cu, Mn y Zn. Obtenemos por tanto en este estudio, que el punto de muestreo que presenta un mayor porcentaje de finos, presenta también más cantidad de los metales Cd, Co, Cu, Mn y Zn. Esto confirma lo propuestos por Horowitz y Eldrick, 1987; Moore et al, 1989; Brayan y Langston, 1992; Everaat y Fischer, 1992 e Idris et al, 2007. Estos autores verifican, que la mayoría de los metales permanecen en la fracción fina, debido al mayor contenido en materia orgánica que presentan y por su mayor superficie específica. Esto se traduce por tanto, en que la fracción fina tiene también una mayor biodisponibilidad para la biota que la fracción gruesa, por lo que se daría con mayor facilidad un problema de toxicidad ambiental.

Es destacable el hecho de que el punto de muestreo correspondiente al “Barranco de Santos” sea el que más contaminación por metales pesados presente dentro del puerto de Santa Cruz. Esto pone de manifiesto que la mayor acumulación

de metales pesados Cd, Co, Cu, Mn y Zn se produce por las actividades humanas realizadas desde tierra y no por las actividades portuarias originadas desde el mar.

Por otro lado, el punto de muestreo de “Atraque Armas-Fred Olsen” es el que presenta una mayor concentración de Cr, Ni y Pb. Es lógico pensar que el mayor contenido de Pb se encuentre en este punto de muestreo debido a que actualmente todavía se permite el uso de combustibles con Pb en los barcos (Meneses-González et al., 2003), además del largo periodo de acumulación de este metal en los sedimentos debido al elevado tiempo de biodegradación de este metal (Meneses-González et al., 2003; Cortez-Lugo et al., 2003). Por otro lado, la presencia de Cr y Ni en este punto de muestreo específico puede deberse al desgaste de los productos de acero inoxidable que se utilizan de forma común y continua en el sector marítimo (Aranda y Llopis, 1993; Czajka-Narins, 1995; Stoecker, 1997; Maña et al., 2005; Tourón Alonso et al., 2009).

Una vez descritos los metales y sus causas de acumulación en los distintos puntos de muestreo del puerto, es de gran importancia estudiar y proponer una gestión adecuada del sedimento en función del contenido de contaminantes como los metales pesados, tal y como recomienda el CEDEX. Si seguimos las recomendaciones propuestas por este Organismo para Cd, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn, obtenemos que todos los sedimentos procedentes de los 6 puntos de muestreo analizados en este estudio en el puerto de Santa Cruz pertenecen a la Categoría II, ya que superan el Nivel de Acción 1 de metales pesados propuestos por este Organismo. Por lo tanto, a la hora de llevar a cabo la gestión del material dragado en estos puntos, se deberá verter al mar de forma controlada.

En cuanto a la concentración de metales en las playas colindantes a puertos encontramos que la mayor concentración de Cd, Co y Ni, se encuentra en el punto de muestreo correspondiente al “Parque Marítimo Izquierda” mientras que el punto de muestra “Parque Marítimo Derecha” muestra una mayor concentración de Mn y Pb. La mayor concentración de Pb en este punto de muestreo puede ser debido a las continuas actividades de carga y descarga de productos petrolíferos hacia la refinería que se realiza en el muelle de la Honduras, siendo este punto de muestreo el más próximo a este muelle. Hay que destacar que la presencia de una mayor concentración no sólo de Pb sino también de Mn en este punto, podría producir que el Pb se pueda

biodisponer con mayor facilidad (Chakrabarti et al., 1994) creando un posible problema de toxicidad ambiental afectando a la biota de la zona.

Por otro lado, la mayor concentración de Cr encontrada en las playas colindantes a puertos se presenta en el punto de muestreo “Valle Seco Izquierda”, siendo el punto de muestro “Valle Seco Derecha” el que presenta mayor concentración de Cu y Zn. El pueblo de Valle Seco siempre se ha caracterizado por ser un pueblo de pescadores en cuya playa se llevan a cabo actividades de reformas y mejora de barcos artesanales de pesca. Muchos de los productos para los barcos como pinturas o anti-incrustantes poseen alto contenido en Cr o Cu (Macleod y Eriksen, 2009; Basaran et al., 2010; Sneddon y Tremblay, 2011) y esta puede ser la causa de que este punto de muestreo contenga estas concentraciones de estos metales que se diferencian del resto de los puntos de estudio.

En cuanto a las correlaciones intermetálicas en el área nordeste de los sedimentos del puerto de Santa Cruz, sus playas colindantes y control por un lado y las correlaciones intermetálicas del puerto únicamente por otro lado, encontramos múltiples correlaciones intermetálicas positivas, siendo la única correlación negativa existente entre Cr y Mn, en ambos casos.

Los perfiles de distribución hasta 20 cm de profundidad en los seis puntos de muestreo de Santa Cruz, muestran un mayor contenido de los metales Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni y Zn en el punto de muestreo “Barranco de Santos”, presentando el punto de muestreo “Atrache Armas-Fred Olsen” una mayor concentración de Pb a lo largo del perfil.

Si comparamos los valores encontrados con los límites ISQG de las Guías de calidad de sedimentos canadienses (CCME, 1995), obtenemos que el valor de Cr de las playas colindantes al puerto de Santa Cruz (“Valle Seco Derecha e Izquierda” y “Parque Marítimo Derecha e Izquierda”) superan este límite. Comparando estos valores con los límites PEL fijados por este mismo organismo, se obtiene también que el Cr supera los valores límites propuestos en ambos puntos de muestreo de las dos playas colindantes a puertos. Es de destacar que en ambas playas se utilizan pinturas cromadas para el mantenimiento de barcos de pesca, lo que puede ser la causa de que existan estos valores tan altos de Cr en las playas cercana al puerto estudiado.

En el caso del Cu y el Zn, la concentración de estos metales superan el límite ISQG establecidos por las Guías de calidad de sedimentos canadienses (CCME, 1995), tanto en los puntos de muestreo de las playas colindantes como los puntos control, no llegando a superar ningún punto de muestreo los límites PEL propuestos por estas guías. La existencia de este valor por encima del límite ISSQG en los puntos de control puede ser debido al origen natural del sedimento y no a una acumulación por contaminación antropogénica.

En el caso del Pb es los puntos de muestreo “Parque Marítimo Derecha e Izquierda”, superan el valor límite ISQG propuestos en las Guías de calidad de sedimentos canadienses (CCME, 1995). Aunque el Pb no llega a superar el valor PEL establecidos por estas, sí presenta valores próximos a este límite en el punto de muestreo del “Parque Marítimo Derecha” (el más próximo al muelle de la Honduras). Esta concentración próxima al valor límite junto al alto contenido en Mn presente en dicho punto, podría presentar un riesgo de toxicidad ambiental para la biota debido a la posible biodisposición del Pb por parte del Mn (Chakrabarti et al., 1994). Por tanto, sería recomendable llevar a cabo un control de este metal y un dragado controlado de la arena de la playa y de la zona colindante al muelle de la Honduras, para así evitar los posibles problemas de toxicidad ambiental que se pudieran presentar.

5.2.4. CARACTERIZACIÓN GRANULOMÉTRICA Y METALES EN ÁREA SUROESTE

5.2.4.1. GRANULOMETRÍA Y CARACTERIZACIÓN

5.2.4.1.1. PUERTO DE LOS CRISTIANOS (SUROESTE)

Para llevar a cabo el análisis granulométrico de las zonas portuarias del área suroeste, se tamizaron 100 gramos de cada una de las muestras obtenidas a dos profundidades distintas: 0-2,5 y 2,5 a 5 cm. Desde la tabla 140 hasta la 142 se describen las distintas granulometrías de los puntos de muestreo tomados en el entorno portuario. Del mismo modo, desde las figuras 308 hasta la 313, se exponen las curvas granulométricas correspondientes a las distintas profundidades estudiadas.

5.2.4.1.1.1. PUNTO DE MUESTREO DEL “MUELLE” (ZONA PORTUARIA)

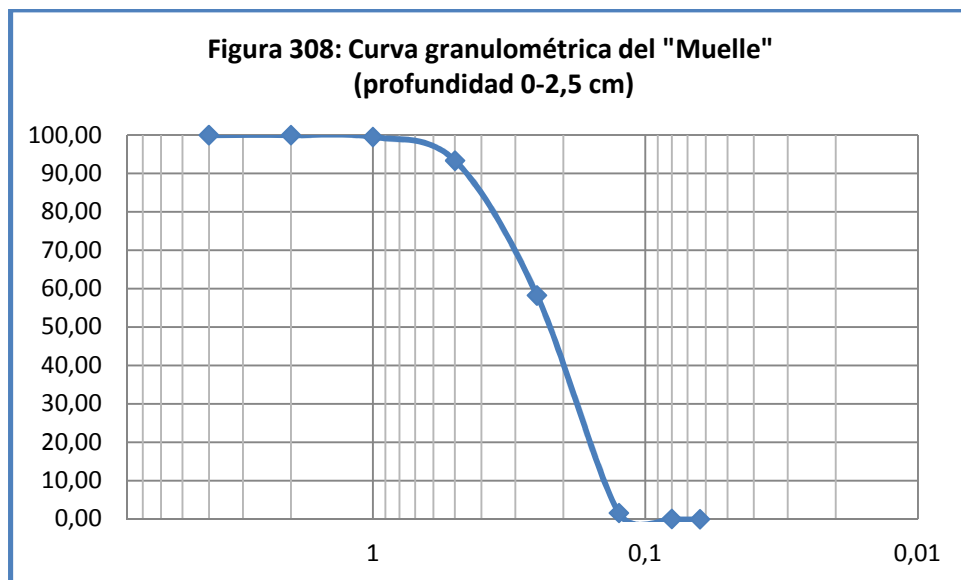
El análisis granulométrico llevado a cabo en el punto de muestreo del “Muelle” (tabla 140) siguiendo los criterios de clasificación de tamices formulados por Buchanan en el año 1984.

Tabla 140: Granulometría de los sedimentos del “Muelle”		
Tipo de grano y diámetro de los tamices	Muelle (profundidad 0-2,5 cm)	Muelle (profundidad 2,5-5 cm)
Gravas (>2 mm)	0,00	0,00
Arena muy gruesa (2 mm)	0,48	0,75
Arena gruesa (1 mm)	6,17	11,60
Arena media (0,5 mm)	35,09	45,62
Arena fina (0,25 mm)	56,65	40,61
Arena muy fina (0,125 mm)	1,56	1,38
Arcilla/limo (<0,063 mm)	0,06	0,04

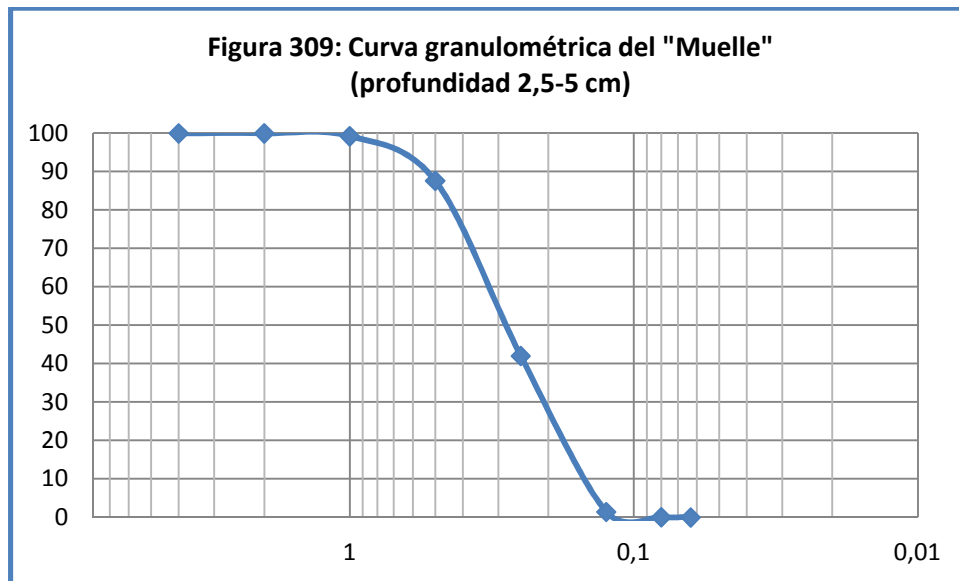
El punto de muestreo del “Muelle” presenta en su muestra en superficie (0-2,5 cm) un predominio de arena fina, seguido por la arena media, formando ambos tipos de granos más del 90% total de la muestra. Ambos tipos de granos son también los más abundantes en la muestra correspondiente al “Muelle” en profundidad 2,5-5 cm, aunque en distinto orden ya que el predominio en esta muestra es de la arena media

seguida por la arena fina. En ambas muestras encontramos que el siguiente tipo de grano en abundancia es la arena gruesa, seguido por la arena muy fina, arena muy gruesa y por último la arcilla/limo. Ninguna de las muestras estudiadas a distinta profundidad presentamos gravas en el punto de muestreo del "Muelle" en el puerto de Los Cristianos.

En la figura 308 se muestra la curva granulométrica correspondiente a la muestra del punto de muestreo del "Muelle" en su parte más superficial (0-2,5 cm). La figura muestra una pendiente pronunciada entre las partículas que pasan por los tamices con diámetros entre 0,15 y 0,5 mm. El diámetro eficaz de la muestra (d_{10}), se fija en 0,15 mm.



En la figura 309 se muestra la curva granulométrica correspondiente a la muestra del punto de muestreo del "Muelle" en profundidad 2,5-5 cm. Esta curva granulométrica presenta una pendiente pronunciada entre los tamices que pasan por los diámetros 0,15 y 1 mm. Esto demuestra una mayor abundancia de las partículas de ese tamaño en la muestra de entre 0 y 2,5 cm de profundidad. El diámetro eficaz (d_{10}) se fija en 0,15 mm.



En el caso del punto de muestreo del “Muelle”, existe un menor porcentaje de finos en la muestra en profundidad, (2,5-5 cm) aunque la proporción en la que difieren ambas muestras es muy baja. Las dos muestras presentan un diámetro eficaz (d_{10}) idéntico en ambas profundidades.

5.2.4.1.1.2. PUNTO DE MUESTREO “FONDEO DE BARCOS” (ZONA PORTUARIA)

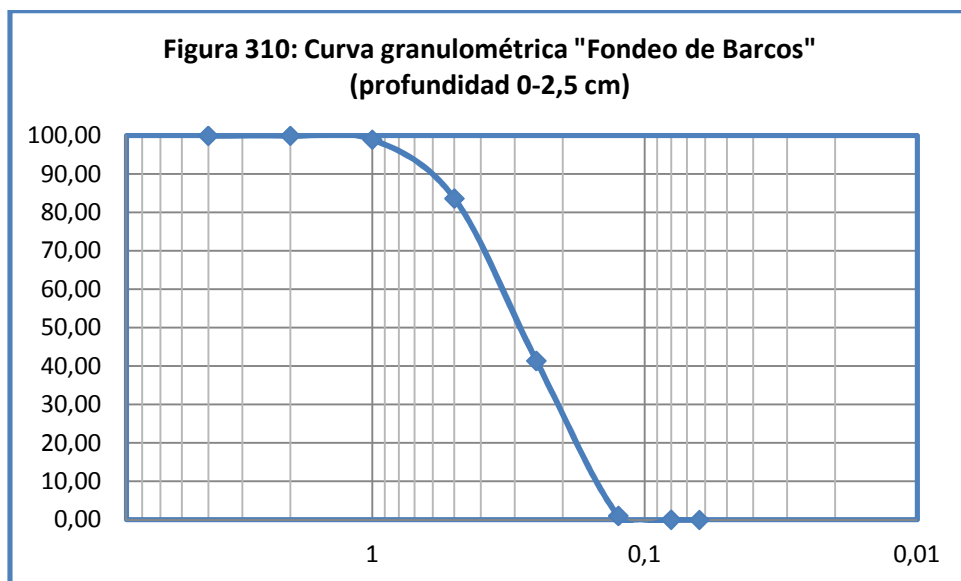
La tabla 141 muestra el análisis granulométrico llevado a cabo en el punto de muestreo del “Fondeo de Barcos” del puerto de Los Cristianos. Para llevar a cabo el análisis granulométrico se han seguido los criterios de clasificación de tamices formulados por Buchanan (1984).

Tabla 141: Granulometría “Fondeo de Barcos”		
Tipo de grano y diámetro de los tamices	Fondeo de barcos (profundidad 0-2,5 cm)	Fondeo de barcos (profundidad 2,5-5 cm)
Gravas (>2 mm)	0,00	0,00
Arena muy gruesa (2 mm)	0,99	0,40
Arena gruesa (1 mm)	15,33	9,98
Arena media (0,5 mm)	42,27	53,62
Arena fina (0,25 mm)	40,36	34,91
Arena muy fina (0,125 mm)	0,99	1,09

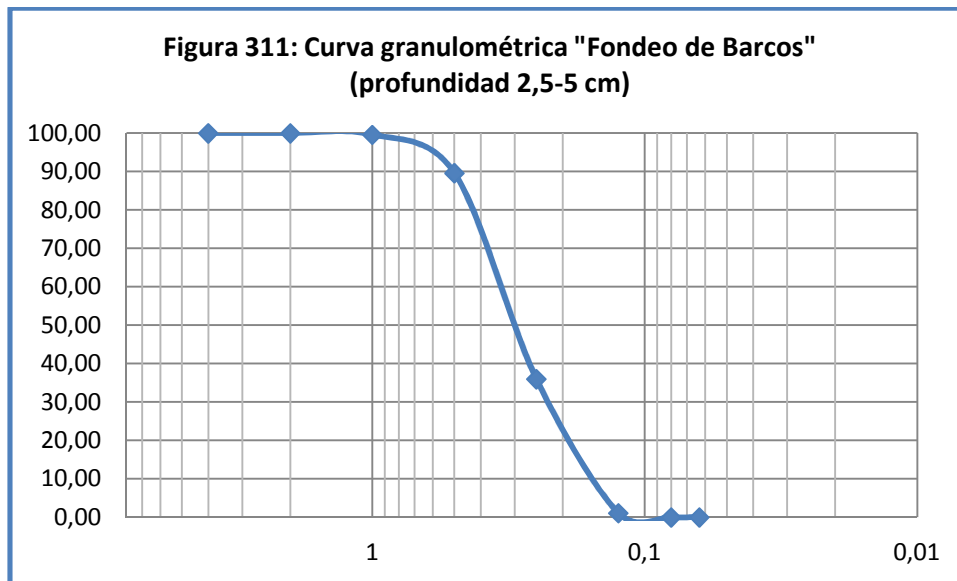
Arcilla/limo (<0,063 mm)	0,06	0,00
--------------------------	------	------

El punto de muestreo en el “Fondeo de Barcos” del puerto de Los Cristianos presenta en ambas muestras a distintas profundidades, un predominio de arenas, seguido por la arena fina, y la arena gruesa. En el caso de la muestra en superficie de 0 a 2,5 cm de profundidad, existe un mismo porcentaje de arena muy gruesa y arena muy fina (0,99%), seguido por arcilla/limo. En el caso de la muestra a profundidad entre 2,5 y 5 cm, los siguientes tipos de grano en abundancia son la arena muy fina con un 1,09% y finalmente un 0,40 % de arena muy gruesa, no presentando arcilla/limo.

En la figura 310 se muestra la curva granulométrica correspondiente a la muestra procedente del punto de muestreo “Fondeo de Barcos” en su parte más superficial (0-2,5 cm). La figura muestra que la pendiente se desarrolla entre las partículas que pasan por el tamiz 0,15 y 1 mm. El diámetro eficaz de la muestra (d_{10}), se fija en 0,16 mm.



La figura 311 muestra la curva granulométrica correspondiente al punto de muestreo “Fondeo de Barcos” en profundidad 2,5-5 cm. La figura muestra que el desarrollo de la pendiente se lleva a cabo entre partículas que pasan por el tamiz 0,15 y 1 mm, al. El diámetro eficaz de la muestra (d_{10}), se fija en 0,17 mm.



La muestra superficial (0-2,5 cm) del punto de muestreo “Fondeo de barcos” presenta arcillas/limos, no presentando este tipo de partículas en la muestra profunda (2,5-5 cm). El diámetro eficaz (d_{10}) de las dos muestras difiere, siendo mayor en la muestra a profundidad 2,5-5 cm, que en la muestra obtenida en superficie (0-2,5 cm). La presencia de un sedimento más degradado en la parte superficial puede ser debido a la continua resuspensión y deposición de las partículas más finas en superficie, causado por el continuo funcionamiento de las turbinas de los barcos durante las actividades portuarias (Cheung et al., 2003; Je et al., 2007; Cantwell et al., 2008).

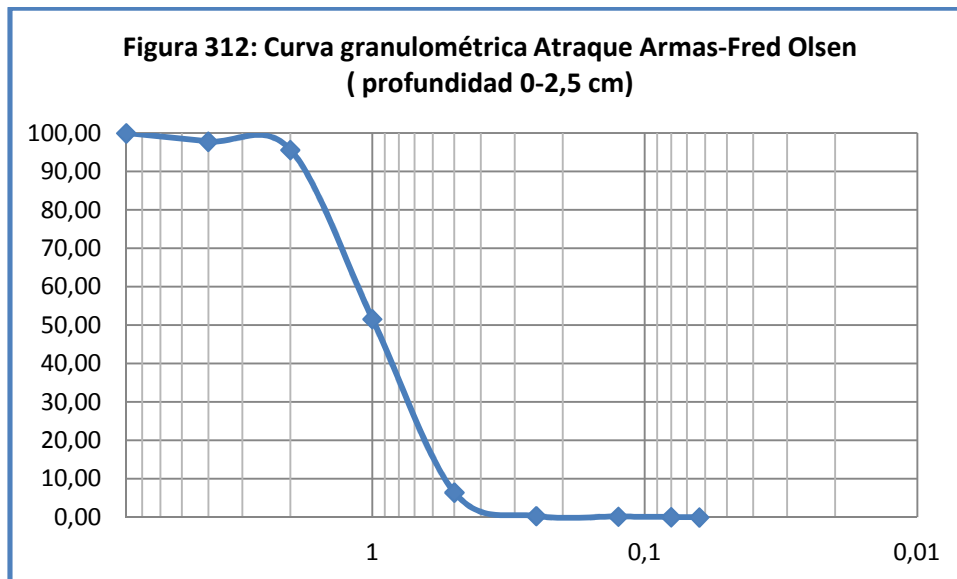
5.2.4.1.1.3. PUNTO DE MUESTREO “ATRAQUE ARMAS-FRED OLSEN” (ZONA PORTUARIA)

La tabla 142 muestra el análisis granulométrico llevado a cabo en el punto de muestreo correspondiente al atraque de los barcos de pasaje y carga de las compañías Armas y Fred Olsen. Para llevar a cabo el análisis granulométrico se han seguido los criterios de clasificación de tamices formulados por Buchanan (1984).

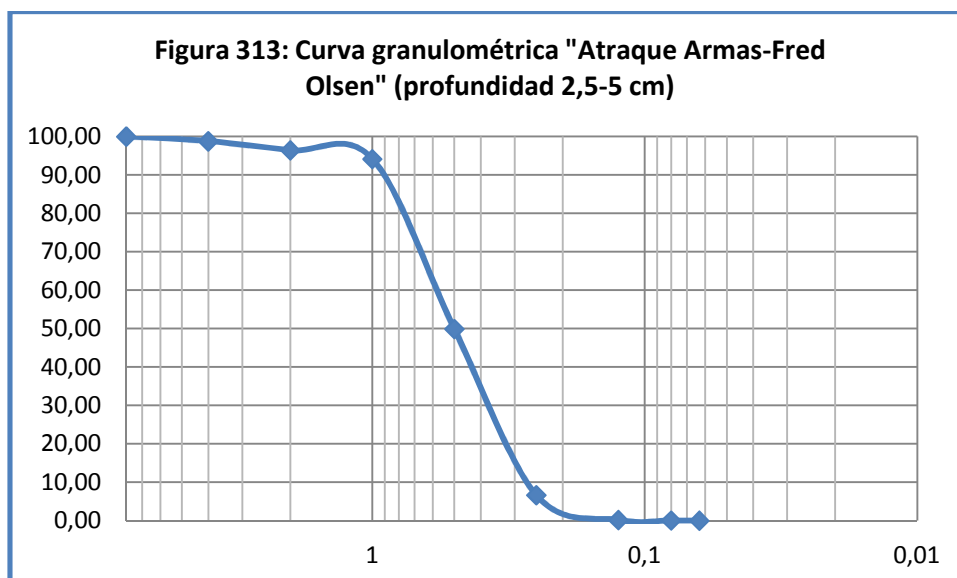
Tabla 142: Granulometría "Atraque Armas-Fred Olsen"		
Tipo de grano y diámetro de los tamices	Atraque Armas-Fred Olsen (profundidad 0-2,5 cm)	Atraque Armas-Fred Olsen (profundidad 2,5-5 cm)
Gravas (>2 mm)	2,99	3,58
Arena muy gruesa (2 mm)	8,51	2,43
Arena gruesa (1 mm)	41,97	43,64
Arena media (0,5 mm)	40,07	43,18
Arena fina (0,25 mm)	6,27	6,99
Arena muy fina (0,125 mm)	0,13	0,12
Arcilla/limo (<0,063 mm)	0,06	0,06

El punto de muestreo "Atraque Armas-Fred Olsen" del puerto de Los Cristianos presenta en ambas muestras a distintas profundidades un predominio de arena gruesa, seguido por la arena media. La muestra en superficie (0-2,5 cm) presenta un mayor porcentaje de arena muy gruesa, seguido por la arena fina, gravas, la arena muy fina y por último en un porcentaje de tan solo el 0,06 %, de arcilla/limo. En el caso de la muestra en profundidad 2,5-5 cm, encontramos un mayor porcentaje de arena fina, seguido por gravas, arena muy gruesa, arena muy fina y por último arcilla/limo.

En la figura 312 se muestra la curva granulométrica correspondiente al punto de muestreo "Atraque Armas-Fred Olsen" en su parte más superficial (0-2,5 cm). La figura muestra una pendiente más pronunciada entre las partículas que pasan por los tamices con diámetros entre 0,5 y 2 mm. El diámetro eficaz de la muestra (d_{10}), se fija en 0,55 mm.



En la figura 313, se presenta la curva granulométrica correspondiente al punto de muestreo “Atrache Armas-Fred Olsen” en profundidad 2,5-5 cm. La figura muestra una pendiente más pronunciada entre las partículas que pasan por los tamices entre 0,25 y 1 mm. El diámetro eficaz de la muestra (d_{10}), se fija en 0,28 mm.



El punto de muestreo “Atrache Armas-Fred Olsen” presenta el mismo porcentaje de arcillas/limos (0,06%). El diámetro eficaz (d_{10}) de la muestra en superficie es mayor que el de la muestra en profundidad, también la muestra en profundidad presenta un mayor porcentaje de gravas.

El punto de muestreo al “Atraque Armas-Fred Olsen” presenta un sedimento más degradado en la muestra superficial que en la muestra de profundidad. Esto puede ser debido a la continua resuspensión y deposición de las partículas más finas en superficie, causado por el continuo funcionamiento de las turbinas de los barcos durante las actividades portuarias (Cheung et al., 2003; Je et al., 2007; Cantwell et al., 2008).

5.2.4.1.2. PLAYAS COLINDANTES A PUERTOS

Para el análisis granulométrico de las playas del suroeste, se tamizaron 100 gramos de cada una de las muestras tomadas a distintas profundidades: 0-2,5 cm y 2,5 a 5 cm por los tamices propuestos por Buchanan (1984). En las siguientes tablas (tabla 143-148), se describen las granulometrías de los puntos de muestreo situados en las playas del suroeste cercanas al puerto de Los Cristianos. En las gráficas siguientes, se expone la tendencia que presentan las curvas granulométricas (gráfica 314-325) a distintas profundidades.

Las playas del área suroeste presentan una mayor extensión que las playas del nordeste, por esta causa se han tomado 3 puntos de muestreo (Derecha, Centro e Izquierda) en vez de 2 tal y como se procedió en el área nordeste.

5.2.4.1.2.1. PLAYA DE LAS VISTAS

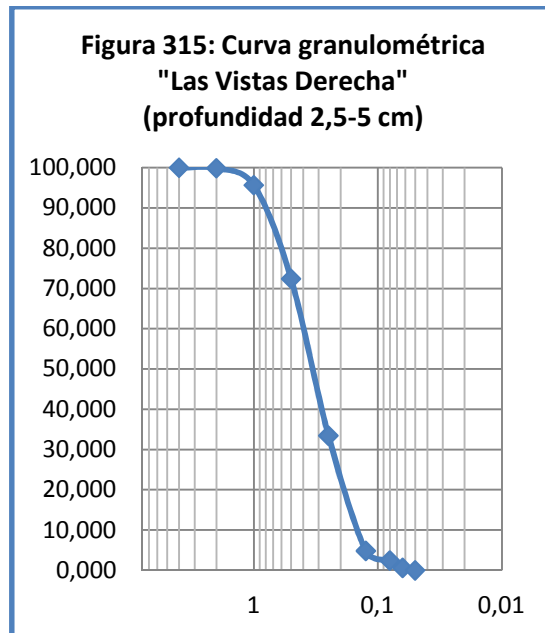
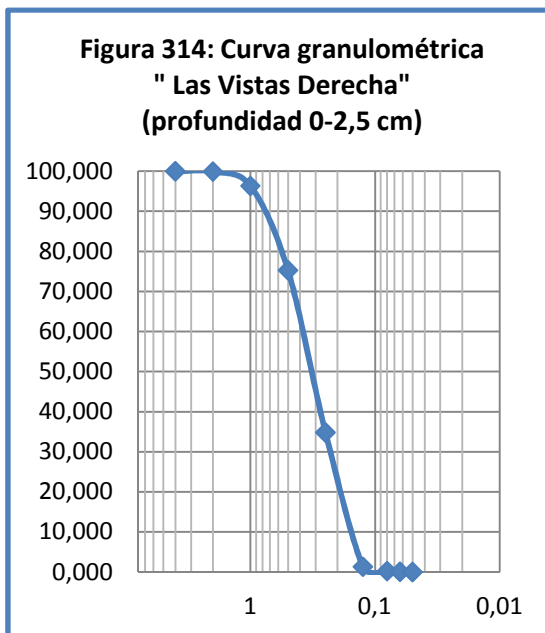
En la playa de las Vistas se han tomado tres puntos de muestreo denominados “Las Vistas Derecha”, “Las Vistas Centro” y “Las Vistas Izquierda”, los cuales pasamos a describir. La tabla 143 muestra la granulometría correspondiente al punto de muestreo de la playa de Las Vistas Derecha.

Tabla 143: Granulometría playa de “Las Vistas Derecha”		
Tipo de grano y diámetro de los tamices	Playa de las Vistas Derecha (profundidad 0-2,5 cm)	Playa de las Vistas Derecha (profundidad 2,5-5 cm)
Gravas (>2 mm)	0,07	0,13
Arena muy gruesa (2 mm)	3,58	4,20
Arena gruesa (1 mm)	21,06	23,24
Arena media (0,5 mm)	40,48	38,97

Arena fina (0,25 mm)	33,49	28,63
Arena muy fina (0,125 mm)	1,07	2,39
Arcilla/limo (<0,063 mm)	0,25	2,44

El punto de muestreo correspondiente a la playa de “Las Vistas Derecha” presenta en ambas muestras a distintas profundidades, una mayor proporción de arena media, seguido por arena fina, arena gruesa y arena muy gruesa. En el caso de la muestra en superficie 0-2,5 cm, el siguiente tipo de grano en abundancia es la arena muy fina, seguido por la arcilla/limo y, por último, las gravas. En el caso de la muestra en profundidad 2,5-5 cm, encontramos a continuación de lo descrito, un predominio de arena muy gruesa, seguido por la arcilla/limo, arena muy fina y, por último gravas.

Las siguientes figuras 314 y 315 muestran las curvas granulométricas correspondientes a la muestra en superficie (0-2,5 cm) y profundidad (2,5-5 cm) del punto de muestreo de la playa de “Las Vistas Derecha”.



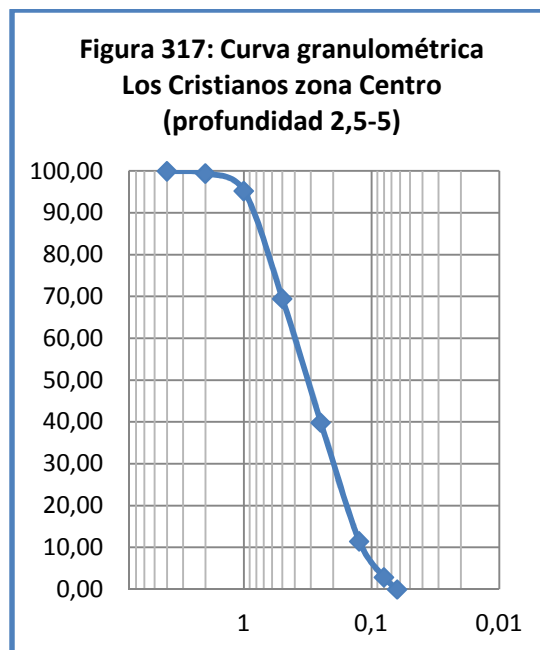
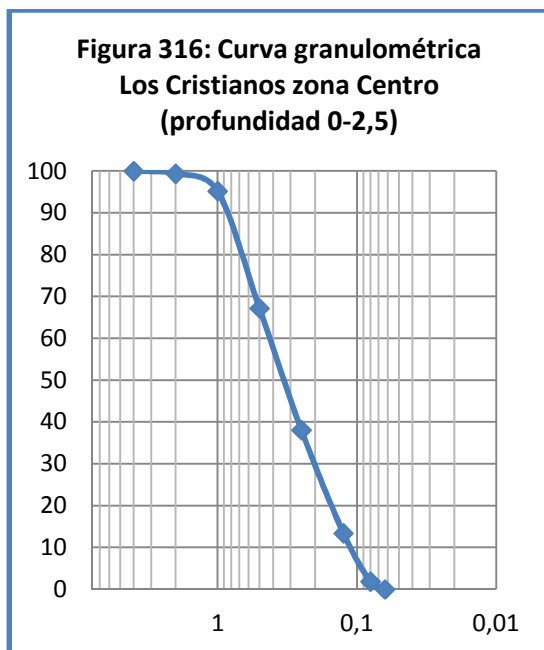
En ambas profundidades de las figuras anteriores se observa que las pendientes del punto de muestreo “Las Vistas Derecha” se desarrolla principalmente con las partículas que pasan por los tamices entre 0,15 y 1 mm. El diámetro eficaz (d_{10}) se fija en ambas muestras en 0,18 mm.

La tabla 144 muestra la granulometría correspondiente al punto de muestreo “Las Vistas Centro”.

Tabla 144: Granulometría “Las Vistas Centro”		
Tipo de grano y diámetro de los tamices	Playa de las Vistas Centro (profundidad 0-2,5 cm)	Playa de las Vistas Centro (profundidad 2,5-5 cm)
Gravas (>2 mm)	0,61	0,56
Arena muy gruesa (2 mm)	4,19	4,18
Arena gruesa (1 mm)	28,01	25,77
Arena media (0,5 mm)	29,14	29,62
Arena fina (0,25 mm)	24,65	28,38
Arena muy fina (0,125 mm)	11,53	8,60
Arcilla/limo (<0,063 mm)	1,87	2,89

El punto de muestreo correspondiente de “Las Vistas Centro” presenta un predominio de tres tipos de arenas: gruesa, media y fina. En el caso de la muestra en superficie (0-2,5 cm) el predominio es de arena media, seguido por arena gruesa, arena fina, arena muy fina, arena muy gruesa, arcilla/limo y finalmente, grava. En el caso de la muestra en profundidad (2,5-5 cm), la distribución comienza con la arena media, seguido por la arena fina, arena gruesa, arena muy fina, arena muy gruesa, arcilla/limo y, por último gravas.

Las siguientes figuras 316 y 317 muestran las curvas granulométricas correspondientes a la muestra en superficie (0-2,5 cm) y profundidad (2,5-5 cm) del punto de muestreo correspondiente a la playa “Las Vistas Centro”, colindante al Puerto de Los Cristianos.



Se observa en ambas profundidades de las figuras anteriores curvas granulométricas semejantes, y las pendientes se desarrollan entre las partículas que pasan por los tamices entre 0,08 y 1 mm. Los diámetros eficaces (d_{10}) de las muestras se fijan en ambos casos en 0,14 mm.

La tabla 145 muestra la granulometría correspondiente al punto de muestreo “Las Vistas Izquierda”.

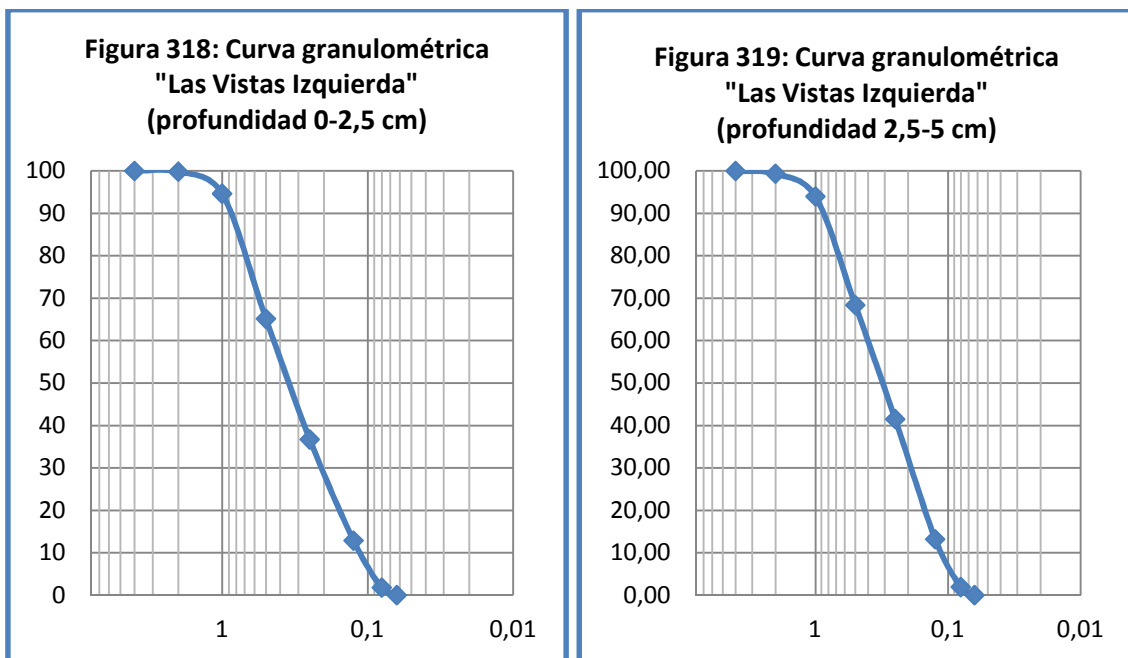
Tabla 145: Granulometría playa de “Las Vistas Izquierda”

Tipo de grano y diámetro de los tamices	Las Vistas Izquierda (profundidad 0-2,5 cm)	Las Vistas Izquierda (profundidad 2,5-5 cm)
Gravas (>2 mm)	0,18	0,65
Arena muy gruesa (2 mm)	5,17	5,37
Arena gruesa (1 mm)	29,49	25,01
Arena media (0,5 mm)	28,44	26,88
Arena fina (0,25 mm)	23,84	28,90
Arena muy fina (0,125 mm)	11,08	11,26
Arcilla/limo (<0,063 mm)	1,80	1,93

El punto de muestreo correspondiente a “Las Vistas Izquierda” presenta al igual que la muestra anterior (“Las Vistas Centro”), un predominio de tres tipos de arenas:

gruesa, media y fina. En el caso de la muestra en superficie (0-2,5 cm) el tipo de grano más abundante es la arena gruesa, seguido de la arena media, arena fina, arena muy fina, arena muy gruesa, arcilla/limo y, por último gravas. En el caso de la muestra en profundidad (2,5-5 cm), la distribución comienza con la arena fina, seguido por la arena media, arena gruesa, arena muy fina, arena muy gruesa, arcilla/limo y, por último gravas.

Las siguientes figuras (figura 318 y 319) muestran las curvas granulométricas correspondientes a la muestra en superficie (0-2,5 cm) y profundidad (2,5-5 cm) del punto de muestreo correspondiente "Las Vistas Izquierda", colindante al puerto de Los Cristianos.



En ambas profundidades se observa que las pendientes se desarrollan entre las partículas que pasan por los tamices 0,08 y 1 mm. El diámetro eficaz se fija en ambos casos en 0,14 mm. Una distribución de las partículas semejante entre ambas muestras se debe al continuo oleaje que se produce en la playa, haciendo que las partículas más finas se depositen a una profundidad mayor de 5 cm y homogenizando las partes más superficiales del sedimento. El comportamiento descrito, se repite en los tres puntos de muestreo de la playa de "Las Vistas Derecha Centro e Izquierda".

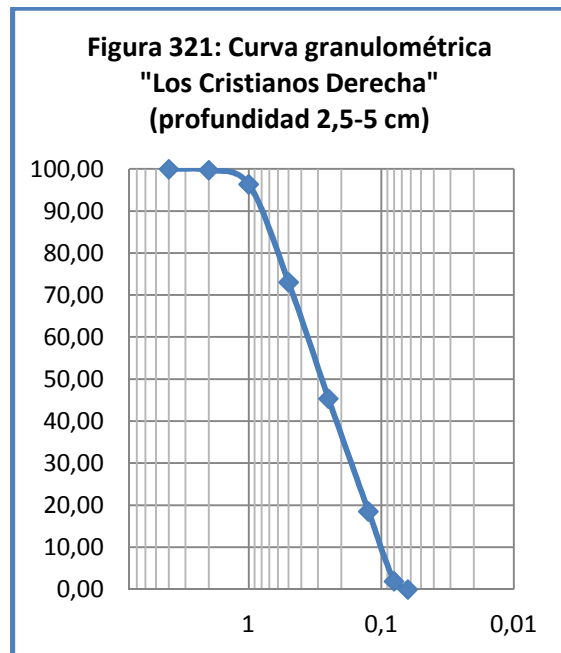
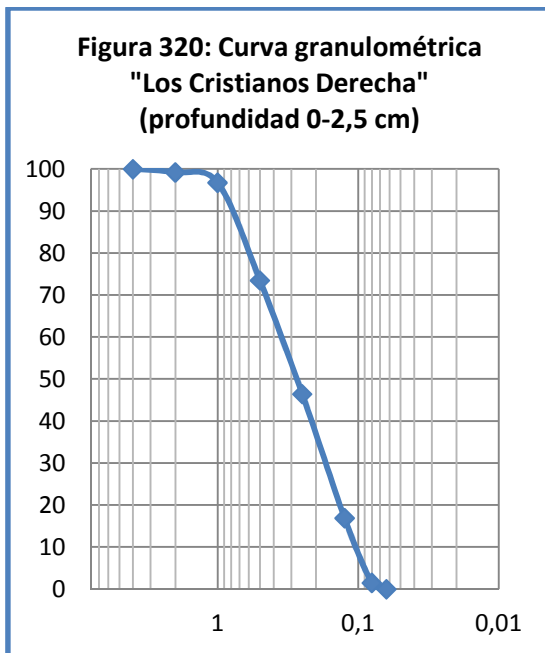
5.2.4.1.2.2. PLAYA DE LOS CRISTIANOS

Para el muestreo de la playa de Los Cristianos, se ha procedido de la misma forma que con la playa de Los Vistas, es decir, se han tomado tres puntos de muestreo: “Los Cristianos Derecha”, “Los Cristianos Centro” y “Los Cristianos Izquierda”, los cuales pasamos a describir a continuación. La tabla 146 muestra la granulometría correspondiente al punto de muestreo “Los Cristianos Derecha”.

Tabla 146: Granulometría playa de “Los Cristianos Derecha”		
Tipo de grano y diámetro de los tamices	Playa de Los Cristianos Derecha (profundidad 0-2,5 cm)	Playa de los Cristianos Derecha (profundidad 2,5-5 cm)
Gravas (>2 mm)	0,78	0,23
Arena muy gruesa (2 mm)	2,43	3,37
Arena gruesa (1 mm)	23,29	23,31
Arena media (0,5 mm)	27,07	27,70
Arena fina (0,25 mm)	29,52	26,85
Arena muy fina (0,125 mm)	15,42	16,61
Arcilla/limo (<0,063 mm)	1,50	1,94

El punto de muestreo “Los Cristianos Derecha”, presenta un predominio de cuatro tipos de arenas: gruesa, media, fina y muy fina, aunque con diferente distribución entre las muestras. En el caso de la muestra en superficie (0-2,5 cm) el tipo de grano más abundante es la arena fina, seguido de la arena media, arena gruesa, arena muy fina, arena muy gruesa, arcilla/limo y por último, gravas. En el caso de la muestra en profundidad (2,5-5 cm), la distribución comienza con la arena media, seguido por la arena fina, arena gruesa, arena muy fina, arena muy gruesa, arcilla/limo y, por último gravas.

Las siguientes figuras (figura 320 y 321) muestran las curvas granulométricas correspondientes a la muestra en superficie (0-2,5 cm) y profundidad (2,5-5 cm) del punto de muestreo “Los Cristianos Derecha”.



En ambas profundidades se observa que las pendientes se desarrollan entre las partículas que pasan por los tamices entre 0,08 y 1 mm. El diámetro eficaz (d_{10}) se fija en ambos casos en 0,12 mm.

La tabla 147 muestra la granulometría correspondiente al punto de muestreo "Los Cristianos Centro".

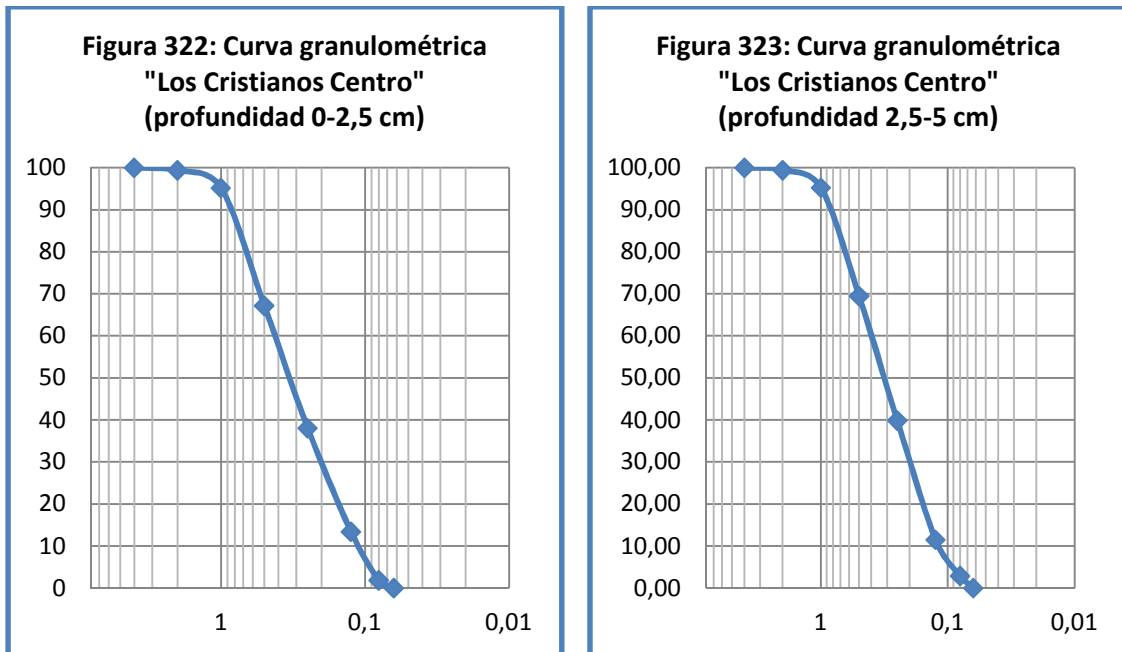
Tabla 147: Granulometría Playa de "Los Cristianos Centro"

Tipo de grano y diámetro de los tamices	Los Cristianos Centro (profundidad 0-2,5 cm)	Los Cristianos Centro (profundidad 2,5-5 cm)
Gravas (>2 mm)	0,63	0,56
Arena muy gruesa (2 mm)	4,35	4,18
Arena gruesa (1 mm)	29,08	25,77
Arena media (0,5 mm)	30,25	29,62
Arena fina (0,25 mm)	25,59	28,38
Arena muy fina (0,125 mm)	8,16	8,60
Arcilla/limo (<0,063 mm)	1,93	2,90

El punto de muestreo "Los Cristianos Centro", presenta un predominio de cuatro tipos de arenas: gruesa, media, fina y muy fina, presentando distinta distribución entre las muestras. En el caso de la muestra en superficie (0-2,5 cm) el tipo de grano más abundante es la arena media, seguido por la arena gruesa, arena fina, arena muy fina, arena muy gruesa, arcilla/limo y por último gravas. En el caso de la muestra en profundidad (2,5-5 cm), la distribución comienza con la arena media,

seguido por la arena fina, arena gruesa, arena muy fina, arena muy gruesa, arcilla/limo y por último gravas.

Las siguientes figuras (figura 322 y 323) muestran las curvas granulométricas correspondientes a la muestra en superficie (0-2,5 cm) y profundidad (2,5-5 cm) del punto de muestreo correspondiente a la playa de “Los Cristianos Centro”.



En ambas profundidades se observa que las pendientes se desarrollan entre las partículas que pasan por los tamices 0,08 y 1 mm. El diámetro eficaz (d_{10}) se fija en ambos casos en 0,13 mm.

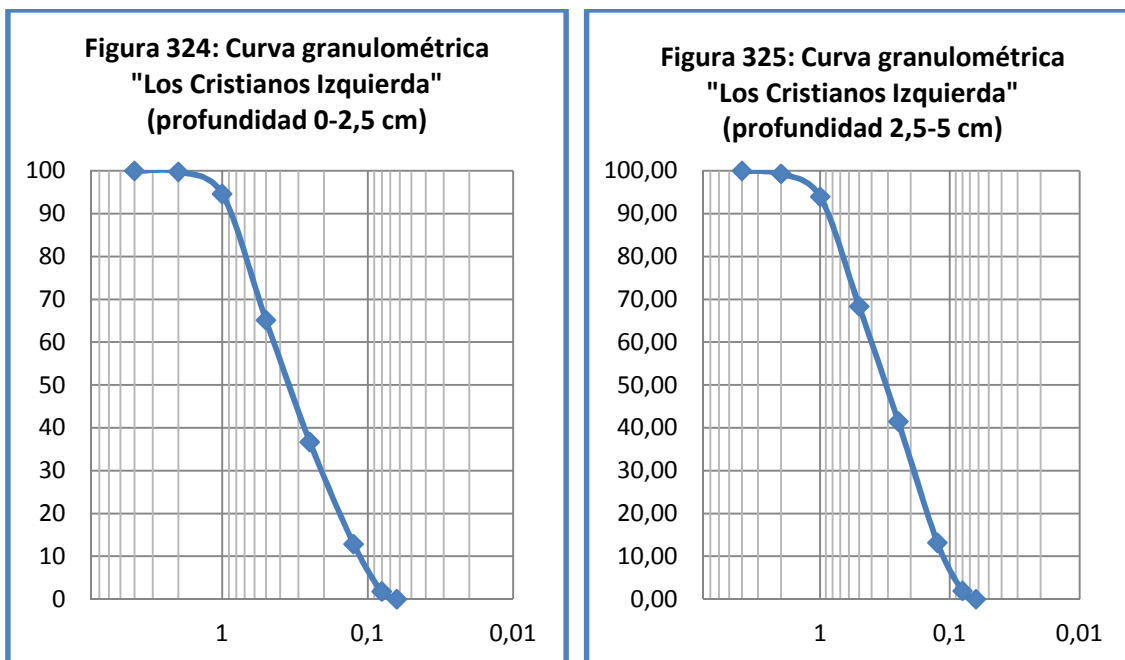
La tabla 148 muestra la granulometría correspondiente al punto de muestreo de la playa de “Los Cristianos Izquierda”.

Tabla 148: Granulometría playa de “Los Cristianos Izquierda”		
Tipo de grano y diámetro de los tamices	“Los Cristianos Izquierda” (profundidad 0-2,5 cm)	“Los Cristianos Izquierda” (profundidad 2,5-5 cm)
Gravas (>2 mm)	1,36	0,65
Arena muy gruesa (2 mm)	5,20	5,37
Arena gruesa (1 mm)	29,65	25,61
Arena media (0,5 mm)	28,60	26,88

Arena fina (0,25 mm)	23,97	28,30
Arena muy fina (0,125 mm)	9,42	11,26
Arcilla/limo (<0,063 mm)	1,80	1,93

El punto de muestreo “Los Cristianos Izquierda”, presenta un predominio de cuatro tipos de arenas: gruesa, media, fina y muy fina, aunque con distinta distribución. En el caso de la muestra en superficie (0-2,5 cm) el tipo de grano más abundante es la arena gruesa, seguido por la arena media, arena fina, arena muy fina, arcilla/limo y, por último gravas. En el caso de la muestra en profundidad (2,5-5 cm), la distribución de los tipos de granos más abundantes comienza con la arena fina, seguido por la arena media, arena gruesa, arena muy fina, arena muy gruesa, arcilla/limo, y por último gravas.

Las siguientes figuras (figura 324 y 325) muestran las curvas granulométricas correspondientes a la muestra en superficie (0-2,5 cm) y profundidad (2,5-5 cm) del punto de muestreo “Los Cristianos Izquierda”.



En ambas muestras a distintas profundidades se observa que las pendientes se desarrollan entre las partículas que pasan por los tamices entre 0,08 y 1 mm. El diámetro eficaz (d_{10}) se fija en ambos casos en 0,12 mm. Encontramos por tanto, en todos los puntos de muestreo de la playa de Los Cristianos, una distribución de las

partículas semejante entre ambas muestras y un mismo diámetro eficaz. Esto se debe al continuo oleaje que se produce en la playa, haciendo que las partículas más finas se depositen a una profundidad mayor de 5 cm y homogenizando las partes más superficiales del sedimento. El comportamiento descrito, ocurre en las tres zonas muestreadas en la playa de “Los Cristianos Derecha Centro e Izquierda”.

5.2.4.1.3. PUNTO CONTROL: DIEGO HERNÁNDEZ

La tabla 149 muestra la granulometría correspondiente al punto de muestreo control “Diego Hernández Derecha e Izquierda” a distintas profundidades, localizado en la playa Diego Hernández dentro del sitio de interés científico de La Caleta.

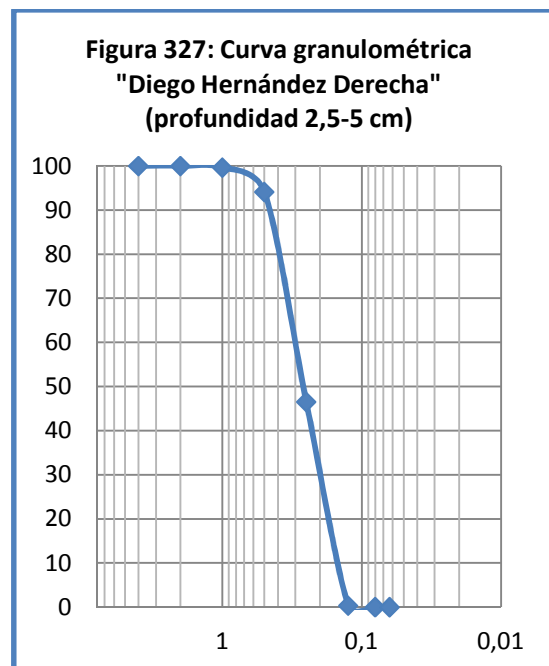
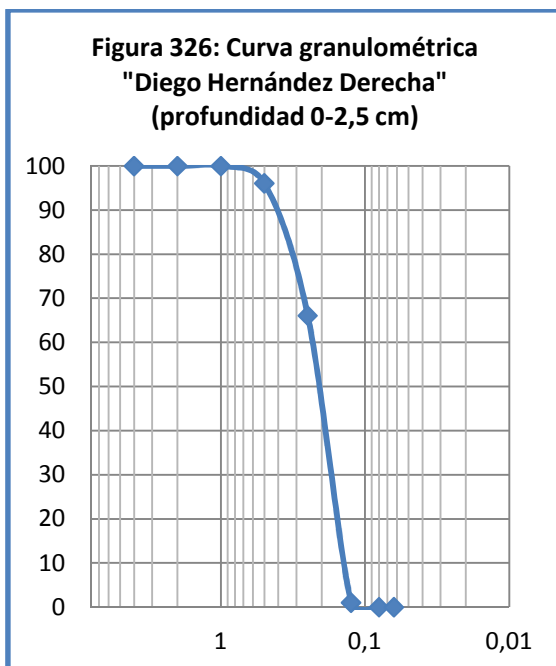
Tabla 149: Granulometría Punto control “Diego Hernández Derecha e Izquierda”

Tipo de grano y diámetro de los tamices	Playa Diego Hernández Derecha (profundidad 0-2,5 cm)	Playa Diego Hernández Derecha (profundidad 2,5-5 cm)	Playa Diego Hernández Izquierda (profundidad 0-2,5 cm)	Playa Control Diego Hernández Izquierda (profundidad 2,5-5 cm)
Gravas (>2 mm)	0,00	0,00	0,00	0,00
Arena muy gruesa (2 mm)	0,00	0,35	0,00	0,10
Arena gruesa (1 mm)	3,92	5,52	3,80	4,42
Arena media (0,5 mm)	29,97	47,59	30,61	50,40
Arena fina (0,25 mm)	65,07	46,19	64,55	44,44
Arena muy fina (0,125 mm)	1,04	0,32	1,04	0,59
Arcilla/limo (<0,063 mm)	0,00	0,03	0,00	0,05

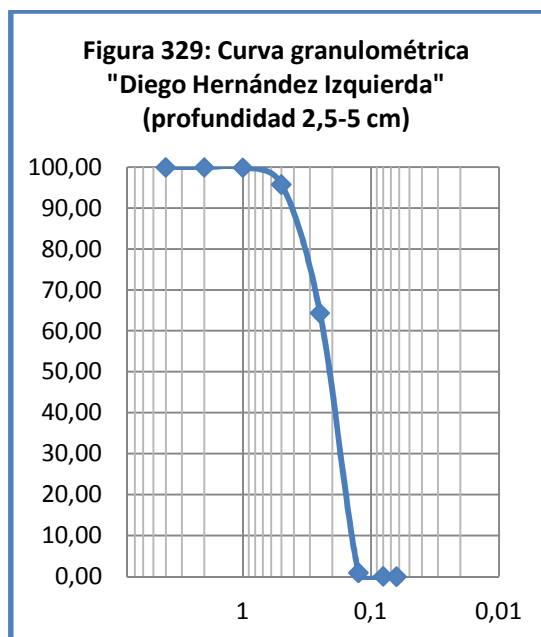
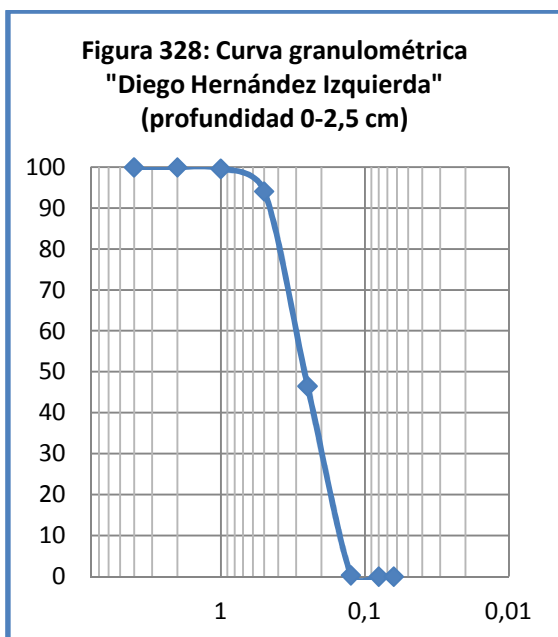
La playa Diego Hernández presenta un predominio de arena media y arena fina, conformando estos dos tipos de granos la práctica totalidad de la muestra. En el caso de la muestra localizada en el punto de muestreo “Diego Hernández Derecha” en superficie 0-2,5 cm, se encuentra un predominio de arena fina, seguido de la arena

media, arena gruesa y arena muy fina. La muestra en profundidad 2,5-5 cm en el mismo punto de muestreo presenta un predominio de arena media, seguido por la arena fina, arena gruesa, arena muy gruesa, arena muy fina y, por último la arcilla/limo. Por otro lado, en cuanto a las muestras procedentes del punto de muestreo "Diego Hernández Izquierda" obtenemos en la muestra en superficie 0-2,5 cm un predominio de arena fina, arena media, arena gruesa y por último arena muy fina (una distribución semejante que en el punto de muestreo superficial localizado en el punto de muestreo "Diego Hernández Derecha"). La muestra en profundidad del punto de muestreo "Diego Hernández Izquierda" presenta un predominio de arena media, seguido por la arena fina, arena gruesa, arena muy fina, arena muy gruesa y, por último arcilla/limo (distribución semejante a la muestra en profundidad del punto de muestreo "Diego Hernández Derecha").

Las siguientes gráficas 326-329 muestran las curvas granulométricas correspondientes a los puntos de muestreo "Diego Hernández Derecha e Izquierda" a la distinta profundidad estudiada (0-2,5 y 2,5-5 cm).



En ambas profundidades del punto de muestreo "Diego Hernández Derecha", se observa una pendiente que se desarrolla entre las partículas que pasan por los tamices 0,15 y 0,5 mm. El diámetro eficaz (d_{10}) se fija en ambos casos en 0,15 mm.



En ambas profundidades del punto de muestreo “Diego Hernández Izquierda”, se observa una pendiente desarrollada entre las partículas que pasan por los tamices entre 0,15 y 0,5 mm. El diámetro eficaz (d_{10}) se fija en ambos casos en 0,16 mm.

En ambos puntos de muestreo correspondientes al control encontramos una distribución de las partículas semejante entre ambas muestras y un mismo diámetro eficaz. Esta misma distribución se debe al continuo oleaje que se produce en la playa, haciendo que las partículas más finas se depositen a una profundidad mayor de 5 cm y homogenizando las partes más superficiales del sedimento. El comportamiento descrito, ocurre en los dos puntos de muestreo de la playa estudiado “Diego Hernández Derecha e Izquierda”.

5.2.4.2. CONCENTRACIONES METÁLICAS EN LOS PUNTOS DE MUESTREO DEL SUROESTE

Para comprobar la existencia de diferencias significativas entre los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) entre las muestras a distinta profundidad del área sureste (0-2,5 cm y 2,5-5 cm), se llevó a cabo un estudio estadístico que se detalla a continuación.

Se utilizaron los test de Kolmorov-Smirnov y Shapiro-Wilk para comprobar la normalidad de los datos de concentraciones de metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) entre las dos profundidades de estudio 0-2,5 y 2,5-5 cm (tabla 150).

Tabla150: Pruebas de normalidad entre profundidades (0-2,5 y 2,5-5)							
Metales	profundidad SPSS	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cd	1	,099	110	,010	,953	110	,001
	2	,097	110	,013	,973	110	,027
Co	1	,203	110	,000	,820	110	,000
	2	,233	110	,000	,763	110	,000
Cr	1	,145	110	,000	,927	110	,000
	2	,135	110	,000	,931	110	,000
Cu	1	,206	110	,000	,924	110	,000
	2	,194	110	,000	,928	110	,000
Mn	1	,146	110	,000	,946	110	,000
	2	,131	110	,000	,950	110	,000
Ni	1	,173	110	,000	,831	110	,000
	2	,117	110	,001	,903	110	,000
Pb	1	,113	110	,002	,944	110	,000
	2	,101	110	,008	,955	110	,001
Zn	1	,163	110	,000	,765	110	,000
	2	,258	110	,000	,606	110	,000
a. Corrección de la significación de Lilliefors							

Una vez comprobada la normalidad de los datos, se realizaron los estudios de homogeneidad de las varianzas mediante el test estadístico de Levene para cada uno de los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) entre las distintas profundidades (tabla 151).

Tabla 151: Prueba de homogeneidad de la varianza entre los metales de las muestras a distinta profundidad					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Cd	Basándose en la media	,856	1	218	,356
	Basándose en la mediana.	,664	1	218	,416
	Basándose en la mediana y con gl corregido	,664	1	211,739	,416

	Basándose en la media recortada	,845	1	218	,359
Co	Basándose en la media	,831	1	218	,363
	Basándose en la mediana.	,483	1	218	,488
	Basándose en la mediana y con gl corregido	,483	1	206,850	,488
	Basándose en la media recortada	,645	1	218	,423
Cr	Basándose en la media	,202	1	218	,654
	Basándose en la mediana.	,168	1	218	,682
	Basándose en la mediana y con gl corregido	,168	1	217,537	,682
	Basándose en la media recortada	,192	1	218	,662
Cu	Basándose en la media	,549	1	218	,459
	Basándose en la mediana.	,429	1	218	,513
	Basándose en la mediana y con gl corregido	,429	1	215,551	,513
	Basándose en la media recortada	,517	1	218	,473
Mn	Basándose en la media	,565	1	218	,453
	Basándose en la mediana.	,463	1	218	,497
	Basándose en la mediana y con gl corregido	,463	1	215,851	,497
	Basándose en la media recortada	,519	1	218	,472
Ni	Basándose en la media	,448	1	218	,504
	Basándose en la mediana.	,242	1	218	,623
	Basándose en la mediana y con gl corregido	,242	1	206,539	,623
	Basándose en la media recortada	,284	1	218	,595
Pb	Basándose en la media	,360	1	218	,549
	Basándose en la mediana.	,422	1	218	,517
	Basándose en la mediana y con gl corregido	,422	1	216,397	,517
	Basándose en la media recortada	,347	1	218	,556
Zn	Basándose en la media	,847	1	218	,358
	Basándose en la mediana.	,909	1	218	,342
	Basándose en la mediana y con gl corregido	,909	1	177,004	,342
	Basándose en la media recortada	,732	1	218	,393

Una vez comprobada la normalidad y la homogeneidad de los datos, se lleva a cabo la comprobación de la existencia de diferencias significativas mediante test no paramétricos.

Tabla 152: Resumen de la prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Test	Sig	Decisión
1	La distribución de Cd es la misma entre las categorías de profundidad SPSS	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	0.988	Retener la hipótesis nula.
2	La distribución de Co es la misma entre las categorías de profundidad SPSS	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	0.978	Retener la hipótesis nula.
3	La distribución de Cr es la misma entre las categorías de profundidad SPSS	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	0.797	Retener la hipótesis nula.
4	La distribución de Cu es la misma entre las categorías de profundidad SPSS	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	0.882	Retener la hipótesis nula.
5	La distribución de Mn es la misma entre las categorías de profundidad SPSS	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	0.608	Retener la hipótesis nula.
6	La distribución de Ni es la misma entre las categorías de profundidad SPSS	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	0.911	Retener la hipótesis nula.
7	La distribución de Pb es la misma entre las categorías de profundidad SPSS	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	0.690	Retener la hipótesis nula.
8	La distribución de Zn es la misma entre las categorías de profundidad SPSS	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	0.753	Retener la hipótesis nula.
Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es .05				

Las pruebas no paramétricas demuestran que se retiene la hipótesis nula para todos los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni y Zn), por lo que no existen diferencias significativas entre los metales estudiados a diferente profundidad.

Debido a la inexistencia de diferencias significativas entre muestras a distinta profundidad (0-2,5 cm y 2,5-5 cm), la siguiente parte del estudio de concentración de metales, se lleva a cabo sin diferenciar entre profundidades.

5.2.4.2.1. PUERTO DE LOS CRISTIANOS

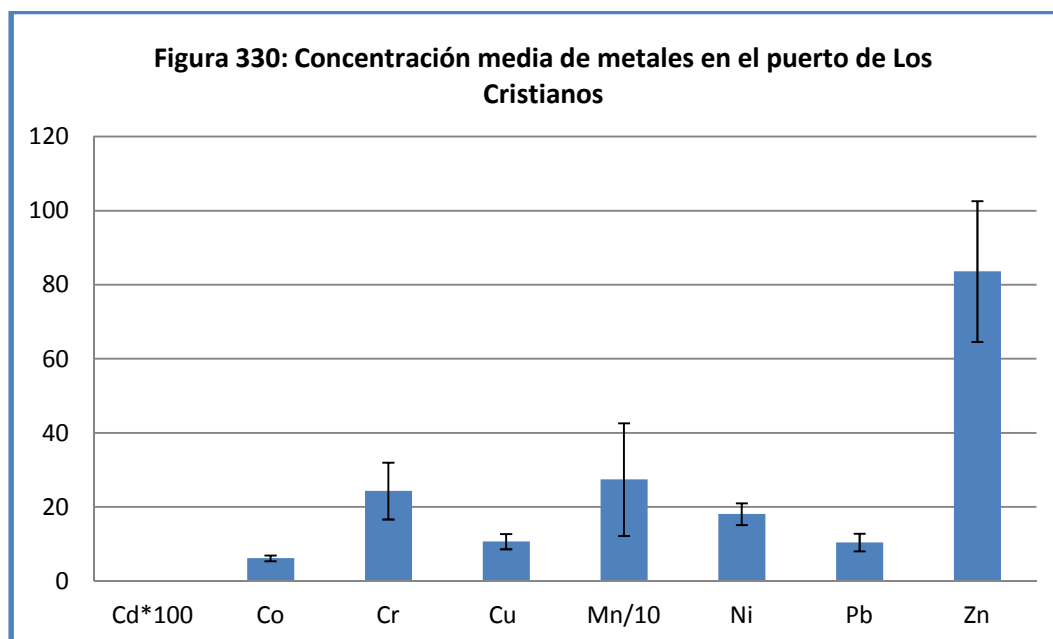
La tabla 153 muestra muestra la concentración media, desviación, estándar, máximo y mínimo de metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) encontrados en el puerto de Los Cristianos.

Tabla 153: Concentración media, desviación estándar, máximo y mínimo de metales en el Puerto de Santa Cruz (mg/kg p.s)

METALES	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
C media	0,069	6,19	24,36	10,70	274,45	18,13	10,46	83,65
DS	0,005	0,79	7,67	2,05	152,28	2,94	2,38	19,03
C mínima	0,088	9,60	40,53	15,76	561,80	24,54	15,84	142,56
C máxima	0,057	4,30	16,75	6,92	36,43	12,23	7,29	52,26

Tal y como se puede ver en la tabla 220, el metal que se encuentra en mayor concentración es el Mn, seguido del Zn, Cr, Ni, Cu, Pb, Co y, por último, el Cd.

En la figura 221 se muestra un histograma en el que se aprecian la concentración y desviación estándar de los metales encontrados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) en el puerto de Los Cristianos.

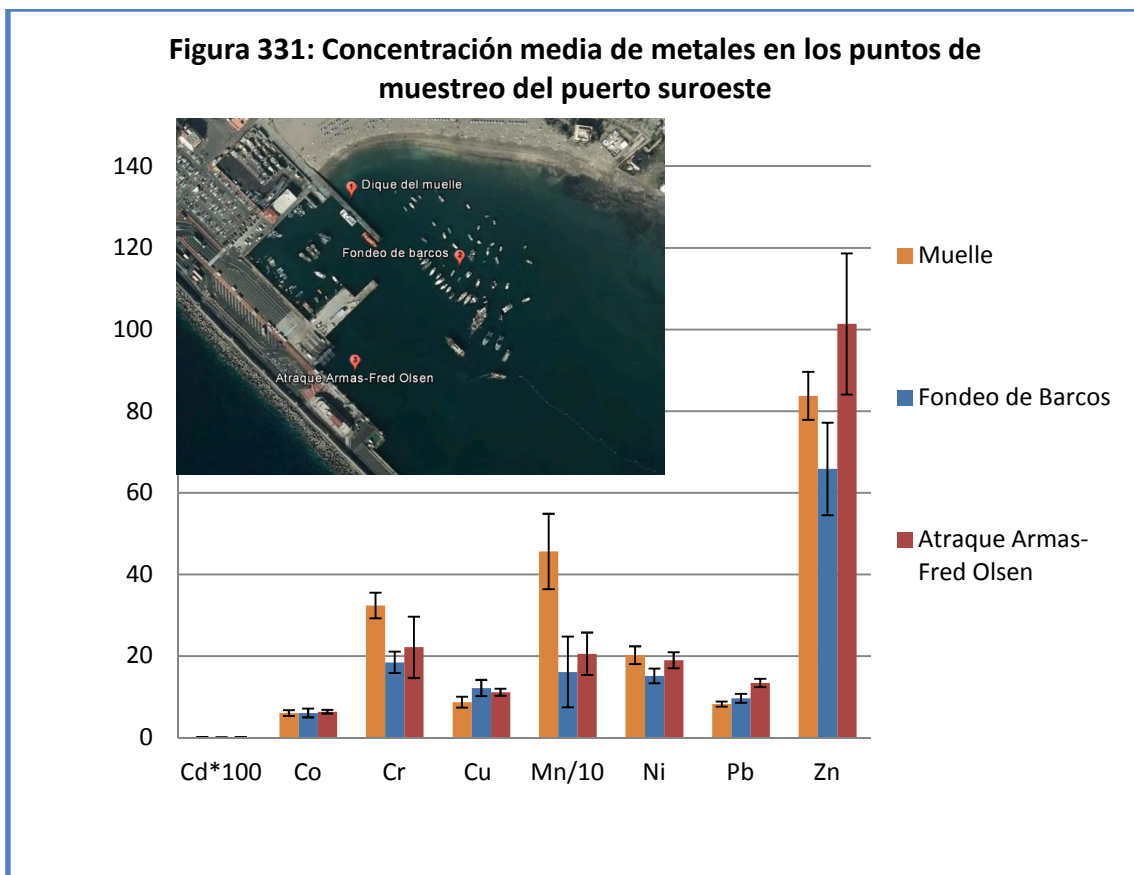


La tabla 154 muestra la concentración media, desviación estándar, máximo y mínimo de metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) en sedimentos, obtenida en cada uno de los tres puntos de muestreo establecidos en el puerto de Los Cristianos: “Muelle”, “Fondeo de Barcos” y “Atraque Armas-Fred Olsen”.

Tabla 154: Concentración media (C m), desviación estándar (DS), concentración máxima (C max) y mínima (C min) de metales en sedimentos de los seis puntos de muestreo del Puerto de Santa Cruz

(mg/kg p.s)								
METALES	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
C m "Muelle"	0,068	6,07	32,42	8,73	456,25	20,24	8,28	83,75
DS	0,005	0,70	3,12	1,31	92,38	2,18	0,62	5,87
C max	0,078	7,01	38,69	11,33	561,80	23,30	9,17	94,36
C min	0,057	4,59	24,68	6,92	176,05	14,66	7,29	70,29
C m "Fondeo de Barcos"	0,070	6,10	18,48	12,20	161,26	15,14	9,67	65,85
DS	0,007	1,08	2,61	1,98	86,74	1,80	1,10	11,33
C max	0,088	9,60	29,34	15,76	372,42	20,99	13,94	90,03
C min	0,057	4,30	17,23	7,32	36,43	12,23	8,93	52,26
C m "Atrake Armas-Fred Olsen"	0,069	6,40	22,18	11,17	205,83	19,03	13,44	101,35
DS	0,004	0,45	7,52	0,87	52,10	1,96	1,03	17,28
C max	0,074	6,97	40,53	12,39	334,39	24,54	15,84	142,56
C min	0,059	5,06	16,75	9,50	143,80	17,14	11,78	87,60

En la figura 331 se muestra un histograma en el que se aprecia, la concentración media y desviación estándar de los metales encontrados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) en los tres puntos de muestreo del puerto de Santa Cruz.



[Para poder llevar a cabo la presentación de todos los metales dentro de la misma figura, es necesario multiplicar la concentración de Cd por 100 y dividir la concentración de Mn por 10.]

Tal y como se aprecia en la figura 331, el punto de muestreo del “Fondeo de Barcos”, presenta una mayor concentración de Cd y Cu. Por otro lado, el punto de muestreo “Atrache Armas-Fred Olsen” presenta una mayor concentración de Co, Pb y Zn. Por último, el punto de muestreo del “Muelle” presenta una mayor concentración de Cr, Mn y Ni.

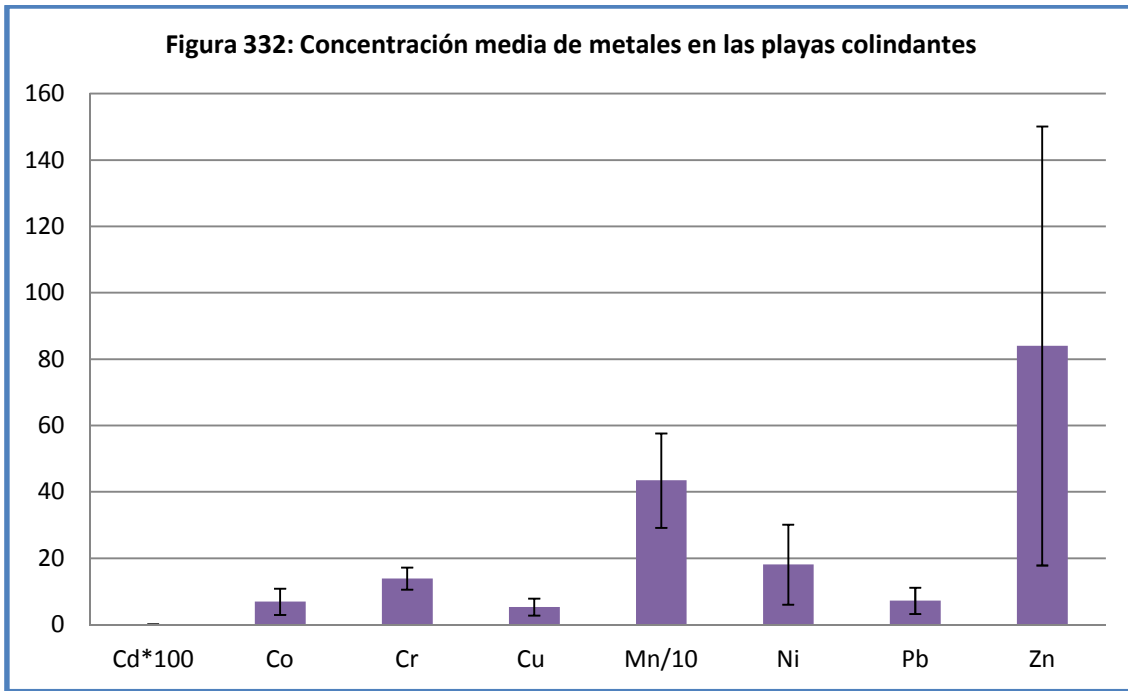
5.2.4.2.2. PLAYAS COLINDANTES AL PUERTO DE LOS CRISTIANOS

La tabla 155 muestra la concentración media, desviación estándar, máximo y mínimo de metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) estudiados en sedimentos procedentes de las playas colindantes al puerto de Santa Cruz.

Tabla 155: Concentración media, desviación estándar, máximo y mínimo de metales en las playas colindantes al puerto de Santa Cruz (mg/kg p.s)								
METALES	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
C media playas	0,047	6,94	13,95	5,35	434,82	18,16	7,25	84,05
DS	0,008	3,96	3,34	2,54	142,22	12,05	3,97	66,15
C mínima	0,067	26,21	21,39	11,76	874,94	55,43	19,62	556,50
C máxima	0,037	3,05	7,26	1,42	179,76	6,89	1,05	8,73

Tal y como se aprecia en la tabla 155, el metal que se presenta en mayor concentración es el Mn, seguido del Zn, Ni, Cr, Pb, Co, Cu y Cd.

La figura 332, muestra un histograma con la concentración media y desviación estándar de los metales encontrados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) en las playas colindantes al puerto de Los Cristianos.



[Para poder llevar a cabo la presentación de todos los metales dentro de la misma figura, es necesario multiplicar la concentración de Cd por 100 y dividir la concentración de Mn por 10.]

La tabla 156 muestra la concentración media, desviación estándar, máximo y mínimo de metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) en los sedimentos obtenidos en cada uno de los seis puntos de muestreo establecidos en las playas colindantes al puerto de Los Cristianos.

Tabla 156: concentración media (C m), desviación estándar (DS), concentración máxima (C max) y mínima (C min) de metales en los puntos de muestreo de las playas colindantes al puerto de Los Cristianos (mg/kg p.s)

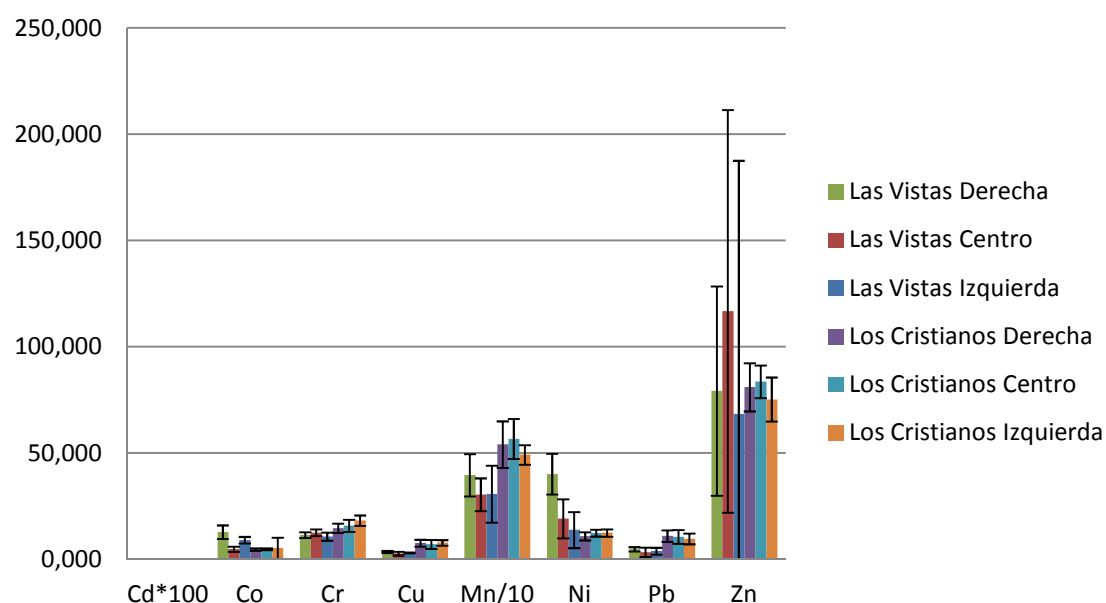
METALES	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
C m "Las Vistas Derecha"	0,041	12,86	11,51	3,57	396,86	40,13	4,84	79,28
DS	0,003	3,20	1,35	0,47	99,41	9,55	1,00	49,25
C max	0,048	16,51	14,04	4,55	688,67	55,43	6,33	211,75
C min	0,037	3,77	9,87	2,01	268,60	11,23	3,26	26,04
C m "Las Vistas Centro"	0,043	4,81	12,58	2,79	304,83	19,15	3,41	116,75
DS	0,004	1,21	1,61	0,87	77,20	9,18	2,14	94,73

C max	0,052	6,91	14,16	3,89	466,1 6	39,00	7,00	368,0 2
C min	0,038	3,05	9,24	1,42	179,7 6	6,89	1,05	29,01
C m “Las Vistas Izquierda”	0,041	9,11	10,77	3,15	307,5 3	13,87	3,92	68,38
DS	0,006	1,53	1,93	0,23	133,8 9	8,50	1,62	119,2 1
C max	0,064	13,85	14,04	3,68	688,6 4	49,42	7,21	556,5 0
C min	0,037	5,60	7,26	2,70	182,0 0	8,81	1,94	8,73
C m “Los Cristianos Derecha”	0,057	4,67	14,70	7,69	540,4 7	10,89	11,01	81,01
DS	0,005	0,55	2,14	1,59	109,5 9	1,90	2,70	11,34
C max	0,067	5,39	17,93	10,10	796,1 6	14,03	16,18	103,5 3
C min	0,048	3,76	10,89	5,53	387,3 7	7,20	7,05	57,67
C m “Los Cristianos Centro”	0,051	4,85	15,85	7,10	566,8 6	12,40	10,61	83,59
DS	0,005	0,43	2,84	2,09	94,17	1,62	3,23	7,69
C max	0,062	5,43	19,64	11,76	874,9 4	14,91	19,62	97,05
C min	0,048	3,93	10,92	3,94	448,2 9	9,25	6,45	68,77
C m “Los Cristianos Izquierda”	0,050	5,31	18,26	7,82	492,3 6	12,49	9,71	75,27
DS	0,003	4,94	2,47	1,34	45,77	1,72	2,51	10,37
C max	0,060	26,21	21,39	10,71	607,7 6	15,54	14,92	91,34
C min	0,048	3,81	13,95	5,61	439,7 4	8,19	6,73	55,09

Para la representación gráfica de los datos de la tabla anterior, en la figura 332 se muestra un histograma en el que se aprecia, la concentración media y desviación estándar de los metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) encontrados en los sedimentos de los puntos de muestreo establecidos en las playas colindantes al puerto de Los Cristianos.



Figura 333: Concentración media de metales en los puntos de muestreo en playas colindantes del suroeste



[Para poder llevar a cabo la presentación de todos los metales dentro de la misma figura, es necesario multiplicar la concentración de Cd por 100 y dividir la concentración de Mn por 10.]

La figura 333 muestra que el punto de muestreo “Las Vistas Derecha” presenta mayor concentración de Co y Ni. En el caso del punto de muestreo las Vistas Centro presenta mayor concentración de Zn. En el caso de los puntos de muestreo establecidos en la playa de Los Cristianos, el punto de muestreo “Los Cristianos Derecha” presenta una mayor concentración de Cd y Pb; el punto de muestreo “Los Cristianos Centro” presenta una mayor concentración de Mn y finalmente el punto de muestreo Los Cristianos Izquierda presenta una mayor concentración de Cr y Cu.

5.2.4.2.3. PUNTO DE CONTROL PLAYA DIEGO HERNÁNDEZ

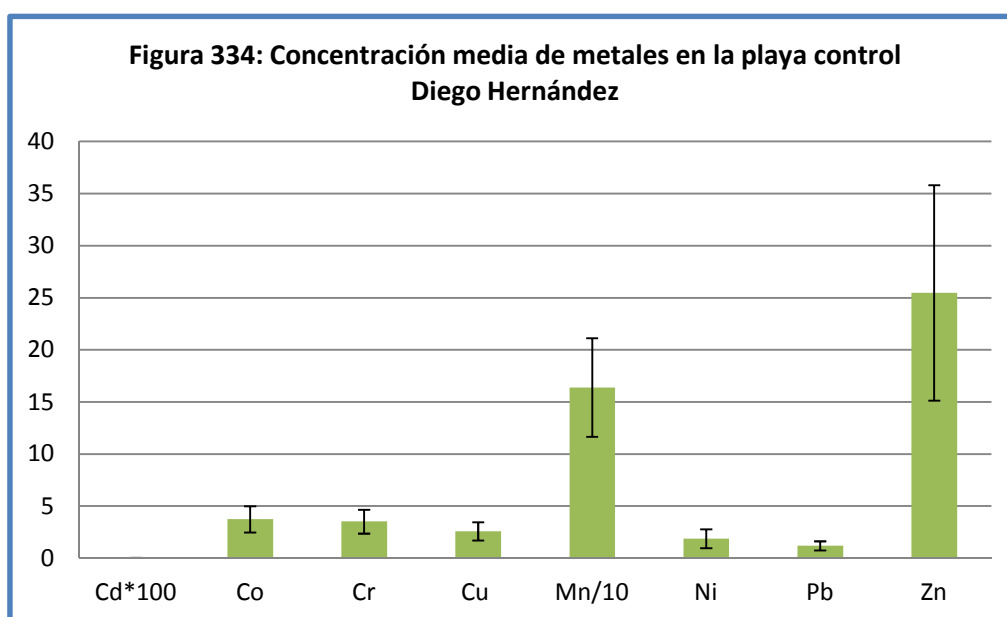
Con el fin de poder comparar la posible acumulación de los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn), la tabla 157 muestra la concentración media, desviación estándar, máximo y mínimo de metales en sedimentos procedentes del control localizado en el Sitio de Interés Científico de La Caleta.

Tabla 157: Concentración media, desviación estándar, máximo y mínimo de metales en los puntos de muestreo de la playa control nordeste (mg/kg p.s)

METALES	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
C media Control suroeste	0,034	3,74	3,52	2,59	163,96	1,88	1,20	25,48
DS	0,014	1,25	1,15	0,88	47,26	0,91	0,44	10,34
C mínima	0,063	5,77	5,22	3,88	226,05	5,88	1,93	53,08
C máxima	0,003	0,72	1,14	0,45	20,33	0,44	0,14	3,42

Tal y como se puede ver en la tabla anterior, el metal que se presenta en mayor concentración es el Mn, seguido del Zn, Co, Cr, Cu, Ni, Pb y Cd.

La representación de los datos de la tabla anterior, se encuentra en la figura 334 en el que se muestra un histograma en el que se especifica la concentración media y desviación estándar de los metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) encontrados en sedimentos de la Playa Diego Hernández.



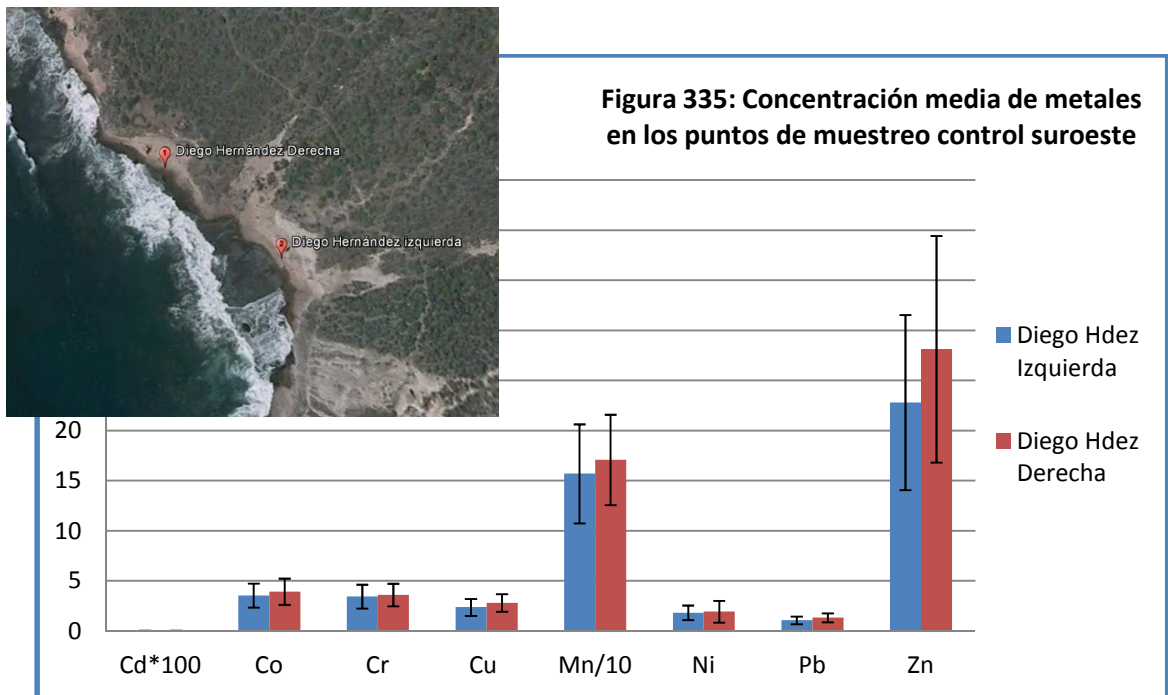
[Para poder llevar a cabo la presentación de todos los metales dentro de la misma figura, es necesario multiplicar la concentración de Cd por 100 y dividir la concentración de Mn por 10.]

La tabla 158 muestra la concentración media, desviación estándar, máximo y mínimo de metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) en sedimentos, obtenida en cada uno de los dos puntos de muestreo establecidos en la playa Diego Hernández: “Diego Hernández Derecha” y “Diego Hernández Izquierda”.

Tabla 158: concentración media (C m), desviación estándar (DS), concentración máxima (C max) y mínima (C min) de metales en los puntos de muestreo de la playa control suroeste Diego Hernández (mg/kg p.s)								
METALES	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
C m “Diego Hernández Derecha”	0,03 1	3,54	3,44	2,37	157,0 3	1,83	1,07	22,8 2
DS	0,01 3	1,20	1,19	0,84	49,43	0,73	0,39	8,74
C min	0,05 0	5,22	5,22	3,69	215,9 2	3,46	1,70	37,6 3
C max	0,00 3	0,86	1,14	0,51	20,33	0,51	0,18	3,96
C m “Diego Hernández Izquierda”	0,03 7	3,93	3,60	2,81	170,8 8	1,94	1,33	28,1 3
DS	0,01 5	1,31	1,13	0,88	45,18	1,08	0,45	11,3 2
C min	0,06 3	5,77	5,22	3,88	226,0 5	5,88	1,93	53,0 8
C max	0,00 3	0,72	1,19	0,45	61,26	0,44	0,14	3,42

La tabla 158 muestra que ambos puntos muestreo procedentes de la playa de Diego Hernández presentan la misma distribución de metales, que de mayor a menor concentración corresponde a la siguiente secuencia: Mn>Zn>Co>Cr>Cu>Ni>Pb>Cd.

La figura 335 muestra un histograma con la concentración media y desviación estándar de los metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) encontrados en sedimentos de los dos puntos de control localizado en la Playa Diego Hernández.



[Para poder llevar a cabo la presentación de todos los metales dentro de la misma figura, es necesario multiplicar la concentración de Cd por 100 y dividir la concentración de Mn por 10.]

Tal y como se aprecia en la figura anterior, el punto de muestreo “Diego Hernández Derecha” presenta una mayor concentración de todos los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) respecto al punto de muestreo “Diego Hernández Izquierda”.

5.2.4.3. ESTUDIO GENERAL DE METALES ANALIZADOS SEGÚN LAS ACTIVIDADES ESTUDIADAS Y LOS PUNTOS DE MUESTREO FIJADOS EN EL SUROESTE.

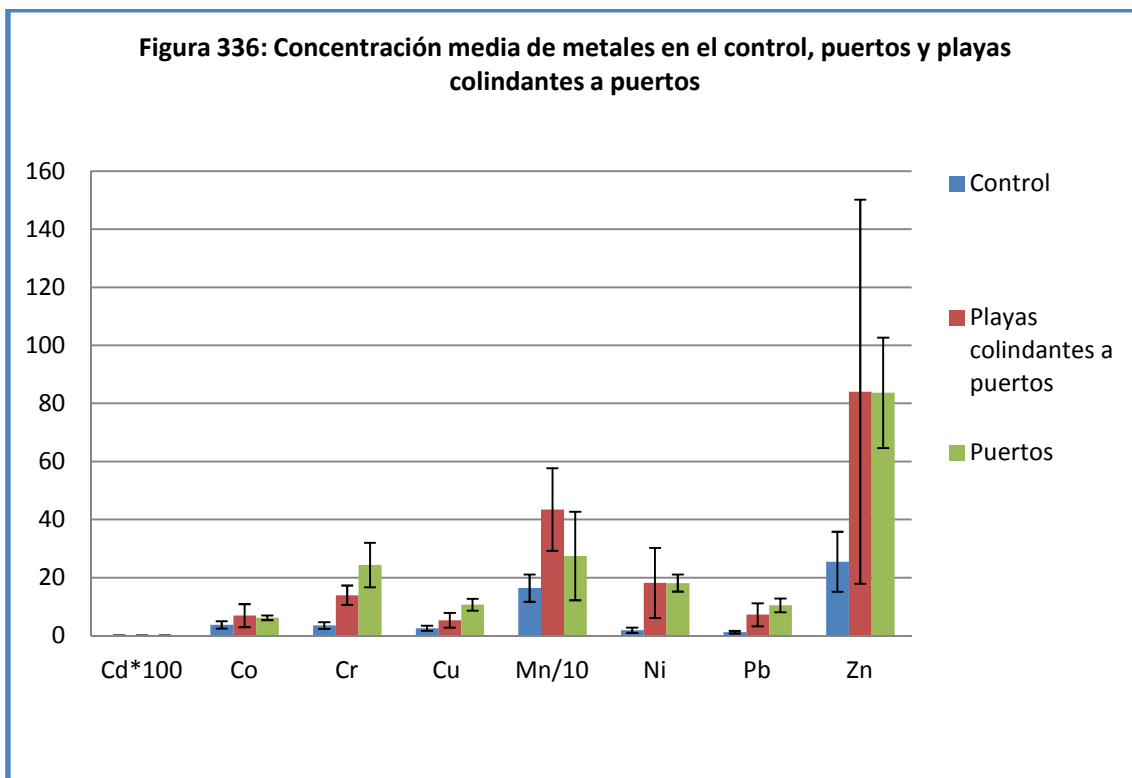
Para poder llevar a cabo una comparación entre los sedimentos estudiados, la tabla 159 muestra la concentración media, desviación estándar, máximo y mínimo de metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) en sedimentos procedentes de los tres grupos muestrales establecidos: puerto de Los Cristianos, playas colindantes al puerto y playas control en la zona suroeste de Tenerife.

Tabla 159: Concentración media (C m), desviación estándar (DS), concentración máxima (C max) y mínima (C min) de metales en el control, puerto y playas colindantes a puertos (mg/kg p.s)

METALES	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
C m PUERTOS	0,069	6,19	24,36	10,70	274,45	18,13	10,46	83,65
DS	0,005	0,79	7,67	2,05	152,28	2,94	2,38	19,03
C m PLAYAS	0,047	6,94	13,95	5,35	434,82	18,16	7,25	84,05
DS	0,008	3,96	3,34	2,54	142,22	12,05	3,97	66,15
C m CONTROL	0,034	3,74	3,52	2,59	163,96	1,88	1,20	25,48
DS	0,014	1,25	1,15	0,88	47,26	0,91	0,44	10,34

Tanto los sedimentos procedentes del puerto de Los Cristianos como del control, presentan la misma distribución de metales en sedimentos, que de mayor a menor concentración coincide con la siguiente: Mn>Zn>Cr>Ni>Cu>Pb>Co>Cd. En el caso de los sedimentos procedentes de las playas colindantes, la distribución de metales de mayor a menor concentración es distinta, siguiendo lo siguiente: Mn>Zn>Ni>Cr>Pb>Co>Cu>Cd.

La figura 336 muestra un histograma con la concentración media y desviación estándar de los metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) encontrados en sedimentos procedentes de los tres grupos muestrales estudiados: puerto de Los Cristianos, playas colindantes al puerto y punto control.



[Para poder llevar a cabo la presentación de todos los metales dentro de la misma figura, es necesario multiplicar la concentración de Cd por 100 y dividir la concentración de Mn por 10.]

La figura 336 muestra que el grupo muestral correspondientes al puerto de Los Cristianos presenta una mayor concentración de Cd, Cr, Cu y Pb. Por otro lado, el grupo muestral de las playas colindantes al puerto de Los Cristianos son las que presentan una mayor concentración de Co, Mn, Ni y Zn. En el caso del grupo muestral control, no se encuentra ningún metal en mayores concentraciones que en los otros dos grupos muestrales estudiados (puerto de Los Cristianos y playas colindantes al mismo).

Para estudiar la existencia de diferencias significativas entre las concentraciones de metales entre el puerto de Los Cristianos, sus playas colindantes y el control, se llevaron a cabo los estudios de normalidad y homogeneidad de la varianza.

Los test de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk se utilizaron para comprobar la normalidad de las concentraciones de cada metal entre el puerto de Santa Cruz, sus playas colindantes y el control (tabla 160).

Tabla 160: Pruebas de normalidad entre los puntos de muestreo del puerto, playas colindantes y control							
Metales	Zona	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cd	control	,118	40	,171	,964	40	,222
	playa in	,106	120	,002	,933	120	,000
	puerto	,184	60	,000	,871	60	,000
Co	control	,141	40	,044	,933	40	,020
	playa in	,267	120	,000	,771	120	,000
	puerto	,134	60	,009	,885	60	,000
Cr	control	,128	40	,098	,935	40	,024
	playa in	,096	120	,009	,966	120	,004
	puerto	,278	60	,000	,814	60	,000
Cu	control	,137	40	,057	,930	40	,016
	playa in	,208	120	,000	,920	120	,000
	puerto	,088	60	,200*	,975	60	,260
Mn	control	,117	40	,177	,919	40	,007

	playa in	,092	120	,015	,972	120	,012
	puerto	,209	60	,000	,887	60	,000
Ni	control	,220	40	,000	,807	40	,000
	playa in	,319	120	,000	,708	120	,000
	puerto	,074	60	,200*	,984	60	,601
Pb	control	,138	40	,054	,952	40	,087
	playa in	,069	120	,200*	,964	120	,003
	puerto	,224	60	,000	,877	60	,000
Zn	control	,175	40	,003	,945	40	,050
	playa in	,275	120	,000	,590	120	,000
	puerto	,149	60	,002	,922	60	,001
a. Corrección de la significación de Lilliefors							
*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.							

Una vez comprobada la normalidad de los resultados, se llevaron a cabo los estudios de la homogeneidad de las varianzas mediante el test estadístico de Levene para cada uno de los metales estudiados (Cd, Co, Cu, Cr, Mn, Pb, Ni y Zn) entre el puerto de Los Cristianos, sus playas colindantes y el control del área nordeste (tabla 161).

Tabla 161: Pruebas de homogeneidad de la varianza entre los puntos de muestreo del puerto, playas colindantes y control					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Cd	Basándose en la media	25,874	2	217	,000
	Basándose en la mediana.	24,551	2	217	,000
	Basándose en la mediana y con gl corregido	24,551	2	144,849	,000
	Basándose en la media recortada	26,193	2	217	,000
Co	Basándose en la media	45,941	2	217	,000
	Basándose en la mediana.	14,735	2	217	,000
	Basándose en la mediana y con gl corregido	14,735	2	126,040	,000
	Basándose en la media recortada	35,721	2	217	,000
Cr	Basándose en la media	123,589	2	217	,000
	Basándose en la mediana.	33,916	2	217	,000
	Basándose en la mediana y con gl corregido	33,916	2	83,676	,000
	Basándose en la media recortada	113,710	2	217	,000
Cu	Basándose en la media	27,020	2	217	,000
	Basándose en la mediana.	16,721	2	217	,000

	Basándose en la mediana y con gl corregido	16,721	2	175,851	,000
	Basándose en la media recortada	26,502	2	217	,000
Mn	Basándose en la media	22,026	2	217	,000
	Basándose en la mediana.	13,239	2	217	,000
	Basándose en la mediana y con gl corregido	13,239	2	171,588	,000
	Basándose en la media recortada	22,175	2	217	,000
Ni	Basándose en la media	50,518	2	217	,000
	Basándose en la mediana.	13,040	2	217	,000
	Basándose en la mediana y con gl corregido	13,040	2	121,981	,000
	Basándose en la media recortada	34,982	2	217	,000
Pb	Basándose en la media	40,020	2	217	,000
	Basándose en la mediana.	34,158	2	217	,000
	Basándose en la mediana y con gl corregido	34,158	2	170,635	,000
	Basándose en la media recortada	38,542	2	217	,000
Zn	Basándose en la media	6,851	2	217	,001
	Basándose en la mediana.	6,112	2	217	,003
	Basándose en la mediana y con gl corregido	6,112	2	126,491	,003
	Basándose en la media recortada	5,954	2	217	,003

Estudiada y comprobada la normalidad y homogeneidad de las concentraciones obtenidas, se llevó a cabo la comprobación de la necesidad del uso de test paramétricos o test no paramétricos.

Para la estadística inferencial, se aplica un ANOVA (post hoc: Tukey) como prueba paramétrica y los test de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney como pruebas no paramétricas.

En los sedimentos procedentes de las actividades relacionadas con los puertos en el suroeste, se establecieron test paramétricos para los metales Cd, Cu, Ni y Pb (tabla 162), estableciendo test no paramétrico para el resto de los metales: Co, Cr, Mn y Zn.

Tabla 162: ANOVA entre los puntos de muestreo del puerto, playas colindantes y control						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Cd	Inter-grupos	336,537	2	168,268	225,212	,000
	Intra-grupos	162,133	217	,747		

	Total	498,669	219			
Cu	Inter-grupos	1820,165	2	910,083	188,554	,000
	Intra-grupos	1047,381	217	4,827		
	Total	2867,546	219			
Ni	Inter-grupos	8658,771	2	4329,385	52,687	,000
	Intra-grupos	17831,112	217	82,171		
	Total	26489,883	219			
Pb	Inter-grupos	2070,800	2	1035,400	101,373	,000
	Intra-grupos	2216,397	217	10,214		
	Total	4287,197	219			

Las pruebas estadísticas, demuestran que existen diferencias significativas para los metales estudiados Cd, Cu, Ni y Pb entre los sedimentos del puerto de Los Cristianos, sus playas colindantes y el control en el área suroeste.

En la tabla 163 se ha realizado una comparación entre los tres grupos muestrales de sedimentos (puerto de Los Cristianos, playas colindantes al mismo y playas control en el área suroeste). En dicha tabla se establece que el número 1 corresponde con el control, el número 2 con las playas colindantes al puerto de Los Cristianos y por último, el número 3 corresponde al grupo muestral puerto de Los Cristianos.

Tabla 163: Comparaciones múltiples entre control (1), playas colindantes (2) y puerto (3)						
Variable dependiente	(I) zona SPSS	(J) zona SPSS	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	
Cd	HSD de Tukey	1	2	-1,3316675*	,1578137	,000
			3	-3,5469118*	,1764411	,000
		2	1	1,3316675*	,1578137	,000
			3	-2,2152444*	,1366707	,000
		3	1	3,5469118*	,1764411	,000
			2	2,2152444*	,1366707	,000
	DMS	1	2	-1,3316675*	,1578137	,000
			3	-3,5469118*	,1764411	,000
		2	1	1,3316675*	,1578137	,000
			3	-2,2152444*	,1366707	,000
		3	1	3,5469118*	,1764411	,000
			2	2,2152444*	,1366707	,000
Cu	HSD de Tukey	1	2	-2,7605018*	,4011085	,000
			3	-8,1096744*	,4484529	,000

		2	1	2,7605018*	,4011085	,000	
			3	-5,3491726*	,3473701	,000	
		3	1	8,1096744*	,4484529	,000	
			2	5,3491726*	,3473701	,000	
		DMS	1	2	-2,7605018*	,4011085	,000
				3	-8,1096744*	,4484529	,000
	2		1	2,7605018*	,4011085	,000	
			3	-5,3491726*	,3473701	,000	
	3	1	8,1096744*	,4484529	,000		
		2	5,3491726*	,3473701	,000		
	Ni	HSD de Tukey	1	2	-16,27282175291*	1,65500273440	,000
				3	-16,25145640921*	1,85034930853	,000
2			1	16,27282175291*	1,65500273440	,000	
			3	,02136534369	1,43327441132	1,000	
3			1	16,25145640921*	1,85034930853	,000	
			2	-,02136534369	1,43327441132	1,000	
DMS		1	2	-16,27282175291*	1,65500273440	,000	
			3	-16,25145640921*	1,85034930853	,000	
		2	1	16,27282175291*	1,65500273440	,000	
			3	,02136534369	1,43327441132	,988	
		3	1	16,25145640921*	1,85034930853	,000	
			2	-,02136534369	1,43327441132	,988	
Pb		HSD de Tukey	1	2	-6,04717511416*	,58348981522	,000
				3	-9,25926952295*	,65236144550	,000
			2	1	6,04717511416*	,58348981522	,000
				3	-3,21209440879*	,50531700283	,000
			3	1	9,25926952295*	,65236144550	,000
				2	3,21209440879*	,50531700283	,000
	DMS	1	2	-6,04717511416*	,58348981522	,000	
			3	-9,25926952295*	,65236144550	,000	
		2	1	6,04717511416*	,58348981522	,000	
			3	-3,21209440879*	,50531700283	,000	
		3	1	9,25926952295*	,65236144550	,000	
			2	3,21209440879*	,50531700283	,000	

Grupos muestrales: 1=Control; 2= Playas colindantes a puertos; 3= Puerto de Los Cristianos.

La tabla 164 muestra las diferencias significativas entre los tres grupos muestrales para Cd en subconjuntos homogéneos.

Tabla 164: HSD de Tukey para subconjuntos homogéneo para el Cd

	zona SPSS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
			1	2	3
HSD de Tukey ^{a,b}	1	40	3,395855		
	2	120		4,727523	
	3	60			6,942767
	Sig.		1,000	1,000	1,000
Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.					
a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 60,000.					
b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.					

Grupos muestrales: 1=Control; 2= Playas colindantes a puertos; 3= Puerto de Los Cristianos.

Tal y como podemos ver en la tabla anterior, existen diferencias significativas entre los tres grupos muestrales, es decir existen diferencias entre control y playas colindantes a puertos y entre control y puertos (tabla 164).

La tabla 165 muestra las diferencias significativas existentes entre los grupos muestrales para Cu en subconjuntos homogéneos.

Tabla 165: HSD de Tukey para subconjuntos homogéneos para el Cu					
	zona SPSS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
			1	2	3
HSD de Tukey ^{a,b}	1	40	2,591560		
	2	120		5,352062	
	3	60			10,701235
	Sig.		1,000	1,000	1,000
Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.					
a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 60,000.					
b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.					

Grupos muestrales: 1=Control; 2= Playas colindantes a puertos; 3= Puerto de Los Cristianos.

Tal y como podemos ver en la tabla anterior, existen diferencias significativas entre los tres grupos muestrales, es decir existen diferencias entre control y playas colindantes a puertos y entre control y puertos (tabla 165).

La tabla 166 muestra las diferencias significativas existentes entre los grupos muestrales para Ni en subconjuntos homogéneos.

Tabla 166: HSD de Tukey para subconjuntos homogéneos para el Ni				
	zona SPSS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
HSD de Tukey ^{a,b}	1	40	1,8829131458	
	3	60		18,1343695550
	2	120		18,1557348987
	Sig.		1,000	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 60,000.
b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

Grupos muestrales: 1=Control; 2= Playas colindantes a puertos; 3= Puerto de Los Cristianos.

La tabla anterior muestra diferencias significativas entre el control y las playas colindantes y entre el control y el puerto de Los Cristianos, pero no muestra diferencias entre el puerto y sus playas colindantes (tabla 166).

La tabla 167 muestra las diferencias significativas existentes entre los grupos muestrales para Pb en subconjuntos homogéneos.

Tabla 167: HSD para subconjuntos homogéneos para el Pb					
	zona SPSS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
			1	2	3
HSD de Tukey ^{a,b}	1	40	1,2022159078		
	2	120		7,2493910219	
	3	60			10,4614854307
	Sig.		1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 60,000.
b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

Grupos muestrales: 1=Control; 2= Playas colindantes a puertos; 3= Puerto de Los Cristianos.

En cuanto a las pruebas no paramétricas, se rechazan las hipótesis nulas para los metales estudiados (Co, Cr, Mn y Zn) mediante estas pruebas. Por lo tanto, los estudios estadísticos demuestran la existencia de diferencias significativas para los metales Co, Cr, Mn y Zn entre los tres grupos muestrales (tabla 168).

Tabla 168: Resumen de la prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de Co es la misma entre las categorías de zona	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula
2	La distribución de Cr es la misma entre las categorías de zona	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula
3	La distribución de Mn es la misma entre las categorías de zona	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula
4	La distribución de Zn es la misma entre las categorías de zona	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula
Se muestran las significancias asintóticas. Es nivel de significancia es .05				

De las tablas 169 hasta la 171 se establecen las diferencias significativas mediante estadísticos de contraste entre los grupos muestrales establecidos (grupo muestral 1=control; grupo muestral 2=playas colindantes a puertos, grupo muestral 3=puerto de Los Cristianos).

Tabla 169: Estadísticos de contraste ^a entre el grupo muestral 1 y 2				
	Co(mg/kg)	Cr(mg/kg)	Mn(mg/kg)	Zn(mg/kg)
U de Mann-Whitney	948,000	,000	117,500	388,000
W de Wilcoxon	1768,000	820,000	937,500	1208,000
Z	-5,722	-9,457	-8,994	-7,928
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000
a. Variable de agrupación: zona SPSS				

Grupos muestrales: 1=Control; 2= Playas colindantes a puertos.

La tabla 169 muestra que existen diferencias significativas entre Co, Cr, Mn y Zn entre el grupo muestral 1 (control) y el grupo 2 (playas colindantes a puertos).

Tabla 170: Estadísticos de contraste ^a entre el grupo muestral 1 y 3				
	Co(mg/kg)	Cr(mg/kg)	Mn(mg/kg)	Zn(mg/kg)
U de Mann-Whitney	83,000	,000	749,000	2,000
W de Wilcoxon	903,000	820,000	1569,000	822,000

Z	-7,859	-8,443	-3,173	-8,429
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,002	,000
a. Variable de agrupación: zona SPSS				

Grupos muestrales: 1=Control; 3= Puerto de Los Cristianos.

La tabla 170 muestra que existen diferencias significativas entre Co, Cr, Mn y Zn entre el grupo muestral 1 (control) y el grupo 3 (puerto de Los Cristianos).

Tabla 171: Estadísticos de contraste ^a entre el grupo muestral 2 y 3				
	Co(mg/kg)	Cr(mg/kg)	Mn(mg/kg)	Zn(mg/kg)
U de Mann-Whitney	2662,500	597,000	1577,000	2985,000
W de Wilcoxon	9922,500	7857,000	3407,000	10245,000
Z	-2,845	-9,113	-6,139	-1,866
Sig. asintót. (bilateral)	,004	,000	,000	,062
a. Variable de agrupación: zona SPSS				

Grupos muestrales: 2= playas colindantes; 3= puerto de Los Cristianos.

La tabla 171 muestra que existen diferencias significativas entre Co, Cr y Mn entre el grupo muestral 2 (playas colindantes) y el grupo 3 (puerto de Los Cristianos), no existiendo diferencias significativas en el caso del Zn.

Por tanto, los estudios estadísticos anteriores demuestran que independientemente de la realización de pruebas paramétricas o no paramétricas, obtenemos diferencias significativas ($p > 0,05$) para todos los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) en los sedimentos entre alguno de los grupos muestrales analizados: control, puerto y playas colindantes a puerto en el área suroeste.

Desde las figuras 337 hasta la 344, se muestran los rangos de concentraciones medias de cada uno de los metales estudiados (Cd, Co, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb y Zn) encontrados entre los tres grupos muestrales estudiados: el puerto de Los Cristianos, sus playas colindantes y el control localizados en el área suroeste de la isla de Tenerife.

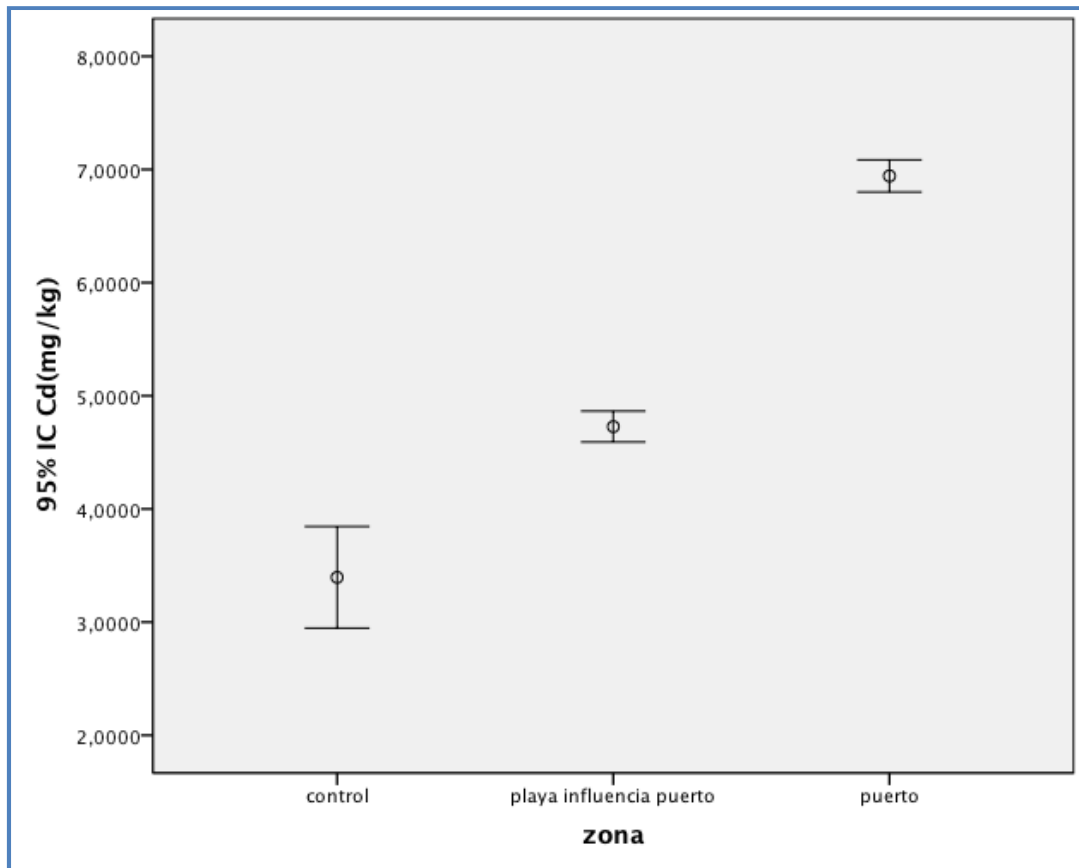


Figura 337: Concentraciones medias de Cd en $\mu\text{g}/\text{kg}$ del punto control, playa colindante y puerto de Los Cristianos.

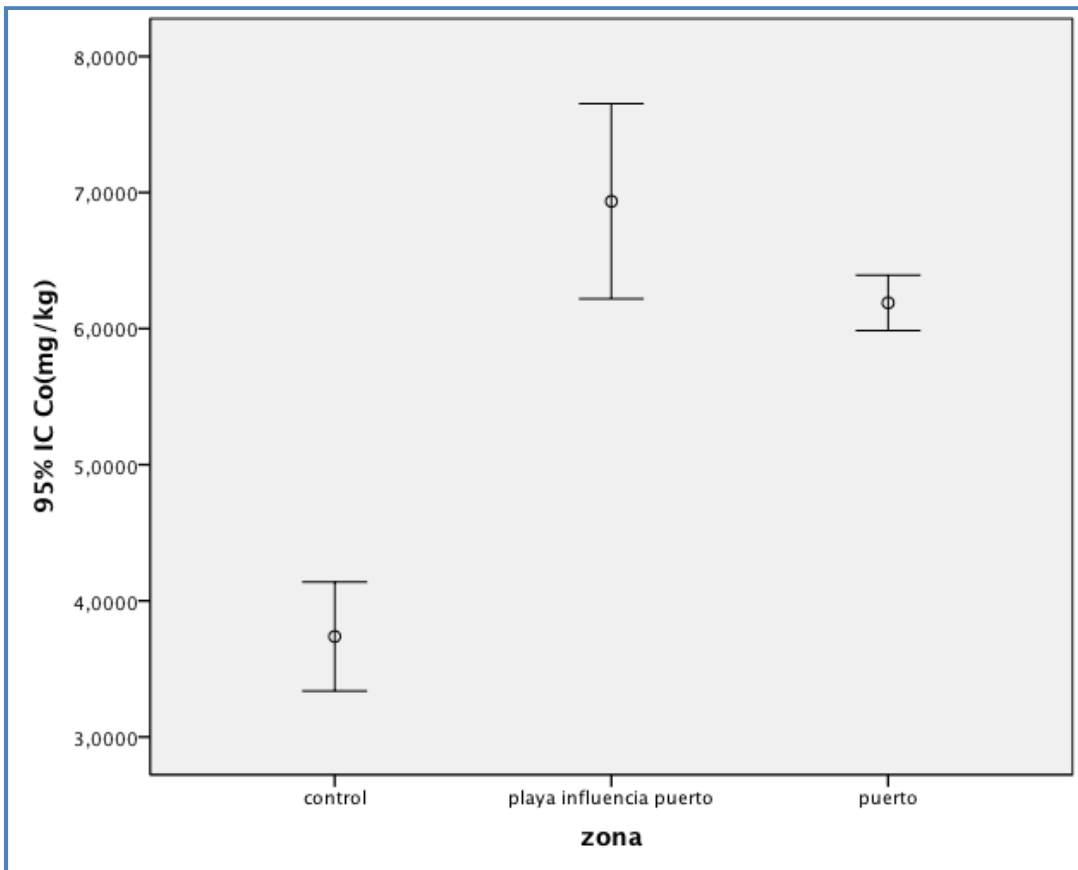


Figura 338: Concentraciones medias de Co en punto control, playa colindante y puerto de Los Cristianos.

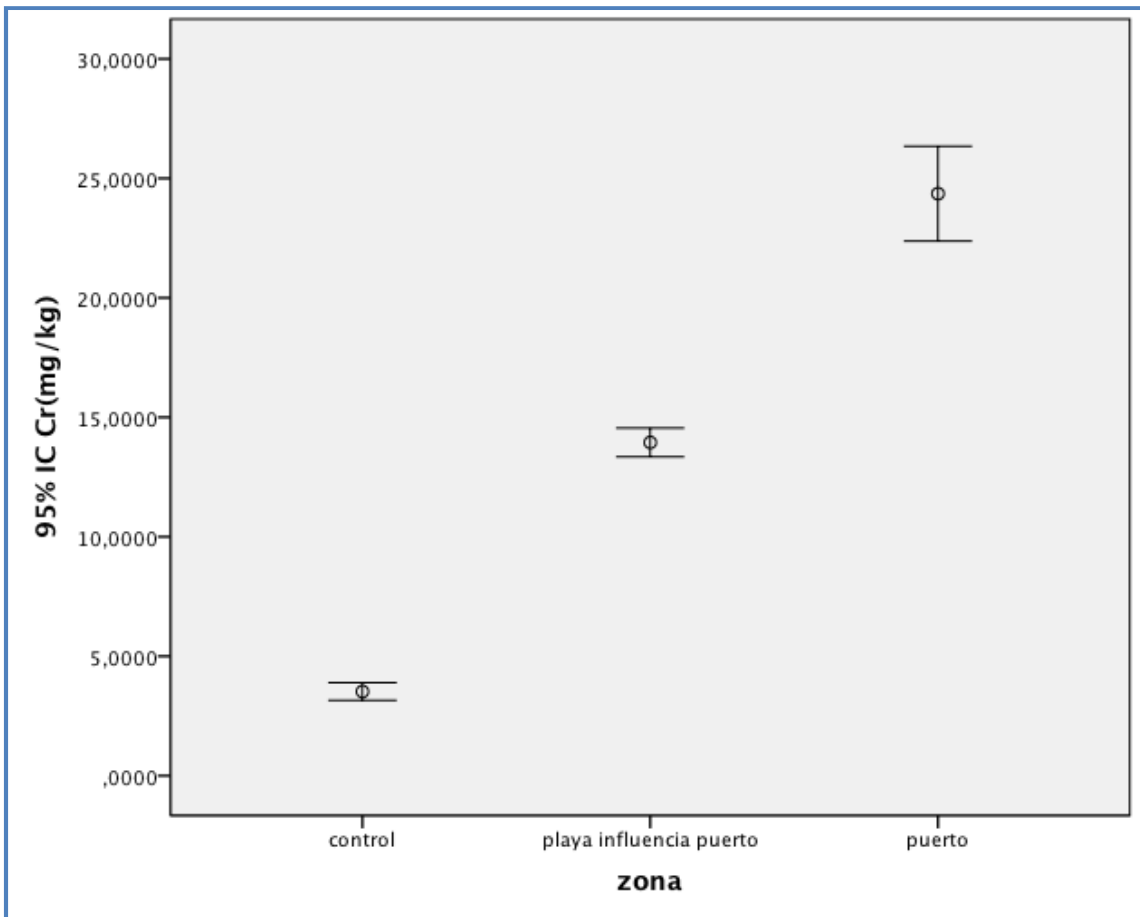


Figura 339: Concentraciones medias de Cr en punto control, playa colindante y puerto de Los Cristianos.

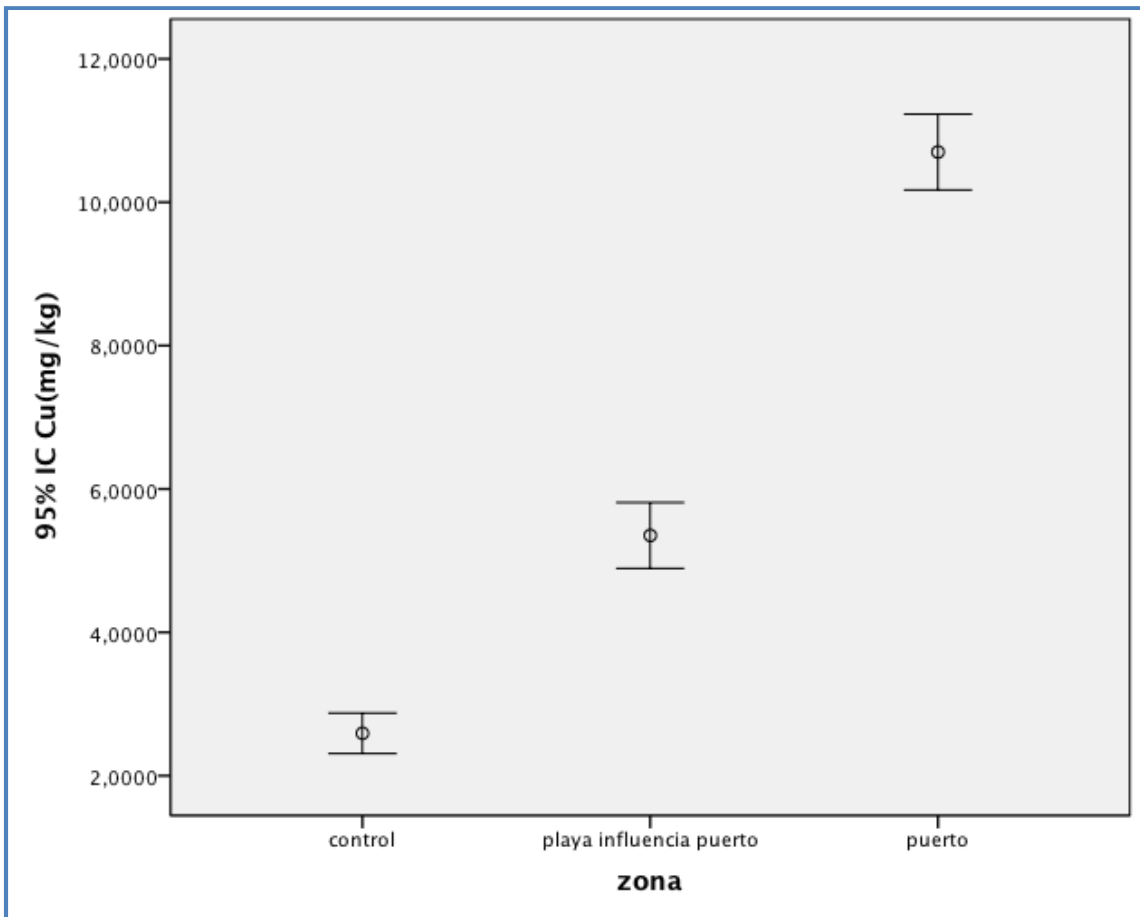


Figura 340: Concentraciones medias de Cu en punto control, playa colindante y puerto de Los Cristianos.

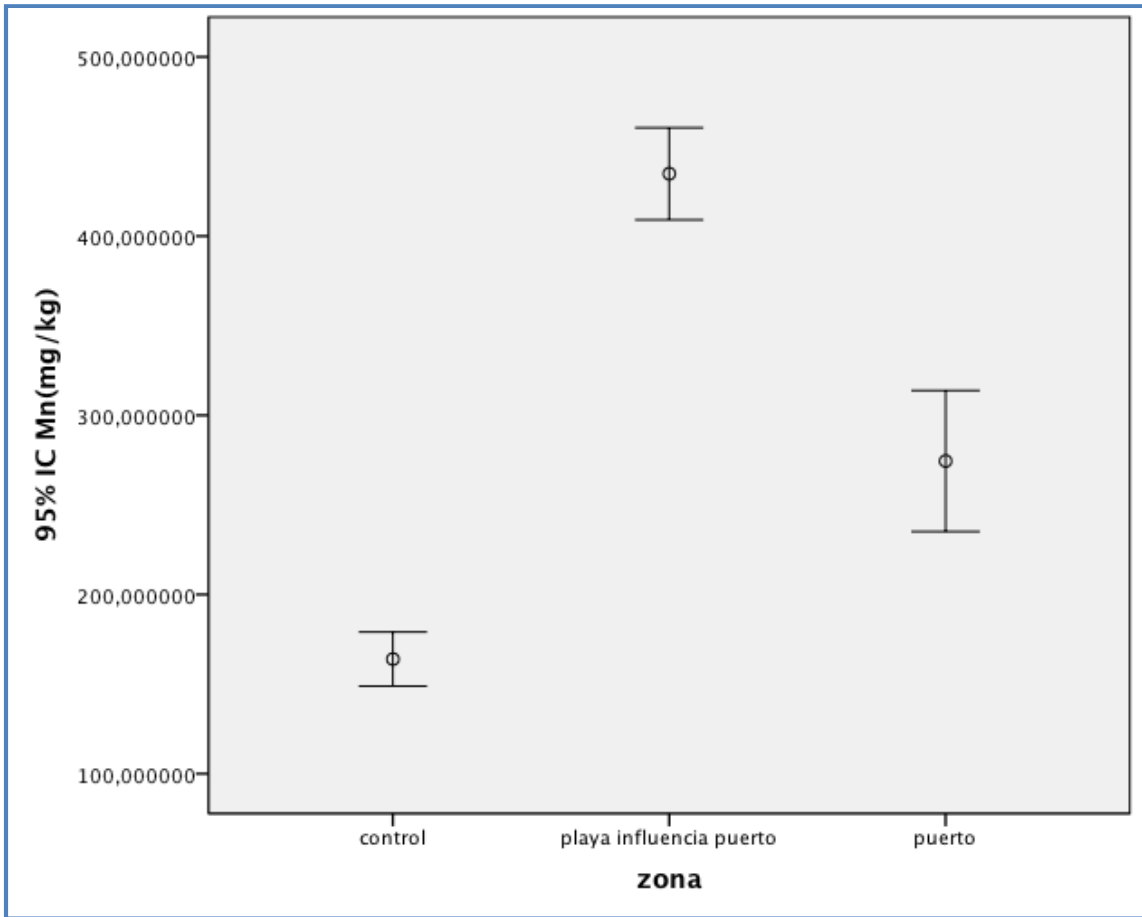


Figura 341: Concentraciones medias de Mn en punto control, playa colindante y puerto de Los Cristianos.

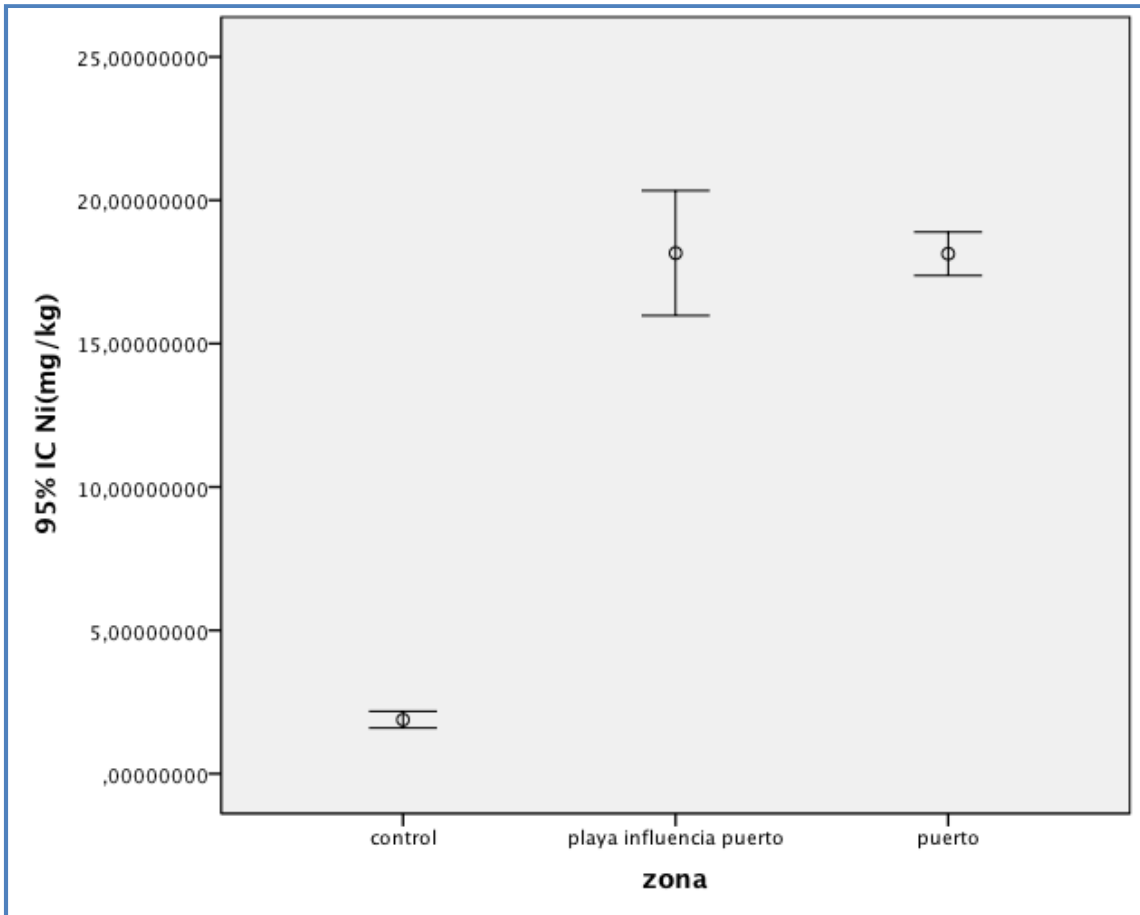


Figura 342: Concentraciones medias de Ni en punto control, playa colindante y puerto de Los Cristianos.

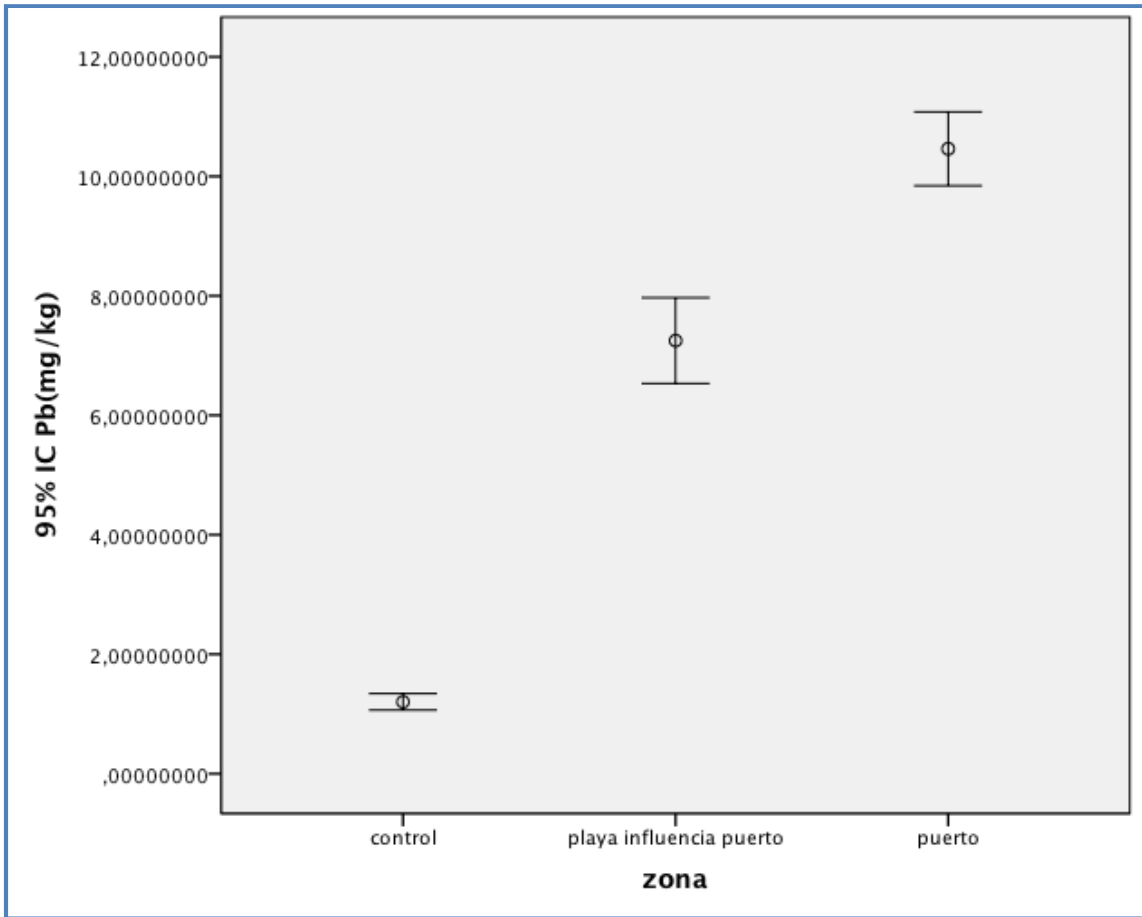


Figura 343: Concentraciones medias de Pb en punto control, playa colindante y puerto de Los Cristianos.

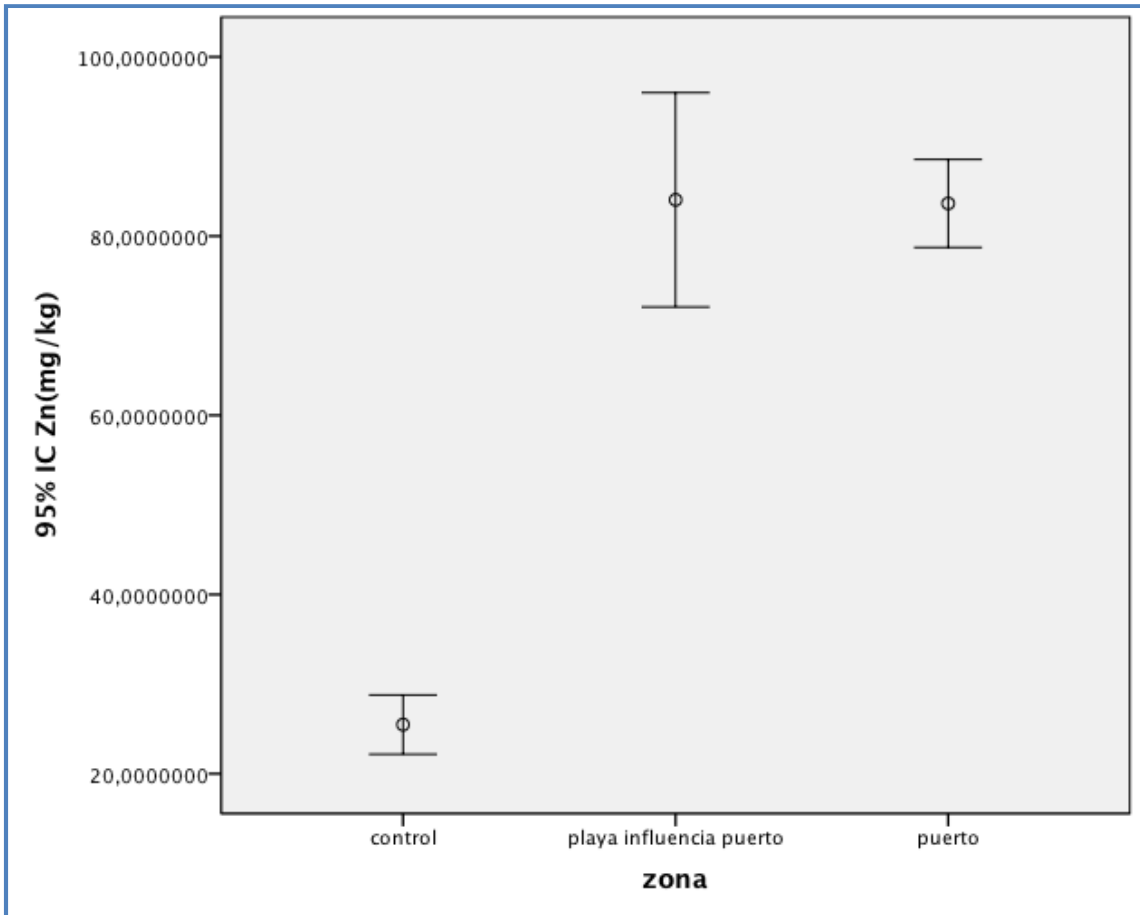


Figura 344: Concentraciones medias de Zn en punto control, playa colindante y puerto de Los Cristianos.

Una vez descritos los datos y la estadística entre el puerto de Los Cristianos, sus playas colindantes y el control de suroeste, pasamos a describir los datos y la estadística entre los once puntos de muestreo establecidos en el suroeste: 3 localizados en el puerto de Los Cristianos, 6 localizados en las playas colindantes a los puertos (3 en la playa de Los Cristianos y 3 en playa de Las Vistas) y 2 localizados en la playa Diego Hernández, macados como punto de control.

La tabla 172 muestra las concentraciones medias, desviaciones estándar, máximos y mínimos de metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) en sedimentos, obtenida en cada uno de los once puntos de muestreo establecidos en el área suroeste de la isla de Tenerife.

Tabla 172: Concentración media (C m), desviación estándar (DS), de metales en los puntos de muestreo del área nordeste de la isla de Tenerife (mg/kg p.s)

METALES	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
C m “Muelle”	0,068	6,07	32,42	8,73	157,03	20,24	8,28	83,75
DS	0,005	0,70	3,12	1,31	49,43	2,18	0,62	5,87
C m “Fondeo de Barcos”	0,070	6,10	18,48	12,20	170,88	15,14	9,67	65,85
DS	0,007	1,08	2,61	1,98	45,18	1,80	1,10	11,33
C m “Armas-Fred Olsen”	0,069	6,40	22,18	11,17	307,53	19,03	13,44	101,35
DS	0,004	0,45	7,52	0,87	133,89	1,96	1,03	17,28
C m “Las Vistas Derecha”	0,041	12,86	11,51	3,57	304,83	40,13	4,84	79,28
DS	0,003	3,20	1,35	0,47	77,20	9,55	1,00	49,25
C m “Las Vistas Centro”	0,043	4,81	12,58	2,79	396,86	19,15	3,41	116,75
DS	0,004	1,21	1,61	0,87	99,41	9,18	2,14	94,73
C m “Las Vistas Izquierda”	0,041	9,11	10,77	3,15	492,36	13,87	3,92	68,38
DS	0,006	1,53	1,93	0,23	45,77	8,50	1,62	119,21
C m “Los Cristianos Derecha”	0,057	4,67	14,70	7,69	566,86	10,89	11,01	81,01
DS	0,005	0,55	2,14	1,59	94,17	1,90	2,70	11,34
C m “Los Cristianos Centro”	0,051	4,85	15,85	7,10	540,47	12,40	10,61	83,59
DS	0,005	0,43	2,84	2,09	109,59	1,62	3,23	7,69
C m “Los Cristianos Izquierda”	0,050	5,31	18,26	7,82	456,25	12,49	9,71	75,27
DS	0,003	4,94	2,47	1,34	92,38	1,72	2,51	10,37
C m “Diego Hernández Derecha”	0,037	3,93	3,60	2,81	161,26	1,94	1,33	28,13
DS	0,015	1,31	1,13	0,88	86,74	1,08	0,45	11,32
C m “Diego Hernández Izquierda”	0,031	3,54	3,44	2,37	205,83	1,83	1,07	22,82
DS	0,013	1,20	1,19	0,84	52,10	0,73	0,39	8,74

La distribución de mayor a menor concentración de metales en sedimentos encontrada en los distintos puntos de muestreo difiere entre sí. Por un lado, los puntos de muestreo del “Muelle” y “Fondeo de Barcos” presentan la siguiente distribución Mn>Zn>Cr>Ni>Cu>Pb>Co>Cd. En el caso de los puntos de muestreo correspondientes al “Atrque Armas-Fred Olsen”, “Los Cristianos Centro” y “Los Cristianos Derecha”, la distribución de metales coincide, siendo su secuenciación la siguiente: Mn>Zn>Cr>Ni>Pb>Cu>Co>Cd. En el caso del punto de muestreo “Las Vistas Derecha”, la distribución es la siguiente: Mn>Zn>Ni>Co>Cr>Pb>Cu>Cd mientras que en el caso de “Las Vistas Centro” y “Las Vistas Izquierda”, la distribución de metales en del punto de muestreo es la siguiente: Mn>Zn>Ni>Cr>Co>Pb>Cu>Cd. El punto de muestreo “Los

Cristianos Derecha”, presenta una distribución de metales que coincide con la siguiente distribución: Mn>Zn>Cr>Pb>Ni>Cu>Co>Cd. Por último, los puntos de control “Diego Hernández Derecha” y “Diego Hernández Izquierda” presentan la misma secuenciación entre sí que responde a la siguiente distribución de metales: Mn>Zn>Co>Cr>Cu>Ni>Pb>Cd.

Una vez terminada la estadística descriptiva de los puntos de muestreo del área suroeste, pasamos a comprobar la existencia de diferencias significativas existentes entre los puntos de muestreo.

En primer lugar, para comprobar la existencia de normalidad de los datos, se usaron los test de Kolmogorov-Smirnov y de Shapiro-Wilk para cada uno de los metales (Cd, Co, Cu, Cr, Pb, Mn, Ni y Zn) de los sedimentos estudiados en los puntos de muestreo establecidos en el área suroeste (tabla 173).

Tabla 173: Pruebas de normalidad							
	Nombre SPSS	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cd	1	,156	20	,200*	,952	20	,401
	2	,165	20	,160	,934	20	,181
	3	,241	20	,004	,652	20	,000
	4	,165	20	,157	,917	20	,087
	5	,288	20	,000	,836	20	,003
	6	,363	20	,000	,667	20	,000
	7	,319	20	,000	,730	20	,000
	8	,163	20	,168	,946	20	,316
	9	,173	20	,117	,943	20	,275
	10	,223	20	,010	,873	20	,013
	11	,234	20	,005	,758	20	,000
Co	1	,139	20	,200*	,951	20	,377
	2	,178	20	,096	,896	20	,034
	3	,219	20	,013	,835	20	,003
	4	,149	20	,200*	,935	20	,193
	5	,247	20	,002	,795	20	,001
	6	,457	20	,000	,297	20	,000
	7	,217	20	,015	,893	20	,031
	8	,173	20	,118	,901	20	,043
	9	,161	20	,189	,933	20	,176
	10	,204	20	,028	,846	20	,004
	11	,114	20	,200*	,900	20	,042
Cr	1	,124	20	,200*	,951	20	,377

	2	,208	20	,024	,900	20	,041
	3	,133	20	,200*	,957	20	,486
	4	,164	20	,165	,836	20	,003
	5	,209	20	,022	,886	20	,022
	6	,238	20	,004	,872	20	,013
	7	,167	20	,148	,915	20	,079
	8	,094	20	,200*	,960	20	,541
	9	,203	20	,030	,909	20	,060
	10	,364	20	,000	,411	20	,000
	11	,329	20	,000	,693	20	,000
Cu	1	,143	20	,200*	,955	20	,448
	2	,153	20	,200*	,887	20	,024
	3	,097	20	,200*	,986	20	,987
	4	,209	20	,022	,850	20	,005
	5	,264	20	,001	,795	20	,001
	6	,120	20	,200*	,960	20	,546
	7	,179	20	,091	,924	20	,117
	8	,157	20	,200*	,903	20	,048
	9	,207	20	,024	,907	20	,057
	10	,095	20	,200*	,975	20	,847
	11	,143	20	,200*	,932	20	,172
Mn	1	,144	20	,200*	,900	20	,041
	2	,159	20	,197	,896	20	,035
	3	,185	20	,071	,820	20	,002
	4	,108	20	,200*	,950	20	,361
	5	,138	20	,200*	,904	20	,049
	6	,157	20	,200*	,914	20	,075
	7	,236	20	,005	,759	20	,000
	8	,258	20	,001	,854	20	,006
	9	,213	20	,018	,803	20	,001
	10	,205	20	,027	,895	20	,033
	11	,265	20	,001	,800	20	,001
Ni	1	,166	20	,151	,931	20	,160
	2	,291	20	,000	,722	20	,000
	3	,390	20	,000	,396	20	,000
	4	,134	20	,200*	,929	20	,149
	5	,141	20	,200*	,905	20	,052
	6	,154	20	,200*	,946	20	,313
	7	,119	20	,200*	,953	20	,423
	8	,094	20	,200*	,975	20	,853
	9	,088	20	,200*	,952	20	,402
	10	,221	20	,012	,845	20	,004
	11	,224	20	,010	,841	20	,004

Pb	1	,140	20	,200*	,955	20	,448
	2	,185	20	,070	,918	20	,092
	3	,181	20	,087	,912	20	,069
	4	,234	20	,005	,845	20	,004
	5	,141	20	,200*	,928	20	,139
	6	,136	20	,200*	,920	20	,100
	7	,233	20	,006	,831	20	,003
	8	,147	20	,200*	,944	20	,287
	9	,248	20	,002	,878	20	,016
	10	,292	20	,000	,586	20	,000
	11	,170	20	,132	,938	20	,219
Zn	1	,176	20	,105	,954	20	,432
	2	,182	20	,080	,929	20	,150
	3	,321	20	,000	,445	20	,000
	4	,181	20	,084	,800	20	,001
	5	,202	20	,032	,843	20	,004
	6	,123	20	,200*	,946	20	,305
	7	,130	20	,200*	,969	20	,739
	8	,171	20	,126	,947	20	,321
	9	,222	20	,011	,930	20	,156
	10	,131	20	,200*	,919	20	,094
	11	,274	20	,000	,766	20	,000
a. Corrección de la significación de Lilliefors							
*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.							

Una vez comprobada la normalidad de los resultados, se llevó a cabo el estudio de la homogeneidad de las varianzas con el test de Levene, para cada uno de los metales estudiados en los dos puntos de muestreo establecidos (tabla 174).

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Cd	Basándose en la media	10,903	10	209	,000
	Basándose en la mediana.	10,091	10	209	,000
	Basándose en la mediana y con gl corregido	10,091	10	115,732	,000
	Basándose en la media recortada	10,794	10	209	,000
Co	Basándose en la media	3,233	10	209	,001
	Basándose en la mediana.	1,520	10	209	,134
	Basándose en la mediana y con gl corregido	1,520	10	37,377	,171
	Basándose en la media recortada	1,940	10	209	,041

Cr	Basándose en la media	9,577	10	209	,000
	Basándose en la mediana.	3,583	10	209	,000
	Basándose en la mediana y con gl corregido	3,583	10	41,570	,002
	Basándose en la media recortada	7,691	10	209	,000
Cu	Basándose en la media	9,377	10	209	,000
	Basándose en la mediana.	7,782	10	209	,000
	Basándose en la mediana y con gl corregido	7,782	10	110,445	,000
	Basándose en la media recortada	9,047	10	209	,000
Mn	Basándose en la media	2,843	10	209	,002
	Basándose en la mediana.	1,846	10	209	,055
	Basándose en la mediana y con gl corregido	1,846	10	139,764	,058
	Basándose en la media recortada	2,506	10	209	,007
Ni	Basándose en la media	8,457	10	209	,000
	Basándose en la mediana.	7,074	10	209	,000
	Basándose en la mediana y con gl corregido	7,074	10	61,363	,000
	Basándose en la media recortada	7,729	10	209	,000
Pb	Basándose en la media	11,517	10	209	,000
	Basándose en la mediana.	7,113	10	209	,000
	Basándose en la mediana y con gl corregido	7,113	10	81,495	,000
	Basándose en la media recortada	10,697	10	209	,000
Zn	Basándose en la media	7,330	10	209	,000
	Basándose en la mediana.	4,028	10	209	,000
	Basándose en la mediana y con gl corregido	4,028	10	38,803	,001
	Basándose en la media recortada	5,118	10	209	,000

Una vez comprobada la normalidad y homogeneidad de las concentraciones medias obtenidas de metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) en los sedimentos de los puntos de muestreo del área suroeste, se comprobó la necesidad del uso de test paramétrico o test no paramétricos.

Para todos los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) en los puntos de muestreo del área suroeste, fue necesario llevar a cabo pruebas no paramétricas, aplicando el test de Mann-Whitney y el de Kruskal-Wallis. El resumen de las pruebas de hipótesis para pruebas no paramétricas, demostraron diferencias significativas para todos los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn). En las

siguientes tablas se detallan los estadísticos de contraste para conocer los 11 puntos de muestreo en los que se daban estas diferencias.

La tabla 175 muestra la estadística de contraste entre el punto 1 (“Diego Hernández Izquierda”) y 2 (“Diego Hernández Derecha”). La tabla muestra que no existen diferencias significativas para ningún metal entre los puntos estudiados.

Tabla 175: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 1 y 2								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	162,50 0	164,50 0	191,50 0	136,50 0	158,50 0	195,50 0	130,50 0	145,00 0
W de Wilcoxon	372,50 0	374,50 0	401,50 0	346,50 0	368,50 0	405,50 0	340,50 0	355,00 0
Z	-1,014	-,960	-,230	-1,718	-1,123	-,122	-1,880	-1,488
Sig. asintót. (bilateral)	,310	,337	,818	,086	,262	,903	,060	,137
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,314 ^a	,341 ^a	,820 ^a	,086 ^a	,265 ^a	,904 ^a	,060 ^a	,142 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 176 muestra la estadística de contraste entre el punto (“Diego Hernández Izquierda”) y 3 (“Las Vistas Izquierda”). La tabla muestra que existen diferencias significativas para todos los metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) entre el punto de muestreo 1 (“Diego Hernández Izquierda”) y 3 (“Las Vistas Izquierda”).

Tabla 176: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 1 y 3								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	94,000	,000	,000	77,000	23,000	,000	,000	108,000
W de Wilcoxon	304,00 0	210,00 0	210,00 0	287,00 0	233,00 0	210,00 0	210,00 0	318,00 0
Z	-2,867	-5,410	-5,410	-3,327	-4,788	-5,410	-5,410	-2,489
Sig. asintót. (bilateral)	,004	,000	,000	,001	,000	,000	,000	,013

Tabla 176: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 1 y 3								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	94,000	,000	,000	77,000	23,000	,000	,000	108,000
W de Wilcoxon	304,000	210,000	210,000	287,000	233,000	210,000	210,000	318,000
Z	-2,867	-5,410	-5,410	-3,327	-4,788	-5,410	-5,410	-2,489
Sig. asintót. (bilateral)	,004	,000	,000	,001	,000	,000	,000	,013
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,004 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,001 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,012 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 177 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 1 (“Diego Hernández Izquierda”) y el punto 4 (“Las Vistas Centro”). La tabla muestra la existencia de diferencias significativas para los metales Cd, Co, Cr, Mn, Ni, Pb y Zn, no existiendo diferencias significativas para el Cu entre los puntos estudiados.

Tabla 177: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 1 y 4								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	78,000	96,500	,000	153,000	16,000	,000	36,000	14,000
W de Wilcoxon	288,000	306,500	210,000	363,000	226,000	210,000	246,000	224,000
Z	-3,300	-2,800	-5,410	-1,271	-4,977	-5,410	-4,436	-5,032
Sig. asintót. (bilateral)	,001	,005	,000	,204	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,001 ^a	,004 ^a	,000 ^a	,211 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 178 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 1 (Diego Hernández Izquierda) y el punto 5 (Las Vistas Derecha). Tal y como se aprecia en la tabla, existen diferencias significativas para todos los metales estudiados entre el punto 1(Diego Hernández Izquierda) y el punto 5 (Las Vistas Derecha)

Tabla 178: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 1 y 5								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	94,000	9,000	,000	43,000	,000	,000	,000	24,000
W de Wilcoxon	304,000	219,000	210,000	253,000	210,000	210,000	210,000	234,000
Z	-2,867	-5,167	-5,410	-4,247	-5,410	-5,410	-5,410	-4,761
Sig. asintót. (bilateral)	,004	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,004 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 179 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 1 (“Diego Hernández Izquierda”) y el punto 6 (“Los Cristianos Izquierda”). Tal y como se aprecia en la tabla, existen diferencias significativas para todos los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) entre los puntos establecidos.

Tabla 179: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 1 y 6								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	23,000	120,500	,000	,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	233,000	330,500	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000
Z	-4,788	-2,151	-5,410	-5,410	-5,410	-5,410	-5,410	-5,410

Sig. asintót. (bilateral)	,000	,032	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,030 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 180 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 1 (“Diego Hernández Izquierda”) y el punto 7 (“Los Cristianos Centro”). Tal y como se aprecia en la tabla, existen diferencias significativas en todos los metales entre el punto 1 (“Diego Hernández Izquierda”) y el punto 7 (“Los Cristianos Centro”).

Tabla 180: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 1 y 7								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	22,000	70,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	232,000	280,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000
Z	-4,815	-3,517	-5,410	-5,410	-5,410	-5,410	-5,410	-5,410
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 181 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 1 (“Diego Hernández Izquierda”) y el punto 8 (“Los Cristianos Derecha”). Tal y como muestra la tabla, existen diferencias significativas para todos los metales entre los puntos.

Tabla 181: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 1 y 8								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	2,000	80,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	212,000	290,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000
Z	-5,356	-3,246	-5,410	-5,410	-5,410	-5,410	-5,410	-5,410
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,001	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,001 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 182 muestra la estadística de contraste entre el punto 1 (“Diego Hernández Izquierda”) y el punto 9 (“Muelle”). Tal y como se puede ver en la tabla, existen diferencias significativas para todos los metales entre los puntos estudiados en la tabla 182.

Tabla 182: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 1 y 9								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	,000	8,000	,000	,000	9,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	210,000	218,000	210,000	210,000	219,000	210,000	210,000	210,000
Z	-5,410	-5,194	-5,410	-5,410	-5,167	-5,410	-5,410	-5,410
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 183 muestra la estadística de contraste entre el punto 1 (“Diego Hernández Izquierda”) y el punto 10 (“Fondeo de Barcos”). La tabla muestra que existen diferencias significativas para todos los metales excepto el Mn, entre el punto 1 (“Diego Hernández Izquierda”) y el punto 10 (“Fondeo de Barcos”), en el caso del Mn, no existen diferencias significativas entre los puntos.

Tabla 183: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 1 y 10								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	,000	11,000	,000	,000	168,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	210,000	221,000	210,000	210,000	378,000	210,000	210,000	210,000
Z	-5,410	-5,112	-5,410	-5,410	-,866	-5,410	-5,410	-5,410
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,387	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,398 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 184 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 1 (“Diego Hernández Izquierda”) y el punto 11 (“Atrake Armas-Fred Olsen”). La tabla pone de manifiesto la existencia de diferencias significativas para todos los metales entre los puntos 1 y 11.

Tabla 184: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 1 y 11								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	,000	4,000	,000	,000	114,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	210,000	214,000	210,000	210,000	324,000	210,000	210,000	210,000
Z	-5,410	-5,302	-5,410	-5,410	-2,326	-5,410	-5,410	-5,410
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,020	,000	,000	,000

Tabla 184: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 1 y 11								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	,000	4,000	,000	,000	114,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	210,000	214,000	210,000	210,000	324,000	210,000	210,000	210,000
Z	-5,410	-5,302	-5,410	-5,410	-2,326	-5,410	-5,410	-5,410
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,020	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,020 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

Por último y a modo de resumen, la tabla 185 muestra las diferencias significativas existentes entre los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) entre el punto de muestreo 1 (“Diego Hernández Izquierda”) y el resto de los puntos de muestreo.

Tabla 185: Resumen de la existencia de diferencias significativas entre el punto 1 (“Diego Hernández Izquierda”) y el resto de los puntos de muestreo.								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
2: Diego Hernández Derecha	No	No	No	No	No	No	No	No
3: Las Vistas Izquierda	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
4: Las Vistas Centro	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si
5: Las Vistas Derecha	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
6: Los Cristianos Izquierda	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
7: Los Cristianos Centro	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
8: Los Cristianos Derecha	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
9: Muelle	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
10: Fondeo Barcos	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si
11: Atraque Armas-Fred	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Olsen								
-------	--	--	--	--	--	--	--	--

Tal y como se comprueba en la tabla 185, los únicos puntos que no presenta diferencias significativas entre los metales es el punto 1 (“Diego Hernández Izquierda”) con respecto al punto 2 (“Diego Hernández Derecha”), debido a que obviamente corresponden a la misma playa de control. Además no existen diferencias significativas en cuanto a Cu en el punto de muestreo de “Las Vistas Centro” y en cuanto a Mn en el punto de muestreo perteneciente al “Fondeo de Barcos” del puerto de Los Cristianos.

En las siguientes tablas (186 hasta 194), se lleva a cabo el estudio de los estadísticos de contraste en pruebas no paramétricas entre el punto de muestreo de “Diego Hernández Derecha” (punto de muestreo 2) y el resto de los puntos de muestreo.

La tabla 186 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 2 (“Diego Hernández Derecha”) y el punto 3 (“Las Vistas Izquierda”). La tabla muestra la existencia de diferencias significativas para los metales Co, Cr, Mn, Ni y Pb; no existiendo diferencias significativas para el Cd, Cu y Zn, entre el punto 2 (“Diego Hernández Derecha”) y el punto 3 (“Las Vistas Izquierda”).

Tabla 186: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 2 y 3								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	161,000	1,000	,000	169,000	51,500	,000	,000	158,000
W de Wilcoxon	371,000	211,000	210,000	379,000	261,500	210,000	210,000	368,000
Z	-1,055	-5,383	-5,410	-,839	-4,017	-5,410	-5,410	-1,136
Sig. asintót. (bilateral)	,291	,000	,000	,402	,000	,000	,000	,256
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,301 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,414 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,265 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 187 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 2 (“Diego Hernández Derecha”) y el punto 4 (“Las Vistas Centro”). En la tabla se observa que existen diferencias significativas para Co, Cr, Mn, Ni, Pb y Zn, no existen diferencias significativas para Cd y Cu entre los puntos.

Tabla 187: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 2 y 4								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	149,000	124,000	,000	184,000	27,000	,000	66,000	40,000
W de Wilcoxon	359,000	334,000	210,000	394,000	237,000	210,000	276,000	250,000
Z	-1,380	-2,056	-5,410	-,433	-4,680	-5,410	-3,625	-4,328
Sig. asintót. (bilateral)	,168	,040	,000	,665	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,174 ^a	,040 ^a	,000 ^a	,678 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 188 muestra la estadística de contraste entre el punto 2 (“Diego Hernández Derecha”) y el punto 5 (“Las Vistas Derecha”). La tabla muestra la existencia de diferencias significativas para todos los metales excepto para el Cd, entre los puntos.

Tabla 188: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 2 y 5								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	160,000	11,000	,000	106,000	,000	,000	,000	44,000
W de Wilcoxon	370,000	221,000	210,000	316,000	210,000	210,000	210,000	254,000
Z	-1,082	-5,112	-5,410	-2,543	-5,410	-5,410	-5,410	-4,220
Sig. asintót. (bilateral)	,279	,000	,000	,011	,000	,000	,000	,000

Tabla 188: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 2 y 5								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	160,000	11,000	,000	106,000	,000	,000	,000	44,000
W de Wilcoxon	370,000	221,000	210,000	316,000	210,000	210,000	210,000	254,000
Z	-1,082	-5,112	-5,410	-2,543	-5,410	-5,410	-5,410	-4,220
Sig. asintót. (bilateral)	,279	,000	,000	,011	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,289 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,010 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 189 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 2 (“Diego Hernández Derecha”) y el punto 6 (“Los Cristianos Izquierda”). Tal y como muestra en la tabla, existen diferencias significativas para todos los metales excepto para Co, entre los puntos estudiados.

Tabla 189: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 2 y 6								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	111,000	162,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	321,000	372,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000
Z	-2,407	-1,028	-5,410	-5,410	-5,410	-5,410	-5,410	-5,410
Sig. asintót. (bilateral)	,016	,304	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,015 ^a	,314 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 190 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 2 (“Diego Hernández Derecha”) y el punto 7 (“Los Cristianos Centro”). Tal y como se aprecia en la tabla, existen diferencias significativas para todos los metales excepto para Co, entre los puntos estudiados.

Tabla 190: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 2 y 7								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	103,000	134,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	313,000	344,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000
Z	-2,624	-1,785	-5,410	-5,410	-5,410	-5,410	-5,410	-5,410
Sig. asintót. (bilateral)	,009	,074	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,008 ^a	,076 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 191 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 2 (“Diego Hernández Derecha”) y el punto 8 (“Los Cristianos Derecha”). En la tabla se comprueba que existen diferencias significativas para todos los metales entre los puntos estudiados en la tabla 191.

Tabla 191: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 2 y 8								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	49,000	140,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	259,000	350,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000
Z	-4,085	-1,623	-5,410	-5,410	-5,410	-5,410	-5,410	-5,410
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,105	,000	,000	,000	,000	,000	,000

Tabla 191: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 2 y 8								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	49,000	140,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	259,000	350,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000	210,000
Z	-4,085	-1,623	-5,410	-5,410	-5,410	-5,410	-5,410	-5,410
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,105	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,108 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 192 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 2 (“Diego Hernández Derecha”) y el punto 9 (“Muelle”) en donde se aprecia que existen diferencias significativas para todos los metales estudiados entre el punto control y el punto perteneciente al puerto de Los Cristianos.

Tabla 192: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 2 y 9								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	4,000	24,000	,000	,000	9,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	214,000	234,000	210,000	210,000	219,000	210,000	210,000	210,000
Z	-5,302	-4,761	-5,410	-5,410	-5,167	-5,410	-5,410	-5,410
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 193 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 2 (“Diego Hernández Derecha”) y el punto 10 (“Fondeo Barcos”). Tal y como se aprecia en la tabla, existen diferencias significativas para todos los metales excepto para el Mn, entre el punto control y el punto perteneciente al puerto de Los Cristianos.

Tabla 193: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 2 y 10								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	2,000	29,000	,000	,000	148,000	,000	,000	2,000
W de Wilcoxon	212,000	239,000	210,000	210,000	358,000	210,000	210,000	212,000
Z	-5,356	-4,626	-5,410	-5,410	-1,407	-5,410	-5,410	-5,356
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,160	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,165 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 194 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 2 (“Diego Hernández Derecha”) y el punto 11 (“Atraque Armas-Fred Olsen”). Tal y como se aprecia en la tabla, existen diferencias significativas para todos los metales excepto para Mn entre el punto 2 y el punto 11.

Tabla 194: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 2 y 11								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	2,000	7,000	,000	,000	133,000	,000	,000	,000
W de Wilcoxon	212,000	217,000	210,000	210,000	343,000	210,000	210,000	210,000
Z	-5,356	-5,221	-5,410	-5,410	-1,812	-5,410	-5,410	-5,410

Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,070	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,072 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La siguiente tabla muestra a modos de resumen las diferencias significativas existentes en los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) entre el punto de muestreo 2 (“Diego Hernández Derecha”) y el resto de los puntos de muestreo (tabla 195).

Tabla 195: Resumen de la existencia de diferencias significativas entre el punto 2 (“Diego Hernández Derecha”) y el resto de los puntos de muestreo								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
3: Las Vistas Izquierda	No	Si	Si	No	Si	Si	Si	No
4: Las Vistas Centro	No	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si
5: Las Vistas Derecha	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
6: Los Cristianos Izquierda	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si
7: Los Cristianos Centro	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si
8: Los Cristianos Derecha	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si
9: Muelle	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
10: Fondeo Barcos	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si
11: Atraque Armas-Fred Olsen	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si

Tal y como se comprueba en la tabla anterior, existen diferencias significativas para todos los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Pb, Mn, Ni y Zn) entre el punto 2 (“Diego Hernández Derecha”) y el resto de los puntos de muestreo con la excepción del Cd, Cu y Zn entre el punto 2 (“Diego Hernández Derecha”) y el 3 (“Las Vistas Izquierda”); el Cd y el Cu entre el punto 2 y el punto 4 (“Las Vistas Centro”); el Co

entre el punto 2 y el punto 6 (“Los Cristianos Izquierda”), entre el punto 2 y el 7 (“Los Cristianos Centro”), entre el punto 2 y 8 (“Los Cristianos Derecha”); y por último para el Mn entre el punto 2 y los puntos 10 (“Fondeo de Barcos”) y entre el punto 2 y el 11 (“Atraque Armas-Fred Olsen”).

De esta forma se comprueba que en el caso del suroeste no existe una diferenciación tan clara entre el punto de control y el resto de los puntos de muestreo como se comprobó en el área nordeste. Esto quiere decir que en el caso del área suroeste, los sedimentos presentan concentraciones más homogéneas entre sí entre los puntos de muestreo y por tanto menos problemas de acumulación.

Expuestas las diferencias significativas de los estadísticos de contraste del punto de muestreo control “Diego Hernández Derecha” con el resto de los puntos, se lleva a cabo el estudio de los estadísticos de contraste entre el punto de muestreo playa de “Las Vistas Izquierda” y el resto de los puntos (tabla 196 hasta 203).

La tabla 196 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 3 (playa colindante al puerto “Las Vistas Izquierda”) y el punto 4 (playa colindante “Las Vistas Centro”). Tal y como se muestra en la tabla, existen diferencias significativas para los metales Co, Cr, Ni y Zn entre el punto 3 y el 4. Por otro lado, se demuestra que no existen diferencias significativas para los Cd, Cu, Mn y Pb entre los puntos de muestreo estudiados.

Tabla 196: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 3 y 4								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	134,000	7,000	93,000	196,000	180,000	115,000	148,000	84,000
W de Wilcoxon	344,000	217,000	303,000	406,000	390,000	325,000	358,000	294,000
Z	-1,785	-5,221	-2,894	-,108	-,541	-2,299	-1,407	-3,138
Sig. asintót. (bilateral)	,074	,000	,004	,914	,589	,021	,160	,002
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,076 ^a	,000 ^a	,003 ^a	,925 ^a	,602 ^a	,021 ^a	,165 ^a	,001 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 197 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 3 (“Las Vistas Izquierda”) y el punto 5 (“Las Vistas Derecha”). En la tabla se aprecia que existen diferencias significativas para todos los metales, excepto para Cd y Cr entre los puntos establecidos en la tabla 197.

Tabla 197: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 3 y 5								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	185,000	48,000	173,000	42,000	92,000	31,000	119,000	112,000
W de Wilcoxon	395,000	258,000	383,000	252,000	302,000	241,000	329,000	322,000
Z	-,406	-4,112	-,730	-4,274	-2,921	-4,571	-2,191	-2,380
Sig. asintót. (bilateral)	,685	,000	,465	,000	,003	,000	,028	,017
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,698 ^a	,000 ^a	,478 ^a	,000 ^a	,003 ^a	,000 ^a	,028 ^a	,017 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 198 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 3 (“Las Vistas Izquierda2”) y el punto 6 (“Los Cristianos Izquierda”). En la tabla se aprecia que existen diferencias significativas para todos los metales estudiados excepto para Ni entre el punto 3 y el punto 6.

Tabla 198: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 3 y 6								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	20,000	20,000	2,000	,000	39,000	168,000	6,000	82,000
W de Wilcoxon	230,000	230,000	212,000	210,000	249,000	378,000	216,000	292,000
Z	-4,869	-4,869	-5,356	-5,410	-4,355	-,866	-5,248	-3,192

Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,387	,000	,001
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,398 ^a	,000 ^a	,001 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

En la tabla 199 se comprueba las estadísticas de contraste entre el punto 3 (“Las Vistas Izquierda”) y el punto 7 (“Los Cristianos Centro”). En la tabla se aprecia que existen diferencias significativas para todos los metales excepto para Ni entre los puntos estudiados en la tabla 199.

Tabla 199: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 3 y 7								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	20,000	,000	28,000	,000	32,000	175,000	2,000	80,000
W de Wilcoxon	230,000	210,000	238,000	210,000	242,000	385,000	212,000	290,000
Z	-4,869	-5,410	-4,653	-5,410	-4,544	-,676	-5,356	-3,246
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,499	,000	,001
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,512 ^a	,000 ^a	,001 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 200 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 3 (“Las Vistas Izquierda”) y el punto 8 (“Los Cristianos Derecha”). La tabla muestra que existen diferencias significativas para todos los metales excepto para Ni entre el punto 3 el punto 8.

Tabla 200: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 3 y 8								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	18,000	,000	32,000	,000	34,000	131,000	1,000	80,000
W de Wilcoxon	228,000	210,000	242,000	210,000	244,000	341,000	211,000	290,000
Z	-4,923	-5,410	-4,545	-5,410	-4,490	-1,866	-5,383	-3,246
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,062	,000	,001
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,063 ^a	,000 ^a	,001 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 201 muestra la estadística de contraste entre el punto 3 (“Las Vistas Izquierda”) y el punto 9 (“Muelle”). Tal y como muestra la tabla, existen diferencias significativas para todos los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) entre los puntos establecidos.

Tabla 201: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 3 y 9								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	4,000	13,000	,000	,000	71,000	21,000	,000	80,000
W de Wilcoxon	214,000	223,000	210,000	210,000	281,000	231,000	210,000	290,000
Z	-5,302	-5,058	-5,410	-5,410	-3,489	-4,842	-5,410	-3,246
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,001
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,001 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 202 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 3 (“Las Vistas Izquierda”) y el punto 10 (“Fondeo de Barcos”). En la tabla se aprecia que existen diferencias significativas para todos los metales entre los puntos estudiados.

Tabla 202: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 3 y 10								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	2,000	28,000	,000	,000	50,000	48,000	,000	90,000
W de Wilcoxon	212,000	238,000	210,000	210,000	260,000	258,000	210,000	300,000
Z	-5,356	-4,653	-5,410	-5,410	-4,058	-4,112	-5,410	-2,976
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,003
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,002 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 203 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 3 (“Las Vistas Izquierda”) y el punto 11 (“Atraque Armas-Fred Olsen”). En la tabla se comprueba que existen diferencias significativas para todos los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) entre los puntos.

Tabla 203: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 3 y 11								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	2,000	19,000	,000	,000	69,000	20,000	,000	66,000
W de Wilcoxon	212,000	229,000	210,000	210,000	279,000	230,000	210,000	276,000
Z	-5,356	-4,896	-5,410	-5,410	-3,544	-4,869	-5,410	-3,625
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000

Tabla 203: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 3 y 11								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	2,000	19,000	,000	,000	69,000	20,000	,000	66,000
W de Wilcoxon	212,000	229,000	210,000	210,000	279,000	230,000	210,000	276,000
Z	-5,356	-4,896	-5,410	-5,410	-3,544	-4,869	-5,410	-3,625
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 204 muestra a modos de resumen las diferencias significativas existentes en los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) entre el punto de muestreo 3 (“Las Vistas Izquierda”) y el resto de los puntos de muestreo.

Tabla 204: Resumen de la existencia de diferencias significativas entre el punto 3 (“Las Vistas Izquierda”) y el resto de los puntos de muestreo								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
4: Las Vistas Centro	No	Si	Si	No	No	Si	No	Si
5: Las Vistas Derecha	No	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si
6: Los Cristianos Izquierda	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si
7: Los Cristianos Centro	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si
8: Los Cristianos Derecha	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si
9: Muelle	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
10: Fondeo Barcos	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
11: Atraque Armas-Fred Olsen	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Tal y como se comprueba en la tabla 204, no existen diferencias significativas entre el punto 3 (“Las Vistas Izquierda”) y el los puntos de muestreo en los siguientes casos específicos: entre el punto 3 (“Las Vistas Izquierda”) y el punto 4 (“Las Vistas

Centro”) para los metales Cd, Cu, Mn y Pb; entre el punto 3 y el 5 (“Las Vistas Derecha”) para los metales Cd y Cr; entre el punto 3 y el 6 (“Los Cristianos Izquierda”), entre el punto 3 y el 7 (“Los Cristianos Centros”) y entre el punto 3 y el 8 (“Los Cristianos Derecha”) para el metal Ni.

Expuestas las diferencias significativas de los estadísticos de contraste del punto de muestreo de la playa colindante al puerto de los Cristianos “Las Vistas Izquierda” (punto 3) con el resto de los puntos, se lleva a cabo el estudio de los estadísticos de contraste entre el punto de muestreo playa “Las Vistas Centro” (punto 4) y el resto de los puntos de muestreo (tabla 205-211).

La tabla 205 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 4 (“Las Vistas Centro”) y el punto 5 (“Las Vistas Derecha”). Tal y como se muestra en la tabla, existen diferencias significativas para todos los metales, excepto para el Cd y el Zn entre el punto 4 (“Las Vistas Centro”) y el punto 5 (“Las Vistas Derecha”).

Tabla 205: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 4 y 5								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	132,000	20,000	116,500	76,000	91,000	28,000	119,000	148,000
W de Wilcoxon	342,000	230,000	326,500	286,000	301,000	238,000	329,000	358,000
Z	-1,839	-4,869	-2,259	-3,354	-2,948	-4,653	-2,191	-1,407
Sig. asintót. (bilateral)	,066	,000	,024	,001	,003	,000	,028	,160
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,068 ^a	,000 ^a	,023 ^a	,001 ^a	,003 ^a	,000 ^a	,028 ^a	,165 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La gráfica 206 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 4 (“Las Vistas Centro”) y el punto 6 (“Los Cristianos Izquierda”). Tal y como se aprecia en la tabla, existen diferencias significativas para todos los metales excepto para el Co y el Zn entre los puntos de muestreo estudiados.

Tabla 206: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 4 y 6								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	36,000	166,000	5,000	,000	13,000	107,000	5,000	151,000
W de Wilcoxon	246,000	376,000	215,000	210,000	223,000	317,000	215,000	361,000
Z	-4,436	-,920	-5,275	-5,410	-5,058	-2,516	-5,275	-1,325
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,358	,000	,000	,000	,012	,000	,185
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,369 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,011 ^a	,000 ^a	,192 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 207 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 4 (“Las Vistas Centro”) y el punto 7 (“Los Cristianos Centro”). Tal y como se muestra en la tabla, existen diferencias significativas entre los puntos para todos los metales excepto para Co y Zn.

Tabla 207: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 4 y 7								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	32,000	194,000	70,000	,000	2,000	110,000	3,000	179,000
W de Wilcoxon	242,000	404,000	280,000	210,000	212,000	320,000	213,000	389,000
Z	-4,544	-,162	-3,517	-5,410	-5,356	-2,435	-5,329	-,568
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,871	,000	,000	,000	,015	,000	,570

Tabla 207: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 4 y 7								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	32,000	194,000	70,000	,000	2,000	110,000	3,000	179,000
W de Wilcoxon	242,000	404,000	280,000	210,000	212,000	320,000	213,000	389,000
Z	-4,544	-,162	-3,517	-5,410	-5,356	-2,435	-5,329	-,568
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,871	,000	,000	,000	,015	,000	,570
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,883 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,014 ^a	,000 ^a	,583 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 208 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 4 (“Las Vistas Centro”) y el punto 8 (“Los Cristianos Derecha”). En la tabla se aprecia que existen diferencias significativas entre el punto 4 y el para todos los metales excepto para Co y Zn.

Tabla 208: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 4 y 8								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	9,000	182,000	85,000	,000	10,000	83,000	,000	174,000
W de Wilcoxon	219,000	392,000	295,000	210,000	220,000	293,000	210,000	384,000
Z	-5,167	-,487	-3,111	-5,410	-5,140	-3,165	-5,410	-,703
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,626	,002	,000	,000	,002	,000	,482
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,640 ^a	,001 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,001 ^a	,000 ^a	,495 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 209 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 4 (“Las Vistas Centro”) y el punto 9 (“Muelle”). Tal y como muestra la estadística de contraste de la tabla, existen diferencias significativas para todos los metales estudiados, excepto para Ni y Zn, entre los puntos estudiados.

Tabla 209: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 4 y 9								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	,000	80,000	,000	,000	45,000	162,000	,000	173,000
W de Wilcoxon	210,000	290,000	210,000	210,000	255,000	372,000	210,000	383,000
Z	-5,410	-3,246	-5,410	-5,410	-4,193	-1,028	-5,410	-,730
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,001	,000	,000	,000	,304	,000	,465
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,001 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,314 ^a	,000 ^a	,478 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 210 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 4 (“Las Vistas Centro”) y el punto 10 (“Fondeo de Barcos”). En la tabla se aprecia que existen diferencias significativas para todos los metales excepto para Ni y Zn, los puntos.

Tabla 210: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 4 y 10								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	,000	85,000	,000	,000	43,000	151,000	,000	130,000
W de Wilcoxon	210,000	295,000	210,000	210,000	253,000	361,000	210,000	340,000
Z	-5,410	-3,111	-5,410	-5,410	-4,247	-1,325	-5,410	-1,894

Sig. asintót. (bilateral)	,000	,002	,000	,000	,000	,185	,000	,058
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,001 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,192 ^a	,000 ^a	,060 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 211 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 4 (“Las Vistas Centro”) y el punto 11 (“Atraque Armas-Fred Olsen”), en ella se muestra que existen diferencias significativas para todos los metales estudiados excepto para Ni y Zn, entre los puntos establecidos en la tabla 211.

Tabla 211: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 4 y 11								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	,000	43,000	,000	,000	49,000	174,000	,000	168,000
W de Wilcoxon	210,000	253,000	210,000	210,000	259,000	384,000	210,000	378,000
Z	-5,410	-4,247	-5,410	-5,410	-4,085	-,703	-5,410	-,866
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,482	,000	,387
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,495 ^a	,000 ^a	,398 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 212 muestra a modos de resumen las diferencias significativas existentes en los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) entre el punto de muestreo 4 (playa colindante “Las Vistas Centro”) y el resto de los puntos de muestreo.

Tabla 212: Resumen de la existencia de diferencias significativas entre el punto 4 (“Las Vistas Centro”) y el resto de los puntos de muestreo

Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
5: Las Vistas Derecha	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No
6: Los Cristianos Izquierda	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	No
7: Los Cristianos Centro	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	No
8: Los Cristianos Derecha	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	No
9: Muelle	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	No
10: Fondeo Barcos	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	No
11: Atrache Armas-Fred Olsen	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	No

Tal y como se comprueba en la tabla anterior, no existen diferencias significativas entre el punto 4 (“Las Vistas Centro”) y los puntos de muestreo en los siguientes casos específicos: con respecto al punto 5 (“Las Vistas Derecha”) para Cd y Zn; con respecto al punto 6 (“Los Cristianos Izquierda”), con respecto al punto 7 (“Los Cristianos Centro”) y con respecto al punto 8 (“Los Cristianos Derecha”) para los metales Co y Zn; finalmente con respecto a los puntos de muestreo del puerto tenemos que no existen diferencias significativas entre el punto 4 y el punto 9 (“Muelle”), 10 (“Fondeo Barcos”) y 11 (“Atrache Armas-Fred Olsen”) para los metales Ni y Zn. El resto de los puntos de muestreo no descritos, sí muestran diferencias significativas entre los distintos metales.

Expuestas las diferencias significativas de los estadísticos de contraste del punto 4 correspondiente a la playa “Las Vistas Centro” y el resto de los puntos, se lleva a cabo el estudio de los estadísticos de contraste entre el punto de muestreo 5 (“Las Vistas Derecha”) y el resto de los puntos de muestreo (tabla 282-287).

La tabla 213 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 5 (“Las Vistas Derecha”) y el punto de muestreo 6 (“Los Cristianos Izquierda”). Tal y como se muestra en la tabla, existen diferencias significativas para todos los metales excepto para Zn, entre los puntos estudiados en la tabla 213.

Tabla 213: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 5 y 6								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	2,000	39,000	2,000	,000	67,000	18,000	,000	181,000
W de Wilcoxon	212,000	249,000	212,000	210,000	277,000	228,000	210,000	391,000
Z	-5,356	-4,355	-5,356	-5,410	-3,598	-4,923	-5,410	-,514
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,607
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,620 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 214 muestra las estadísticas de contraste entre el punto de muestreo 5 (“Las Vistas Derecha”) y el punto 7 (“Los Cristianos Centro”). En la tabla se comprueba que existen diferencias significativas para todos los metales excepto para Zn, entre los puntos.

Tabla 214: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 5 y 7								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	2,000	20,000	36,000	2,000	23,000	14,000	,000	140,000
W de Wilcoxon	212,000	230,000	246,000	212,000	233,000	224,000	210,000	350,000
Z	-5,356	-4,869	-4,436	-5,356	-4,788	-5,031	-5,410	-1,623
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,105
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,108 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 215 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 5 (“Las Vistas Derecha”) y el punto 8 (“Los Cristianos Derecha”). En la tabla se comprueba que existen diferencias significativas para todos los metales excepto para Zn, entre los puntos estudiados en la tabla 215.

Tabla 215: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 5 y 8								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	,000	19,000	39,000	,000	48,000	8,000	,000	158,000
W de Wilcoxon	210,000	229,000	249,000	210,000	258,000	218,000	210,000	368,000
Z	-5,411	-4,896	-4,355	-5,410	-4,112	-5,194	-5,410	-1,136
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,256
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,265 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 216 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 5 (“Las Vistas Derecha”) y el punto 9 (“Muelle”). En la tabla se aprecia que existen diferencias significativas para todos los metales excepto para Zn, entre la playa colindante al puerto y el punto de muestreo del puerto correspondiente al “Muelle”.

Tabla 216: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 5 y 9								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	,000	33,000	,000	,000	106,000	20,000	,000	143,000
W de Wilcoxon	210,000	243,000	210,000	210,000	316,000	230,000	210,000	353,000
Z	-5,410	-4,517	-5,410	-5,410	-2,543	-4,869	-5,410	-1,542

Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,011	,000	,000	,123
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,010 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,127 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 217 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 5 (“Las Vistas Derecha”) y el punto 10 (“Fondeo de Barcos”). La tabla arroja que existen diferencias significativas para todos los metales excepto para Zn, entre el punto 5 y el punto 10.

Tabla 217: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 5 y 10								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	,000	34,000	,000	,000	16,000	20,000	,000	168,000
W de Wilcoxon	210,000	244,000	210,000	210,000	226,000	230,000	210,000	378,000
Z	-5,410	-4,490	-5,410	-5,410	-4,977	-4,869	-5,410	-,866
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,387
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,398 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 218 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 5 (“Las Vistas Derecha”) y el punto 11 (“Atraque Armas-Fred Olsen”). Tal y como se muestra en la tabla, existen diferencias significativas para todos los metales entre el punto 5 y 11.

Tabla 218: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 5 y 11								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn

U de Mann-Whitney	,000	39,000	,000	,000	12,000	20,000	,000	91,000
W de Wilcoxon	210,000	249,000	210,000	210,000	222,000	230,000	210,000	301,000
Z	-5,410	-4,355	-5,410	-5,410	-5,085	-4,869	-5,410	-2,948
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,003
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,003 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

A modo de resumen, la tabla 219 muestra la existencia de diferencias significativas de los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) entre el punto de muestreo 5 (“Las Vistas Derecha”) y el resto de los puntos de muestreo.

Tabla 219: Resumen de la existencia de diferencias significativas entre el punto 5 (“Las Vistas Derecha”) y el resto de los puntos de muestreo

Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
6: Los Cristianos Izquierda	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No
7: Los Cristianos Centro	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No
8: Los Cristianos Derecha	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No
9: Muelle	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No
10: Fondeo de Barcos	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No
11: Atrake Armas-Fred Olsen	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Tal y como se comprueba en la tabla 219, no existen diferencias significativas entre el punto 5 (“Las Vistas Derecha”) y el resto de los puntos de muestreo para el metal Zn, excepto entre el punto 5 y el punto 6 (“Los Cristianos Izquierda”), 7 (“Los Cristianos Centro”), 8 (“Los Cristianos Derecha”), 9 (“Muelle”) y 10 (“Fondeo de Barcos”). Tan solo el punto 5 y 11 (“Atrake Armas-Fred Olsen”), muestra diferencias significativas para el Zn al igual que el resto de metales estudiados.

Expuestas las diferencias significativas de los estadísticos de contraste del punto 5 correspondiente al punto de muestreo de la playa de “Las Vistas Derecha” y el resto de los puntos, se lleva a cabo el estudio de los estadísticos de contraste entre el punto de muestreo 6 (“Los Cristianos Izquierda”) y el resto de los puntos de muestreo (tabla220-224).

La tabla 220 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 6 (“Los Cristianos Izquierda”) y el punto 7 (“Los Cristianos Centro”). Los valores de la tabla demuestran que no existen diferencias significativas para Cd, Cu, Ni, y Pb, existiendo diferencias significativas para Co, Cr, Mn y Zn entre el punto de muestreo 6 y 7.

Tabla 220: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 6 y 7								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	170,000	80,500	95,000	135,000	75,000	192,000	164,000	106,500
W de Wilcoxon	380,000	290,500	305,000	345,000	285,000	402,000	374,000	316,500
Z	-,812	-3,233	-2,840	-1,758	-3,381	-,216	-,974	-2,529
Sig. asintót. (bilateral)	,417	,001	,005	,079	,001	,829	,330	,011
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,429 ^a	,001 ^a	,004 ^a	,081 ^a	,000 ^a	,841 ^a	,341 ^a	,010 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 221 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 6 (“Los Cristianos Izquierda”) y el punto 8 (“Los Cristianos Derecha”). La tabla arroja que no existen diferencias significativas para Co, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn, existiendo diferencias significativas para Cd y Cr entre los puntos.

Tabla 221: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 6 y 8								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	44,000	130,000	61,500	193,000	152,000	104,000	138,000	141,000
W de Wilcoxon	254,000	340,000	271,500	403,000	362,000	314,000	348,000	351,000
Z	-4,220	-1,894	-3,747	-,189	-1,298	-2,597	-1,677	-1,596
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,058	,000	,850	,194	,009	,094	,110
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,060 ^a	,000 ^a	,862 ^a	,201 ^a	,009 ^a	,096 ^a	,114 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 222 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 6 (“Los Cristianos Izquierda”) y el punto 9 (“Muelle”). Tal y como se muestra en la tabla, no existen diferencias significativas para Cu, Ni, y Pb, existiendo diferencias significativas para Cd, Co, Cr, Ni y Zn entre los puntos de muestreo establecidos en la tabla 222.

Tabla 222: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 6 y 9								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	2,000	27,000	,000	137,500	176,000	1,000	149,000	103,500
W de Wilcoxon	212,000	237,000	210,000	347,500	386,000	211,000	359,000	313,500
Z	-5,356	-4,680	-5,410	-1,691	-,649	-5,383	-1,380	-2,610
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,091	,516	,000	,168	,009
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,091 ^a	,529 ^a	,000 ^a	,174 ^a	,008 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 223 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 6 (“Los Cristianos Izquierda”) y el punto 10 (“Fondeo de Barcos”). En la tabla se aprecia que no existen diferencias significativas par Cr y Pb, existiendo diferencias significativas para Cd, Co, Cu, Mn, Ni y Zn entre los puntos de muestreos.

Tabla 223: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 6 y 10								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	2,000	29,000	181,000	15,000	,000	44,000	177,000	100,000
W de Wilcoxon	212,000	239,000	391,000	225,000	210,000	254,000	387,000	310,000
Z	-5,356	-4,626	-,514	-5,004	-5,410	-4,220	-,622	-2,705
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,607	,000	,000	,000	,534	,007
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,620 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,547 ^a	,006 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 224 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 6 (“Los Cristianos Izquierda”) y el punto 11 (“Atraque Armas-Fred Olsen”). Tal y como se muestra en la tabla, no existen diferencias significativas para Cr, existiendo diferencias significativas para Cd, Co, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn entre los puntos.

Tabla 224: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 6 y 11								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	1,000	22,000	155,000	7,000	,000	,000	45,000	25,000
W de Wilcoxon	211,000	232,000	365,000	217,000	210,000	210,000	255,000	235,000
Z	-5,383	-4,815	-1,217	-5,221	-5,410	-5,410	-4,193	-4,734

Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,224	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,231 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 225 muestra a modos de resumen las diferencias significativas existentes en los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) entre el punto de muestreo 6 (“Los Cristianos Izquierda”) y el resto de los puntos de muestreo.

Tabla 225: Resumen de la existencia de diferencias significativas entre el punto 6 (“Los Cristianos Izquierda”) y el resto de los puntos de muestreo								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
7: Los Cristianos Centro	No	Si	Si	No	Si	No	No	Si
8: Los Cristianos Derecha	Si	No	Si	No	No	Si	No	No
9: Muelle	Si	Si	Si	No	No	Si	No	Si
10: Fondeo Barcos	Si	Si	No	Si	Si	Si	No	Si
11: Atraque Armas-Fred Olsen	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si

Tal y como se comprueba en la tabla anterior, no existen diferencias significativas entre el punto 6 (“Los Cristianos Izquierda”) y el resto de los puntos de muestreo en los siguientes casos concretos: con respecto al punto 7 (“Los Cristianos Centro”) para Cd, Cu, Ni y Pb; con respecto al punto 8 (“Los Cristianos Derecha”) para Co, Cu, Mn, Pb y Zn; con respecto al punto 9 (“Muelle”) para Cu, Mn y Pb, con respecto al punto 10 (“Fondeo de Barcos”) para Cr y Pb, y por último, con respecto al punto 11 (“Atraque Armas-Fred Olsen”) para Cr.

Expuestas las diferencias significativas de los estadísticos de contraste del punto 6 correspondiente a la playa colindante al puerto de Los Cristianos “Los Cristianos Izquierda” y el resto de los puntos de muestreo, se lleva a cabo el estudio

de los estadísticos de contraste entre el punto de muestreo 7 (“Los Cristianos Centro”) y el resto de los puntos de muestreo (tabla 226-229).

La tabla 226 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 7 (“Los Cristianos Centro”) y el punto 8 (“Los Cristianos Derecha”). Los resultados de la tabla arrojan que no existen diferencias significativas para Co, Cr, Cu, Mn, Pb y Zn existiendo diferencias significativas para Cd y Ni entre el punto 7 (“Los Cristianos Centro”) y el punto 8 (“Los Cristianos Derecha”).

Tabla 226: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 7 y 8								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	76,000	159,000	141,500	155,000	130,000	107,000	175,000	174,000
W de Wilcoxon	286,000	369,000	351,500	365,000	340,000	317,000	385,000	384,000
Z	-3,354	-1,109	-1,583	-1,217	-1,894	-2,516	-,676	-,703
Sig. asintót. (bilateral)	,001	,267	,114	,224	,058	,012	,499	,482
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,001 ^a	,277 ^a	,114 ^a	,231 ^a	,060 ^a	,011 ^a	,512 ^a	,495 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 227 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 7 (“Los Cristianos Centro”) y el punto de muestreo 9 (“Muelle”). Tal y como se muestra en la tabla, no existen diferencias significativas Zn, existiendo diferencias significativas para el resto de metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni y Pb) entre los puntos de muestreo.

Tabla 227: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 7 y 9								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	6,000	30,000	,000	89,000	50,000	1,000	84,000	193,000
W de Wilcoxon	216,000	240,000	210,000	299,000	260,000	211,000	294,000	403,000

Z	-5,248	-4,599	-5,410	-3,003	-4,058	-5,383	-3,138	-,189
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,003	,000	,000	,002	,850
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,002 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,001 ^a	,862 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 228 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 7 (“Los Cristianos Centro”) y el punto 10 (“Fondeo de Barcos”). En la tabla se aprecia que no existen diferencias significativas para Pb, existiendo diferencias significativas para el resto de metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni y Zn) entre los puntos estudiados.

Tabla 228: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 7 y 10								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	6,000	41,000	106,000	19,000	,000	44,000	198,000	42,500
W de Wilcoxon	216,000	251,000	316,000	229,000	210,000	254,000	408,000	252,500
Z	-5,248	-4,301	-2,543	-4,896	-5,410	-4,220	-,054	-4,261
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,011	,000	,000	,000	,957	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,010 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,968 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 229 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 7 (“Los Cristianos Centro”) y el punto 11 (“Atrake Armas-Fred Olsen”). La tabla muestra la existencia de diferencias significativas para todos los metales entre el punto 7 el punto de muestreo 11.

Tabla 229: Estadísticos de contraste ^b entre 7 y 11								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	4,000	6,000	71,000	26,000	,000	,000	57,000	50,000
W de Wilcoxon	214,000	216,000	281,000	236,000	210,000	210,000	267,000	260,000
Z	-5,302	-5,248	-3,489	-4,707	-5,410	-5,410	-3,868	-4,058
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 230 muestra a modos de resumen las diferencias significativas existentes en los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) entre el punto de muestreo 7 (punto de muestreo playa colindante “Los Cristianos Centro”) y el resto de los puntos de muestreo.

Tabla 230: Resumen de la existencia de diferencias significativas entre el punto 7 (“Los Cristianos Centro”) y el resto de los puntos de muestreo								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
8: Los Cristianos Derecha	Si	No	No	No	No	Si	No	No
9: Muelle	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No
10: Fondeo Barcos	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si
11: Atraque Armas-Fred Olsen	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si

En la tabla resumen se comprueba que no existen diferencias significativas entre el punto 7 (“Los Cristianos Centro”) y el resto de los puntos de muestreo en los siguientes casos concretos: con respecto al punto 8 (“Los Cristianos Derecha”) para Co, Cr, Cu, Mn, Pb y Zn; con respecto al punto 9 (“Muelle”) para Zn y con respecto al

punto 10 (“Fondeo de Barcos”) para Pb. El resto de los puntos y metales no descritos, presentan diferencias significativas.

Expuestas las diferencias significativas de los estadísticos de contraste del punto 7 “Los Cristianos Centro” y el resto de los puntos, se lleva a cabo el estudio de los estadísticos de contraste entre el punto de muestreo 8 (“Los Cristianos Izquierda”) y el resto de los puntos de muestreo (tabla 231-233).

La tabla 231 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 8 (“Los Cristianos Izquierda”) y el punto 9 (“Muelle”). La tabla muestra que no existen diferencias significativas para Ni entre el punto 6 (“Los Cristianos Izquierda”) y el punto 9 (“Muelle”), existiendo diferencias significativas entre dichos puntos para el resto de los metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Pb y Zn).

Tabla 231: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 8 y 9								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	74,000	197,000	,000	,000	122,000	2,000	,000	,000
W de Wilcoxon	284,000	407,000	210,000	210,000	332,000	212,000	210,000	210,000
Z	-3,408	-,081	-5,410	-5,411	-2,110	-5,356	-5,411	-5,411
Sig. asintót. (bilateral)	,001	,935	,000	,000	,035	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,947 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,035 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

La tabla 232 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 8 (“Los Cristianos Derecha”) y el punto 10 (“Fondeo de Barcos”). Tal y como se muestra en la tabla, existen diferencias significativas para todos los metales excepto para el Pb, entre los puntos estudiados.

Tabla 232: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 8 y 10								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	23,000	34,500	24,000	13,000	,000	12,000	147,000	64,000

W de Wilcoxon	233,000	244,500	234,000	223,000	210,000	222,000	357,000	274,000
Z	-4,788	-4,477	-4,761	-5,058	-5,410	-5,085	-1,434	-3,679
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,152	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,157 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 233 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 8 (“Los Cristianos Derecha”) y el punto 11 (“Ataque Armas-Fred Olsen”), en dicha tabla se aprecian diferencias significativas para todos los metales estudiados entre los puntos establecidos.

Tabla 233: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 8 y 11								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	14,000	7,000	22,000	3,000	,000	,000	75,000	51,000
W de Wilcoxon	224,000	217,000	232,000	213,000	210,000	210,000	285,000	261,000
Z	-5,032	-5,221	-4,815	-5,329	-5,410	-5,410	-3,381	-4,030
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,001	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 234 muestra a modos de resumen las diferencias significativas existentes en los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) entre el punto de muestreo 8 (“Los Cristianos Derecha”) y el resto de los puntos de muestreo.

Tabla 234: Resumen de la existencia de diferencias significativas entre el punto 8 (“Los Cristianos Izquierda”) y el resto de los puntos de muestreo

Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
9: Muelle	Si	No	Si	Si	No	Si	Si	Si
10: Fondeo Barcos	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si
11: Atraque Armas-Fred Olsen	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Tal y como se comprueba en la tabla 234, no existen diferencias significativas entre el punto 8 (“Los Cristianos Derecha”) y el resto de los puntos de muestreo en los siguientes casos concretos: con respecto al punto 9 (“Muelle”) para Co y Mn y con respecto al punto 10 (“Fondeo de Barcos”) para Pb. Para el resto de los metales no expuestos, existen diferencias significativas entre los respectivos puntos.

La tabla 235 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 9 (Muelle) y el punto 10 (Fondeo Barcos). Tal y como se muestra en la tabla, existen diferencias significativas para todos los metales excepto para el Cd y Co, entre el punto 9 (“Muelle”) y el punto 10 (“Fondeo de Barcos”).

Tabla 235: Estadísticos de contraste^b entre el punto de muestreo 9 y 10

Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	180,500	182,000	1,000	32,000	10,000	24,000	8,000	46,000
W de Wilcoxon	390,500	392,000	211,000	242,000	220,000	234,000	218,000	256,000
Z	-,528	-,487	-5,383	-4,544	-5,140	-4,761	-5,194	-4,166
Sig. asintót. (bilateral)	,598	,626	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,602 ^a	,640 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 236 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 9 (“Muelle”) y el punto 11 (“Atrake Armas-Fred Olsen”), en dicha tabla se aprecia que existen diferencias significativas para todos los metales excepto para el Cd y Co, entre los puntos expuestos en la tabla 236.

Tabla 236: Estadísticos de contraste ^b entre 9 y 11								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	163,000	155,000	58,000	33,000	18,000	116,000	,000	29,000
W de Wilcoxon	373,000	365,000	268,000	243,000	228,000	326,000	210,000	239,000
Z	-1,001	-1,217	-3,841	-4,517	-4,923	-2,272	-5,410	-4,626
Sig. asintót. (bilateral)	,317	,224	,000	,000	,000	,023	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,327 ^a	,231 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,023 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

La tabla 237 muestra a modos de resumen las diferencias significativas existentes en los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) entre el punto de muestreo 9 (“Muelle”) y el resto de los puntos de muestreo.

Tabla 237: Resumen de la existencia de diferencias significativas entre el punto 9 (“Muelle”) y el resto de los puntos de muestreo								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
10: Fondeo de Barcos	No	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si
11: Atrake Armas-Fred Olsen	No	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Tal y como se comprueba en la tabla anterior, no existen diferencias significativas entre el punto 9 (“Muelle”) y el resto de los puntos estudiados (10

“Fondeo de Barcos” y 11“Atraque Armas-Fred Olsen”) para Cd y Co, existiendo diferencias significativas para el resto de metales.

La tabla 238 muestra las estadísticas de contraste entre el punto 10 (“Fondeo de Barcos”) y el punto 11 (“Atraque Armas-Fred Olsen”). En la tabla se comprueba que existen diferencias significativas para todos los metales excepto para el Cd, Co y Cr, entre el punto 10 (“Fondeo de Barcos”) y el punto 11 (“Atraque Armas-Fred Olsen”).

Tabla 238: Estadísticos de contraste ^b entre el punto de muestreo 10 y 11								
Metales	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
U de Mann-Whitney	185,00 0	129,00 0	141,00 0	119,00 0	97,000	17,000	13,000	6,000
W de Wilcoxon	395,00 0	339,00 0	351,00 0	329,00 0	307,00 0	227,00 0	223,00 0	216,00 0
Z	-,406	-1,921	-1,596	-2,191	-2,786	-4,950	-5,058	-5,248
Sig. asintót. (bilateral)	,685	,055	,110	,028	,005	,000	,000	,000
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,698 ^a	,056 ^a	,114 ^a	,028 ^a	,005 ^a	,000 ^a	,000 ^a	,000 ^a

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: punto SPSS

En las siguientes figuras (figura 330-337) se muestra la concentración de los metales (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) en los sedimentos estudiados en los puntos de muestreo del suroeste establecidos en este estudio.

La figura 330 muestra la concentración de Cd en µg/kg en los once puntos de muestreo del área suroeste. En dicha figura se puede ver que la mayor concentración de Cd se encuentra en el punto de muestreo correspondiente al “Fondeo de Barcos”, mostrando los puntos de control “Diego Hernández Derecha e Izquierda” las concentraciones más bajas de este metal.

PUNTOS DE MUESTREO

1. Diego Hernández Izquierda
2. Diego Hernández Derecha
3. Las Vistas Izquierda

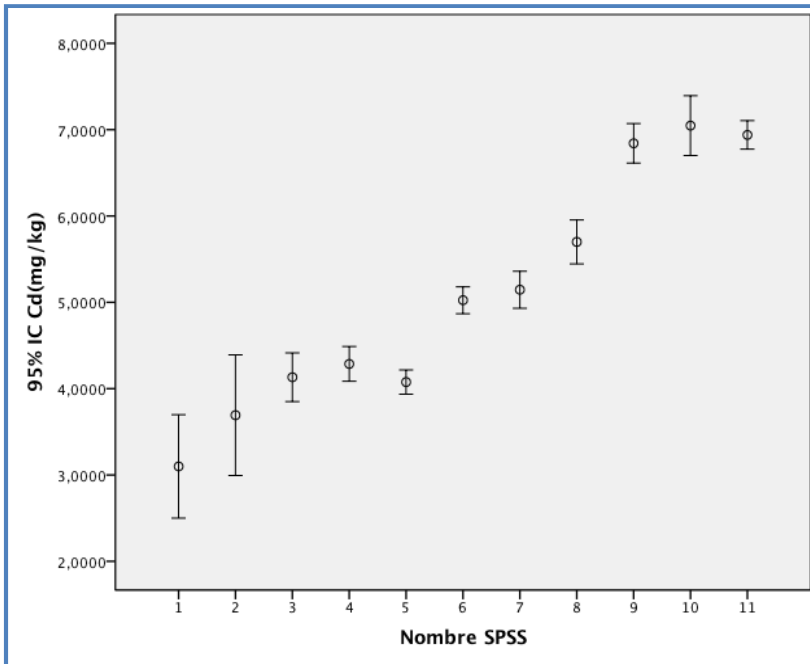
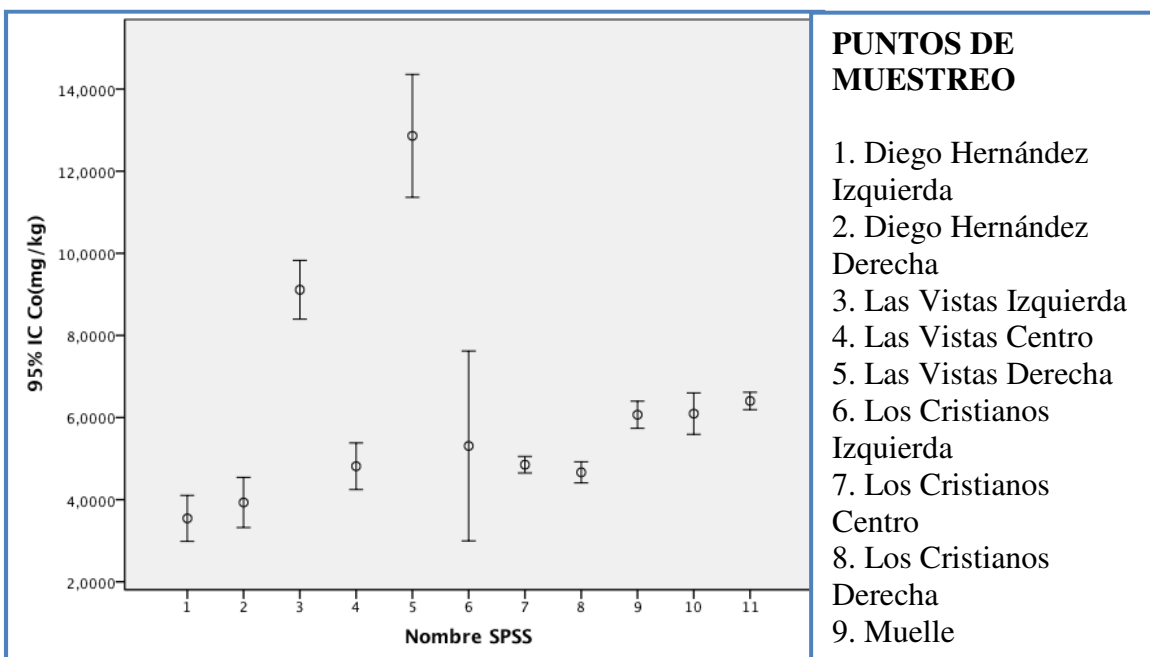


Figura 330: concentración de Cd en $\mu\text{g}/\text{kg}$ en los puntos de muestreo del suroeste

La figura 331 muestra la concentración de Co en mg/kg en los once puntos de muestreo del área suroeste. Dicha figura nos muestra que la mayor concentración de Co se encuentra en el punto de muestreo correspondiente a la playa colindante al puerto “Las Vistas Derecha”, mostrando los puntos de control “Diego Hernández Derecha e Izquierda” las concentraciones más bajas de este metal.



PUNTOS DE MUESTREO

1. Diego Hernández Izquierda
2. Diego Hernández Derecha
3. Las Vistas Izquierda
4. Las Vistas Centro
5. Las Vistas Derecha
6. Los Cristianos Izquierda
7. Los Cristianos Centro
8. Los Cristianos Derecha
9. Muelle

Figura 331: concentración de Co en mg/kg en los puntos de muestreo del suroeste

La figura 332 muestra la concentración de Cr en mg/kg en los once puntos de muestreo del área suroeste. En dicha figura se aprecia que la mayor concentración de Cr se encuentra en el punto de muestreo correspondiente al “Muelle” del puerto de Los Cristianos, mostrando los puntos de control “Diego Hernández Derecha e Izquierda” las concentraciones más bajas de este metal.

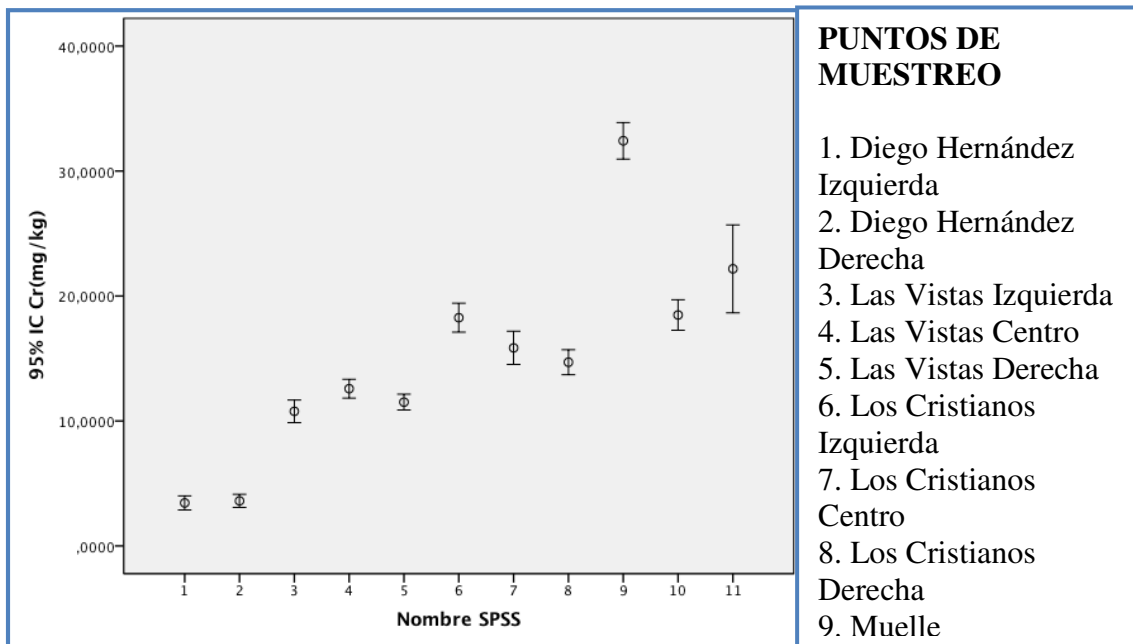


Figura 332: concentración de Cr en mg/kg en los puntos de muestreo del suroeste

La figura 333 muestra la concentración de Cu en mg/kg en los once puntos de muestreo del área suroeste. La mayor concentración de Cu en dicha figura, se encuentra en el punto de muestreo correspondiente al “Fondeo de barcos”, mostrando el punto de control “Diego Hernández Izquierda” la concentración más baja de este metal.

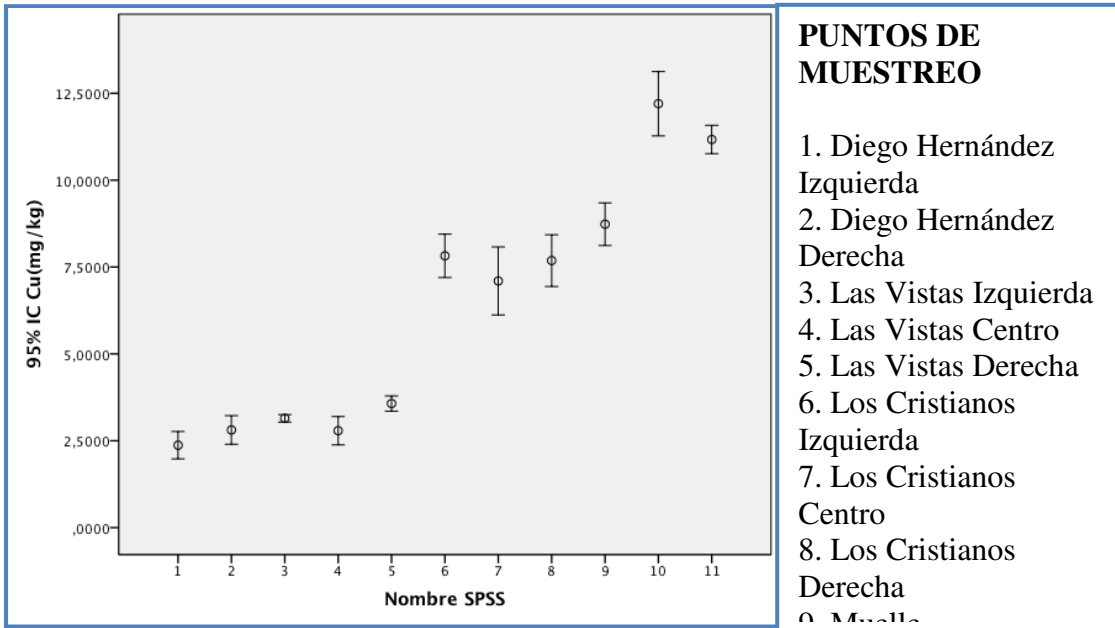


Figura 333: concentración de Cu en mg/kg en los puntos de muestreo del suroeste

En la figura 334 se puede observar la concentración de Mn en mg/kg en los once puntos de muestreo del área suroeste. Se comprueba en dicha figura que la mayor concentración de Mn se encuentra en el punto de muestreo correspondiente a la playa de “Los Cristianos Centro”, mostrando los puntos de control “Diego Hernández Izquierda y Derecha” la concentración más baja de este metal.

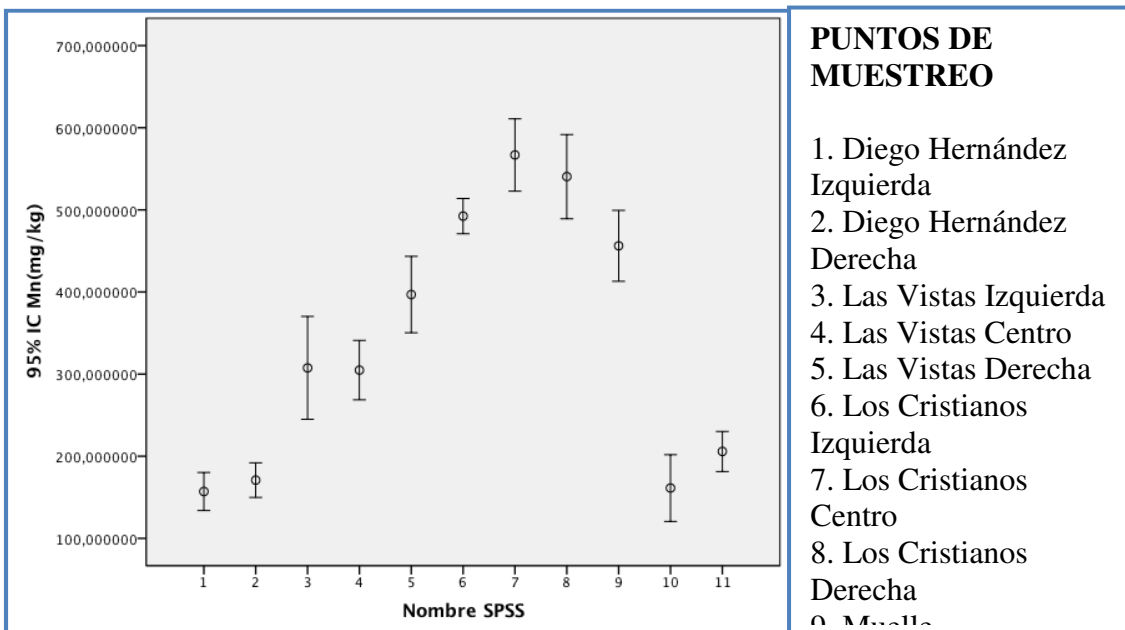


Figura 334: concentración de Mn en mg/kg en los puntos de muestreo del suroeste

La figura 335 muestra la concentración de Ni en mg/kg en los once puntos de muestreo del área suroeste. La mayor concentración de Ni que se aprecia en la figura, se encuentra en el punto de muestreo correspondiente a la playa de “Las Vistas Derecha”, mostrando los puntos de control “Diego Hernández Izquierda y Derecha” la concentración más baja de este metal.

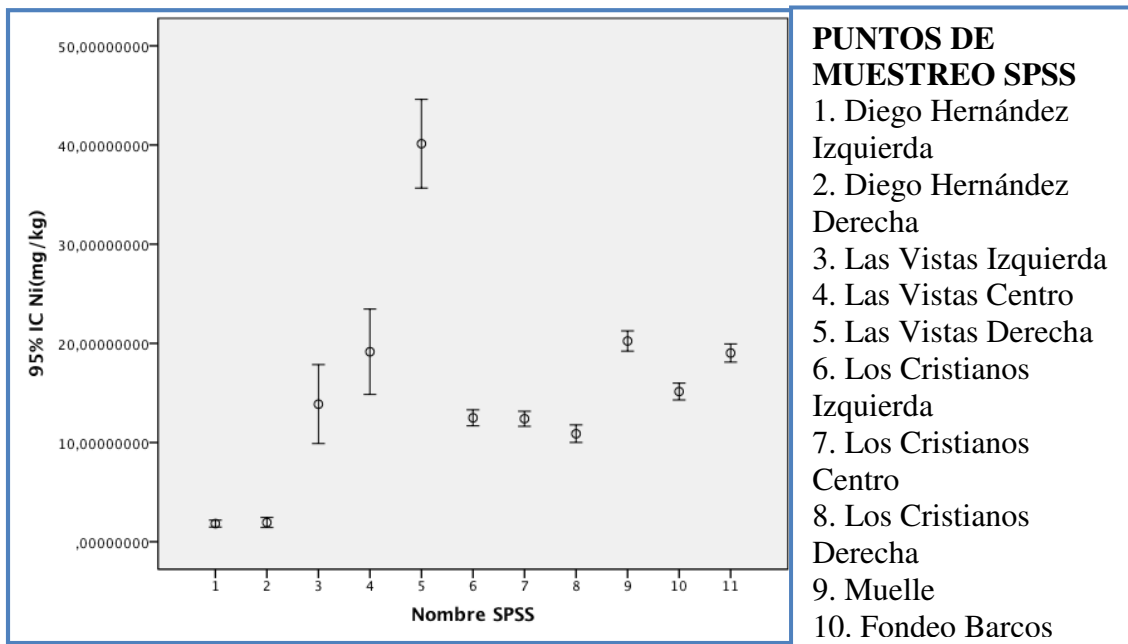


Figura 335: concentración de Ni en mg/kg en los puntos de muestreo del suroeste

La figura 336 muestra la concentración de Pb en mg/kg en los once puntos de muestreo del área suroeste. En dicha figura, la mayor concentración de Pb se encuentra en el punto de muestreo correspondiente al “Atraque Armas-Fred Olsen” de, mostrando los puntos de control “Diego Hernández Izquierda y Derecha” la concentración más baja de este metal.

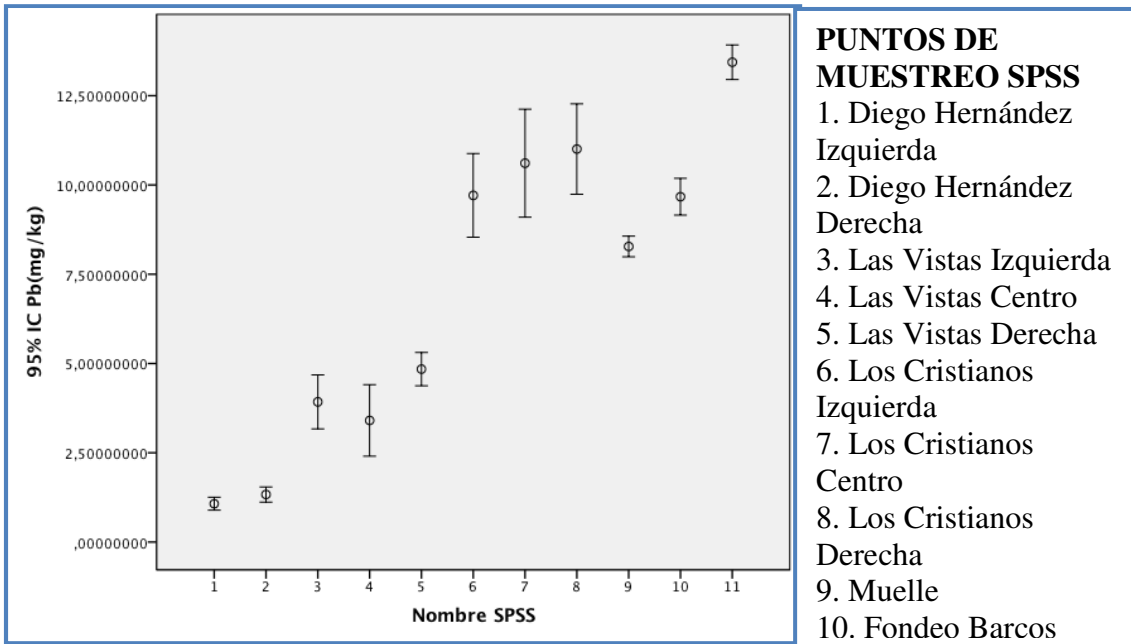


Figura 336: concentración de Pb en mg/kg en los puntos de muestreo del suroeste

La figura 337 muestra la concentración de Zn en mg/kg en los once puntos de muestreo del área suroeste. La mayor concentración de Zn en la figura, se encuentra en el punto de muestreo correspondiente a la playa “Las Vistas Centro”, mostrando los puntos de control “Diego Hernández Izquierda y Derecha” la concentración más baja de este metal.

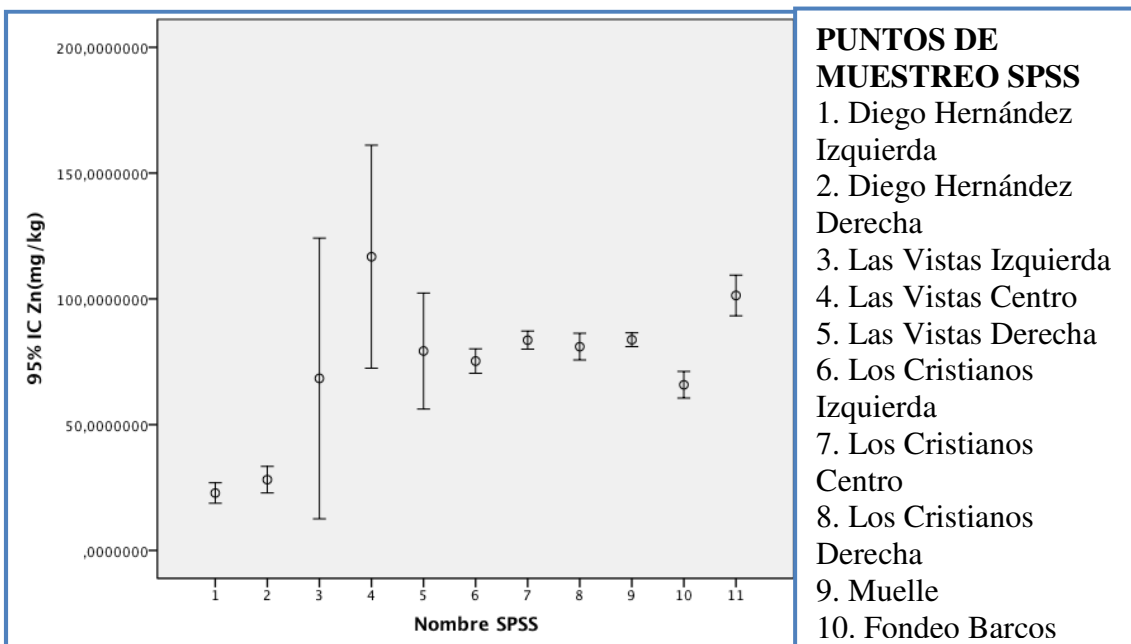


Figura 337: concentración de Zn en mg/kg en los puntos de muestreo del suroeste

Por tanto, las gráficas anteriores de concentración de metales pesados en sedimentos en los puntos de muestreo analizados, expone que el punto de muestreo que presenta mayor concentración de Cd y Cu es el de “Fondeo de Barcos”, el de mayor concentración de Cr corresponde con el punto de muestreo del “Muelle” y el de mayor concentración de Pb es el punto de muestreo correspondiente al “Atraque Armas-Fred Olsen”. Por otro lado, la mayor concentración de Co y Ni se encuentra en la playa correspondiente a “Las Vistas Derecha”, la mayor concentración de Mn en la playa de “Los Cristianos Centro” y la mayor concentración de Zn se encuentra en los sedimentos de la playa de “Las Vistas Centro”.

Para todos los metales estudiados, las concentraciones más bajas de metales se encontraron en los puntos de muestreo control localizados en la playa “Diego Hernández Derecha e Izquierda”.

5.2.4.4. CORRELACIONES INTERMETÁLICAS ENTRE LAS MUESTRAS DE SEDIMENTOS DEL ÁREA SUROESTE

Se llevan a cabo las correlaciones intermetálicas (paramétrica y no paramétricas) entre los puntos de muestreo del suroeste.

Tabla 239: Correlaciones intermetálicas entre los puntos de muestreo		Pb	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Zn
Pb	Correlación de Pearson	1,000	,678**	-,015	,620**	,784**	,381**	,184**	,267**
	Sig. (bilateral)	.	,000	,821	,000	,000	,000	,006	,000
Cd	Correlación de Pearson	0,678	1	,037	,738**	,808**	,142*	,201**	,231**
	Sig. (bilateral)	,000		,587	,000	,000	,035	,003	,001
Co	Correlación de Pearson	-,015	,037	1	,090	-,062	,087	,632**	,109

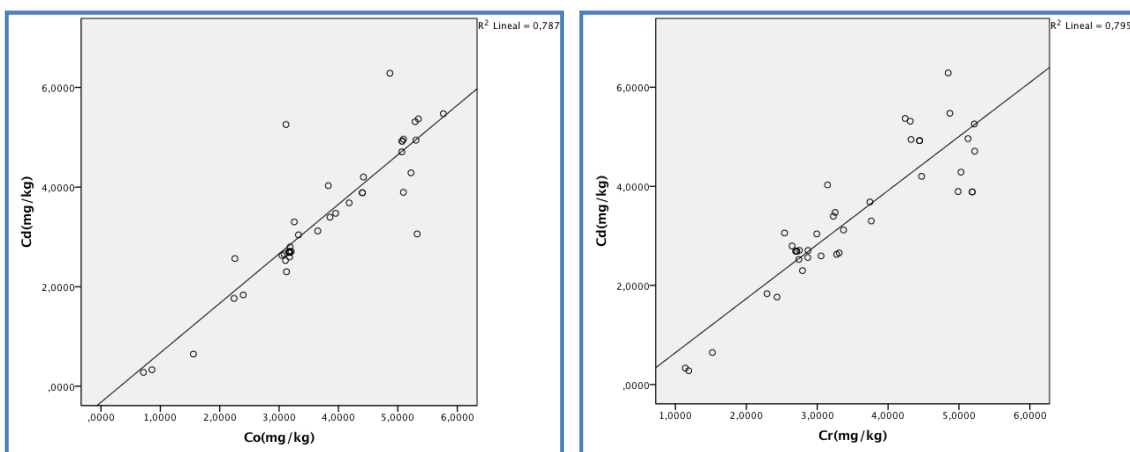
	Sig. (bilateral)	,821	,587		,183	,358	,199	,000	,108
Cr	Correlación de Pearson	,620**	,738**	,090	1	,671**	,338**	,319**	,275**
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,183		,000	,000	,000	,000
Cu	Correlación de Pearson	,784**	,808**	-,062	,671**	1	,107	,104	,181**
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,358	,000		,113	,125	,007
Mn	Correlación de Pearson	,381**	,142*	,087	,338**	,107	1	,221**	,195**
	Sig. (bilateral)	,000	,035	,199	,000	,113		,001	,004
Ni	Correlación de Pearson	,184**	,201**	,632**	,319**	,104	,221**	1	,276**
	Sig. (bilateral)	,006	,003	,000	,000	,125	,001		,000
Zn	Correlación de Pearson	,267**	,231**	,109	,275**	,181**	,195**	,276**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,001	,108	,000	,007	,004	,000	

Tabla 240: Correlaciones no paramétricas

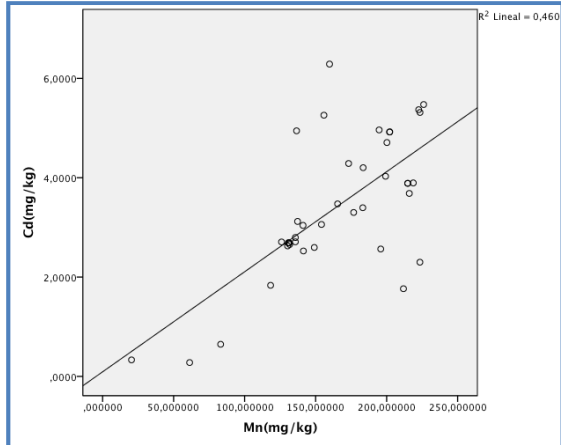
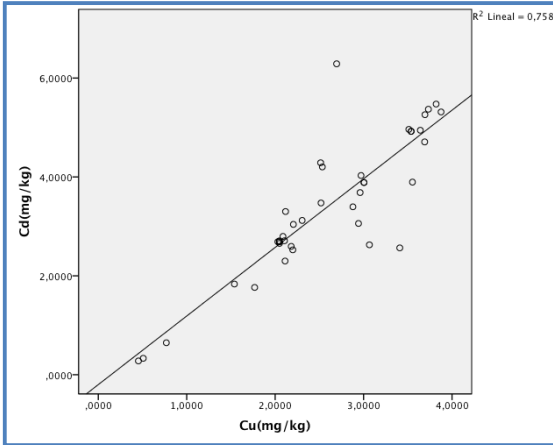
Metales		Pb	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Zn	
Rho de Spearman	Pb	Coefficiente de correlación	1,000	,717*	,201*	,741*	,846*	,367*	,386*	,580*
		Sig. (bilateral)	.	,000	,003	,000	,000	,000	,000	,000
	Cd	Coefficiente de correlación	,717*	1,000	,210*	,770*	,825*	,133*	,367*	,461*
		Sig. (bilateral)	,000	.	,002	,000	,000	,049	,000	,000
	Co	Coefficiente de correlación	,201*	,210*	1,000	,233*	,238*	,051	,652*	,288*
		Sig. (bilateral)	,003	,002	.	,000	,000	,454	,000	,000
Cr	Coefficiente de correlación	,741*	,770*	,233*	1,000	,807*	,336*	,526*	,536*	

		Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	.	,000	,000	,000	,000
	Cu	Coefficiente de correlación	,846*	,825*	,238*	,807*	1,000	,188*	,416*	,498*
		Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	.	,005	,000	,000
	Mn	Coefficiente de correlación	,367*	,133*	,051	,336*	,188*	1,000	,205*	,411*
		Sig. (bilateral)	,000	,049	,454	,000	,005	.	,002	,000
	Ni	Coefficiente de correlación	,386*	,367*	,652*	,526*	,416*	,205*	1,000	,504*
		Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,002	.	,000
	Zn	Coefficiente de correlación	,580*	,461*	,288*	,536*	,498*	,411*	,504*	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	.

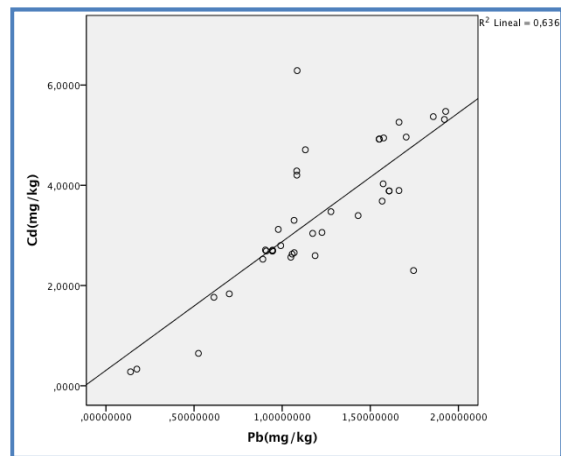
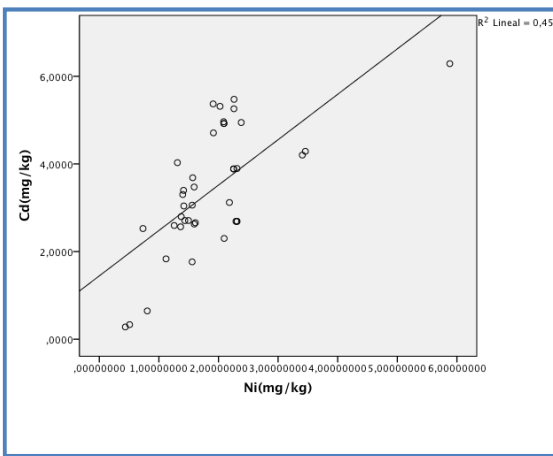
Las siguientes figuras (338-365) muestran las correlaciones intermetálicas existentes en los puntos de muestreo de los sedimentos estudiados en el área suroeste. Todas las correlaciones intermetálicas estudiadas en los sedimentos del suroeste son positivas.



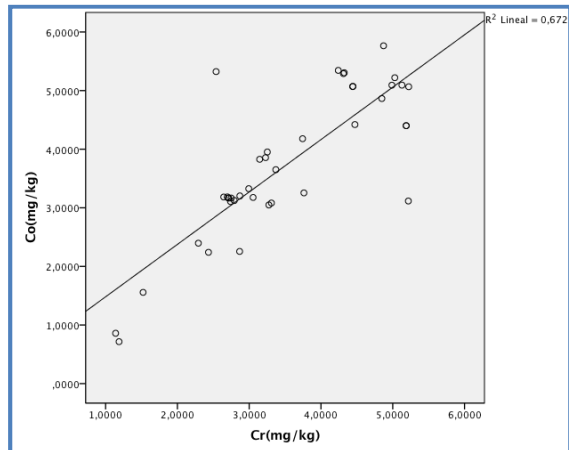
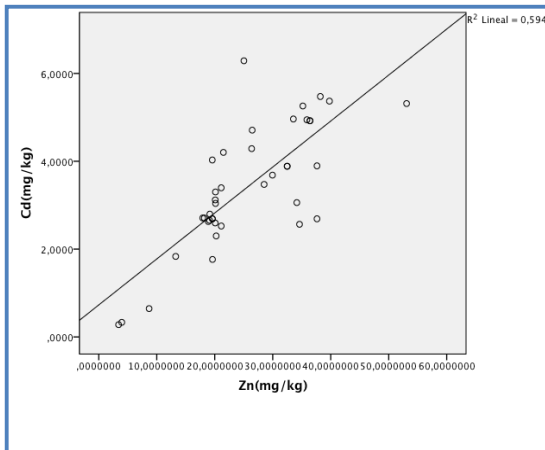
Figuras 338 y 339: Correlaciones intermetálicas positivas entre Cd-Co y Cd-Cr



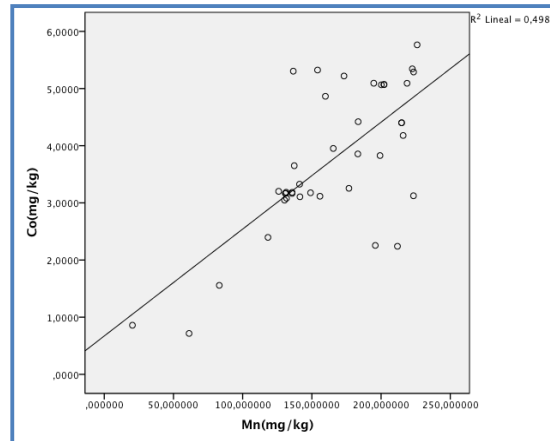
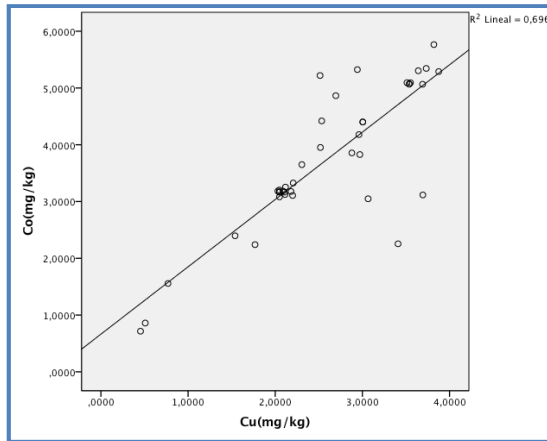
Figuras 340 y 341: Correlaciones intermetálicas positivas entre Cd-Cu y Cd-Mn



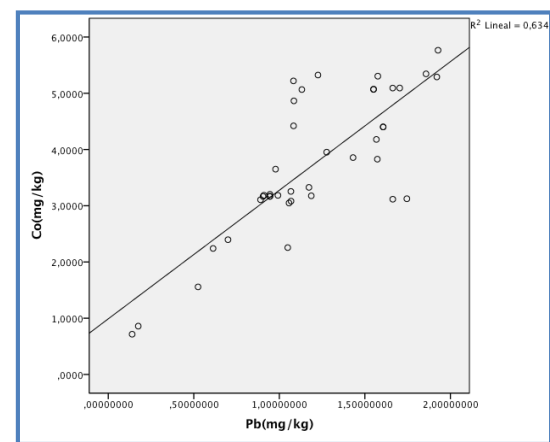
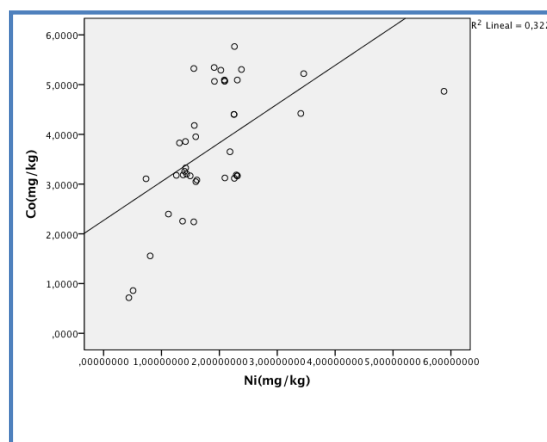
Figuras 342 y 343: Correlaciones intermetálicas positivas entre Cd-Ni y Cd-Pb



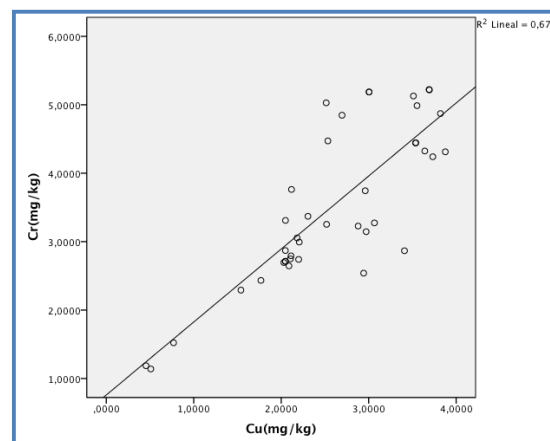
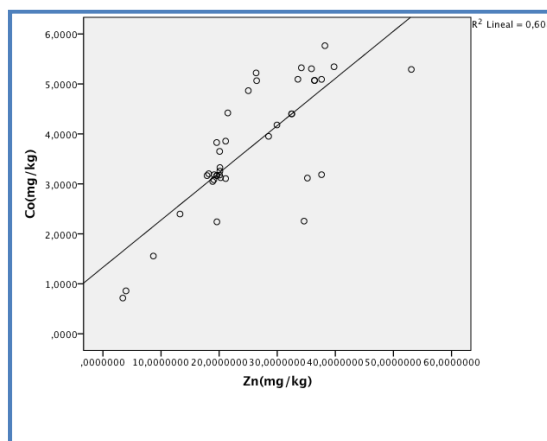
Figuras 344 y 345: Correlaciones intermetálicas positivas entre Cd-Zn y Co-Cr



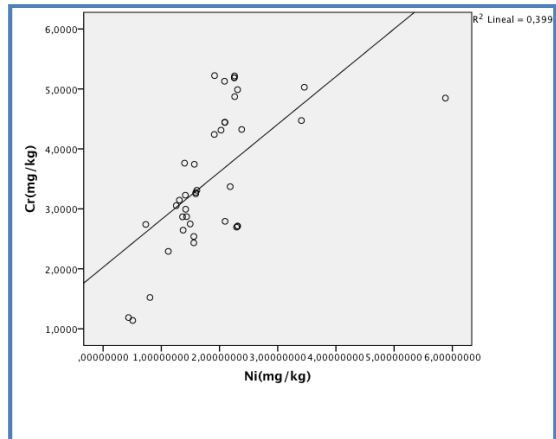
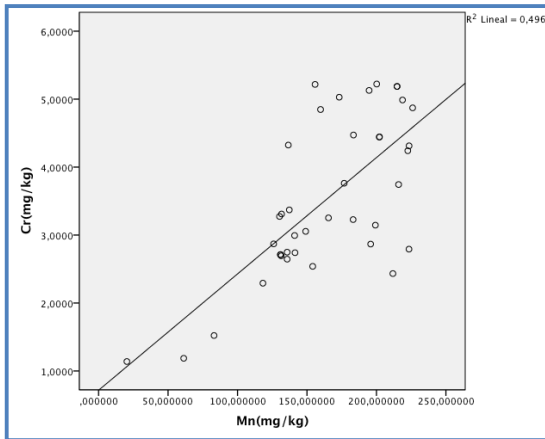
Figuras 346 y 347: Correlaciones intermetálicas positivas entre Co-Cu y Co-Mn



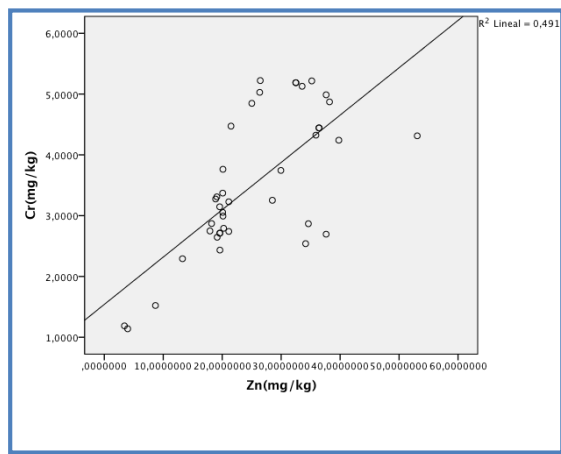
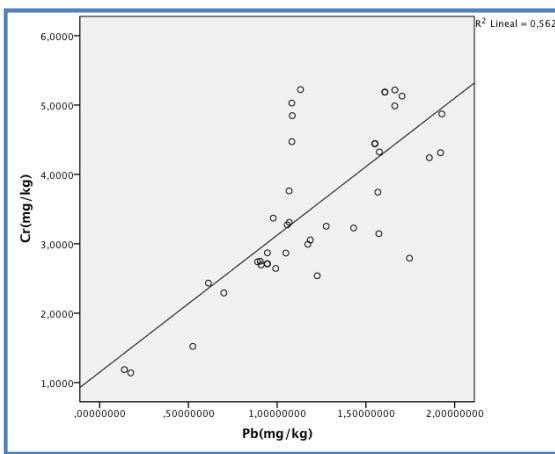
Figuras 348 y 349: Correlaciones intermetálicas positivas entre Co-Ni y Co-Pb



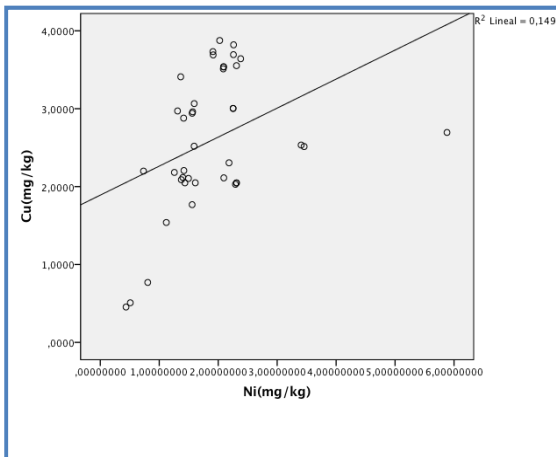
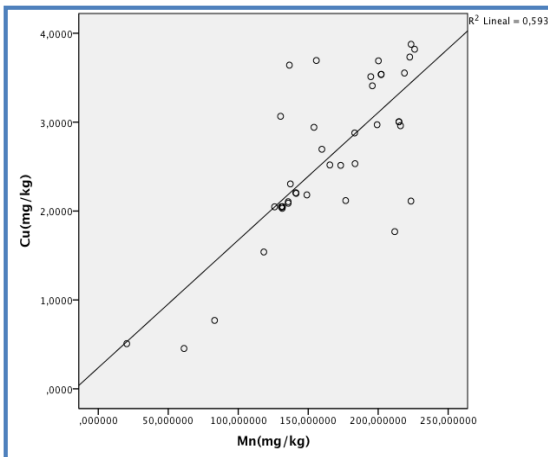
Figuras 350 y 351: Correlaciones intermetálicas positivas entre Co-Zn y Cr-Cu



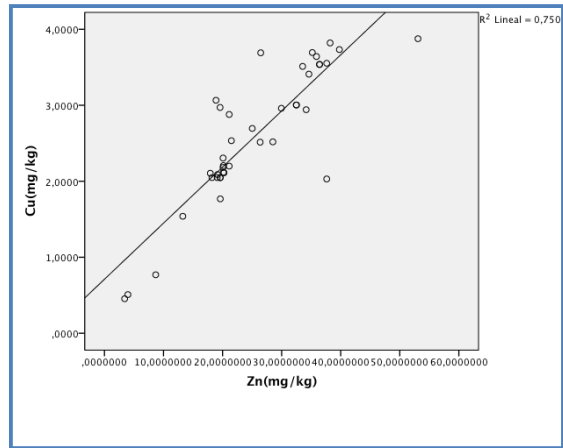
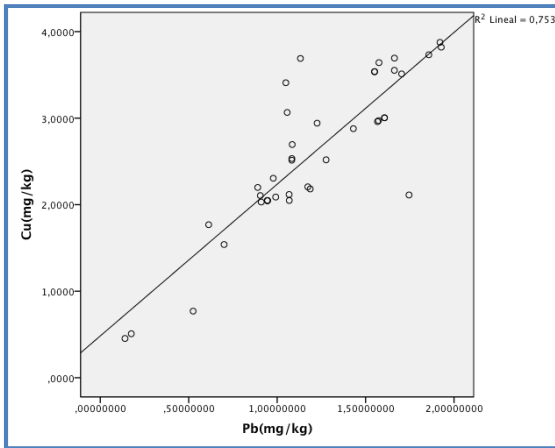
Figuras 352 y 353: Correlaciones intermetálicas positivas entre Cr-Mn y Cr-Ni



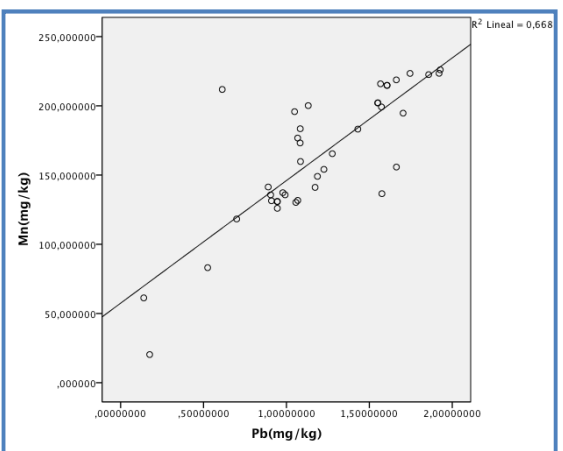
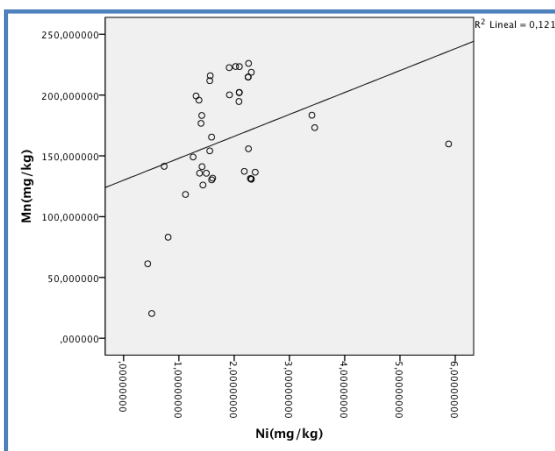
Figuras 354 y 355: Correlaciones intermetálicas positivas entre Cr-Pb y Cr-Zn



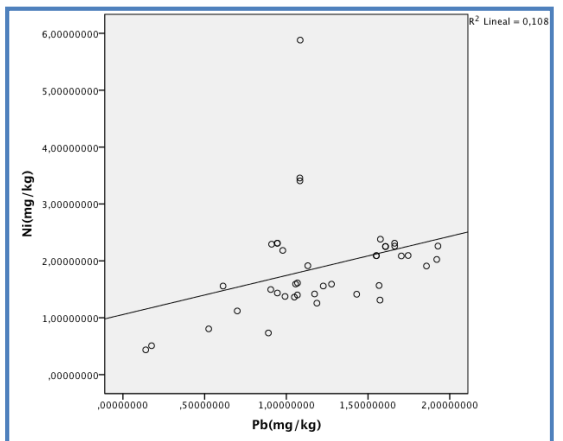
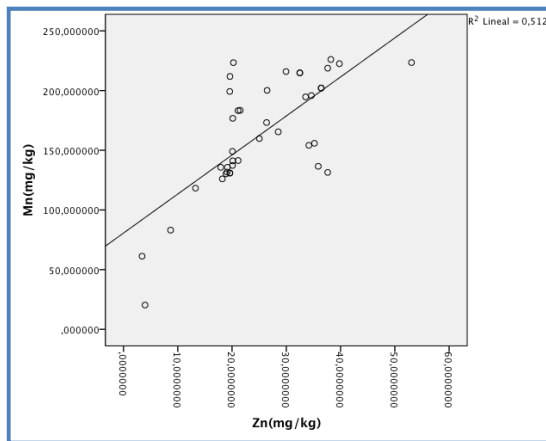
Figuras 356 y 357: Correlaciones intermetálicas positivas entre Cu-Mn y Cu-Ni



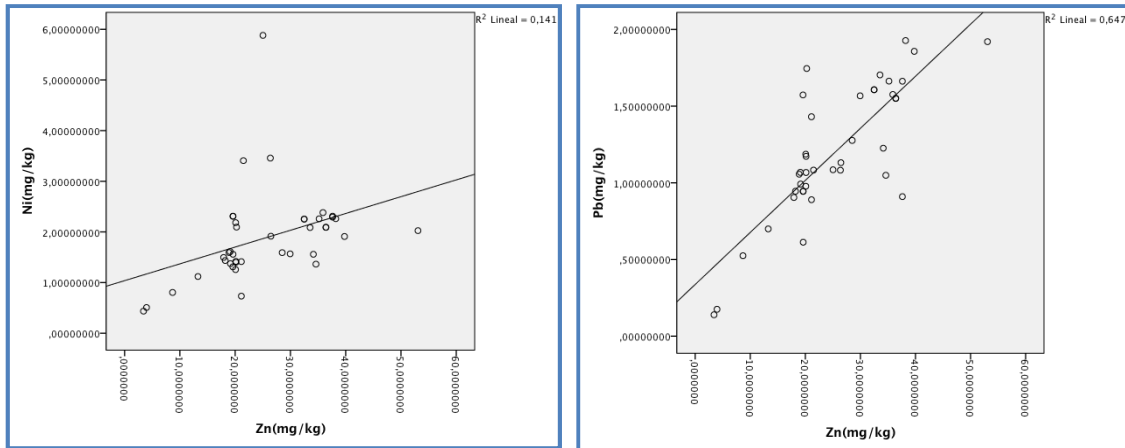
Figuras 358 y 359: Correlaciones intermetálicas positivas entre Cu-Pb y Cu-Zn



Figuras 360 y 361: Correlaciones intermetálicas positivas entre Mn-Ni y Mn-Pb



Figuras 362 y 363: Correlaciones intermetálicas positivas entre Mn-Zn y Ni-Pb



Figuras 364 y 365: Correlaciones intermetálicas positivas entre Ni-Zn y Pb-Zn

La tabla 241 muestra las correlaciones intermetálicas existentes en los sedimentos del puerto de Los Cristianos.

Tabla 241: Correlaciones intermetálicas mediante Rho de Spearman en los sedimentos del puerto de Los Cristianos									
Metales		Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
Cd	Coefficiente de correlación	1,000	,153	,095	-,011	,009	,221	,118	,129
	Sig. (bilateral)	.	,242	,471	,932	,945	,089	,369	,325
Co	Coefficiente de correlación	,153	1,000	,052	,037	,130	,270*	,175	,339**
	Sig. (bilateral)	,242	.	,692	,779	,323	,037	,180	,008
Cr	Coefficiente de correlación	,095	,052	1,000	-,469**	,560**	,559**	-,500**	,164
	Sig. (bilateral)	,471	,692	.	,000	,000	,000	,000	,211
Cu	Coefficiente de correlación	-,011	,037	-,469**	1,000	-,558**	-,495**	,474**	-,141
	Sig. (bilateral)	,932	,779	,000	.	,000	,000	,000	,281
Mn	Coefficiente de correlación	,009	,130	,560**	-,558**	1,000	,577**	-,499**	,262*
	Sig. (bilateral)	,945	,323	,000	,000	.	,000	,000	,043
Ni	Coefficiente de correlación	,221	,270*	,559**	-,495**	,577**	1,000	-,129	,559**
	Sig. (bilateral)	,089	,037	,000	,000	,000	.	,327	,000
Pb	Coefficiente de correlación	,118	,175	-,500**	,474**	-,499**	-,129	1,000	,435**
	Sig. (bilateral)	,369	,180	,000	,000	,000	,327	.	,001

Zn	Coefficiente de correlación	,129	,339**	,164	-,141	,262*	,559**	,435**	1,000
	Sig. (bilateral)	,325	,008	,211	,281	,043	,000	,001	.

Las siguientes figuras (366-381) muestran las correlaciones intermetálicas existentes en los puntos de muestreo del puerto de Los Cristianos. Todas las correlaciones intermetálicas encontradas en los sedimentos del puerto son positivas excepto Cr-Cu (figura 368), Cr-Pb (figura 371), Cu-Mn (figura 372), Cu-Ni (figura 373), Mn-Pb(378), Zn-Cu (figura 379) y Pb-Cr (figura 380) que muestran interrelaciones negativas.

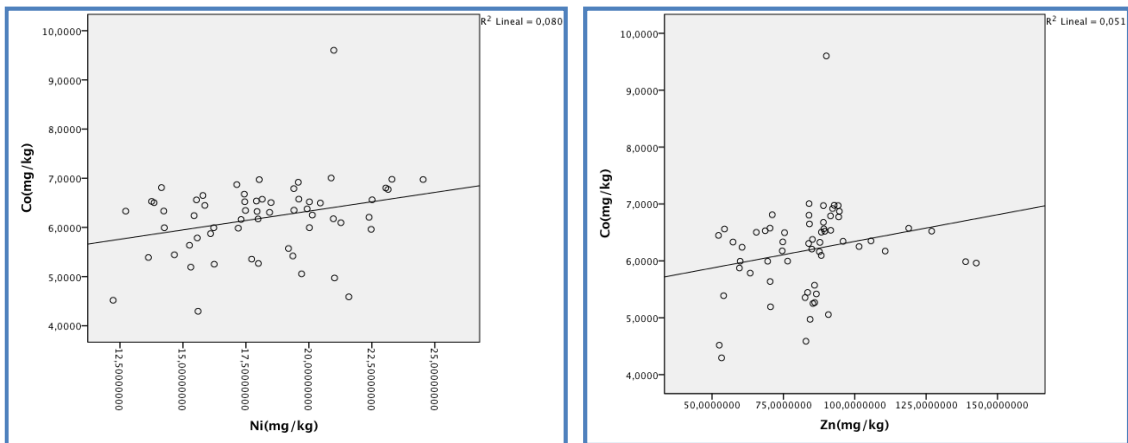


Figura 366 y 367: Correlaciones intermetálicas positivas entre Co-Ni y Co-Zn

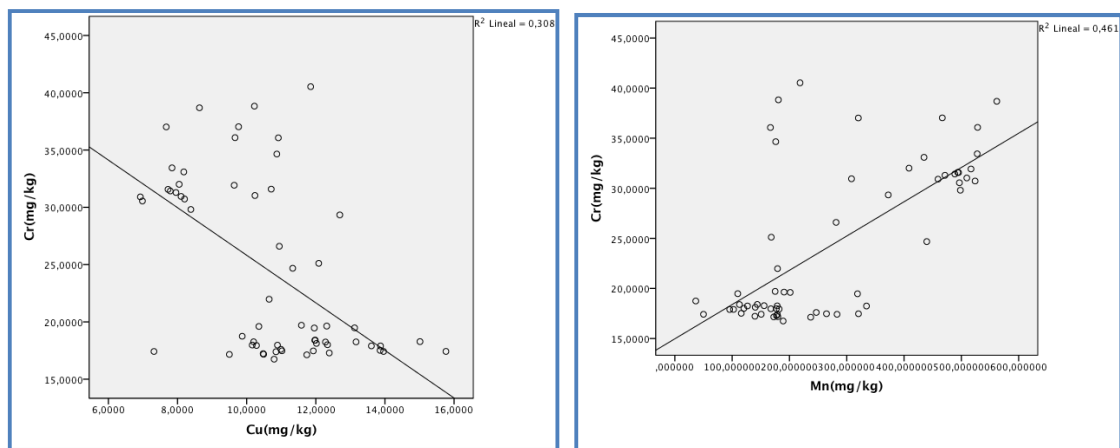


Figura 368 y 369: Correlaciones intermetálicas positivas entre Cr-Cu y Cr-Mn

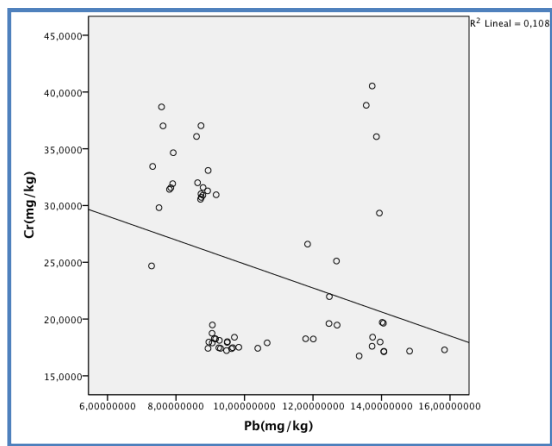
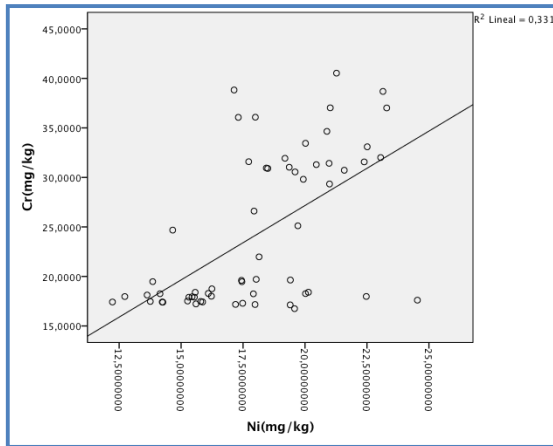


Figura 370 y 371: Correlaciones intermetálicas positivas entre Cr-Ni y Cr-Pb

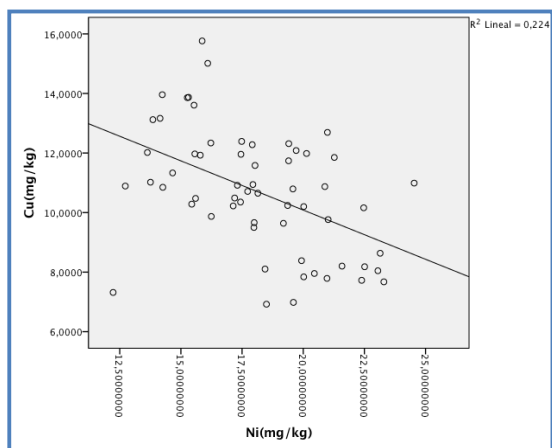
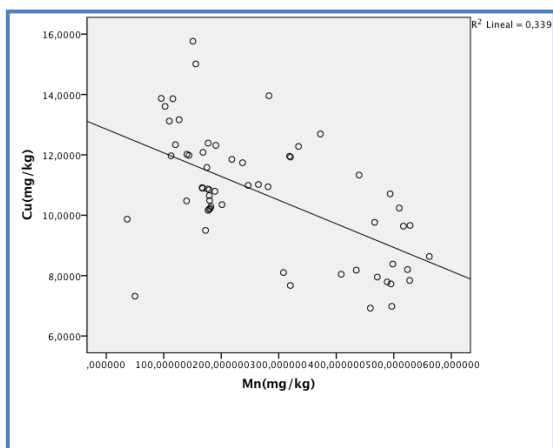


Figura 372 y 373: Correlaciones intermetálicas positivas entre Cu-Mn y Cr-Ni

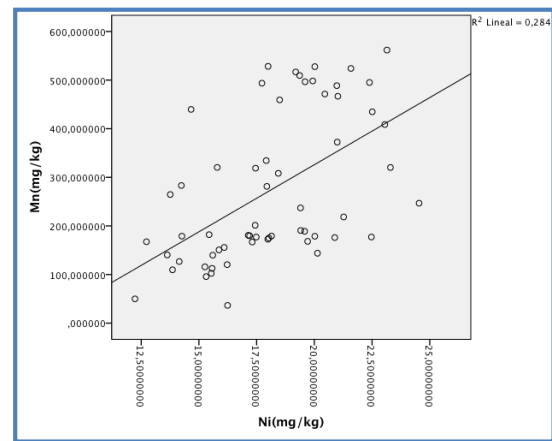
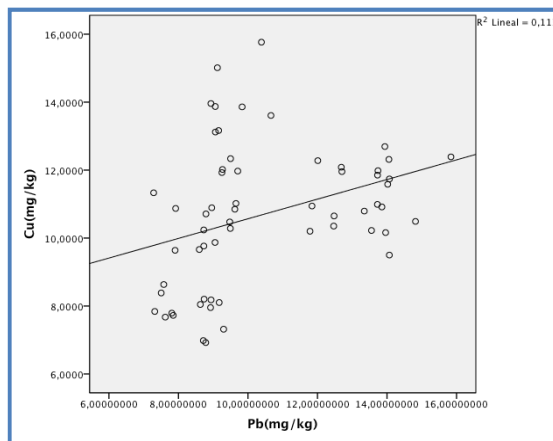


Figura 374 y 375: Correlaciones intermetálicas positivas entre Cu-Pb y Mn-Ni

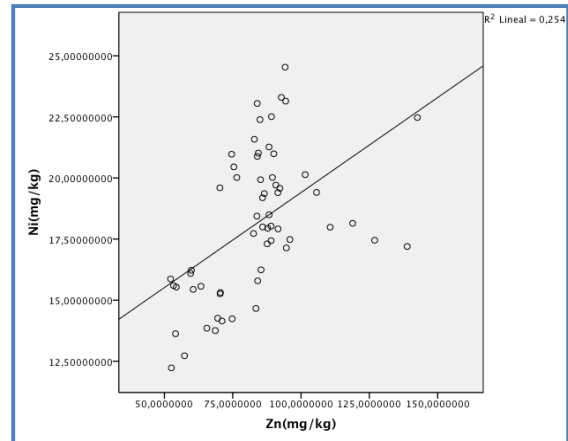
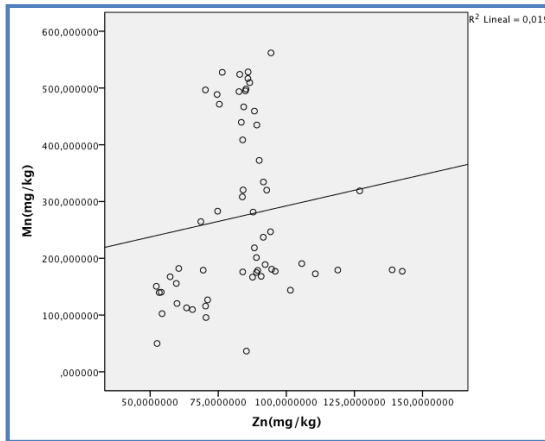


Figura 376 y 377: Correlaciones intermetálicas positivas entre Mn-Zn y Ni-Zn

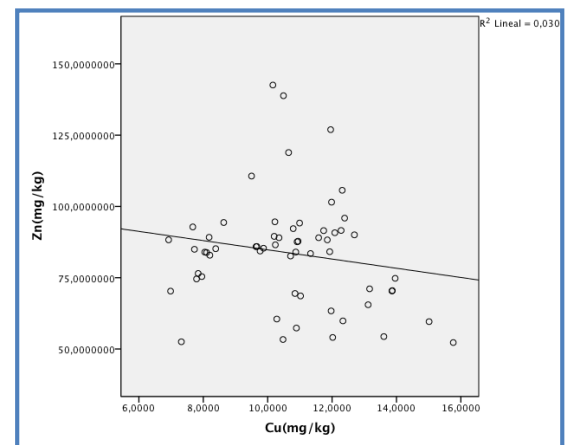
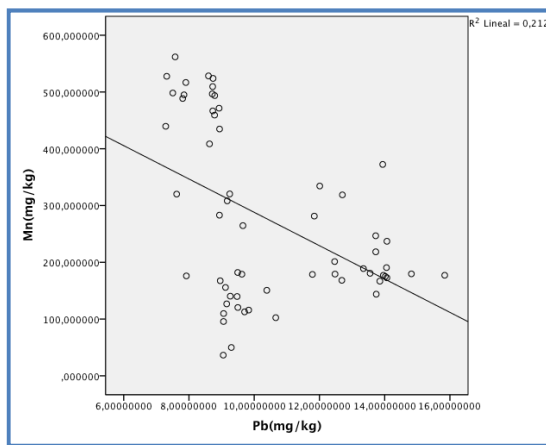


Figura 378 y 379: Correlaciones intermetálicas positivas entre Mn-Pb y Zn-Cu

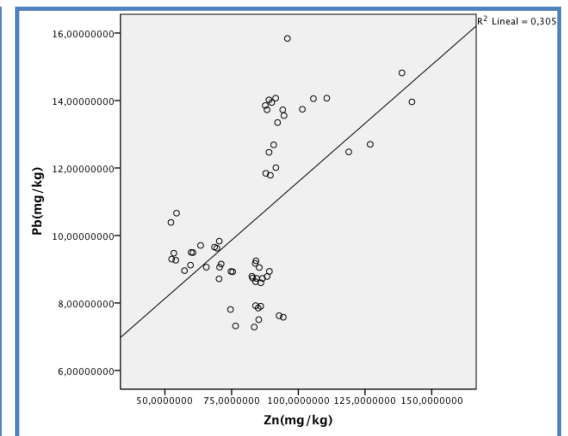
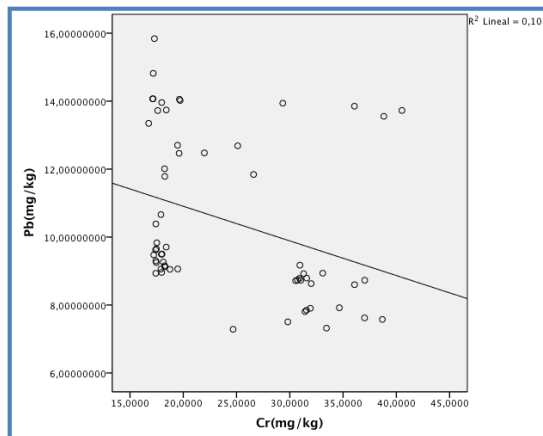


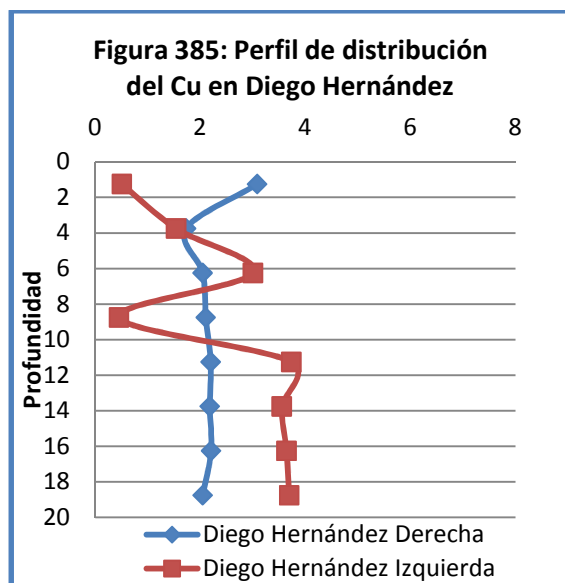
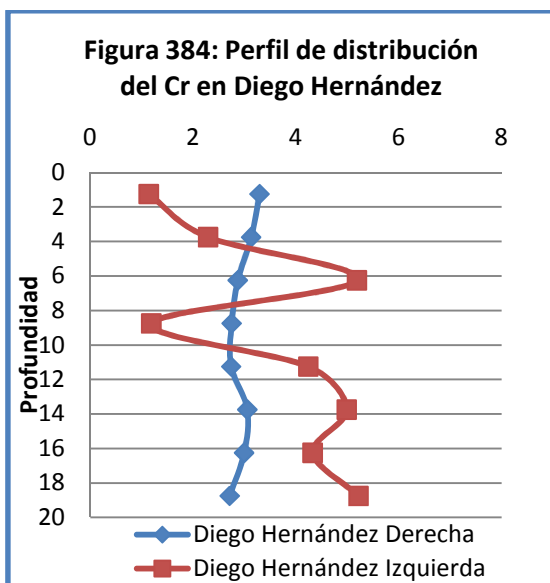
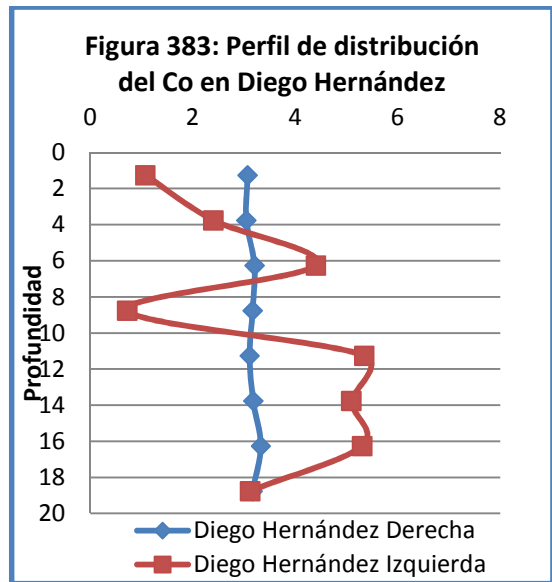
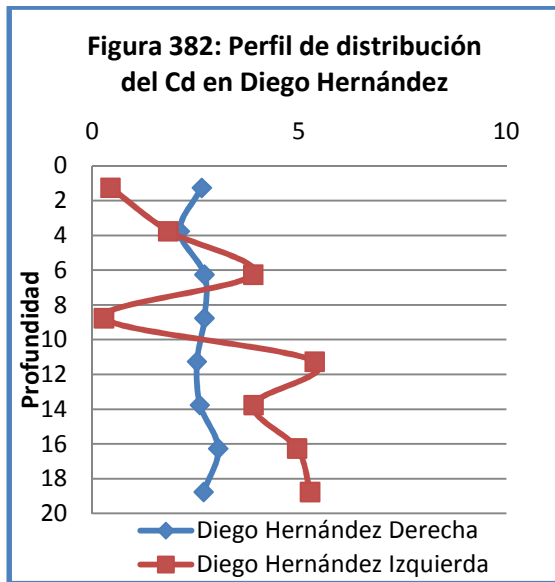
Figura 380 y 381: Correlaciones intermetálicas positivas entre Pb-Cr y Pb-Zn

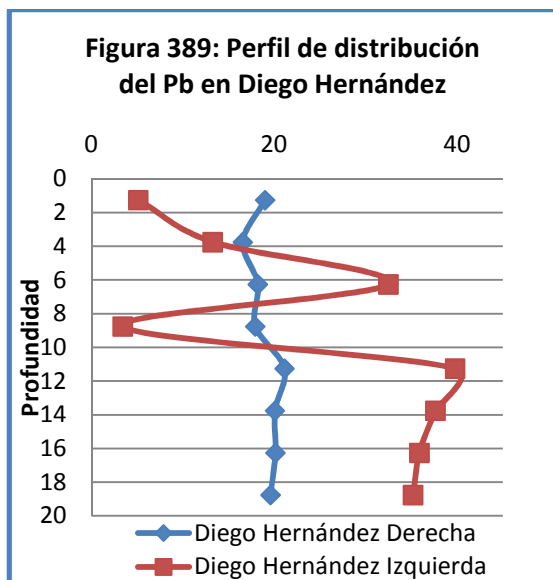
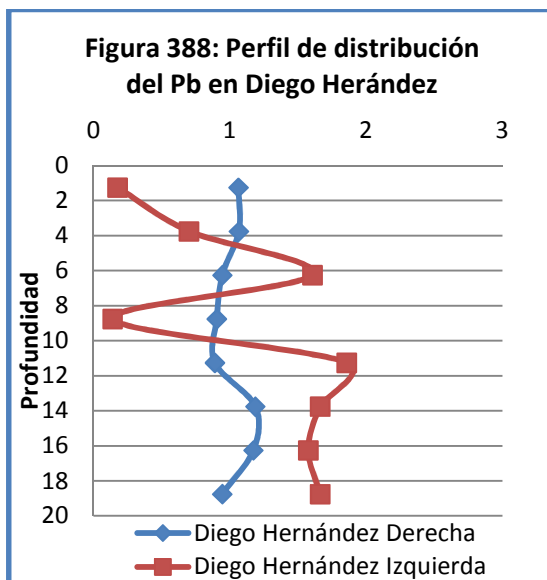
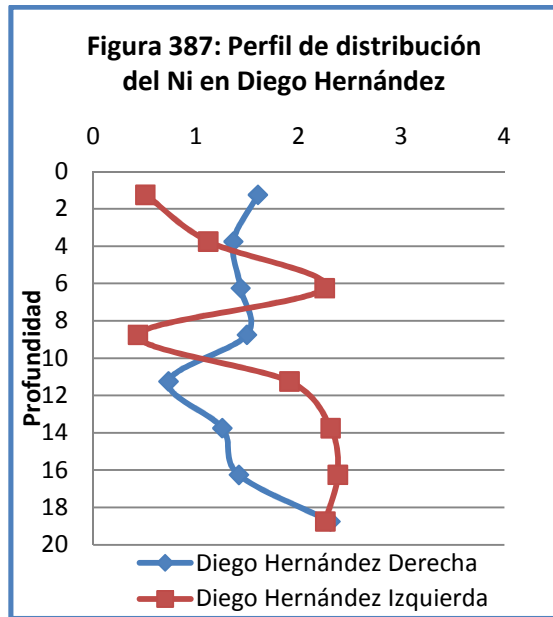
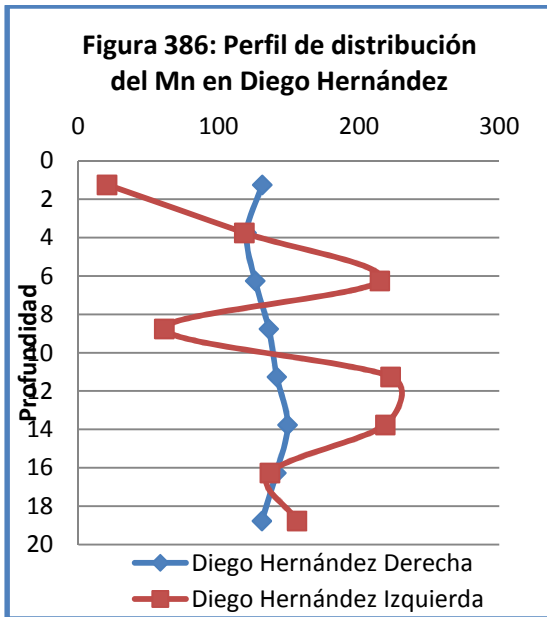
5.2.4.5. CONCENTRACIONES DE METALES EN PERFILES

5.2.4.5.1. PERFILES EN PUNTOS DE CONTROL

En las siguientes figuras (382 hasta 389) se muestra la distribución de metales en profundidad de los perfiles estudiados en las playas colindantes a Puertos (playa Diego Hernández Derecha e Izquierda).

Las figuras 382 muestra que la distribución se Cd existente en la playa de Valle Seco Derecha e Izquierda. En todos los perfiles de los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) en los puntos de muestreo control, se observa que el punto de muestreo “Diego Hernández Derecha” presenta una distribución del perfil rectilíneo, mientras que el punto de muestreo “Diego Hernández Izquierda” presenta una distribución en el perfil más sinusoidal (figuras 382 hasta 389).



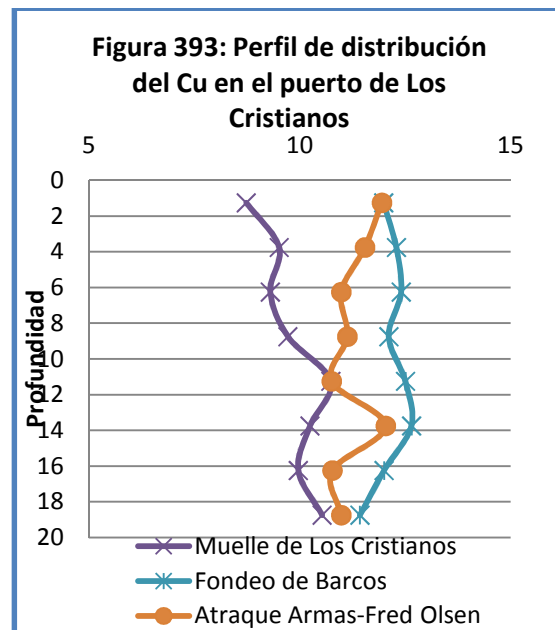
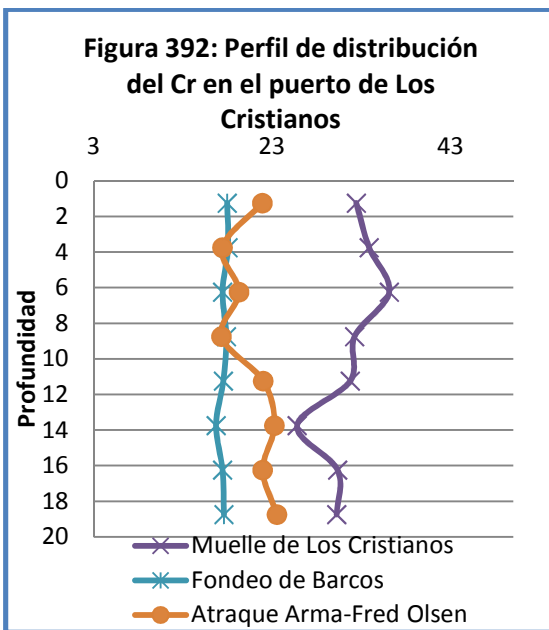
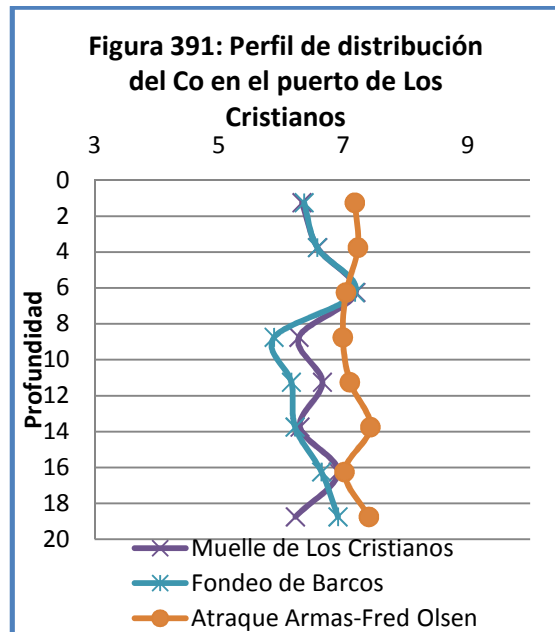
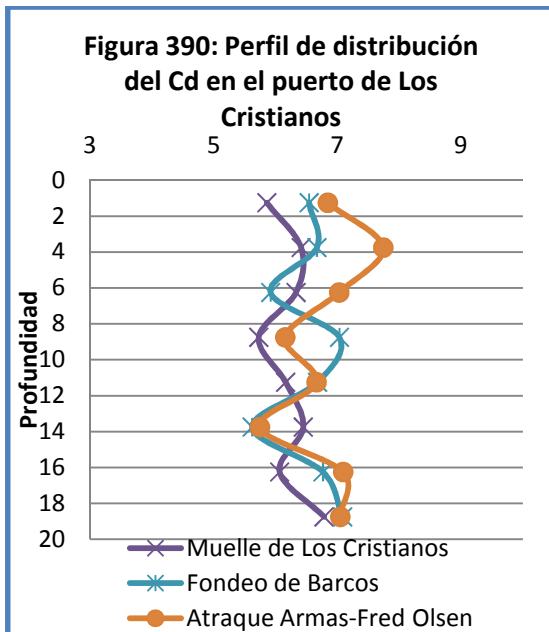


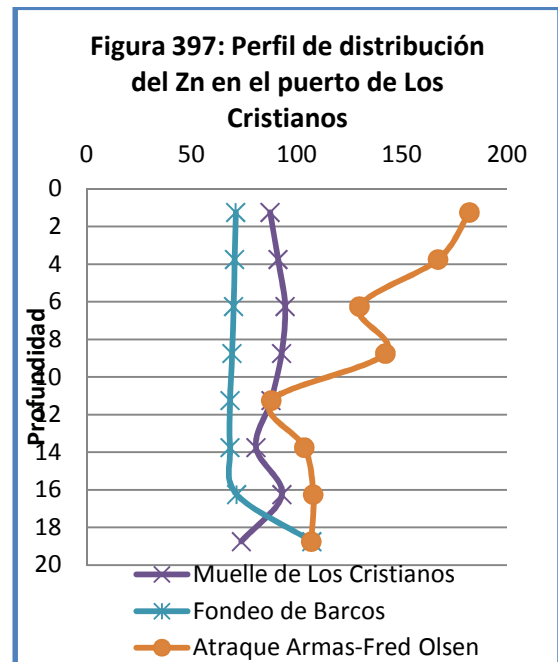
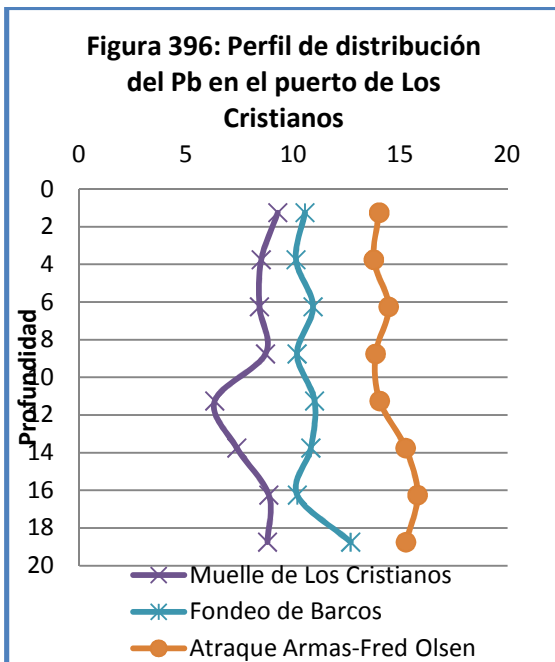
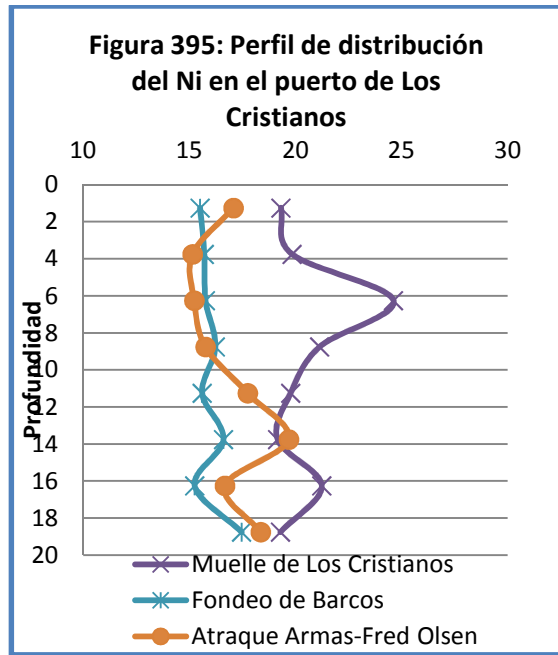
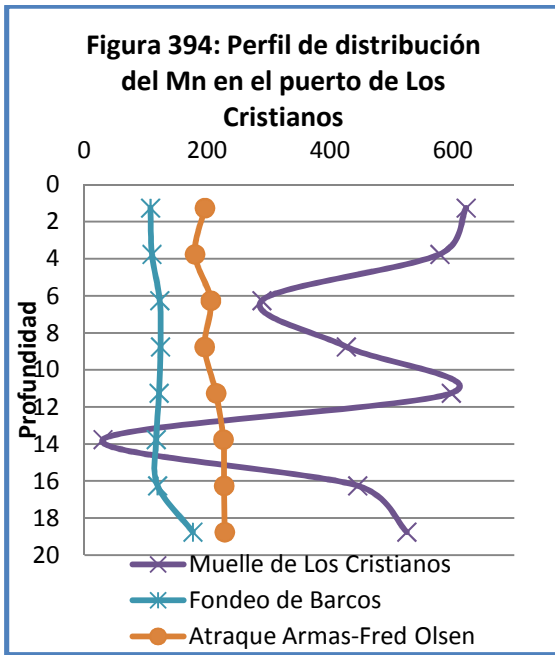
5.2.4.5.2. PERFILES EN PUNTOS DE MUESTREO DEL PUERTO DE LOS CRISTIANOS

Las siguientes figuras (390 hasta 397), muestran la distribución de los metales a lo largo del perfil de 20 cm estudiados en los 3 puntos de muestreo del puerto de Los Cristianos.

El perfil correspondiente al punto de muestreo “Fondeo Fred Olsen-Armas” presenta una mayor concentración de Cd, Co, Pb y Zn. El Cr, Mn y Ni se encuentra en mayor concentración en el perfil de distribución del punto de muestreo “Muelle” de

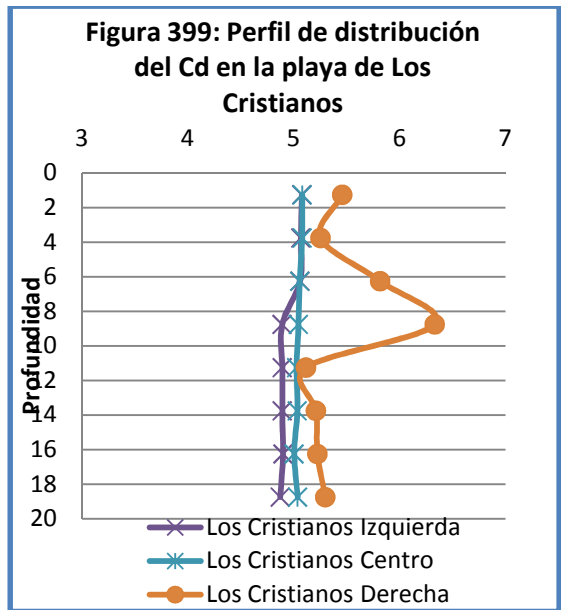
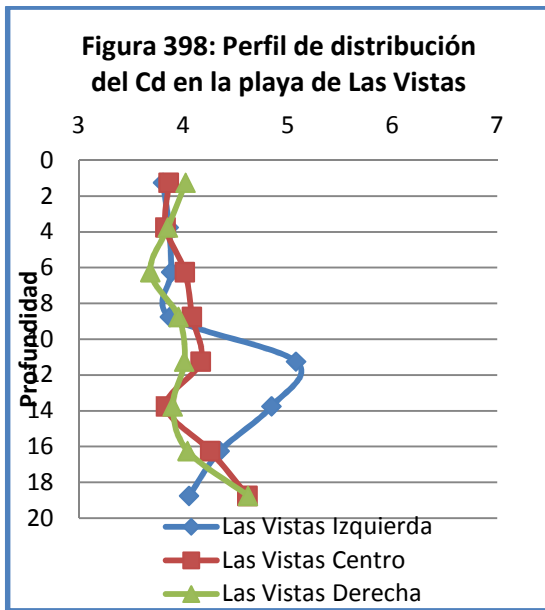
Los Cristianos. El perfil de distribución “Fondeo de Barcos” es el único que presenta una mayor concentración de Cu.



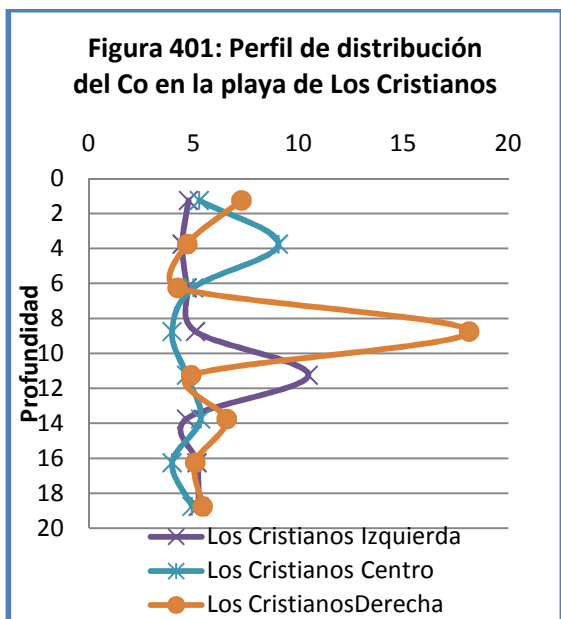
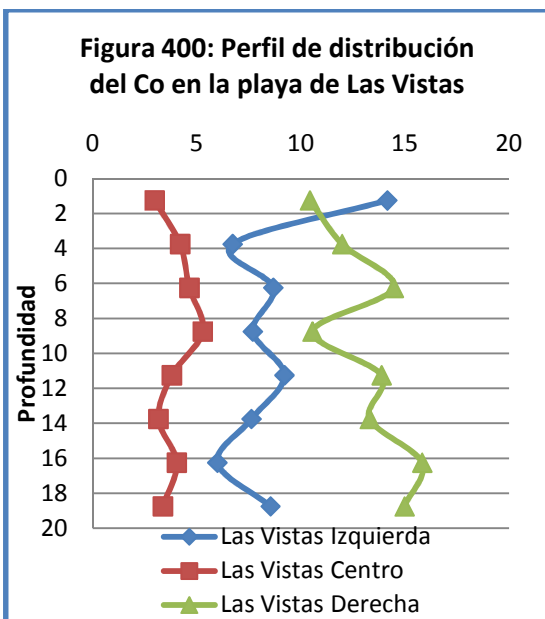


5.2.4.5.3. PERFILES EN PLAYAS COLINDANTES AL PUERTO DE LOS CRISTIANOS

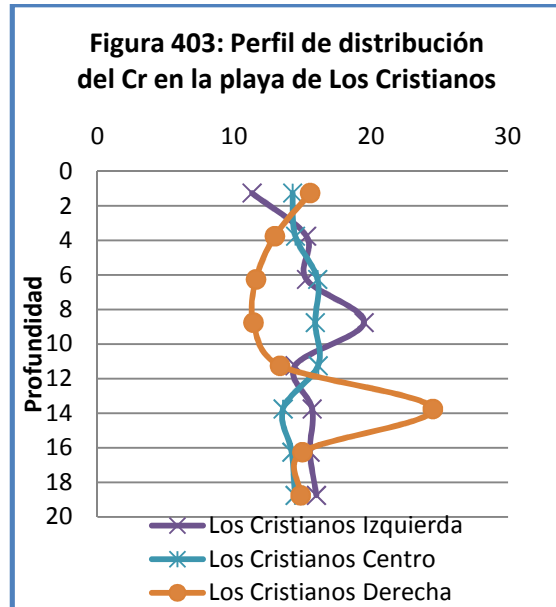
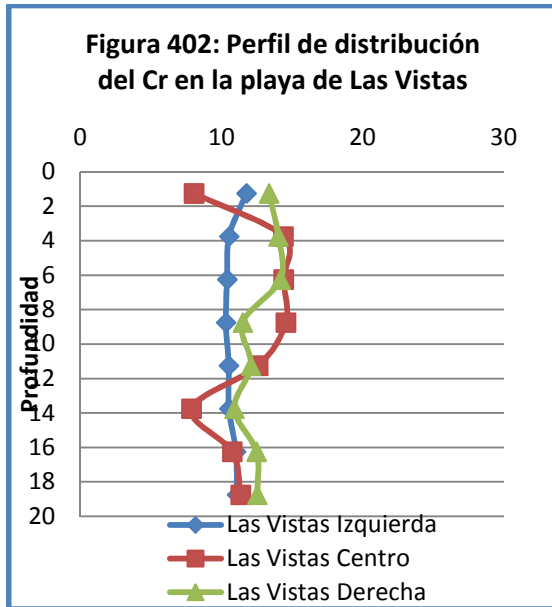
En las siguientes figuras (398 hasta 413) se muestra la distribución de metales en profundidad de los perfiles estudiados en las playas colindantes al puerto de Los Cristianos (playa de Las Vistas y playa de Los Cristianos). De forma general, la playa de Los Cristianos presenta una mayor concentración de Cd, concretamente el perfil correspondiente al punto de muestreo “Los Cristianos Derecha” (figura 398 y 399).



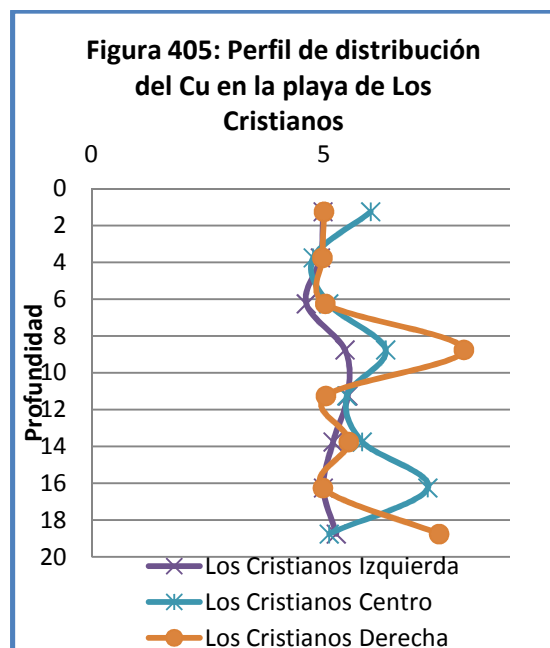
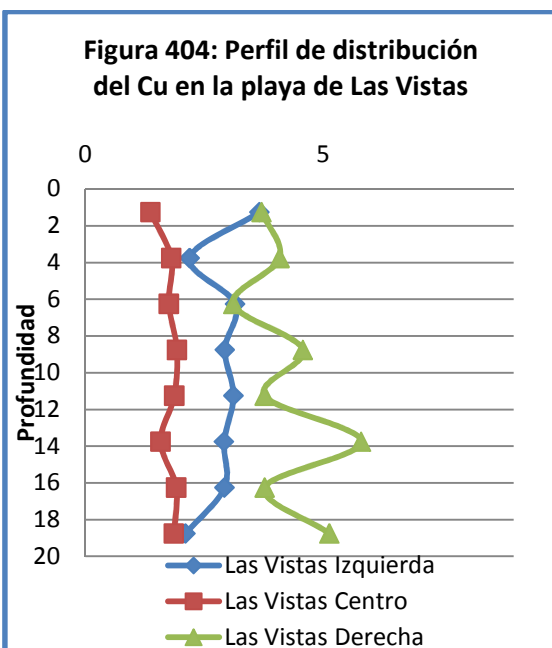
En cuanto a los perfiles de distribución del Co en las playas colindantes, encontramos que el perfil con mayor concentración de Co es “Las Vistas Derecha” (figura 400), aunque de forma puntual, la mayor concentración se encuentra en la profundidad (7,5-10) en el punto de muestreo “Los Cristianos Derecha” (figura 401).



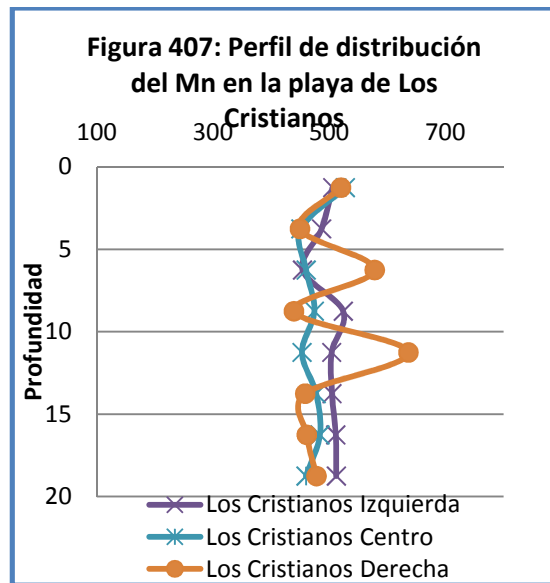
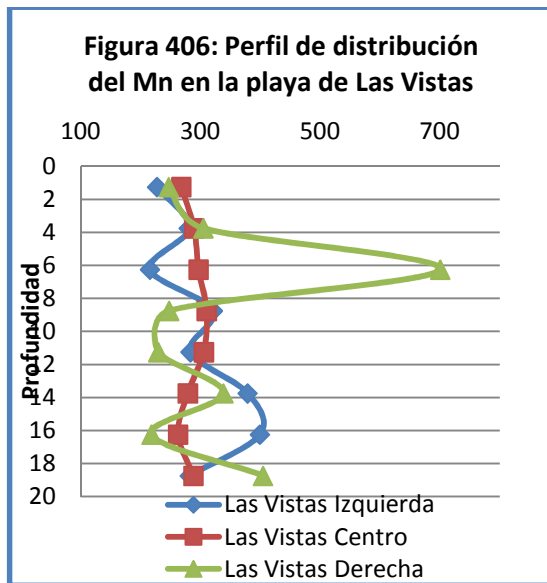
En relación al perfil de distribución de Cr en las playas colindantes, encontramos que los perfiles se entrelazan entre sí, encontrándose todos entre las mismas concentraciones (figura 402 y 403).



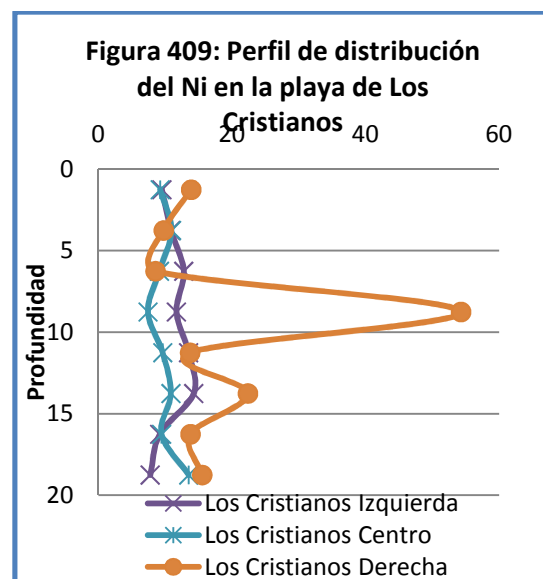
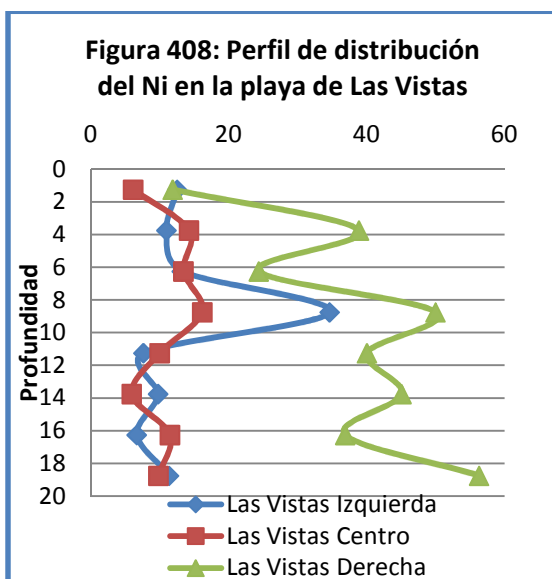
Los perfiles de distribución de Cu en las playas colindantes al puerto de Los Cristianos se muestran en las tablas 404 y 405. En la tabla 405 se observa que los perfiles con mayores concentraciones de Cu se encuentran en los perfiles estudiados en “La playa de Los Cristianos”.



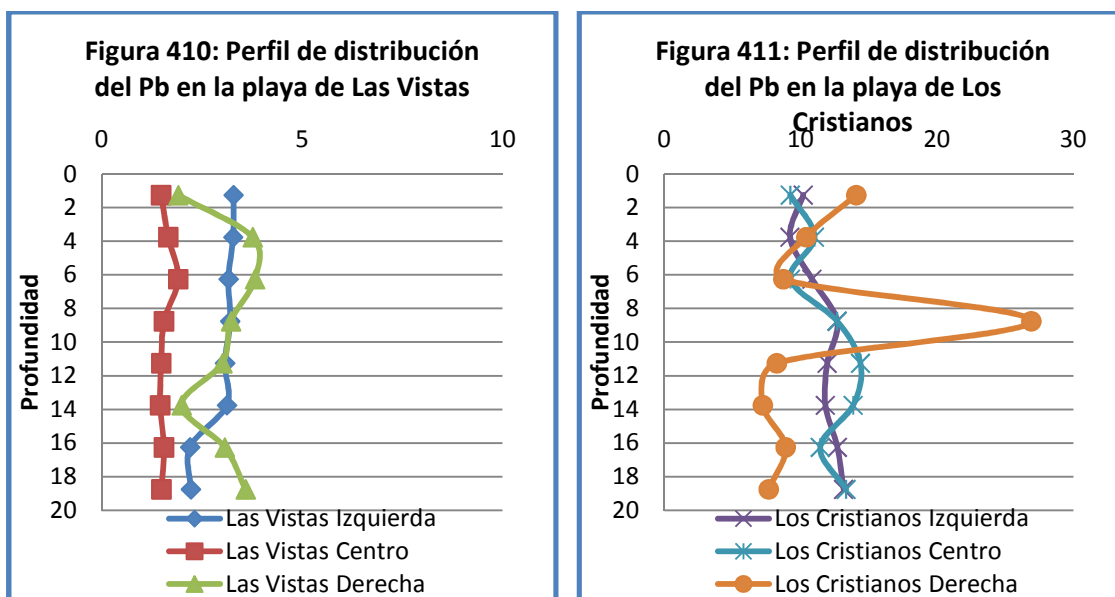
Los perfiles de distribución de Mn se muestran en las figuras 406 y 407, en ellas se observa que los perfiles con mayor concentración de estos metales se encuentran en la playa de Los Cristianos, aunque existe un pico puntual de concentración en la profundidad 5-7,5 cm en el punto de muestreo “Las Vistas Derecha”.



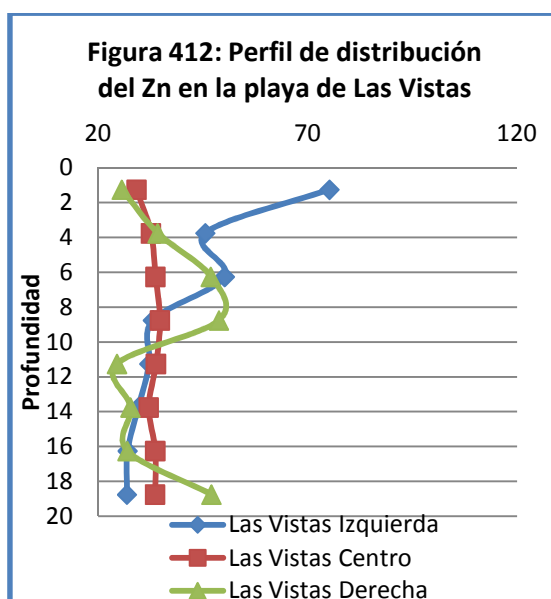
En cuanto a los perfiles de distribución de Ni, encontramos que el perfil con mayor concentración se encuentra en el punto de muestreo “Las Vistas Derecha” (figura 408), aunque existe un pico puntual de concentración en el punto 7,5-10 cm en el punto de muestreo localizado en “Los Cristianos Derecha”.



Los perfiles de distribución de Pb en las playas colindantes se muestran en las figuras 410 y 411. Las mayores concentraciones de Pb se muestran en los perfiles estudiados en la playa de Los Cristianos. De forma puntual en el perfil “Los Cristianos Derecha” a la profundidad 7,5-10 encontramos la mayor concentración de Pb.



Los perfiles de distribución de Zn se muestran en las tablas 412 y 413, en ellas se comprueba que los perfiles estudiados en la playa de Los Cristianos son los que presentan una mayor concentración de Zn.



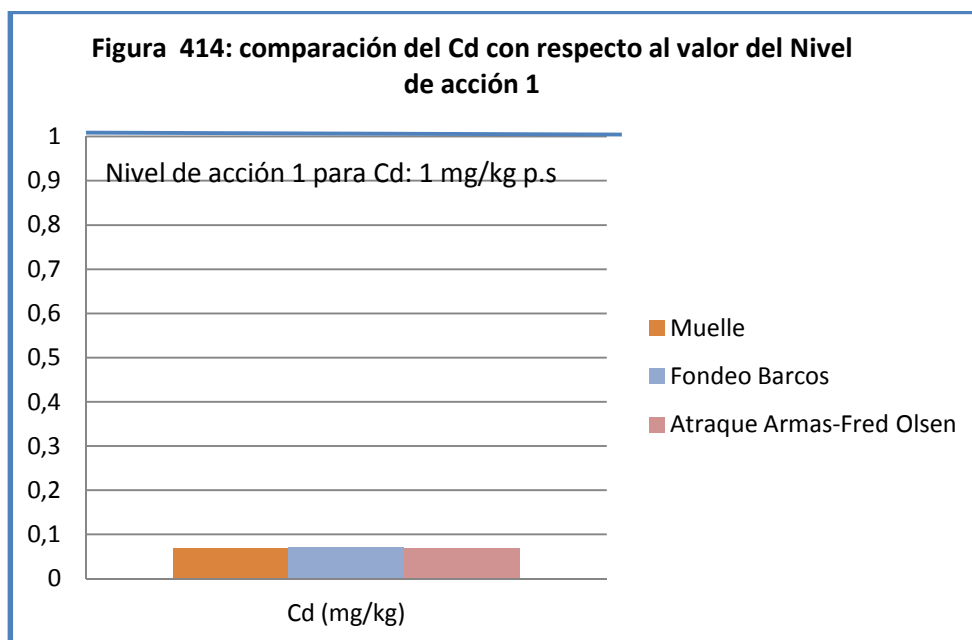
5.2.5. DISCUSIÓN SOBRE EL CONTENIDO METÁLICO DE LAS MUESTRAS DEL PUERTO Y PLAYAS COLINDANTES EN LOS SEDIMENTOS DEL SUROESTE EN COMPARACIÓN CON LAS RECOMENDACIONES

5.2.5.1. DISCUSIÓN MUESTRAS DEL PUERTO DE LOS CRISTIANOS Y SU COMPARACIÓN CON LAS RECOMENDACIONES DEL CEDEX

Para la comparación de los niveles en el Puerto de Los Cristianos, se han comparado los valores de Cd, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn de los puntos de muestreo pertenecientes al puerto, con las recomendaciones de concentraciones límites de contaminantes establecidas por el CEDEX para la gestión de material dragado.

De la figura 414 hasta la figura 419 se muestran los puntos de muestreo localizados en el puerto con respecto al nivel de acción 1 recomendado por el CEDEX, en el caso de que se supere este nivel de Acción, se muestra el nivel de Acción 2.

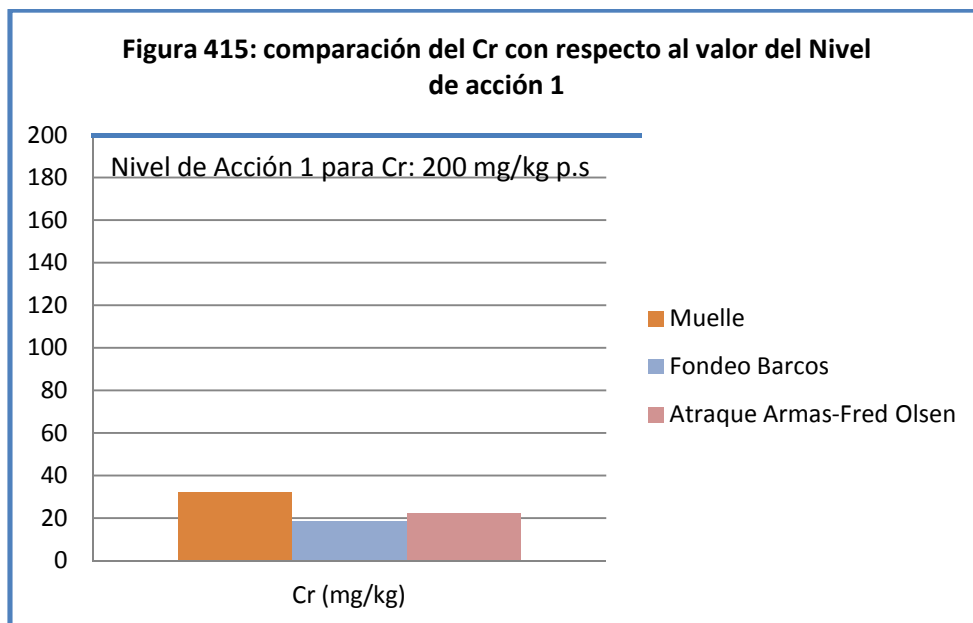
La figura 414 muestra la concentración de los puntos de muestreo del puerto con respecto al valor límite de Cd en el nivel de acción 1 recomendado para la gestión de dragado por el CEDEX.



Tal y como se muestra en la figura 415, no se supera en ninguno de los puntos de muestreo del puerto de Los Cristianos el Nivel de Acción 1 para Cd recomendado por el CEDEX. Debido a que nos encontramos con valores por debajo del nivel de

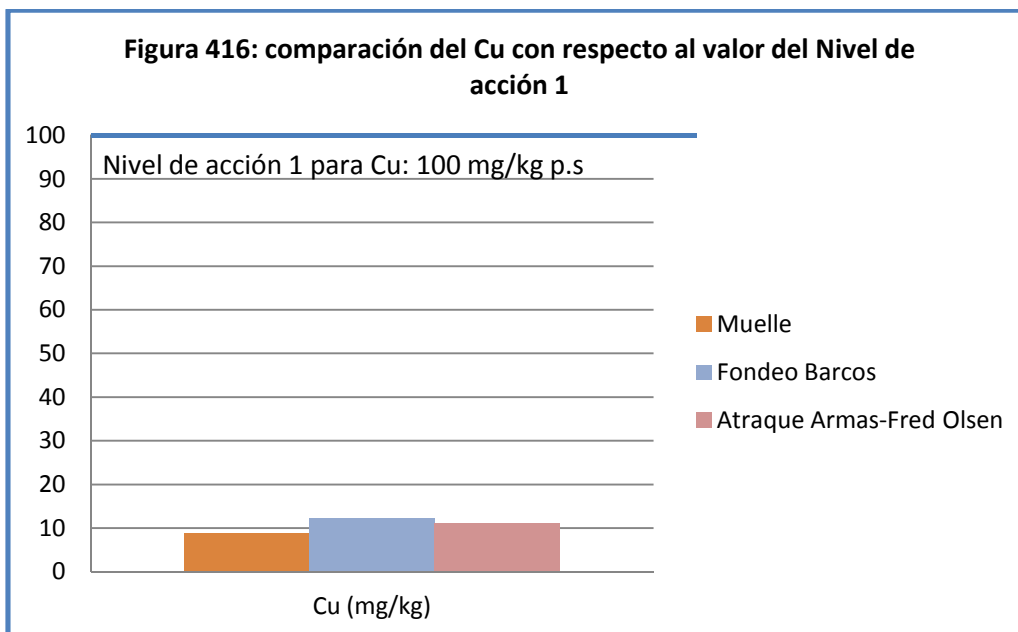
Acción 1, los sedimentos de los 3 puntos de muestreo del puerto suroeste se considerarían de Categoría 1 y podrían ser libremente vertidos al mar sin ningún tratamiento previo. La no superación del Nivel de Acción 1 conlleva la no superación del Nivel de Acción 2 propuestos por el CEDEX.

La figura 415 muestra la concentración encontrada de Cr en los puntos de muestreo del puerto de Los Cristianos, con respecto al límite fijado para este metal por el CEDEX.



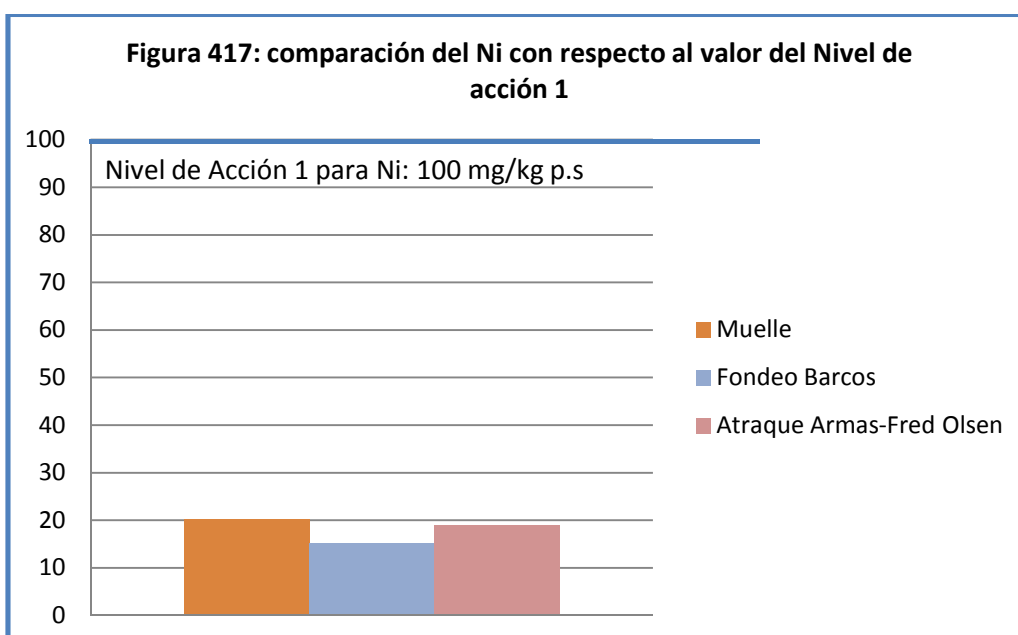
Tal y como muestra la figura 415, la concentración de Cr encontrada en los puntos de muestreo del puerto de Los Cristianos está por debajo del nivel fijado por el CEDEX para los niveles de acción fijados para la gestión de material dragado. Tenemos sedimentos que, como material dragado se consideran de Categoría 1, por lo tanto pueden ser libremente vertidos al mar sin ningún tratamiento previo.

La figura 416 muestra la concentración encontrada de Cu en los puntos de muestreo del puerto de Los Cristianos, con respecto al límite fijado para este metal por el CEDEX para el Nivel de Acción 1.



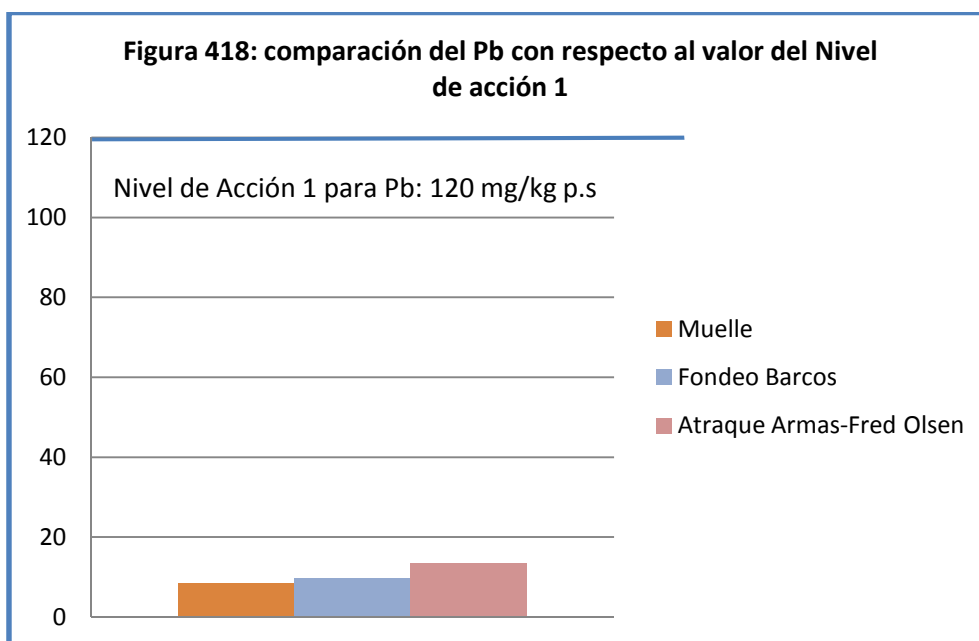
Tal y como se muestra en la figura 416, las concentraciones nunca llegan a superar el Nivel de Acción 1 para Cu recomendado por el CEDEX. Debido a que nos encontramos con valores por debajo del nivel de Acción 1, los sedimentos de los 3 puntos de muestreo del puerto suroeste se considerarían de Categoría 1 y podrían ser libremente vertidos al mar sin ningún tratamiento previo.

La figura 417 muestra la concentración encontrada de Ni en los puntos de muestreo del puerto de Los Cristianos, con respecto al límite fijado para este metal por el CEDEX para el Nivel de Acción 1.



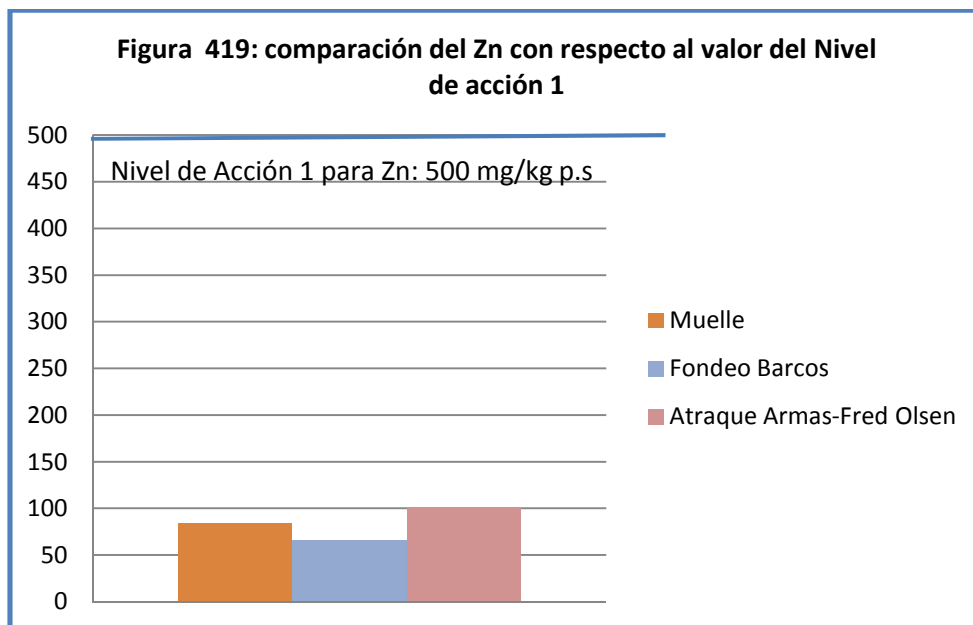
Tal y como se muestra en la figura 417, las concentraciones en el puerto nunca llegan a superar el Nivel de Acción 1 para Ni recomendado por el CEDEX. Debido a que nos encontramos con valores por debajo del nivel de Acción 1, los sedimentos de los 3 puntos de muestreo del puerto suroeste se considerarían de Categoría 1 y podrían ser libremente vertidos al mar sin ningun tratamiento previo.

La figura 418 muestra la concentración encontrada de Pb en los puntos de muestreo del puerto de Los Cristianos, con respecto al límite fijado para este metal por el CEDEX para el Nivel de Acción 1.



Tal y como se muestra en la figura 418, las concentraciones en el puerto nunca llegan a superar el Nivel de Acción 1 para Pb recomendado por el CEDEX. Debido a que nos encontramos con valores por debajo del nivel de Acción 1, los sedimentos de los 3 puntos de muestreo del puerto suroeste se considerarían de Categoría 1 y podrían ser libremente vertidos al mar sin ningun tratamiento previo

La figura 419 muestra la concentración encontrada de Zn en los puntos de muestreo del puerto de Los Cristianos, con respecto al límite fijado para este metal por el CEDEX para el Nivel de Acción 1.



Tal y como se muestra en la figura 419, los puntos de muestreo del puerto se encuentran por debajo del Nivel de Acción 1 para Zn recomendado por el CEDEX.

Debido a que nos encontramos con valores por debajo del nivel de Acción 1 para todo los metales estudiados, los sedimentos de los 3 puntos de muestreo del puerto suroeste se considerarían de Categoría I y podrían ser libremente vertidos al mar sin ningun tratamiento previo. Para llevar a cabo un vertido libre hacia el mar, en necesario una simple Autorización normal de dragados. Para que dicha autorización sea otorgada, es necesario llevar a cabo una serie de estudios previos como son el estudios de los sedimentos y de los efectos biológicos (desde un marco físico/mecánico simplemente y no des de un mardo químico), también es necesario entregar un estudio de las técnicas de vertido controlado y justificado que se llevarán a cabo durante el dragado.

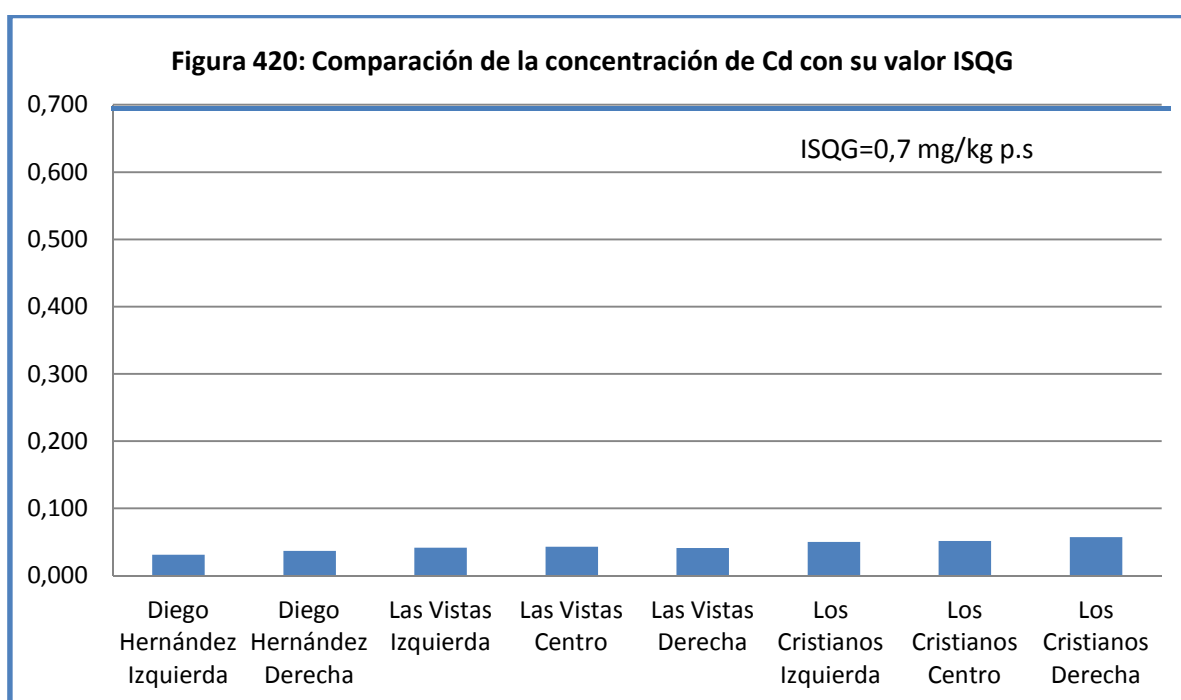
5.2.5.2. DISCUSIÓN SOBRE EL CONTENIDO METÁLICO EN MUESTRAS DE LAS PLAYAS COLINDANTES AL PUERTO DE LOS CRISTIANOS Y SU COMPARACIÓN CON GÚIAS DE CALIDAD DE SEDIMENTOS

La concentraciones de Cd, Cr, Cu, Pb y Zn encontradas en los puntos de muestreo de las playas cercanas al puerto suroeste, se comparan con los valores establecidos por las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la

vida acuática” (CCME, 1995). Para llevar a cabo la comparación de la concentración de Co, Mn y Ni, se utilizan otras guías de calidad de sedimentos.

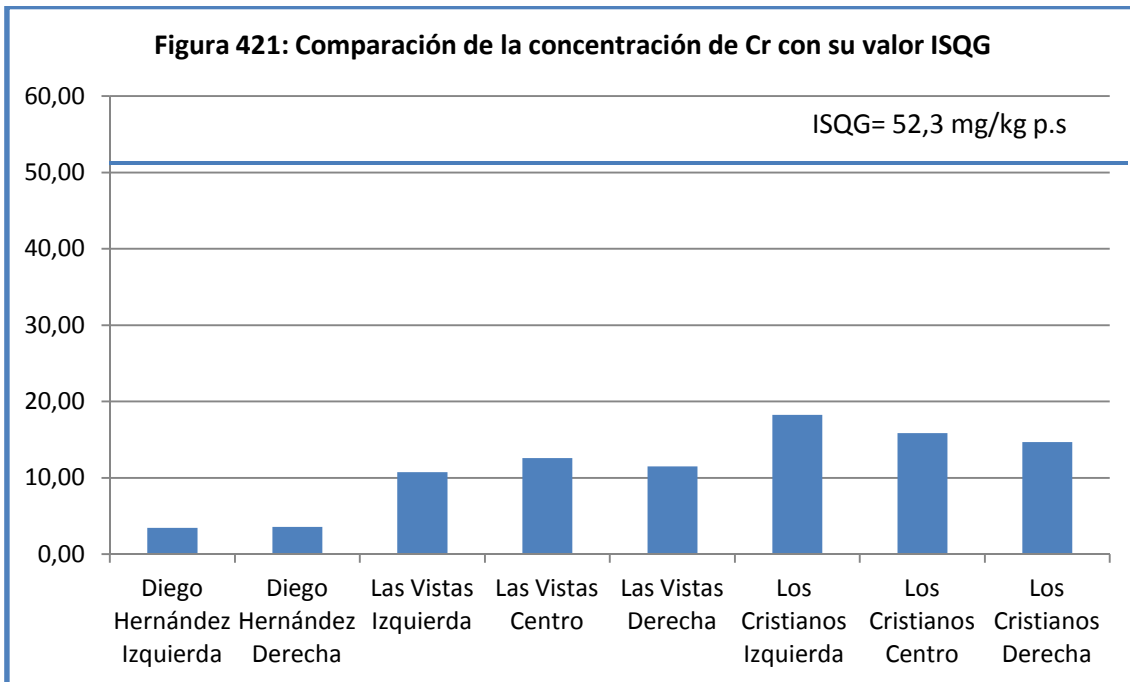
En las figuras 420-428, se comparan las concentraciones obtenidas en las playas colindantes al puerto de Los Cristianos con las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995).

La figura 420 muestra las concentración media de Cd en los puntos de muestreo de las playas colindantes al puerto de Los Cristianos y el valor ISQG establecido en las guías canadienses (CCME, 1995).



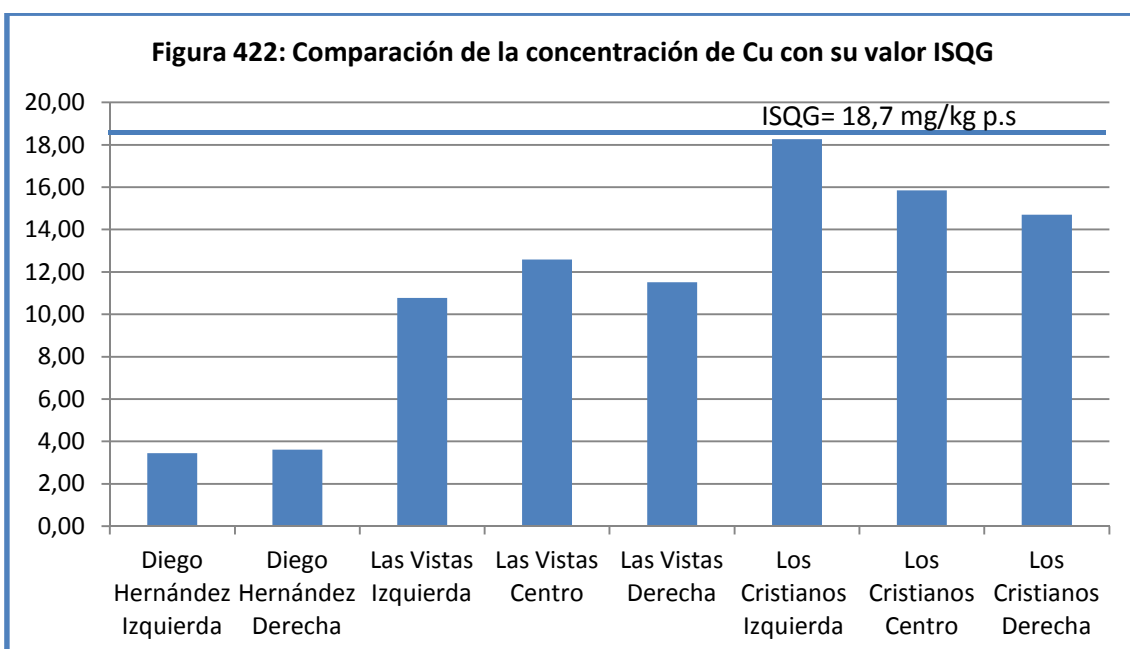
Todos los puntos de muestreo procedentes de las playas colindantes al puerto de Los Cristianos, están por debajo de los valores ISQG establecidos en las Guías canadienses, por tanto, no se darán problemas de toxicidad ambiental a estas concentraciones de Cd. Obviamente, al no superar los valores ISQG, tampoco se superará el valor PEL, establecido en 4,2 mg/kg p.s. por lo que se omite esta gráfica.

En la figuras 421 se muestra la concentración media de Cr con respecto a valores límites ISQG establecido en las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995).



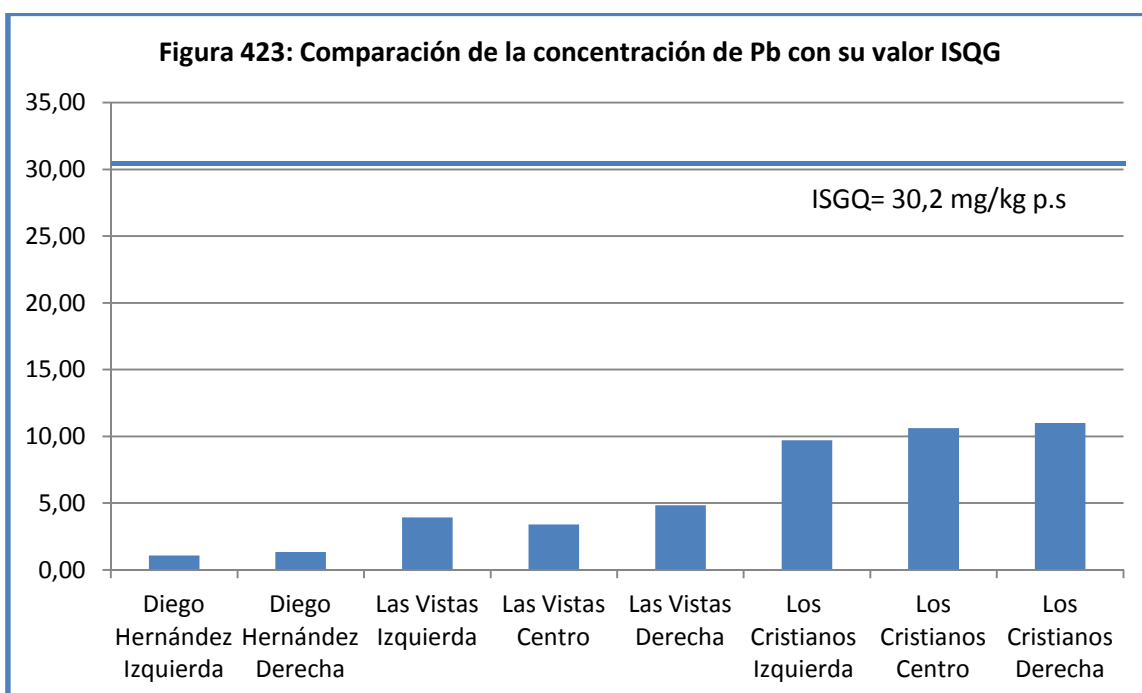
Tal y como se observa en la figura 441, la concentración de Cr en los puntos control es menor que en el resto de los puntos de muestreo, aunque la concentración de Cr encontrada en todos los puntos de muestreo, se encuentra por debajo del límite ISQG, por lo que no existen problemas de toxicidad ambiental.

La figura 442 muestra la comparación de la concentración de Cu con respecto a su valor ISQG establecido en 18,7 mg/kg p.s



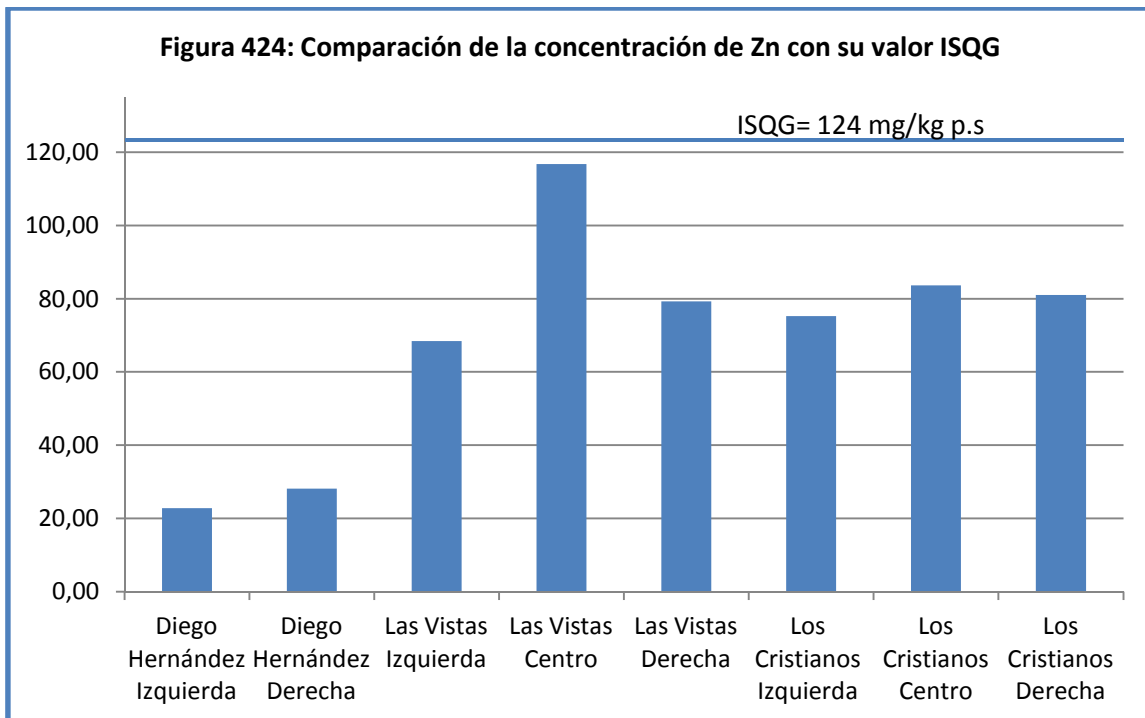
Tal y como comprueba en la figura 442, la concentración de Cu en los puntos control es menor que en el resto de los puntos de muestreo, aunque la concentración de Cu encontrada en todos los puntos de muestreo de las playas colindantes al puerto de Los Cristianos, se encuentra por debajo del límite ISQG, por tanto, a estos niveles no se darán problemas de toxicidad ambiental para el metal Cu.

La figura 423 muestra la comparación de la concentración de Pb con respecto a su valor ISQG fijado en las guías canadienses en 30,2 mg/kg p.s.



En la figura anterior se comprueba que la concentración de Pb en los puntos control es menor que en el resto de los puntos de muestreo, aunque la concentración de Pb encontrada en todos los puntos de muestreo, se encuentra por debajo del límite ISQG, por lo que no existen problemas de toxicidad ambiental.

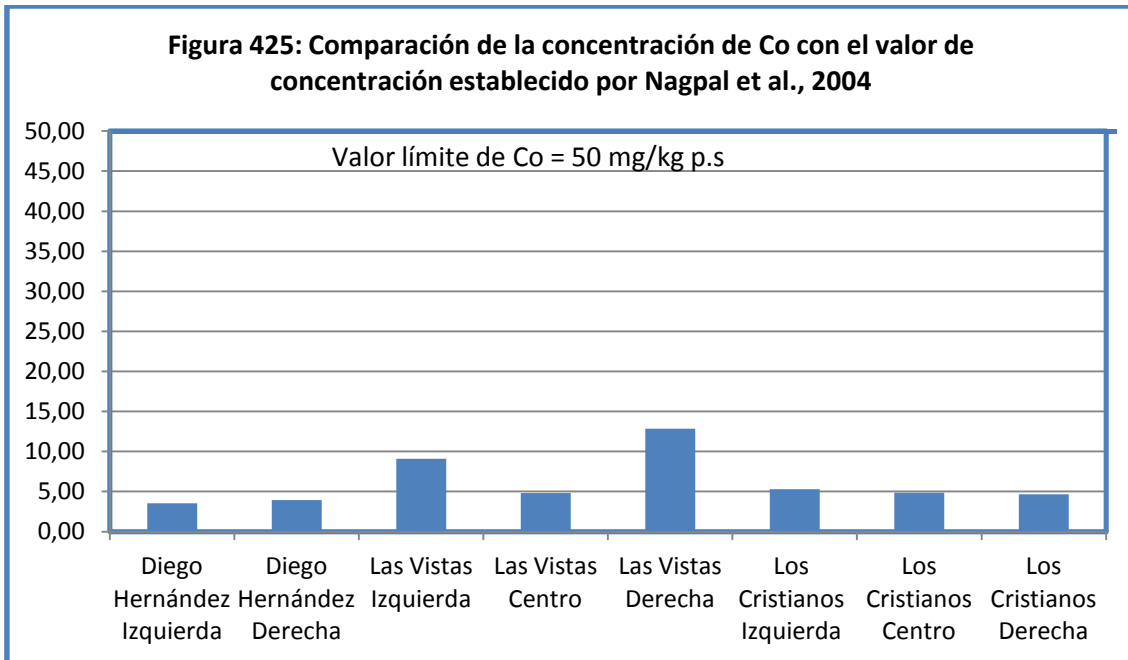
En la figura 424 se muestra la comparación de la concentración de Zn con respecto a su valor ISQG.



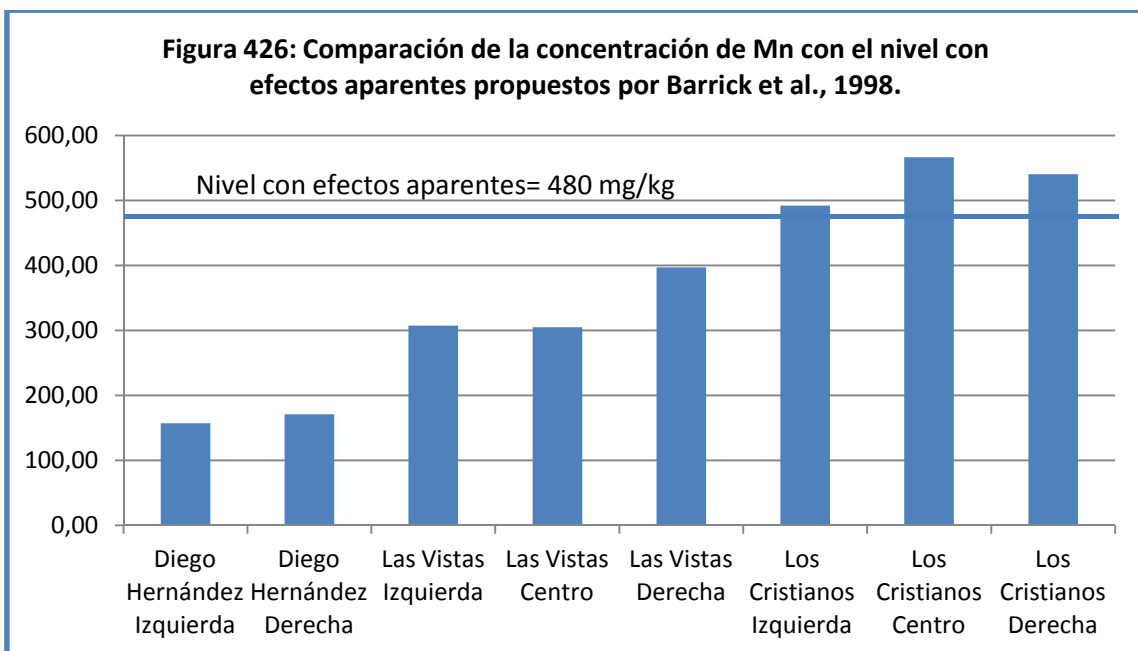
En la figura anterior se comprueba que la concentración de Zn en los puntos control es menor que en el resto de los puntos de muestreo, aunque la concentración de Zn encontrada en todos los puntos de muestreo, se encuentra por debajo del límite ISQG, por lo que no existen problemas de toxicidad ambiental.

Una vez llevada a cabo la comparación con los valores de metales Cd, Cr, Cu, Pb y Zn establecidos en las “Guías canadienses de calidad de los sedimentos marinos para la protección de la vida acuática” (CCME, 1995), es de gran importancia llevar a cabo la comparación del resto de los metales (Co, Mn y Ni). Desde la figura 425 hasta la 435 establecemos una comparación de los valores de metales en sedimentos encontradas en este estudio y otros valores guía propuestos para estos mismos sedimentos por otros autores y organismos (Long y Morgan., 1991; MENVIQ/EC, 1992; NYSDEC, 1994; Long et al., 1995; ANZECC, 1998; Barrick et al., 1998; Del Valls y Chapman, 1998; Nagpal et al., 2004)

En la figura 425, se muestran las concentraciones medias de Co encontradas en los puntos de muestreo de acuicultura en el área Suroeste y una comparación con el valor límite establecido por Nagpal et al (2004). En dicha figura se comprueba que ninguno de los puntos de muestreo supera el valor límite establecido por Nagpal.

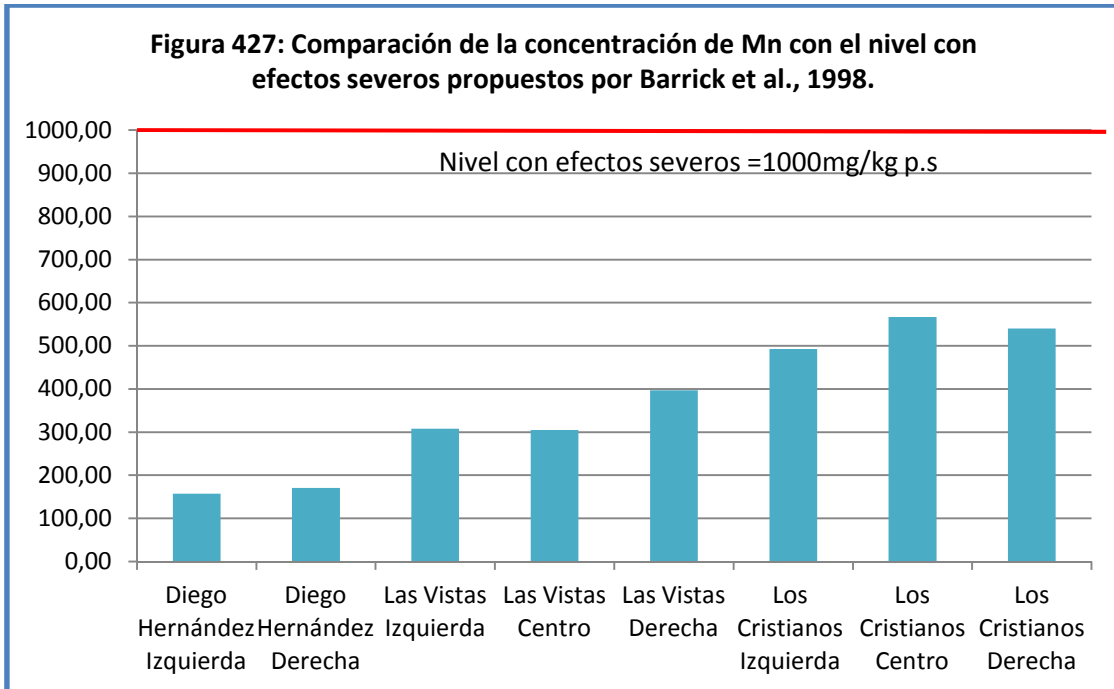


Tal y como muestra la tabla 426, el nivel de de Mn con efectos aparentes se supera en los punto de muestreo “Los Cristianos Izquierda”, “Los Cristianos Centro” y “Los Cristianos Derecha”, no superándose en el resto de los puntos de muestreo.

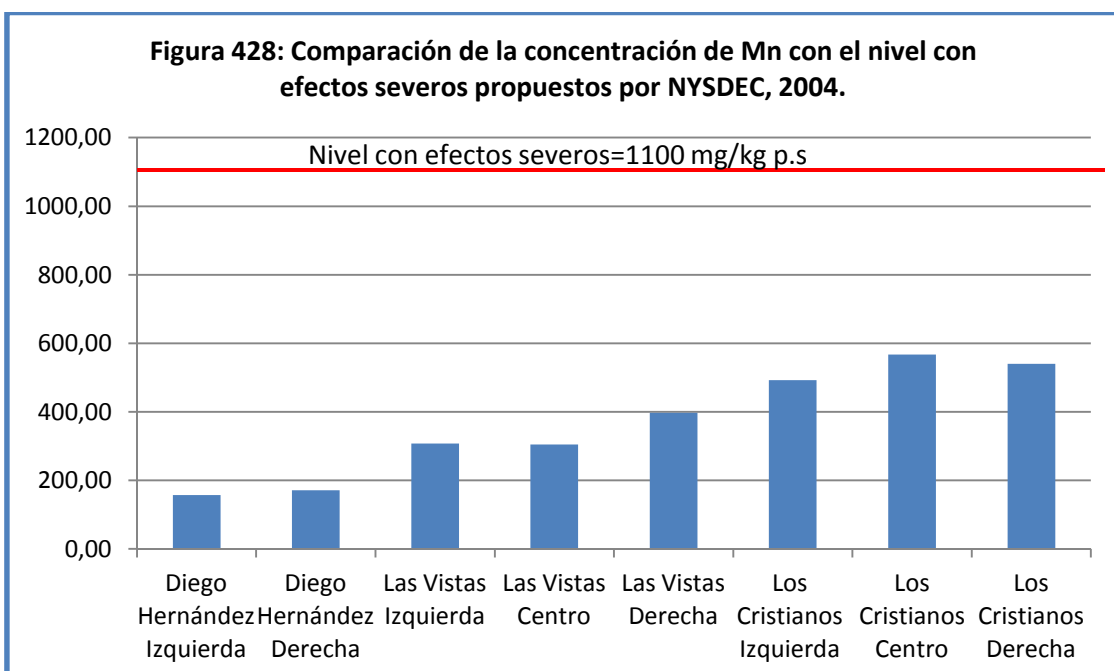


La figura 422 muestra la comparación de la concentración de Mn con respecto al nivel con efectos severos propuestos por Barrick et al., 1998. En dicha tabla se comprueba que ninguno de los 3 puntos de muestreo de la playa de Los Cristianos que superaban los niveles con efectos aparentes, superan los niveles con efectos

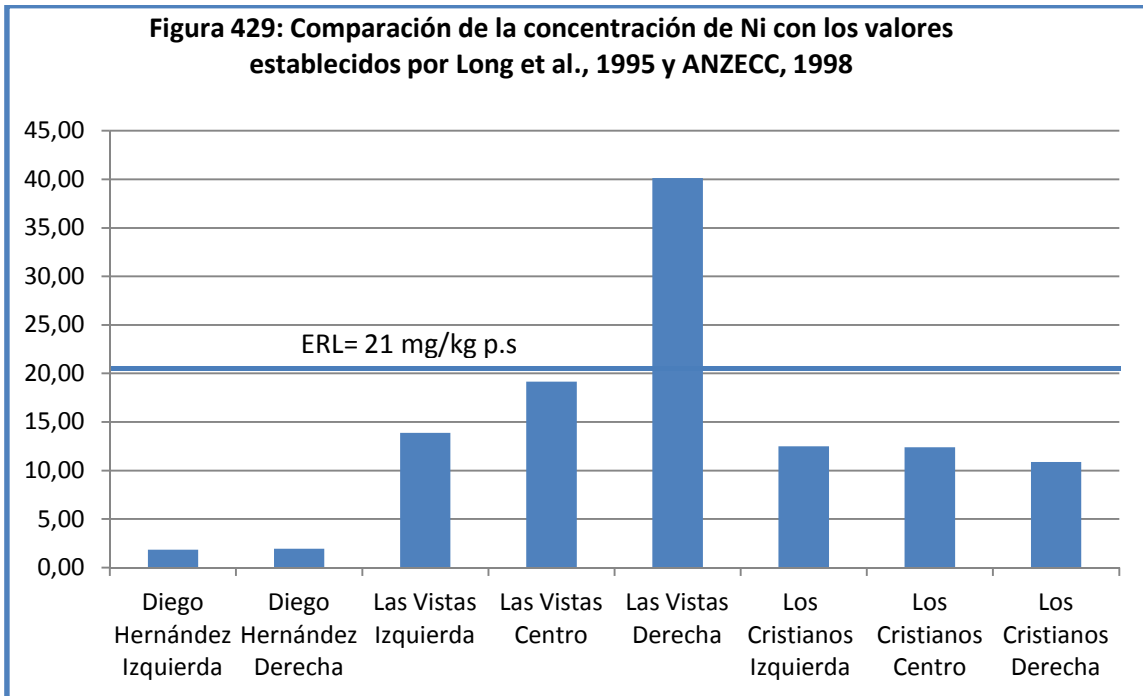
severos, por tanto no existen problemas de toxicidad ambiental severa para la biota colindante según Barrick et al. , 1998.



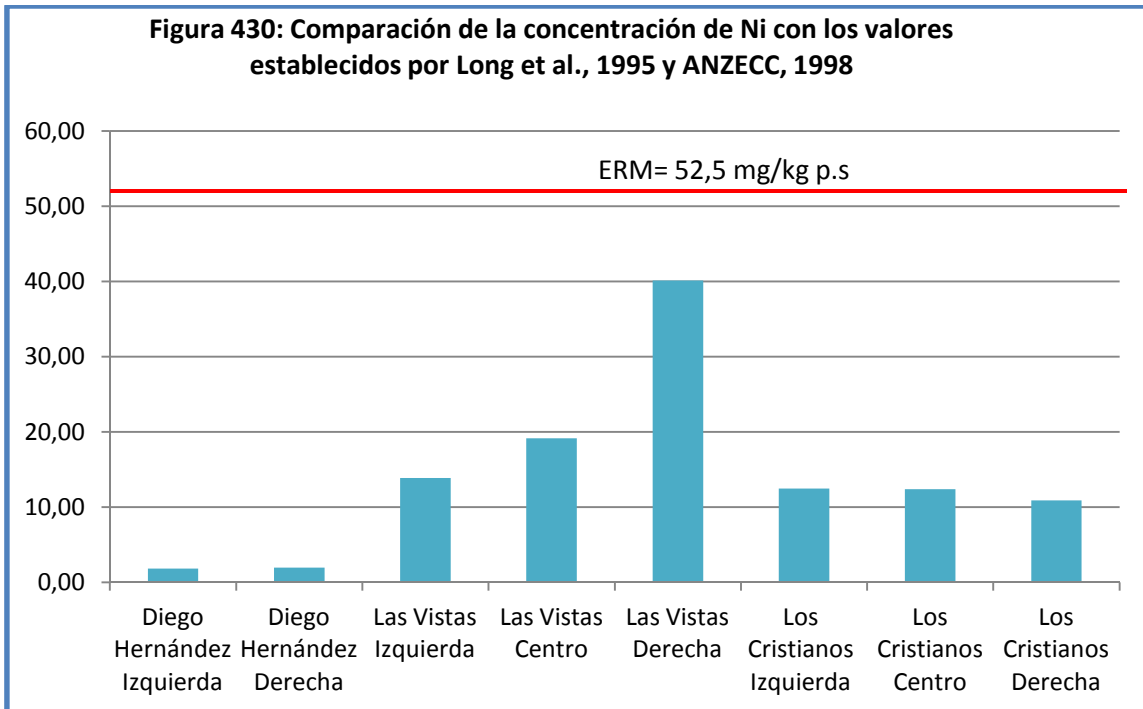
Si llevamos a cabo la comparación de la concentración de Mn encontrada con respecto a lo propuesto por el Organismo NYSDEC, 2004, encontramos que en ninguno de los puntos de muestreo alcanza el nivel con efectos severos para el Mn, por lo tanto no existen problemas de toxicidad ambiental.



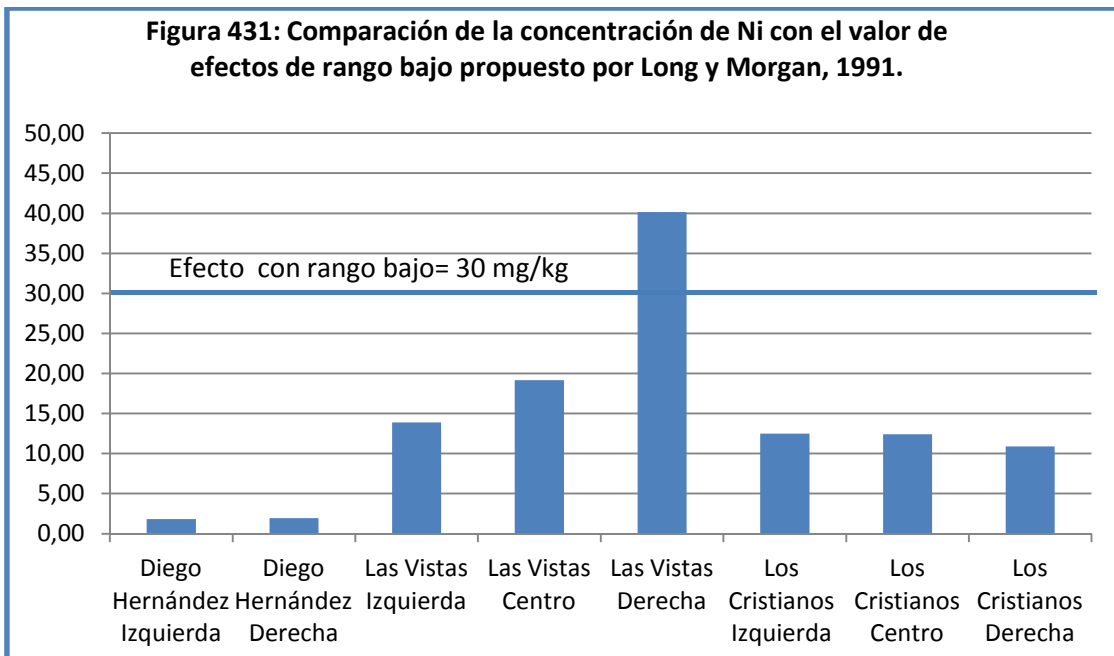
La figura 429 muestra la comparación de la concentración de Ni con los valores establecidos por Long et al., 1995 y ANZECC, 1998. En esa figura se muestra que se superan los niveles ERL (21 mg/kg p.s) en el punto de muestreo “Las Vistas Derecha”.



La figura 430 muestra la comparación de la concentración de Ni con los valores ERM establecidos por Long et al., 1995 y ANZECC, 1998. En dicha tabla se comprueba que en el punto de muestreo “Las Vistas Derecha” no supera el valor ERM.

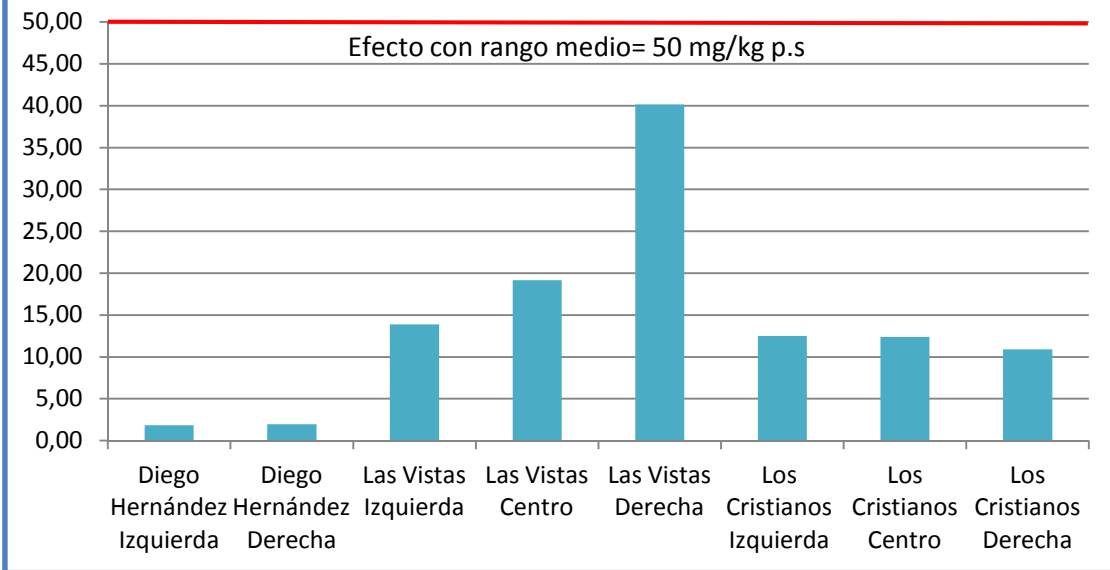


Si llevamos a cabo la comparación con los efectos de rango bajo propuestos por Long y Morgan, 1991, se comprueba que se vuelve a superar el valor en el punto de muestreo “Las Vistas Derecha”.



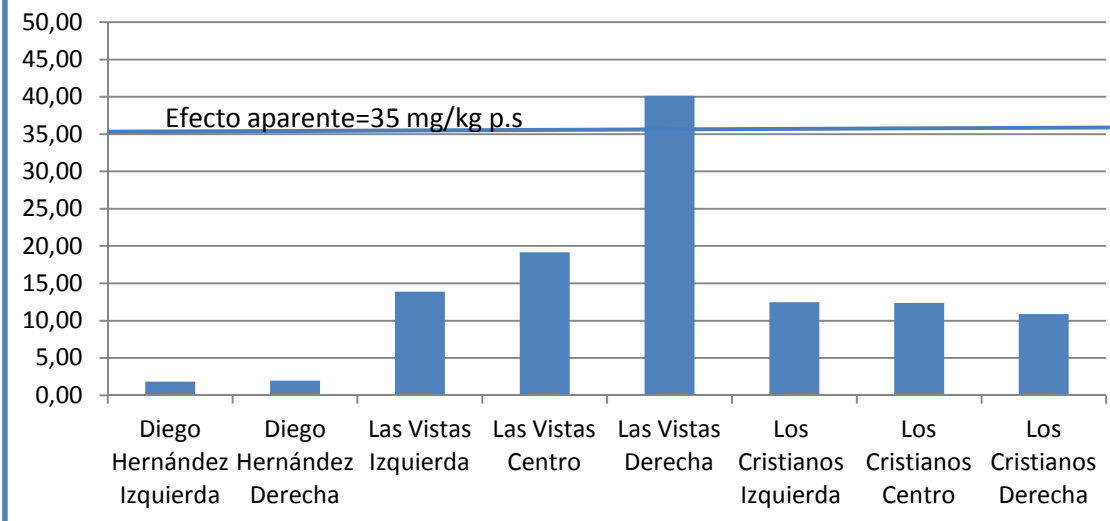
La figura 432 muestra la comparación de la concentración de Ni con respecto al valor de efectos con rango medio. En dicha figura se comprueba que dicho valor no se supera, por lo tanto no existirá una toxicidad ambiental grave.

Figura 432: Comparación de la concentración de Ni con el valor de efectos de rango medio propuesto por Long y Morgan, 1991

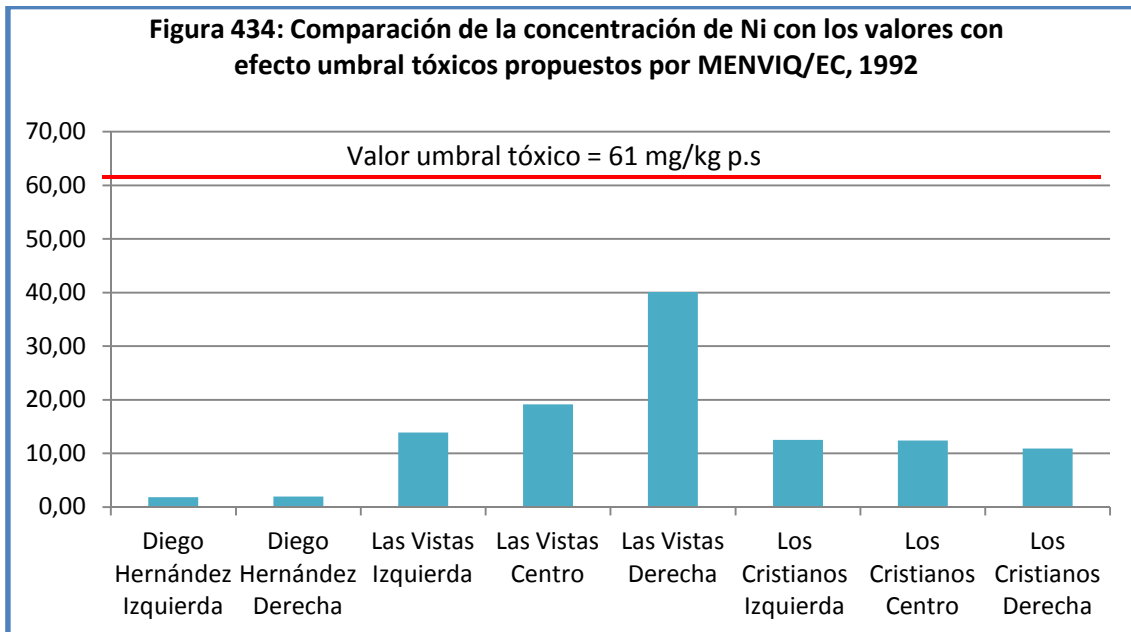


Si llevamos a cabo la comparación de la concentración de Ni con el valor mínimo con efectos aparentes propuestos por MENVIQ/EC, 1992, se comprueba que el punto de muestreo que supera el valor establecido es “Las Vistas Derecha”.

Figura 433: Comparación de la concentración de Ni con el valor mínimo con efectos aparentes propuestos por MENVIQ/EC, 1992

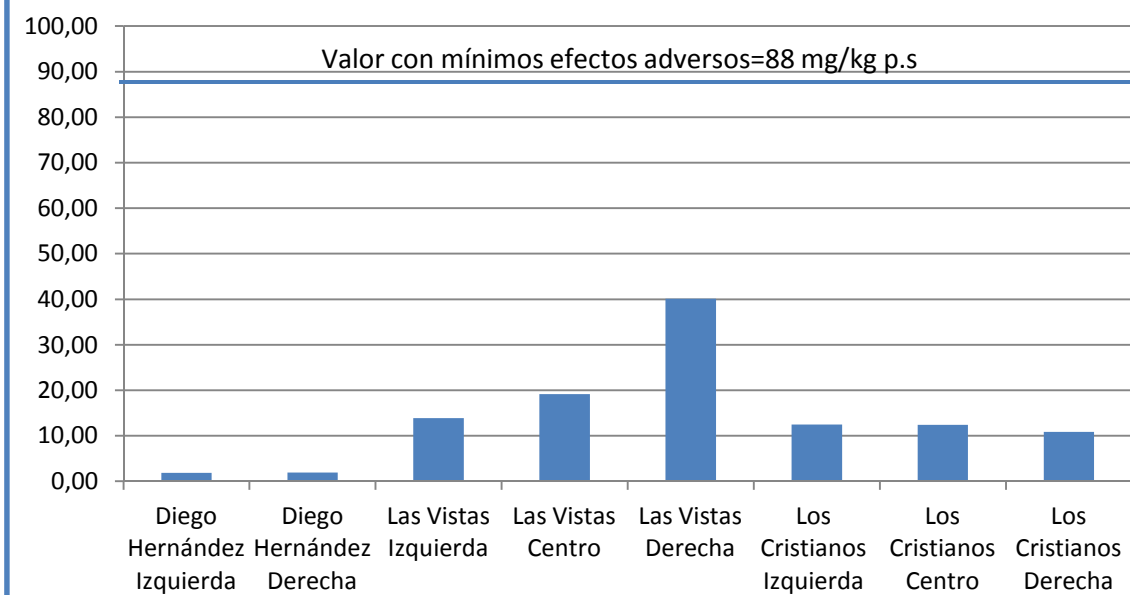


En cuanto al valor con efecto umbral tóxico propuestos por el Organismo MENVIQ/EC, 1992, se comprueba que no se alcanza este valor umbral en ninguno de los puntos de muestreo de las playas colindantes al suroeste.



La tabla 435 muestra la comparación de la concentración de Ni con el valor con mínimos efectos biológicos adversos propuestos Del Valls y Chapman, 1998. En dicha tabla se comprueba que ninguno de los puntos de muestreo supera el valor con mínimos efectos, por lo tanto no se dan problemas de toxicidad ambiental.

Figura 435: Comparación de la concentración de Ni con el valor con mínimos efectos bilógicos adversos (Del Valls y Chapman, 1998)



5.2.6. SÍNTESIS Y DISCUSIÓN GENERAL DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PUERTO DE LOS CRISTIANOS Y SUS PLAYAS COLINDANTES

Estudiando la granulometría de del área suroeste, obtenemos que dentro de la zona portuaria encontramos que los tres puntos de muestreo realizados en dicha zona “Muelle”, “Fondeo de Barcos” y “Atraque Armas-Fred Olsen” presentan un tipo de grano en el que domina las partículas finas y el diámetro eficaz dominante se muestra en profundidad en vez de en superficie. Esta inversión de la en la granulometría y el diámetro eficaz, se puede deber a que a la continua resuspensión y deposición de las partículas más finas en superficie causada por el continuo funcionamiento de las turbinas de los barcos durante las actividades portuarias (Cheung et al., 2003; Je et al., 2007; Cantwell et al., 2008).

En cuanto a las playas colindantes al puerto de Los Cristianos (punto de muestreo “playas de Las Vistas Derecha, Centro e Izquierda” y “playa de Los Cristianos Derecha, Centro e Izquierda”) obtenemos una granulometría y diámetro eficaz semejante entre ambos puntos. Una distribución de las partículas semejante entre ambas muestras se debe al continuo oleaje que se produce en la playa, haciendo que las partículas más finas se depositen a una profundidad mayor de 5 cm y homogenizando las partes más superficiales del sedimento. Esto mismo comportamiento se da en la playa control “Diego Hernández Derecha” y Diego Hernández Izquierda”.

En relación al contenido de metales en profundidad, no se encuentran diferencias significativas entre las muestras en superficie y las muestras en profundidad en los puntos de muestreo del puerto, playas colindantes y control en el área suroeste.

En relación a la concentración de metales entre los grupos muestrales, obtenemos que el puerto de Los Cristianos presenta una mayor concentración de Cd, Cr, Cu y Pb, siendo las playas colindantes al puerto de Los Cristianos las que presentan una mayor concentración de Co, Mn, Ni y Zn. En cuanto a las diferencias significativas, obtenemos diferencias entre los tres grupos muestrales para Cd, Co, Cr, Cu, Mn y Pb. El Pb y el Zn no presentan diferencias significativas entre las playas colindantes y el puerto de Los Cristianos, pero sí entre control y playas colindantes y entre control y el

puerto de Los Cristianos. Los metales más tóxicos de los estudiados, se encuentran en los entornos portuarios, lo que corrobora lo concluido por varios autores que verifican que los entornos portuarios son zonas contaminadas por metales pesados en donde existe acumulación de estos (Del Valls et al., 2004; Muniz et al., 2004; Lager et al., 2005; Sprovieri et al., 2007; Casado- Martínez et al., 2007; Idris et al., 2007; Morales-Caselles et al., 2008; Aguirre-Martínez et al., 2009; Renzi et al., 2009; Papaefthymiou et al., 2010). Al igual que en el puerto nordeste, volvemos a encontrar en las playas colindantes al puerto suroeste la mayor concentración de Mn.

Si llevamos a cabo el estudio en función de los puntos de muestreo, obtenemos diferencias significativas entre el punto de control “Diego Hernández Derecha” y el resto de puntos (excepto “Diego Hernández Izquierda”) para todos los metales estudiados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn), tan solo encontramos dos excepciones que ocurren en la concentración de Cu entre “Diego Hernández Derecha” y “Las Vistas Centro” y en la concentración de Mn entre “Diego Hernández Derecha” y “Fondeo de Barcos” en la que no existen diferencias significativas. En el caso del punto de muestreo “Diego Hernández Izquierda”, encontramos diferencias significativas en todos los casos excepto algunas excepciones puntuales de Cd, Co, Cu, Mn y Zn. La presencia de esta diferenciación vuelve a confirmar que los puertos y sus entornos (playas colindantes) son zonas contaminadas que pueden producir acumulación de metales pesados (Del Valls et al., 2004; Muniz et al., 2004; Lager et al., 2005; Sprovieri et al., 2007; Casado- Martínez et al., 2007; Idris et al., 2007; Morales-Caselles et al., 2008; Aguirre-Martínez et al., 2009; Renzi et al., 2009; Papaefthymiou et al., 2010).

Dentro de los puntos de muestreo localizados en el puerto, encontramos que el punto de muestreo del “Fondeo de Barcos”, contiene una mayor concentración de Cd y Cu. Por otro lado, el punto de muestreo “Atrake Armas-Fred Olsen” presenta una mayor concentración de Co, Pb y Zn. El último punto de muestreo del “Muelle” presenta una mayor concentración de Cr, Mn y Ni.

Hay que destacar que la cuenca hidrográfica a la que pertenece el puerto de Los Cristianos, no presenta ningún barranco dominante que desemboque en dicho puerto. Esa puede ser la causa por la que no exista una distribución dominante de metales tanto dentro de los grupos muestrales, así como dentro de los puntos de muestreo del puerto, tal y como ocurría en el área nordeste.

En relación al Pb obtenemos que tanto en el área nordeste como en el suroeste, el mayor contenido de Pb se encuentra en el punto de muestreo “Atraque Armas-Fred Olsen”. Esto se puede deber a que actualmente todavía se permite el uso de combustibles con Pb en el transporte marítimo (Meneses-González et al., 2003), además del largo periodo de acumulación de este metal en los sedimentos debido al elevado tiempo de biodegradación de este metal (Meneses-González et al., 2003; Cortez-Lugo et al., 2003).

Es de gran importancia estudiar y proponer una gestión adecuada del sedimento en función del contenido de contaminantes como pueden ser los metales pesados, tal y como recomienda el CEDEX. Si seguimos las recomendaciones propuestas por este Organismo, obtenemos que todos los sedimentos procedentes de los 3 puntos de muestreo analizados en el puerto de Los Cristianos pertenecen a la Categoría I, ya que no llegan a superar el Nivel de Acción 1 de metales pesados propuestos por el CEDEX. Por lo tanto, a la hora de llevar a cabo la gestión del material dragado en estos puntos de muestreo, se puede verter al mar de forma libre en cuanto al contenido de metales pesados Cd, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn se refiere.

En relación a la concentración de metales en las playas colindantes al puerto de Los Cristianos, encontramos una mayor concentración de metales en los puntos de muestreo de la playa de Los Cristianos. Por un lado, dentro de la playa de los Cristianos encontramos que el punto de muestreo “Los Cristianos Derecha” presenta una mayor concentración de Cd y Pb; el punto de muestreo “Los Cristianos Centro” presenta una mayor concentración de Mn y finalmente el punto de muestreo “Los Cristianos Izquierda” presenta una mayor concentración de Cr y Cu. En el caso de la playa de Las Vistas, sólo el punto de muestreo “Las Vistas Centro” presenta mayor concentración de Zn.

Si comparamos los valores encontrados en este estudio con los límites ISQG fijados en las guías de calidad de sedimentos canadienses (CCME, 19995) obtenemos que en ningún caso, los puntos de muestreo del suroeste superan estos límites. Por lo tanto, los sedimentos de las playas colindantes al puerto de Los Cristianos no

presentan problemas de toxicidad ambiental ya que no llegan a superar los límites ISQG y por tanto mucho menos los límites PEL establecidos por estas Guías.

5.2.7. ESTUDIO COMPARATIVO DE NUESTROS RESULTADOS EN LOS PUERTOS DE TENERIFE CON LOS OBTENIDOS POR OTROS AUTORES Y SUGERENCIAS Y ESTRATEGIAS ANTE NUEVOS ESCENARIOS.

La tabla 242 muestra los valores de concentraciones de metales de distintos puertos españoles y del mundo y la comparación con este estudio.

Tabla 242: Concentración de metales en distintos Puertos encontrada por distintos autores.							
Puertos	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Fuente
Holanda	0,5	44	22	18	41	150	Renzi et al, 2009
Italia (Viesta)	0,14	5,9	1,89	6,18	5	8	
Italia (Bari)	0,4	28,6	61,42	31,40	94,5	212,1	
Italia (Brindisi)	0,06	11,8	4,78	11,72	14,4	30,2	
Italia (Barletta)	0,29	38,1	36,18	30,72	31,9	109,2	
Italia (Civitavecchia)	0,15	31,4	14,07	26,86	10,1	47,9	
Italia (Scalo Matteuzzi)	0,09	26,4	14,42	20,55	13,9	64,7	
Italia (Vibo Marina)	<0,05	15,3	1,95	2,64	3,2	45,5	
Italia (Catania)	0,07	13,9	9,07	31,29	7	65,2	
Italia (Cefalú)	<0,05	6,2	1,38	6,83	5,4	9	
Grecia	0,33	202	59	15,7	99	102	Papaefthymiou et al, 2010
Pearl Harbour (Hawai)	1,8	110	263	121	280	380	Hue et al, 2002
Alang-Sosiya (India)	24,03	-	7,56	46,22	30,16	50,6	Tewari et al, 2001

Sudan	-	-	68,8	102	17,1	83,6	Idris et al, 2007
Cádiz	1,18	9,4	72,23	14,6	27,98	150,25	Morales- Caselles et al., 2008
Huelva	2,73	18,7	1052,2 3	42,88	247,8 3	1378	
Cartagena	38,7	49,83	400,75	1007,2 5	147	3689,2 5	
Barcelona	1,48	90,6	234,48	25,63	184,2 3	515,75	
Bilbao	2	14,97	110	24,7	157,9	458,67	
Pasajes	0,7	22,9	162,33	27,2	231,6 7	808	
Puerto de Santa Cruz de Tenerife	0,10 9	334,1 4	97,17	158,68	105,3 9	242,25	Este estudio
Puerto de Los Cristianos	0,06 9	24,36	10,70	18,13	10,46	83,65	

Comparando con otros autores, se comprueba que el contenido de metales de los puertos estudiados se encuentra en concentraciones intermedias con respecto a otros puertos españoles y del mundo. El único metal que encontramos en mayor concentración en el puerto de Santa Cruz de Tenerife que el resto de puertos estudiados es el Cr. Hay que destacar que de la tabla 242, los puertos que más concentración de metales presentan son los puertos españoles y el puerto de Pearl Harbour de origen volcánico igual que los puertos de estudio.

De gran importancia para la biodisponibilidad de los metales es el pH del medio en el que se encuentran los sedimentos. Una erupción volcánica submarina en las cercanías del puerto de Santa Cruz, como la ocurrida en la Isla del Hierro en el año 2012, podría ser la causa de la acidificación del medio y la biodisposición de estos metales de forma puntual, generando realmente un posible problema de toxicidad ambiental para la biota circundante que se magnificaría en un posible problema de salud pública debido a la ingesta de alimentos de procedencia marina contaminada por metales pesados. Otro posible escenario de acidificación del medio y por tanto de la biodisposición de metales al medio marino, sería el derrame al Barranco de Santos de vertidos ácidos. Actualmente existen varios vertidos autorizados que pagan sus

respectivos cánones y que vierten en el barranco, tal y como muestra este estudio, el Barranco de Santos es el punto que contiene el mayor contenido de metales Cd, Co, Cu, Mn y Zn. Por tanto, es de gran importancia llevar a cabo el seguimiento de estos vertidos autorizados y de los posibles vertidos no autorizados para evitar que un derrame con contenido ácido acceda a la zona marítima, generando los posibles efectos adversos sobre la biota.

Respecto a los Guías de calidad de sedimentos, es de gran importancia unificar criterios en una única Guía que establezca de forma obligatoria, y no como una recomendación, unos límites legales de metales en sedimentos. Obviamente, en dichas guías deben incluirse todos los metales que han demostrado toxicidad para los organismos del medio marino como es el caso de los metales Co, Mn y Ni, que no aparecen en las Guías canadienses (CCME, 1995), pero que existen numerosos estudios que admiten la toxicidad de estos metales (Long et al., 1995; Chapman et al., 1999; Tankere-Muller et al., 2007; Sutherland, 2007; Panov et al., 2008; Ruilian et al., 2008; Tien-Hsi et al., 2009) tanto en sedimentos de medios acuáticos como directamente en el medio acuático.

En relación a las recomendaciones para la gestión del material dragado en los puertos españoles (CEDEX, 1994), se debe hacer un mayor hincapié en la toxicidad ambiental para establecer criterios y niveles. En la tabla 243 se presentan los valores de las Guías consultados para los metales Cd, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn (MENVIQ/EC, 1992; CCME, 1995) y los valores límites propuestos por el CEDEX. En dicha tabla se aprecia la incongruencia que existe en algunos casos entre unos valores límites y otros. Por ejemplo, en el caso del Cr, Cu, Ni, Pb y Zn, el valor máximo de toxicidad ambiental mostrado en las Guías (CCME, 1995; MENVIQ/EC, 1992) son próximos al valor mínimo (Nivel de Acción 1) establecido por el CEDEX. Estos valores tan dispares podrían causar controversias, sobre todo porque en las labores de dragado, existe una resuspensión del material fino hacia el agua, enturbiando ésta y lo que es peor, biodisponiendo los metales que contiene nuevamente hacia el medio marino (Cantwell et al., 2008; USEPA, 2006).

Tabla 243: Valores de las Guías consultadas y del CEDEX

METALES	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
ISQG, (CCME, 1995)	0,7	52,3	18,7	-	30,2	124
PEL (CCME, 1995)	4,2	160	108	-	112	271
Valor umbral mínimo con efecto aparente (MENVIQ/EC, 1992)	-	-	-	35	-	-
Valor umbral con efecto tóxicos (MENVIQ/EC, 1992)	-	-	-	61	-	-
Nivel de Acción 1 (CEDEX, 1994)	1	200	100	100	120	500
Nivel de Acción 1 (CEDEX, 1994)	5	1000	400	400	600	3000

6. CONCLUSIONES

1. La granulometría de los sedimentos de las jaulas de acuicultura, presenta una mayor degradación en el punto de impacto que en el punto de control y las mayores concentraciones de Co, Cr, Mn, Pb y Zn se encuentran en los sedimentos de las jaulas del área nordeste. Sin embargo, los niveles más elevados de Cd, Cu y Ni se han detectado en los sedimentos de las jaulas del suroeste. Así mismo, los puntos de impacto que presentan más cantidad de partículas finas, presentan también una mayor concentración de metales, tanto en el [área nordeste como en el área suroeste](#).
2. El área nordeste presenta diferencias significativas para Cu y Mn, y el área suroeste muestra diferencias significativas para Co, Cr, Cu y Ni. También, tanto en el punto de control como en el punto de impacto los [sedimentos de acuicultura del área nordeste](#), se superan las concentraciones de los valores límites de Mn y Ni propuestos por las Guías de sedimentos consultadas (Long y Morgan, 1991; MENVIQ/EC, 1992; Long et al., 1995; ANZECC, 1998; Barrick et al., 1998, Del Valls y Chapman, 1998; NYSDEC, 2004). La concentración de Cd en los sedimentos de acuicultura del punto de impacto del [área suroeste](#), es mayor que el límite ISQG propuesto por las Guías canadienses (CCME, 1995),

mientras que la concentración de Ni en los sedimentos del punto de impacto del área suroeste está por encima de los límites establecidos por Long y Morgan, (1991); Long et al., (1995); y el Organismo ANZECC, (1988).

3. La granulometría de los sedimentos de los [puertos en el área nordeste y suroeste](#) muestra que los puntos de muestreo en los que no existe una gran influencia de tráfico marítimo presentan una mayor cantidad de finos y un menor diámetro eficaz en la muestra de profundidad (2,5-5 cm) que en la muestra de superficie (0-2,5 cm). Por el contrario, en la granulometría de los sedimentos de los puertos en las áreas nordeste y suroeste se observa que en los puntos de muestreo con continua influencia de barcos se presenta una menor cantidad de finos y un mayor diámetro eficaz en las muestras de profundidad (2,5-5 cm) que en las muestras de superficie (0-2,5 cm). Así mismo, la granulometría de los sedimentos de las playas colindantes a los puertos de Santa Cruz (nordeste) y Los Cristianos (suroeste) y de los puntos control de las playas “Roque Bermejo Derecha e Izquierda” en el nordeste y “Diego Hernández Derecha e Izquierda” en el suroeste, presentan en general, una distribución de los tipos de granos y diámetros eficaces semejantes para la muestra de superficie (0-2,5 cm) como para la muestra de profundidad (2,5-5 cm).
4. No existen diferencias significativas entre el contenido de metales en los sedimentos de las muestras en superficie (0-2,5 cm) y entre las muestras de profundidad (2,5-5 cm), para los puertos, playas colindantes y control en las [áreas nordeste y suroeste](#) de la isla de Tenerife.
5. De los tres grupos muestrales del [nordeste](#) (Puerto de Santa Cruz, playas colindantes y control), son las muestras del puerto de Santa Cruz de Tenerife las que presentan una mayor concentración de Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn, siendo, las muestras de las playas colindantes al mismo, las que tienen una mayor concentración de Mn.
6. En relación a la existencia de diferencias significativas entre los grupos muestrales del [nordeste](#), encontramos diferencias para Cd, Pb y Zn entre los tres grupos. En el caso del Co, Cu, Cr y Ni, no existen diferencias significativas entre los grupos muestrales de los puertos y de las playas colindantes,

existiendo diferencias significativas entre el grupo muestral control y el grupo muestral puerto y entre el control y las playas colindantes. En cuanto al Mn no existen diferencias significativas entre el grupo muestral control y el grupo muestral de las playas colindantes, existiendo estas diferencias entre el control y el puerto o entre las playas colindantes y el puerto.

7. Para los tres grupos muestrales del [suroeste](#): puerto de Los Cristianos, playas colindantes y control, hemos obtenido que el puerto de Los Cristianos presenta una mayor concentración de Cd, Cr, Cu y Pb, siendo las playas colindantes al puerto de Los Cristianos las que tienen una mayor concentración de Co, Mn, Ni y Zn en los sedimentos.
8. Respecto a la existencia de diferencias significativas entre los tres grupos muestrales del [suroeste](#), encontramos diferencias en Cd, Co, Cr, Cu, Mn y Pb. En el caso de los metales Pb y Zn no se encuentran diferencias significativas entre las playas colindantes y el puerto de Los Cristianos, pero sí entre el punto de control y las playas colindantes y entre el punto de control y el puerto de Los Cristianos.
9. De los 6 puntos de muestreo localizados en el [puerto de Santa Cruz](#) (área nordeste), el punto correspondiente al “Barranco de Santos” es el que presenta una mayor concentración de Cd, Co, Cu, Mn y Zn. Por otro lado, la mayor concentración de Cr, Ni y Pb se encuentra en el punto de muestreo del “Atraque Armas-Fred Olsen”.
10. De los tres puntos de muestreo localizados en el [puerto de Los Cristianos \(área suroeste\)](#), el punto correspondiente al “Fondeo de Barcos”, presenta una mayor concentración de Cd y Cu, siendo el punto de muestreo “Atraque Armas-Fred Olsen” el que presenta una mayor concentración de Co, Pb y Zn. Por otro lado, el punto de muestreo del “Muelle” presenta una mayor concentración de Cr, Mn y Ni.
11. Tanto en el [puerto de Santa Cruz de Tenerife \(nordeste\)](#) como en el puerto de Los Cristianos (suroeste), la mayor concentración de Pb se encuentra en los sedimentos de los puntos de muestreo “Atraque Armas-Fred Olsen”, donde continuamente existe entrada y salida de barcos de pasaje y carga.

12. Según las recomendaciones del CEDEX (1994), los sedimentos de los seis puntos de muestreo del [puerto de Santa Cruz \(área nordeste\)](#) pertenecen a la Categoría II, por superar el Nivel de Acción 1 de metales pesados propuestos por este Organismo. Por otro lado, los sedimentos de los tres puntos de muestreo del [puerto de Los Cristianos \(área suroeste\)](#) pertenecen a la Categoría I, ya que no llegan a superar el Nivel de Acción 1 para metales pesados propuestos por este Organismo.
13. Comparando los valores encontrados con los límites ISQG de las Guías de calidad de sedimentos canadienses (CCME, 1995), se observa que el valor de Cr de las [playas colindantes al puerto de Santa Cruz \(área nordeste\)](#) supera este límite. En el caso de Cu y Zn, se superan estos valores tanto las playas colindantes al puerto de Santa Cruz como los puntos de control. En el caso del Pb es solo la [playa del Parque Marítimo](#) la que supera este valor. Si comparamos con el límite PEL de las Guías de calidad de sedimentos canadienses (CCME, 1995), observamos que tan solo el Cr sobrepasa los valores límites propuestos en ambos puntos de muestreo de las dos playas colindantes al puerto de Santa Cruz de Tenerife.
14. Comparando los valores encontrados en las [playas colindantes al puerto de Los Cristianos \(suroeste\)](#) con los límites ISQG fijados en las Guías de calidad de sedimentos canadienses (CCME, 1995) se observa que ningún punto de muestreo supera estos límites.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Abe K. Cd in the western equatorial Pacific. *Mar Chem* 2001; 74: 197-211
2. Acosta V, Lodeiros C, Senior W, Martínez G. Niveles de metales pesados en sedimentos superficiales en tres zonas litorales de Venezuela. *Interciencia* 2002; 27: 1-12
3. Acosta V, Lodeiros C. Metales pesados en la almeja *Tivela mactrioides born*, 1778 en localidades costeras con diferentes grados de contaminación en Venezuela. *Cienc Mar* 2004; 30: 323-333.
4. Adhikari S, Gosh L, Rai SP, Ayyappan SA. Metal concentrations in water, sediment, and fish from sewage-fed aquaculture ponds of Kolkata, India. *Environ Monit Assess* 2009; 159: 217-230.
5. Adriano DC. Trace elements in Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability and Risks of Metals. 2 ed. Springer Verlag; 2001.
6. Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria (ACSA). Reevaluación de sustancias: Cadmio. <http://www.gencat.cat/salut/acsa/>. Departamento de Salud Pública. 2009 Consultada octubre 2012.
7. Aguirre-Martínez G, Rudolph A, Ahumada R, Loyola R, Medina V. Non-specific toxicity in port sediments: an approach to the content of critical pollutants. *Rev Boil Mar Oceanogr* 2009; 44:725-735
8. Ahsanullah M. Acute toxicity of cadmium and zinco to seven invertebrate species from Western Port, Victoria. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 1976; 27: 187-196.
9. Ahsanullah M., Ying W. Tindal rhythms and accumulation of cadmium from water and sediment for soldier crabs. *Mar Pollut Bull* 1993; 26: 20-23.
10. Albert. "Catástrofes tóxicas". En M. Repetto. Editores. Postgrado en Toxicología. Ilustre Colegio oficial de Químicos. Sevilla. CD-ROM. 2010". ISBN: 978-84-692-9989-0. Depósito Legal: SE-1047-08.
11. Almanza PJ, Rojas HA, Borda GC, Galindo AR, Galindo DR. Foliar nickel application to *Cucurbita ficifolia* Bouché for crystalline urease production. *Agronomía colombiana* 2009; 27: 33-40.

12. Álvarez-Iglesias P., Rubio B. The degree of trace metal pyritization in subtidal sediments of a mariculture area: application to the assessment of toxic risk. *Mar Pollut Bull* 2008; 56:973-983.
13. Allen G, Posamentier HW. Sequence stratigraphy and facies model of an incised valley fill: the Fironde Estuary, France. *Journal of Sedimentary Petrology* 1993; 63: 378-391.
14. Alloway BJ. The origins of heavy metals in soils. En: *Heavy metals in soils*. Editores. Blackie Academic and Professional Publ. New York; 1995.
15. Alloway, BJ. Contaminación y recuperación de suelos en el medio ambiente. *Introducción a la Química medioambiental y a la contaminación*. RM Harrison. Editorial Acribia SA. Zaragoza; 2003.
16. Andersen HE. The expansion of mercury contamination, five years after discovery. *Mar Pollut Bull* 1992; 24: 367-369.
17. Ankley GT, Diroro DM, Hansen DJ, Berry WJ. Technical basis and proposal for deriving sediment quality criteria for metals. *Environ Toxicol Chem* 1996; 15: 2056-2066.
18. ANZECC (Australian and New Zealand Environment and Conservation Council) Interim Sediment Quality Guidelines. Report for the Environmental Research Institute of the Supervising Scientist; 1998 Sydney, Australia.
19. AOAC. Official methods of the analysis of the AOAC. 15 ed. Washington. Association of the Official Analytical Chemist 1990; 237-273.
20. Aragón-Briceño C, Ponce-Caballero C, Coronado Peraza, Giacomán-Vallejo G. Evaluación de un método analítico para la determinación de níquel y plomo en sedimento de mar por espectroscopia de absorción atómica. *Ingeniería* 2011; 15-1 1-18.
21. Aranda P, Llopis J. Minerales. En: Aranceta J, Aranda P, Barrionuevo MM y cols. *Nutrición y dietética. Aspectos sanitarios*. Consejo General de Colegios Oficiales de Farmacéuticos. Girona: 1993. p. 177-240.
22. Arístegui J, Sangrá P, Hernández-León S, Cantón M, Hernández-Guerra A, Kerling JR. Island induced eddies in the Canary Islands. *Deep-Sea Res PT I* 1994; 41: 1509-1525.

23. Ashley NA, Valsaraj KT, Thidobeaux LJ. Elevated in-home sediment contaminant concentration- the consequence of a particle settling- winnowing process from Hurricane Katrina floodwaters. *Chemosphere* 2008; 70: 833-840.
24. ATDSR (Agency for Toxic Substances and Disease Control). Resumen de Salud Pública: Cadmio. Departamento de Salud y Servicios humanos de los EEUU. Servicio de Salud Pública. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades; 1999.
25. ATDSR (Agency for Toxic Substances and Disease Control). Cadmio. División de Toxicología y Medicina Ambiental. Departamento de Salud y Servicios humanos de los EEUU. Servicio de Salud Pública. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades; 2008.
26. ATDSR (Agency for Toxic Substances and Disease Control). Resumen de Salud Pública: Cromo. Departamento de Salud y Servicios humanos de los EEUU. Servicio de Salud Pública. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades; 2000.
27. ATDSR (Agency for Toxic Substances and Disease Control). Cromo. División de Toxicología y Medicina Ambiental. Departamento de Salud y Servicios humanos de los EEUU. Servicio de Salud Pública. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades; 2008.
28. ATDSR (Agency for Toxic Substances and Disease Control). Resumen de Salud Pública: Cobre. Departamento de Salud y Servicios humanos de los EEUU. Servicio de Salud Pública. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades; 2004.
29. ATDSR (Agency for Toxic Substances and Disease Control). Cobalto. División de Toxicología y Medicina Ambiental. Departamento de Salud y Servicios humanos de los EEUU. Servicio de Salud Pública. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades; 2008.
30. ATDSR (Agency for Toxic Substances and Disease Control). Resumen de Salud Pública: Cobalto. Departamento de Salud y Servicios humanos de los EEUU. Servicio de Salud Pública. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades; 2004.

31. ATDSR (Agency for Toxic Substances and Disease Control). Resumen de Salud Pública: Manganeso. Departamento de Salud y Servicios humanos de los EEUU. Servicio de Salud Pública. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades; 2000.
32. ATDSR (Agency for Toxic Substances and Disease Control). Resumen de Salud Pública: Níquel. Departamento de Salud y Servicios humanos de los EEUU. Servicio de Salud Pública. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades; 2005.
33. ATDSR (Agency for Toxic Substances and Disease Control). Resumen de Salud Pública: Plomo. Departamento de Salud y Servicios humanos de los EEUU. Servicio de Salud Pública. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades; 2007.
34. Atkinson CA, Jolley D, Simpson SL. Effect of overlying water pH, dissolved oxygen, salinity and sediment disturbances on metal release and sequestration from metal contaminated marine sediments. *Chemosphere* 2007; 69: 1428-1437.
35. Ausili A, Mecozzi M, Gabellini M, Ciuffa G, Mellara F. Phisico-chemical characteristics and multivariate analysis of contaminated harbour sediments. *Water Sci Technol* 1998; 37: 131-139.
36. Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife. 2011a. Datos de Infraestructura del puerto de Santa Cruz de Tenerife. Página web: <http://www.puertosdetenerife.org/SantaCruzdetenerife.asp>, visitada el 19 de septiembre del 2011.
37. Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife. 2011b. Datos de Infraestructura del puerto de Los Cristianos. Página web: <http://www.puertosdetenerife.org/LosCristianos.asp>, visitada el 28 de septiembre del 2011.
38. Bagchi D, Stohs SJ, Downs BW, Bagchi M, Preuss HG. Cytotoxicity and oxidative mechanisms of different forms of chromium. *Toxicology* 2003; 186: 171-173
39. Bahadir T, Bakan G, Altas L, Buyukgungor H. The investigation of lead removal by biosorption: an application at storage battery industry wastewater. *Enzyme Microb Tech* 2007; 41: 98-102.

40. Balls PW, Hull S, Miller BS, Pirie JM, Proctor W. Trace metal in Scottish estuarine and coastal sediments. *Mar Pollut Bull* 1997; 34: 42-50.
41. Banat KM, Howari FM, Al-Hamad AA. Heavy metals in urban soils of central Jordan: should we worry about their environmental risks. *Environ Res* 2005; 97: 258-273.
42. Barrick RC, Becker S, Brown L, Beller H, Pastorok R. Sediment quality values refinement: 1988 update and evaluation of Puget Sound AET. Volume 1. Final Report. Prepared for Tetra Tech, Inc. and U.S. Environmental Protection Agency, Region X, Office of Puget Sound. PTI Environmental Services, Bellevue, WA 1988.
43. Barton ED, Arístegui J. The Canary Islands coastal transition zone-upwelling, eddies and filaments. *Progr Oceanogr* 2004; 62: 67-70.
44. Barton E, Arístegui J, Tett P, Navarro-Pérez E. Variability in the Canary Islands area of filaments-eddy exchanges. *Progr Oceanogr* 2004; 62: 71-94.
45. Barton E. The poleward uncurrent on the Eastern Ocean Boundaries. Springer-Verlag Lecture Note Series; 1989. p. 92-95.
46. Basaran AK, Aksu M, Egemen O. Impacts of the fish farms on the water column nutrient concentrations and accumulation of heavy metals in the sediments in the Eastern Aegean Sea (Turkey). *Environ Monit Assess* 2010; 162: 439-451.
47. Basso MC, Cerella EG, Cukierman AL. Empleo de algas marinas para la biosorción de metals pesados en aguas contaminadas. *Avances de Energías Renovables y Medio ambiente* 2002; 6: 69-74.
48. Bendell-Young LI, Harvey HH, Young JF. Accumulation of Cadmiun by White Suckers (*Catstomus commersoni*) in Relation to Fish Growth and Lake Acidification. *Can J Fish Aquat Sci* 2011; 43: 806-811.
49. Bertollini M, Bottani E, Rizzi A, Bevilacqua M. Lead time reduction through ICT application in the footwear indsutry: a case study. *Int J Prod Econ* 2007; 2007; 198-212.
50. Besser J, Brumbaugh WG, May T, Schmitt C. Biomonitoring of lead, zinc and cadmium in streams draining lead-mining and non-mining areas southeast Missouri, USA. *Environ Monit Assess* 2007; 129: 227-241.

51. Bettinetti R, Giarei C, Provini A. Chemical analysis and sediment toxicity bioassays to assess the contamination of the river Lambro (Northern Italy). *Arch Environ Contam Toxicol* 2003; 45: 72-78.
52. Beveridge MC. *Cage Aquaculture*. Editores. Fishing News Book, 2 ed. Oxford; 1996.
53. Bielmyer G, Grosell M, Brix K. Toxicity of silver, zinc, copper and nickel to the copepod *Acartia tonsa* exposed via a phytoplankton diet. *Environ Sci Technol* 2006; 16:2063-2068
54. Birch GF, Hutson P. Use of sediment risk and Ecological/Conservation Value for Strategic management of estuarine environments: Sydney Estuary, Australia 2009; 4: 836-850.
55. Birge WJ, Black JA, Westerman AG, Francis PC. Toxicity of sediments-associated metals to freshwater organisms: Biomonitoring procedures. En K.L. Dickson, A.W. Maki and W.A. Brungs. Editores. *Fate and effects of sediment-bound chemicals in aquatic systems*. Pergamon Press. New York; 1987.
56. Blaber SJ, Cyrus DP, Albaret JJ, Ching CV, Day JW, Elliot M, Fonseca MS, Hoss DE, Orensanz J, Potter IC, Silvert W. Effects of fishing on the structure and functioning of estuarine and nearshore ecosystems. *ICES J Marine Sci* 2000; 57: 590-602.
57. Bolan NS, Adriano DC, Natesan R, Koo BJ. Effects of organic amendements on the reduction and phytoavailability of chromate in mineral soil. *J Environ Qual* 2003; 32: 120-128.
58. Borja Á. Los impactos ambientales de la acuicultura y la sostenibilidad de esta actividad. *Bol Inst Esp Oceanogr* 2002; 18: 41-49.
59. Bortone G, Arevalo E, Deibel I, Detzner HD, de Propris L, Elskens F. Sediment and dredged material treatment. *Journal Soils and Sediments* 2004; 4: 225-232.
60. Boyle E., Sclater F., Edmond J. On the marine geochemistry of cadmium. *Nature* 1976; 263: 42.
61. Brannon JM, Plumb R., Smith I. Long-Term release of heavy metals from sediments. *Baker contaminants and sediments: Analysis, chemistry, biology*. An Arbor Science 1980; 215-220.

62. Brayon GW, Hummerstone LG. Indicators of heavy metal contamination in the Looe Estuary (Cornwall) with particular regard to silver and lead. *J Mar Bio Ass* 1997; 57:75-92.
63. Brayon GW, Langston WJ. Bioavailability, accumulation and effects of heavy metals in sediments with special reference to United Kingdom estuaries. A review. *Environ Pollut* 1992; 76: 89-131.
64. Brix KV, Gerdes RM, Adams WJ, Grosell MM. Effects of copper, cadmium, and zinc on the hatching success of Brine Shrimps (*Artemia franciscana*). *Environmental Contamination and Toxicology* 2006; 51: 580-583.
65. Brooks KM, Mahnken CV. Interaction of Atlantic salmon in the Pacific Northwest environment III. Accumulation of zinc and copper. *Fish Res* 2003; 62:295-305.
66. Bruce Williamson R, Van Dam LF, Bell RG, Green MO, Kim JP. Heavy metal and suspended sediment fluxes from a contaminated, intertidal inlet (Manukau Harbour, New Zealand). *Mar Pollut Bull* 1996; 32: 812-822.
67. Bruland K. Oceanographic distribution of cadmium, zinc, nickel and copper in the north Pacific. *Earth Planet Sc Lett* 1980; 47: 176-198.
68. Bruland K, Orinas K, Cowen J. Reactive trace metals in the stratified central north Pacific. *Geochimica Cosmochimica Acta* 1994; 58: 3171-3182.
69. Buchanan JB. Sediment analysis. In: Holme, N.A., McIntyre, A.D. *Methods for the Study of Marine Benthos*, 2 Edition. Editorial Blackwell Scientific Publications, Oxford; 1984.
70. Burgess RM, Perron MM, Cantwell MG, Ho KT, Pelletier MC, Serbst JR, Ryba SA. Marine sediment toxicity identification evaluation methods for the anionic metals arsenic and chromium. *Environ Toxicol Chem* 2007; 26: 61-67.
71. Burgess RM, Scott KJ. The significance of in-place contaminated marine sediments on the water column: Process and effects. In: G. A. Burton, *Sediment Toxicity Assessment*. Editor Lewis Publishers, Chelsea, MI; 1992. p. 129-165.
72. Burton GA. Sediment quality criteria in use around the world. *Limnology* 2003; 2: 65-76.
73. Byrne P, O'Halloran J. Acute and sublethal toxicity of estuarine sediments to the Manila Clam *Tapes semidecussatus*. *Environ Toxicol* 2000; 15: 456-468.

74. Caçador I, Vale C, Catarino F. Accumulation of Zn, Pb, Cu, Cr and Ni in sediments between roots of the Tagus Estuary Salt marshes, Portugal. *Estuar Coast Shelf S* 1996; 42: 393-403.
75. Cambier P, Charlatchka R. Influence of reducing conditions on the mobility of divalent trace metals in soils. En: *Fate and Transport of Heavy metals in the Vadose Zone*. Editores. Selim H M e Iskander, IK Lewis Publishers; 1997. p. 215-328.
76. Cantwell MG, Burgess RM. Metal-colloid partitioning in artificial interstitial waters of marine sediments; influence of salinity, pH, and colloidal organic carbon concentration. *Environ Toxicol Chem* 2001; 20: 2420-2427.
77. Cantwell, MG; Burgess RM. Variability of parameters measured during the resuspension of sediments with a particle entrainment simulator. *Chemosphere* 2004; 56: 51-58.
78. Cantwell MG., Burgess RM., King JW. Resuspension of contaminants field and formulated reference sediments Part I: Evaluation of metal release under controlled laboratory conditions. *Chemosphere* 2008; 73:1824-1831.
79. Carbonell G, Ramos C, Tarazona JV. Metals in shrimp culture areas from the Gulf of Fonseca, Central America. *B Environ Contam Toxicol* 1998; 60, 252-259.
80. Carriger JF, Rand GM, Gardinali PR, Perry WB, Tompkins MS, Fernández AM. Pesticides of potential ecological concern in sediment from south Florida canals: an ecological risk prioritization for aquatic arthropods. *Soil Sed Contam* 2006; 15: 21-45.
81. Casado MC. Caracterización de material de dragado optimizando un método integrado de evaluación de la calidad ambiental (tesis doctoral). Universidad de Cádiz; 2006.
82. Casado-Martínez MC, Forja JM, Del Valls T. Direct comparison of amphipod sensitivities to dredge sediments from Spain ports. *Chemosphere* 2007; 68: 677-685.
83. Casado-Martínez MC, Buceta JL, Forja JM, Del Valls TA. Interlaboratory assessment of marine bioassays to evaluate the environmental quality of coastal sediments in Spain. Exercise description and sediment quality. *Cienc Mar* 2006; 32: 122-128.

84. Casas A, Crecelius E. Relationship between acid volatile sulfide and the toxicity of zinc, lead and copper in marine sediments. *Environ Toxicol Chem* 2009; 13: 529-536.
85. CCME. Protocol for the derivation of Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life, CCME EPC-98. Prepared by Environment Canada, Guidelines Division, Technical Secretariat of the CCME Task Group on water quality guidelines, Ottawa; 1995.
86. CEDEX. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. Recomendaciones para la gestión del material dragado en los puertos españoles. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente; 1994.
87. Cempel M y Nikel G. Nickel: a review of its sources and environmental toxicology. *Polish J of Environ Stud* 2006; 15: 375-382.
88. Chakrabarti CL, Lu Y, Gregoire DC. Kinetic studies of metal speciation using chelex cation Exchange resin: application to cadmium, copper, and lead speciation in river water and snow. *Environ Sci Technol* 1994; 28: 1957-1967
89. Chapman PM, Wang F, Janssen C, Persoone G, Allen H. Ecotoxicology of metals in aquatic sediments: binding and release, bioavailability, risk assessment, and remediation. *Can J Fish Aquat. Sci* 1998; 55: 2221-2243.
90. Chapman PM, Allard PJ, Vigers GA. Development of sediment quality values for Hong Kong special administrative region: a possible model for other jurisdictions. *Mar Pollut Bull* 1999; 38:161-169
91. Chase Z, Johnson KS, Elrod VA, Plant JM, Fitzwater SE, Pickell L, Sakamoto CM. Manganese and iron distributions of central California influenced by upwelling and shelf width. *Mar Chem* 2005; 95: 235-254.
92. Chatel DL, Robson AD, Gartell JW, Dilworth MJ. The effect of inoculation and cobalt application on the growth of and Nitrogen fixation by sweet Lupins. *J Agric Res* 1978; 29: 1191-1202.
93. Chen B, Huang Q, Lin X, Shi Q, Wu S. Accumulation of Ag, Cd, Co, Cu, Hg, Ni and Pb in *Pavlova viridis* Tseng (Haptophyceae). *J Appl Phycol* 1998; 10: 371-376
94. Chen H, Cutright T. EDTA and HEDTA effects on Cd, Cr and Ni uptake by *Helianthus annuus*. *Chemosphere* 2001; 21-28.

95. Chen S, Eisma D. Fractal geometry of in situ flocs in the estuarine and coastal environments. *Netherlands Journal of Sea Research* 1995; 32: 173-182.
96. Chen TB, Zheng YM, Lei M, Huang ZC, Wu HT, Chen H, Fan KK, Yu K, Wu X, Tian QZ. Assessment of heavy metal pollution in surface soils of urban parks in Beijing, China. *Chemosphere* 2005; 60:542-551.
97. Cheun KC, Wong MH, Yung YK. Toxicity assessment of sediments containing tributyltin around Hong Kong harbor. *Toxicol Lett* 2003; 137: 121-131.
98. Cheshire MV, Berrow ML, Goodman BA, Mundie CD. *Geoch Cosmoch Ac* 1977; 1131-1138
99. Choy E, Scott C, Kingsley G, Thomas S, Murphy A, Staimos N, Panayi G. Control of rheumatoid arthritis by oral tolerance. *Arth Rheum/AR C Res* 2001; 44: 1993-1997.
100. Chou CL, Haya K, Paon LA, Moffatt JD. A regression model using sediment chemistry for the evaluation of marine environmental impacts associated with salmon aquaculture cage wastes. *Mar Pollut Bull* 2004; 49: 465-472.
101. Collins JF, Buol SW. Effects of fluctuations in the Eh-pH environment on iron and/or manganese equilibria. *Soil Sci* 1970; 110: 111-118.
102. Connor P. Acute toxicity of heavy metals to some marine larvae. *Mar Polut Bull* 1972; 3: 190-192.
103. Cortés DA, Medina A, Escobedo JC, Escobedo S, López MA. Uso de sistemas bioactivos en la formación de apatita en la superficie de aleaciones base cobalto. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio* 2004: 863-868.
104. Cortez-Lugo M, Téllez-Rojo MM, Gómez-Dantés H, Hernández-Ávila M. Tendencia de los niveles de plomo en la atmósfera de la zona metropolitana de la Ciudad de México 1988-1998. *Salud Pública de México* 2003; 45: 196-202.
105. Cortesao C, Vale C. Metals in sediments of the Sado Estuary Portugal. *Mar Pollut Bull* 1995; 30: 34-37.
106. Cotte-Krief MH, Thomas AJ, Martín JM. Trace metal (Cd, Cu, Ni and Pb) cycling in the upper water column near the shelf edge of the European continental margin (Celtic Sea). *Mar Chem* 2002; 79:1-26.
107. Cotte-Krief M, Guieu C, Thomas A, Martin J. Sources of Cd, Cu, Ni and Zn in the Portuguese coastal waters. *Mar Chem* 2000; 71: 199-214.

108. Cotter-Howells J, Thornton I. Sources and pathways of environmental lead to children in a Derbyshire mining village. *Environ Geochem and Hlth* 1991; 13:127-135.
109. Cuscueta DJ, Ghilarducci AA, Salva HR, Peretti HA, Visintin A. Aleación con bajo cobalto para electrodos negativos de baterías de Ni-MH. *CONAMET/SAM 2006*: 1-6.
110. Czajka-Narins DM. Minerales. En: Mahan LK y Arlin MT. Krause. *Nutrición y dietoterapia*. Editores. Mc Graw-Hill Interamericana. México: 1995. p. 109-142.
111. Dalrymple R. W., Zaitlin B.A., Boyd R. Estuarine facies models: conceptual vasis and stratigraphical implications. *Journal of Sedimentary Petrology* 1992; 62: 1130-1146.
112. Daskalis KD, O, Connor TP. Distribution of chemical concentrations in US coastal and estuarine sediment. *Mar Environ Res* 1995; 40: 381-398.
113. Dassenakis M., Scuollos M., Gairis A. Trace metals transport and behavior in the Mediterranean estuary of Acheloos river. *Mar Pollut Bull* 1997; 34: 103-111.
114. Dave G, Xiu R. Toxicity of mercury, copper, nickel, lead and cobalt to embryos and larvae of zebrafish, *Brachydanio rerio*. *Archieves of environmental contamination and technology* 1991; 21; 126-134.
115. Davis A, Ruby M, Bergstrom, PD. Bioavility of arsenic an lead in soils from the Butte, Montana, mining district. *Environ Sci Technol* 1992; 26: 461-468.
116. Davis A, Drexler JV, Ruby M, Nicholson A. Micromineralogy of Mine Wastes in Relation to Lead Bioavaliability, Butte, Montana. *Environ Sci Technol* 1993; 27: 1415-1425.
117. De Baar, Saager HP, Nolting R, Vandermeer J. Cadmium versus phosphate in the world ocean. *Mar Chem* 1994; 46: 261-281.
118. Del Valls TA, Chapman PM. Site-specific sediment quality values for the Gulf of Cádiz (Spain) and San Francisco Bay (USA), using the sediment quality triad and multivariate analysis. *Cienc Mar* 1998; 24: 313-336.
119. Del Valls T, Andres A, Belzunce M, Buceta JL, Casado-Martínez MC, Castro R, Riba I, Viguere JR, Blasco J. Chemical and ecotoxicological guidelines for managing disposal of dredged material. *Trends in Analytical Chemistry* 2004; 236: 819-828.

120. Del Valls TA, Blasco J, Sarasquete MC, Forja JM, Gómez-Parra A. Evaluation of heavy metal sediment toxicity in littoral ecosystems using juveniles of the fish *Sparus aurata*. *Ecotox Environ Safe* 1998; 41: 157-167.
121. De Gregori I, Pinochet H, Gras N, Muñoz L. Variability of cadmium, copper and zinc levels in mollusks and associated sediments from Chile. *Environ Pollut* 1996; 92: 359-368.
122. Dekker T, Greve GD, Ter Laak TL, Boivin ME, Veuger B, Gortzag G, Dumbries S, Lückner SM, Kraak MH, Admiraal W, Van Der Geest HG. Development and application of a sediment toxicity test using the benthic cladocerans *Chydorus sphaericus*. *Environ Pollut* 2006; 140: 231-238.
123. Diamond J, Winchester EL, Mackler DG, Rasnake WJ, Fanelli JL, Gruber D. Toxicity of cobalt to freshwater indicator species as a function of water hardness. *Aquat Toxicol* 1992; 22: 163-179.
124. Di Toro D, Mahony JD, Hansen DJ, Scott KJ, Carlson AR, Ankley GT. Acid volatile sulfide predicts the acute toxicity of cadmium and nickel in sediments. *Environ Sci Technol* 1992; 26: 96-101.
125. Doménech X. Química del suelo. El impacto de los contaminantes. Editores Miraguano Ediciones. Madrid: 1995.
126. Dongman G and Nürnberg H. Observations with *Thalassiosira rotufa* (Meunier) on the toxicity and accumulation of cadmium and nickel. *Ecotox Environ Safe* 1982; 6:535-544.
127. Droppo IG. Rethinking what constitutes suspended sediment. *Hydrological Processes* 2001; 15: 1551-1564.
128. Du Laing G, Meers E, Dewispelaere M, Vandecasteele B, Rinklebe J, Tack F, Verloo M. Heavy metal mobility in intertidal sediments of the Scheldt estuary: field monitoring. *Sci Total Environ* 2009; 407: 2919-2930.
129. Eder HG, Stein A, Fisher RS. Interictal and ictal activity in the rat cobalt/pilocarpine model of epilepsy decreased by local perfusion of diazepam. *Epilepsy Res* 1997; 29: 17-24.
130. EC, MENVIQ (Environment Canada and Ministère de l'Environnement du Québec). Interim criteria for quality assessment of St. Lawrence River sediment. Environment Canada, Ottawa 1992.

131. Everaart JM, Fischer CV. The distribution of heavy metals (Cu, Zn, Cd and Pb) in the fine fractions of surface sediments of the North Sea. *The Netherlands Journal of Sea Research* 1992; 29, 321-331.
132. Everaarts JM, Heesters R, Fischer CV. Heavy metals (Cu, Zn, Pb, Cd) in sediment, zooplankton and epibenthic invertebrates from the area of the continental slope of the Banc d'Arguin (Mauritania). *Hydrobiologia* 1993; 258: 41-58.
133. Fang T, Li J, Feng H, Chen H. Distribution and contamination of trace metals in surface sediments of the East China Sea. *Mar Environ Res* 2009; 68: 178-187.
134. FAO. World review of fisheries and aquaculture. The State of world fisheries and aquaculture. Rome, Italy: FAO Fisheries Department 2006.
135. Fairbrother A, Wenstel R, Sappington K, Wood W. Framework for Metals Risk Assessment. *Ecotox Environ Safe* 2007; 68. 145-227.
136. Fargasova A. Effect of Pb, Cd, Hg, As, and Cr on germination and root growth of *Sinapsis alba* Seeds. *Bull Environ Contam Toxicol* 1994; 52: 452-456.
137. Ferrer A. Intoxicación por metales. *Anales Sis San Navarra* 2003; 26: 141-153.
138. Fichet D, Radena G, Miramand T. Experimental studies of impacts of harbour sediments resuspension to marine invertebrates larvae: bioavailability of Cd, Cu, Pb and Zn and Toxicity. *Mar Poll Bull* 1998;36: 509-518.
139. Findlay RH., Watling L., Mayer LM. Environmental impact of salmon net-pen culture on marine benthic communities in Marine: a case study. *Estuaries* 1995; 18: 145-179.
140. Fisher NS, Bohé M, Teyssié JL. Accumulation and toxicity of Cd, Zn, Ag, and Hg in four marine phytoplankters. *Mar Ecol Prog Ser* 1984; 18: 201-213
141. Fomsgaard IG, Johannesen H, Pitty J, Rugama R. Degradation of ¹⁴C-maneb in sediment from a Nicaraguan estuary. *International Journal of Environmental Studies* 1998; 55: 175-198.
142. Foster PL, Morel FM. Reversal and cadmium toxicity in a diatom: an interaction between cadmium activity and iron. *Limnol Oceanogr* 1982; 27, 745-752
143. Förstner U. Wittmann GTW. *Metal Pollution in the Aquatic Environment*. Springer-Verlag. Berlin 1979.
144. Förstner U. Wittmann GTW. *Heavy metal pollution in the aquatic environment*. 2 ed. Sring-Verlag. Berlin. Heidelberg New York 1981.

145. Förstner U. Land contamination by metals. Global scope and magnitude of problem. En: Metal Speciation and contamination of Soil. Eds Allen He, Huan CO, Bailey GW y Bowers AR. Lewis Publishers and CRC Press. Boca Ratón. Florida 1995.
146. Frey BE, Fritz G, Bass AE, Small L. Sensitivity of estuarine phytoplankton to hexavalent chromium. *Estuar Coast Shelf S* 1983; 17: 181-187.
147. Ghanbari K, Mousavi MF, Shamsipur M, Karami H. Synthesis of polyaniline/graphite composite as a cathode of Zn polyaniline rechargeable battery. *J Power Sources* 2007; 170: 513-519.
148. GESAMP (IMO/FAO/UNESCO/WMO/IAEA/UN/UNEP) Joint Group of Expert in the Scientific Aspects of Marine Pollution. 1996. Monitoring the ecological effects of Coastal aquaculture Wastes. GESAMP Reports and Studies.
149. Gil Hernández F. Gil F: Toxicología Industrial (III). Toxicidad de los metales pesados. Tratado de Medicina del Trabajo. En: Gallardo M, Pérez E. Barcelona. Masson; 2005.p. 501-524.
150. Gil MN, Torres A, Harvey M, ESteves JL. Metales pesados en organismos marinos de la zona costera de la Patagonia argentina continental. *Rev biol mar oceanogr* 2006; 41:167-176
151. Göran D, Ruigin X. Toxicity of mercury, copper, nickel, lead and cobalt to embryos and larvae of zebrafish, *Brachydanio rerio*. *Arch Environ Con Tox* 1991; 21: 126-134.
152. Gobierno de Canarias. 2011a. Datos del Parque Rural de Anaga. <http://www.gobcan.es/cmayerot/espaciosnaturales/espaciosnaturales/tenerife/t12.htm>
l, página visitada el 29 de septiembre de 2011.
153. Gobierno de Canarias. 2011b. Datos del Sitio de Interés Científico de La Caleta de Adeje. <http://www.gobcan.es/cmayerot/espaciosnaturales/espaciosnaturales/tenerife/t40.htm>
l, página visitada el 15 de octubre de 2011
154. González E., Ahumada R., Medina V. Espectrofotometría de absorción atómica con tubo en la llama: aplicación en la determinación total de cadmio, plomo y zinc en aguas frescas, agua de mar y sedimentos marinos. *Quim Nova* 2004; 27: 873-877.

155. González J, Hernández C, Marrero P, Rapp E. Peces de Canarias. Guía Submarina. 5 Edición. Tenerife. Editorial Francisco Lemus Editor: 2000.
156. González-Reimers E, Martínez-Riera A, Santolaria-Fernández F. Relative and combined effects of ethanol and protein deficiency on zinc, iron, Copper, and manganese contents in different organs and urinary and fetal excretion. *Alcohol* 1998; 16: 7-12.
157. González-Weller, Karlsson L, Caballero A, Hernández F, Gutiérrez A, González-Iglesias T, Marino M, Hardisson A. Lead and Cadmium in meat and meat products consumed by the population in Tenerife Island, Spain. *Food Addit Contam* 2006; 23: 757-763.
158. Gutiérrez AJ, González-Weller D, González T, Burgos A, Lozano G, Reguera JI, Hardisson A. Content of toxic heavy metals (Hg, Pb, Cd) in Canned Variegated Scallops (*Chlamys varia*). *J Food Prot* 2007; 70: 2911-2915.
159. Gutiérrez AJ, González-Weller D, González T, Burgos A, Lozano G, Hardisson A. Content of trace metals (iron, zinc, manganese, chromium, copper, nickel) in canned variegated scallops (*Chlamys varia*). *Int J Food Sci Nutr* 2008; 59: 535-543.
160. Gutiérrez-Galindo E., Florez-Muñoz G., Ortega-Lara V., Villaescusa-Celaya J. Metales pesados en sedimentos de la costa fronteriza Baja California (Mexico)-California (EUA). *Cienc Mar* 1994; 20: 105-124.
161. Halliwell D, Turoczy N, Stagnitti F. Lead concentrations in *Eucalyptus* sp. In a small coastal town. *Bull Environ Contam Toxicol* 2000 65: 583-590.
162. Halpern BS, Waldbridge S, Selkoe KA, Kappel CV, Micheli F, D'Agrosa C, Bruno JF, Casey KS, Ebert C, Fox HE, Frujita R, Heinemann D, Lenihan HS, Madin EMP, Perry MT, Selig ET, Spalding M, Steneck R, Watson R. A global map of human impact on marine ecosystems. *Science* 2008; 319: 948-952.
163. Han FX, Kingery WL, Selim HM. Accumulation, Redistribution, Transport and Bioavailability of Heavy Metals in Waste-Amended Soils. En: Trace elements in soil. Bioavailability, Flux and Transfer. Eds Iskandar IK, Kirkham MB. 2001; CRC Press 278 pp.

164. Han J, Na D, Quan X, Wang J, Yan Q. Bioavailability of zinc in the sediment to the estuarine amphipod *Grandidierella japonica*. *Hydrobiologia* 2005; 541: 149-154.
165. Han SH, Hyun JO, Lee KJ, Cho DH. Accumulation of heavy metals (Cd, Cu, Zn and Pb) in five species in relation to contamination of soil near two closed zinc-mining sites. *Journal of Korean Forestry Society* 1998; 87: 466-474.
166. Harding, LE. Measures of marine environmental quality. *Mar Pollut Bull* 1992; 25:23-27.
167. Hardisson A, Rubio C, Gutiérrez A, Jalili A., Hernández-Sánchez C, Lozano G, Revert C, Hernández-Armas J. Total mercury in Aquaculture Fish Pol. *J Environ Stud* 2012; 21: 1203-1209.
168. Hernández OD, Gutiérrez AJ, González-Weller D, Lozano G, García Melón, Rubio C, Hardisson A. Accumulation of toxic metals (Pb and Cd) in the Sea Urchin *Diadema aff antillarum* Philippy 1845, in an Ocean Island (Tenerife, Canary Islands). *Environ Toxicol* 2010; 25; 227-233.
169. Hernández A; Hansen A. Uso de plaguicidas en dos zonas agrícolas de México y evaluación de la contaminación de agua y sedimentos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 2011; 27: 115-127.
170. Hein JR, Schwab WC, Davis A. Cobalt and platinum-rich ferromanganese crusts and associated substrate rocks from the Marshall Island. *Mar Geol* 1988; 78: 255-283.
171. Hollert H, Keiter S, König N, Rudolf M, Ulrich M, Braunbeck T. A new sediment contact assay to assess particle-bound pollutants using zebrafish (*Danio rerio*) embryos. *J Soils Sediments* 2003; 3: 197-207.
172. Holmer M, Friederiksen M, Danovaro R, Mirto M, Marbá N, Duarte CM, Díaz-Alela E, Tsapakis M, Karakassis Effects of fish-farm waste on *Posidonia oceanica* meadows: synthesis and provision of management tools: *Mar Pollut Bull* 2008; 56: 1618-1629
173. Horowitz AJ, Elrick KS. The relation of stream sediment surface area, grain size and composition of trace element chemistry. *Appl geoch* 1987; 2, 437-452.
174. Horowitz AJ. *Sediment-Trace Element Chemistry*. Lewis Publishers, Boca Raton; 1991.

175. Hue NV, Campbel S, Li QX, Lee CR, Fong J. Reducing Salinity and Organic Contaminants in the Pearl Harbor Dredged Material Using Soil Amendments and Plant. Remediation DOI: 10.1002/rem.10045.p 45-63.
176. Hunt JW, Anderson BS, Phillips BM, Tjeerdema RS, Pukcett HM, Stephenson M, Tucker DW, Watson D. Acute and chronic toxicity of nickel to marine organisms: implication for water quality criteria. Environ Toxicol Chem 2002; 21: 2423-2430.
177. Hyland JL, Van Dolah RF Snoots TR. Predicting stress communities of southeastern U.S. estuaries in relation to chemical con of sediments. Environ Toxicol Chem 1999; 18: 2557–2564
178. IARC (International Agency for Research on Cancer). Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to human. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsAlphaOrder.pdf>
179. Idris AM, Eltayeb MA, Potgieter-Vermaak, Van Grieken R, Potgieter JH Assessment of heavy metals pollution in Sudanese harbours along the Red Sea Coast. Microchem J 2007; 87: 104-112.
180. Ingersoll C.G. Sediment test. En: G.M. Rand. Fundamentals of Aquatic Toxicology. Editorial Taylor and Francis, USA, pp. 231-255; 1995.
181. INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo). Fichas internacionales de Seguridad Química. Manganese. 2003.
182. INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo). Fichas internacionales de Seguridad Química. Cromo. 2005.
183. Izquierdo C, Usero J, Gracia I. Speciation of heavy metals in sediments from salt marshes on the Southern Atlantic Coast of Spain. Mar Pollut Bull 1997; 30: 437-444.
184. Jayasankar D, Fukami K, Iwasaki K, Okamura K. Occurrence of heavy metals in the sediments of Uranouchi Inlet, Kochi prefecture, Japan. Fish Sci 2009; 75:413-423.
185. Johnsen RI, Grahl-Nielsen O, Lunestad BT. Environmental distribution of organic waste from a marine fish farm. Aquaculture 1993; 118: 229-244.

186. Je CH, Hayes DF, Kim KS. Simulation of resuspended sediments resulting from dredging operations by a numerical flocculent transport model. *Chemosphere* 2007; 70: 187-195.
187. Kabata-Pendias, A., y Pendias, H. Trace elements in soils and plants. 2nd edn. Boca Ratón, CRC Press. Florida; 1992.
188. Kay JT, Conklin MH, Fuller C, O'Day P. Processes of Nickel and Cobalt uptake by a manganese oxide forming sediment in Pinal Creek globe mining District, Arizona. *Environ Sci Technol* 2001; 47:19-4726.
189. Kelley, ME., Brauning SE., Schoof RA., Rubi MV. Assessing oral bioavailability of metals in soil. Batelle Press. Columbia, Ohio. 2002.
190. Ki X, Wai O, Li YS, Barry YS, Coles H, Ramsey MH, Thrnton I. Heavy metal distribution in sediment profiles of the Pearl River estuary, South China. *Appl Geochem* 2000; 15: 567-581.
191. Kiratli N, Ergin M. Partitioning of heavy metals in surface Black Sea sediments. *Appl Geochem* 1996; 11: 755-788.
192. Klaassen CD, Watkins JB. Manual de toxicología. Ed: Casarett & Doull. Mc Graw-Hill Interamericana. México 2001.p. 659-722.
193. Kong IC., Bitton G. Correlation Between Heavy Metal Toxicity and Metal Fractions of Contaminated Soils in Korea. *Bull Environ Contam Toxicol* 2003; 70: 557-565.
194. Kralik M, Haslinger E, Picer N, Ottner F, Sager M. PCB-anomalies in the sediments of the harbor basin of Zadar (Croatia) as consequence of war action and/or industrial contamination. *Geophys Res* 2007; 9: 2-3.
195. Kremling K, Streu P. Saharan dust influence trace element fluxes in deep North Atlantic subtropical waters. *Deep-Sea Res PT I* 1993; 40: 1155-1168.
196. Krishna AK, Govil PK. Heavy metal distribution and contamination in soils of Thance-Belapur industrial development area, western Indian. *Environ Geol* 2005; 47: 1054-1061.
197. Kumpiene J, Lagerkvist A., Christian M. Stabilization of As, Cr, Cu, Pb and Zn in soil using amendments. A Review. *Waste Manage* 2008; 28: 215-225.

198. Lager T., Hamer K., Schulz HD. Mobility of heavy metals in harbor sediments: an environmental aspect for the reuse of contaminated dredged sediments. *Environ Geol* 2005; 48: 92-100.
199. Larsen B, Jensen A. Evaluation of the sensitivity of sediment monitoring stationary in pollution monitoring. *Mar Pollut Bull* 1989; 20:556-560.
200. Lasier PJ, Winger PV, Bogenrieder KJ. Toxicity of manganese to *Ceriodaphnia dubia* and *Hyalella azteca*. *Arch Environ Con Tox* 2000; 38: 298-304.
201. Le Gall A, Hydes A, Statham P, Morley N, Hung C. Processes influencing distributions and concentrations of Cd, Cu, Mn and Ni at the northwest European shelf break. *Mar Chem* 1999; 68: 97-115.
202. Li MS, Luo YP, Su ZY. Heavy metal concentration in soils and plant accumulation in a restored manganese mineland in Guangxi, South China. *Environ Pollut* 2007; 147: 168-175.
203. Li F, Fan Z, Xiao P, Oh K, Ma X, Hou W. Contamination, chemical speciation and vertical distribution of heavy metals in soils of an old and large industrial zone in Northeast China. *Environ Geol* 2009; 57: 1815-1823.
204. Lima L, Olivares-Rieumont S, Columbie I, de la Rosa D, Gil R. Niveles de plomo, zinc, cadmio y cobre en el río Almendares, Ciudad Habana, Cuba. *Rev Int Contam Ambient* 2005; 21: 115-124.
205. Lloyd R. *Pollution and freshwater fish*. Fishing News Books. Oxford 1992.
206. Long ER, Field LJ, Mac Donalds DD. Predicting toxicity in marine sediments with numerical sediment quality guidelines. *Environ Toxicol Chem* 1998; 17: 714-727.
207. Long ER, MacDonald DD, Smith SL, and Calder FD. Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *Environ Manage* 1995: 19, 81-97.
208. Long ER, Morgan LG .The potential for biological effects of sediment-sorbed contaminants tested in the National Status and Trends Program. National Oceanic and Atmospheric Administration Technical Memorandum, NOS OMA 52, Seattle, WA, USA; 1991.
209. Long ER. Ranges in chemical concentrations in sediments associated with the adverse biological effects. *Mar Pollut Bull* 1992; 24:38-45.

210. López P. Composición del sedimento en sistemas acuáticos del litoral mediterráneo español. *Limnetica* 1986; 2: 11-18.
211. Lozano G, Hardisson A, Gutiérrez AJ, Lafuente MA. Lead and cadmium levels in coastal benthic algae (seaweeds) of Tenerife, Canary Islands. *Environ Int* 2003; 28: 627-631.
212. Lucassen EC, Smolders AH, Foelofs JG. Potential sensitivity of mires to drought, acidification and mobilization of heavy metals: the sediment S/(Ca+Mg) ratio as diagnostic tool. *Environ Poll* 2002; 120: 635-646.
213. Luoma S, Ho KT. The appropriate uses of marine and estuarine sediment bioassays. In *the Handbook of Ecotoxicology* 1992, pp. 193-226.
214. Luque CH. Tipificación, cartografía y contenido en metales pesados de comunidades vegetales de las Marismas del Odiel. Dinámica poblacional del Género *Spergularia*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla: 1996.
215. Luque C.J., Castellanos E.M., Castillo J.M., González M., González Vilches M.C., Figueroa M.E. Distribución de metales pesados en sedimentos de las marismas de Odiel (Huelva, SO. España). *Cuaternario y Geomorfología* 1998; 12: 77-85.
216. Lyngby J.E. y Brix H. Monitoring of heavy metal contamination in the Limfjord, Denmark, using biological indicators and sediment. *Sci Total Environ* 1987; 64: 239-252.
217. MacDonald DD, Ingersoll CG, Berger TA. Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. *Arch Environ Contam Toxicol* 2000; 39:20-31.
218. Macleod C, Eriksen R. A review of the ecological impacts of selected antibiotics and antifoulants currently used in the Tasmanian salmonid farming industry. Technical report prepared for FRDC Project 2007/246 by University of Tasmania. 155 p.
219. Madrid L, Díaz-Barrientos E, Cardo I. Sequential Extraction of Metals from Artificially Contaminated Soils in the Presence of Various Composts. En: Trace elements in soil. Bioavailability, Flux and Transfer. Eds Iskanda, I K., y Kirkham M.B. CRC Press 287; 2001.

220. Marín Guirao L. Aproximación ecotoxicológica a la contaminación por metales pesados en la laguna costera del Mar Menor. Tesis doctoral. Departamento de Ecología e Hidrología. Universidad de Murcia. España; 2007.
221. Martínez-Tabche L, Gómez L, Galar M, López E. Estrés producido por sedimentos contaminados con níquel en una granja de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*)(Pisces: Salmonidae). Revista de Biología Tropical 2002; 50: 3-4.
222. Martínez Sánchez MJ y Pérez Sirvent C. Niveles de fondo y niveles genéricos de referencia de metales pesados en suelos de la Región de Murcia Ed. A.G. Novograf; 2007.
223. Martín MI. Aplicación tecnológica de un residuo de la industria del acero en la eliminación de metales contaminantes (tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid; 2004.
224. Martino M, Turner A, Nimmo M, Millward GE. Resuspension, reactivity and recycling of trace metals in the Mersey estuary. Mar Chem 2002; 77: 171-186.
225. Mas A, Azcue JM. Metales en sistemas biológicos. Editorial PPU. Barcelona 1993
226. Matthai C, Birch G. Detection of anthropogenic Cu, Pb and Zn in continental shelf sediments off Sydney, Australia- a new approach using normalization with Cobal. Mar Pollut Bull 2001; 42: 1055-1063.
227. Maña M, Valentí H, Mestre A, Gil FJ. Aplicación y caracterización físico-química de varios tratamientos superficiales realizados al acero inoxidable 316 L para aplicaciones biomédicas. Biomecánica 2005; 13: 58-64.
228. McCready S, Birch GF, Taylor SE. Extraction of heavy metals in Sydney Harbour sediments using 1M HCl and 0.05 EDTA and implications for sediment-quality guidelines. Aust J Earth Sci 2003; 50: 249-255.
229. Meller P. El cobre chileno y la política minera. Serie Estudio Socio/Económicos 14; 2003.
230. Melgar C, Geissen V, Cram S, Sokolov M, Bastidas P, Ruiz L, Que FJ, Jarquín A. Pollutants in drainage channels following long-term application of Mancozeb to banana plantations in southeastern Mexico. J Plant Nutri Soil Sc 2008; 597-604.

231. Mendiguchía C, Moreno C, Manuel-Vez M, García-Vargas M. Preliminary investigation on the enrichment of heavy metals in marine sediments originated from intensive aquaculture effluents. *Aquaculture* 2006; 254: 317-325.
232. Meneses-González F, Richardson V, Lino-González M, Vidal MR. Niveles de plomo en sangre y factores de exposición en niños del estado de Morelos, México. *Salud Pública de México* 2003; 45: 203-208.
233. Merceron M, Kempf M, Bentley D, Gaffet JD, Le Grand J, Lamort-Datin L. Environmental impact of a salmonid farm on a well flushed marine site: I. Current and water quality. *J Appl Ichthyol* 2002; 18: 40-50.
234. Miao AJ, Wang WX. Cadmium toxicity to two marine phytoplankton under different nutrient conditions. *Aquat Toxicol* 2006; 78: 114-126.
235. Miao AJ, Wang WX, Juneau P. Comparison of Cd, Cu, and Zn toxic effects on four marine phytoplankton by pulse-amplitude-modulated fluorometry. *Environ Toxicol Chem* 2005; 24: 2603-2611.
236. Mochelegiani E, Santarelli L, Fabris N. Zinc, human diseases and aging. En: Ph. Coltery, J. Corbella, J.L. Domingo, J.C. Etienne, J.M. Llobet, eds. *Metal Ions in Biology and Medicine*, pp 566-568; 1996.
237. Molina C, Ibañez C, Gibon FM. Proceso de biomagnificación de metales pesados en un lago hiperhalino (Poopó, Oruro, Bolivia): posible riesgo en la salud de consumidores. *Ecología Bolivia* 2012; 47: 99-118
238. Morales-Caselles C., Rico A., Abbondeanzi F., Campisi T., lacondini A., Riba I., Del Valls A. Assessing sediment quality in Spanish ports using a green alga bioassay. *Cienc Mar* 2008; 34: 329-337.
239. Moreno Grau. Toxicología ambiental. Evaluación de riesgo para la salud humana. Capítulo 11. Metales. Editorial Mac Graw Hill. Página 199-235. España 2003.
240. Moreno-Garrido I, Hampel M, Lubián LM, Blasco J. Sediment toxicity using benthic marine microalgae *Cylindrotheca closterium* (Ehremberg) Lewin and Reiman (Bacillariophyceae). *Ecotox Environ Safe* 2003; 54: 290-295.

241. Moore JN., Brook EJ., Johns C. Grain size portioning of metals in contaminated coarse-grained floodplain sediment, Clark Fork River, Montana. *Environmental Geology and Water Research* 1989; 14: 107-115.
242. Mountouris A, Voutsas E, Tassios D. Bioconcentration of heavy metals in aquatic environments: the importance of bioavailability. *Mar Pollut Bull* 2002; 44: 1136-1141.
243. Muller F, Tranter M, Balls P. Distribution and transport of chemical constituents in the Clyde estuary. *Estuar Coast Shelf S* 1994; 39: 105-126.
244. Muniz P, Danulat E, Yannicelli B, García-Alonso J, Medina G, Bicego M C. Assessment of contamination by heavy metals and petroleum hydrocarbons in sediments of Montevideo Harbour (Uruguay). *Environ Int* 2004; 29: 1019-1028.
245. Murray CN, Meinke S. Influence of soluble sewage material and adsorption and desorption behavior of cadmium, cobalt, silver and zinc in sediment-freshwater, sediment-seawater systems. *Journal of the Oceanographical Society of Japan* 1974; 30: 216-221.
246. Nagpal NW. Technical report. Water quality guidelines for cobalt. 2004. Library and archives Canada cataloguing in publication data.
247. Nameroff T, Balistrieri L, Murray W. Suboxic trace metals geochemistry in the eastern tropical North Pacific. *Geoch Cosmoch Acta* 2002; 66: 1139-1158.
248. Nelson WO, Peter N, Campbell GC. The effects of acidification on the geochemistry of Al, Cd, Pb and Hg in freshwater environments: a literature Review. *Environ Poll* 1991; 71: 91-130.
249. Newmann T, Leipe T, Shimmield G. Heavy metal enrichment in surficial sediments in the Oder River discharge area: source or sink of heavy metals. *Appl Geochem* 13; 329-337.
250. NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration. 1999. Screening quick reference tables (SQUIRTs) <http://response.restoration.noaa.gov/cpr/sediment/squirt/squirt.html>
251. Norwood WP, Brogmann U, Dixon DG. Chronic toxicity of arsenic, cobalt, chromium and manganese to *Hyalella azteca* in relation to exposure and bioaccumulation. *Environmental Pollution* 2007; 147: 262-272.

252. NYSDEC (New York State Department of Environmental Conservation). Technical guidance for screening contaminated sediments. Division of Fish and Wildlife, Division of Marine Resources, Albany, NY, USA; 1994.
253. Oakden J.M., Oliver J.S., Flegal A.R. EDTA chelation and zinc antagonism with cadmium in sediment: effects on the behavior and mortality of two infaunal amphipods. *Mar Biol*, 1984; 84: 125-130.
254. OMS. Report on trace elements in human nutrition and human health. Ginebra 1996.
255. Orozco C, Pérez A, González MN, Rodríguez FJ, Alfayete JM. Contaminación ambiental. Una visión desde la química. 1 Edición. Madrid. Editorial Thomson 2004.
256. Pan G. Confidence intervals for comparing two scale parameters based on Levene's statistics. *J Nonparametr Stat* 2002; 4: 459-476.
257. Panov VP, Zykova IV, Chekrenev SA. Heavy Metals: the industry and environmental protection. *Fibre Chem* 2008; 40: 241-245.
258. Papaefthymiou H, Papatheodorou G, Christodoulou D, Geraga M, Moustakli A, Kapolos J. Elemental concentration in sediments of the Patras Harbour, Greece, using INAA, ICP-MS and AAS. *Microchem J* 2010; 96: 269-276.
259. Perry DD, Cahill TA, Eldred RA, Dutcher DD. Long range transport of North African dust to the eastern United States. *J Geophys Res* 1997; 102: 11225-11238.
260. Pérez O.M., Ross L.G., Tefler T.C., del Campo Barquin L.M. Water quality requirements for marine fish cage site selection in Tenerife (Canary Islands): predictive modelling and analysis using GIS. *Aquaculture* 2003; 224: 54-68.
261. Pérez OM, Telfer TC, Ross LG. Geographical information systems-based models for offshore floating marine fish cage aquaculture site selection in Tenerife, Canary Islands. *Aquac Res* 2005; 36: 946-961.
262. Plekhanov SE, Chemeris YK. Early toxic effects of Zinc, Cobalt, and Cadmium on Photosynthetic Activity of the Green Alga *Chlorella pyrenoidosa*. *Biology Bulletin of the Russian Academy of Sciences* 2003; 30: 506-511.

263. Powel JH, Powell RE, Fielder DR. Trace element concentrations in tropical marine fish at Bougainville Island, Papua New Guinea. *Water Air Soil Pollut* 1981; 16: 143-158.
264. Pushpavanam M, Manikandam H, Ramanathan K. Preparation and characterization of nickel-cobalt-diamond electro-composites by sediment co-deposition. *Surf Coat Tech* 2007; 14: 6372-6379.
265. Pyatt FB. Copper and lead bioaccumulation by *Acacia retinoides* and *Eucalyptus torquata* in Sites contaminated as a consequence of extensive ancient mining activities in Cyprus. *Ecotox Environ Safe* 2001; 50: 60-64
266. Ramachandraiah G. Distribution, enrichment and accumulation of heavy metals in coastal sediments of Alang-Sosiya ship scrapping yard, India. *Mar Pollut Bull* 2004; 48: 1055-1059.
267. Ramakritinan CM, Chandurvelan R, Kumaraguru AD. Acute toxicity of metals: Cu, Pb, Cd, Hg and Zn on marine mollusks, *Cerithedia cingulata* G, and *Modiolus philippinarum* H. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences* 2012; 41: 141-145.
268. Ramírez A. Toxicología del Cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. *Anales de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos* 2002; 63: 51-64
269. Regnier P, Wollast R. Distribution of trace metals in suspended matter of the Scheldt estuary. *Mar Chem* 1993; 43: 3-19.
270. Renzi M, Perra G, Guerranti C., Mariottini M, Baroni D, Volterrani M, Graziosi M, Speccihulli A, Focardi S. Assessment of environmental pollutants in ten southern Italy harbor sediments. *Toxicol Ind Health* 2009; 25: 351-363.
271. Repetto M. Toxicología avanzada. Díaz de Santos. Madrid 1995.
272. Repetto M, Sanz P. Toxicología de los metales. En M. Repetto (ed) Postgrado en Toxicología. Ilustre Colegio oficial de Químicos. Sevilla. CD-ROM. ISBN: 978-84-692-9989-0. Depósito Legal: SE-1047-08. 2010.
273. Renzi M, Perra G, Guerranti C., Mariottini M, Baroni D, Volterrani M, Graziosi M, Speccihulli A, Focardi S. Assessment of environmental pollutants in ten southern Italy harbor sediments, *Toxicol Ind Health* 2009; 25: 351-363.

274. Riba I, Blasco H, Jiménez-Tenorio N, DelValls T. Heavy metal bioavailability and effects: I. Bioaccumulation caused by mining activities in the Gulf of Cádiz (SW, Spain). *Chemosphere* 58: 659-669.
275. Riedel GF. The relationship between chromium (VI) uptake, sulfate uptake, and chromium (VI) toxicity in the estuarine diatom *Thalassiosira pseudonana*. *Aquat Toxicol* 1985; 7: 191-204.
276. Riera R, Sánchez-Jérez P, Rodríguez M, Monterroso O, Ramos E. Long-term monitoring of fish farms: application of nematode/Copepod index to oligotrophic conditions. *Mar Pollut Bull* 2012. Doi: 10.1016/j.marpolbul.2012.01.014.
277. Rieuwerts JS, Thornton IM, Farago ME, Ashmoret MR. Factors influencing metal bioavailability in soils: preliminary investigations for the development of a critical loads approach for metals. *Chemical Speciation and Bioavailability* 1999; 10: 61-75.
278. Rittschof D, McClellan-Green P. Molluscs as multidisciplinary models in environment toxicology. *Mar Pollut Bull* 2005; 369-373.
279. Robert M. Dégradation de la qualité de ; : s- sols: risques pour la santé et l'environnement. *Bull Acad Natle Med* 1997; 181: 21-42.
280. Rodríguez VF, Jiménez JA, Adeva P, Bohórquez A, Pérez GA, Fernández BJ, Chao J. Propiedades mecánicas y mecanismos de deformación aleaciones del sistemas FE-xMn-3-0,2C. *Revista de metalurgia* 1998; 34: 1-12
281. Rodríguez-López MA, Navarro M, Cabrera C, López MC. Elementos Tóxicos en Alimentos, Bebidas y Envases. *Alimentaria*. Mayo 2001: 23-31.
282. Rodríguez-Barroso MR., García-Morales JL., Coello MD., Quiroga JM. x An assessment of heavy metal contamination in surface sediment using statistical analysis. *Environ Monit Assess* 2010; 163: 489-501.
283. Roman YE, De Schampelaere K, Nguyen L, Hanssen C. Chronic toxicity of copper to five benthic invertebrates in laboratory-formulated sediment: sensitivity comparison and preliminary risk assessment. *Sci Total Environ* 2007; 387: 128-140.

284. Rosco JJ y Rachlin JW. The effect of copper, zinc, cobalt and manganese on the growth of the marine diatom *Nitzschia closterium*. Bulletin of the Torrey Botanical Club 1975; 102: 101-106.
285. Rowbothman AL, Levy SL, Shuker LK. Chromium in the environment: an evaluation of exposure of the UK general population and possible adverse health effects. J Toxicol Environ health 2000; 3: 145-178.
286. Rubio Armendáriz C, González Weller D, Alonso S, Revert Girones C, Hardisson de la Torre A. Zn, Mn, Cu, Se, Cr: Nutrición y suplementación; Alimentaria 2004; 353: 37-44.
287. Ruby MV., Schoof R., Brattin W., Godade M., Post G., Harnois M., Mosby DE., Casteel SW., Berti W., Carpenter M., Edwards D., Cragin D., Chappel W. Advances in Evaluating the Oral Bioavailability of Inorganics in Soil for Use in Human Health Risk Assessment. Environ Sci Technol 1999; 33: 3697-3705.
288. Ruilian Y, Xing Y., Yuanhui Z, Gongren H, Xianglin T. Heavy metal pollution in intertidal sediments from Quanshou Bay, China. J Environ Sci 2008; 20: 664-669.
289. Ruiz F. Trace Metals in Estuarine Sediments from the Southwestern Spanish Coast. Mar Pollut Bull 2001; 42: 482-490.
290. Russel A, Morford J. The behavior of redox-sensitive metals across a laminates-massive-laminated transition in Saanich Inlet, British Columbia. Mar Geol 2001; 174: 341-354.
291. Sánchez-Chardi A., López-Fuster MJ. Metal and metalloid accumulation in shrews (*Soricomorpha Mammalia*) from two protected Mediterranean coastal sites. Environ Pollut 2009; 157: 1243-1248.
292. Sanz-Gallén P, Marqués F. Riesgo y patología por compuestos de plomo. En: P. Sanz-Gallén, J Izquierdo y A Prat, Manual de Salud laboral.1995. Springer-Verlag Ibérica, Barcelona, pp 99-106.
293. Santos Bermejo JC, Beltrán A, Gómez-Ariza JL. Spatial variations of heavy metals contamination in sediments from Odiel river (Southwest Spain). Environ Int 2003; 29:69-77.

294. Sastre J, Sauquillo A, Vidal M., Rauret G. Determination of Cd, Cu, Pb and Zn in environmental samples: microwave-assisted total digestión versus aqua regia and nitric acid extraction. *Anal Chim Acta* 2002; 462: 59-72.
295. Sarkar SK, Frančišković-Biliniski S, Bhattacharya A, Saha M, Biliniski H. Levels of elements in the surficial estuarine sediments of the Hugli River northeast India and their environmental implications. *Environ Int* 2004; 30: 1089-1098.
296. Sauve S, Hendershot W, Allen H. Solid-sollution partitioning of metals in contaminated soils: dependence on pH, total metal burden, and organic matter. *Environ Sci Technol* 2000; 34: 1126-1131.
297. Sauquillo, A., Rigol A., Rauret G. Overview of the use of leaching/extraction test for risk assessment of trace metals in contaminated soils and sediments. *Trends in Analytical Chemistry* 2003; 22: 152-159.
298. Schubauer-Berigan M, Dierkes JR, Monson PD, Ankley GR. pH dependent toxicity of Cd, Cu, Ni, Pb and Zn to *Ceriodaphnia dubia*, *Phimephales promelas*, *Hyalella azteca* and *Lumbriculus variegatus*. *Environ Toxicol Chem* 2009; 12: 1261-1266.
299. Schendel EK, Nordström SE, Lavkulich LM. Floc and sediment properties and their environmental distribution from a marine fish farm. *Aquac Res* 2004; 35: 483-493.
300. Scelzo M. Toxicidad del cobre en larvas naupilii del camarón comercia *Artemesia longinaris* Bate (Crustace, Decapoda, Penaeidae). *Invest Mar* 1997; 25: 177-185.
301. Seco-Lago H, Pérez-Iglesias H, Fernández.-Solis JM, Castro Romero JM. Application of derivative spectrophotometry to simultaneous determination of lead and nickel with MEDTA. *Analisis* 1996; 24: 333-335.
302. Shrivastava P, Saxena A, Swarup A. Heavy metal pollution in a sewage-fed lake of Bhopal, India. *Lakes Reserv Manage* 2003; 8: 1-4.
303. Sierra MA., Gallego MG. Principios de química Medioambiental. Editorial Síntesis. Madrid 2007.
304. Simpson SL; Apte SC; Batley GE. Effect of short-term resuspension events on trace metal speciation in polluted anoxic sediments. *Environ Sci Technol* 1998; 32: 620-625.

305. Smilie RH, Hunter K, Loutit M. Reduction of chromium (VI) by bacterially produced hydrogen sulphide in a marine environment. *Water Res* 1981; 15: 1351-1354.
306. Smith JN, Yeats PA, Milligan TG. Sediment geochronologies for fish farm contaminants in Lime Kiln Bay, Bay of Fundy. In Hargrave BT. Editorial *Environmental effects of marine finfish aquaculture*. Springer, Berlin, pp 221-238; 2005.
307. Sneddon y Tremblay. The New Zealand king Salmon Company limited: assessment of environmental effects: copper and zinc. Cawthton Report No 1984. 2011
308. Somnez S, Kaplan M, Somnez N, Kaya H, Uz I. High level of copper application to soil and leaves reduce the growth and yield of tomato plants. *Scientia Agricola* 2006; 63: 15-19.
309. Soria ML, Repetto G, Repetto M. Revisión general de la toxicología de los metales. En: Camean A, López-Artiguez M, Martínez D, y cols., eds. Repetto M. *Toxicología avanzada*. 1995. Díaz de Santos, S.A. Madrid: 293-358.
310. Sprovieri M., Feo., Prevedello L., Manta DS., Sammartino S., Tamburrino S., Marsella E. Heavy metals, polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls in surface sediments of the Naples harbour (Southern Italy). *Chemosphere* 2007; 67: 998-10009.
311. Srivastava SK, Sing AK, Sharma A. Studies of the uptake of lead and zinc by lignin obtained from black liquor-a paper industry waste material. *Environ Technol* 1994; 15: 153-158.
312. Stauber JL, Florence TM. Mechanism of toxicity of zinc to the marine diatom *Nitzschia closterium*. *Marine Biology* 1990; 105: 519-524.
313. Stewart C, Conwell C. Temporal changes in contaminated sediment: a neglected aspect of ecological risk assessment. *Integrated Environmental Assessment and Management* 2008; 4: 517-519.
314. Stramma L y Siedler G. Seasonal changes in the North Atlantic Subtropical Gyre. *J Geophys Res* 1988; 93: 8111-8118.

315. Stoecker B. Cromo. En: Ekhard E, Ziegler, Filer LJ, eds. Conocimientos actuales sobre nutrición. Organización Panamericana de la Salud. Washington: 368-377; 1997.
316. Stumm W, y Morgan JJ. Aquatic Chemistry. Hohn Wiley and sons. Inc. New York, 583 pp; 1970.
317. Stumm W, y Morgan JJ. Aquatic Chemistry. An introduction emphasizing chemical equilibria in natural waters. John Wiley and Sons, Inc New York, 470 pp; 1981.
318. Sundby B, Anderson LG, Hall PO, Iverfeldt A, Rutgers MM, Westerlund FG. The effect of oxygen on release and uptake of cobalt, manganese, iron and phosphate at the sediment-water interface. *Geochim Cosmochim Ac* 1986 50: 1281-1288.
319. Sundra WG, Huntsman SA. Antagonisms between cadmium and zinc toxicity and manganese limitation in a coastal diatom. *Limnol Oceanogr* 1996; 41: 373-387.
320. Sutherland R. Comparison between non-residual Al, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn released by a three-step sequential extraction procedure and a dilute hydrochloric acid leach for soil and road deposited sediment. *Appl Geochem* 2007; 17: 353-365.
321. Sutherland TF, Petersen SA, Levings CD, Martin AJ. Distinguishing between natural and aquiculture-derived sediment concentrations of heavy metals in the Broughton Archipelago, British Columbia. *Mar Pollut Bull* 2007; 54, 1451-1460.
322. Tabari S, Saravi S, Bandany G, Dehghan A, Shokrzadeh M. Heavy metals (Zn, Pb, Cd and Cr) in fish, water and sediments sampled from Southern Caspian Sea, Iran. *Toxicol Ind Health* 2010; 26: 649-656.
323. Tavakoly B, Sulaiman AH, Monazami GH, Salleh A. Assessment of Sediment Quality According to heavy metal status in the West Port of Malaysia. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 2011; 50: 633-637.
324. Tam NFY, Wong YS. Retention and distribution of heavy metal in mangrove soils reciving wastewater. *Environ Pollut* 1995; 94, 283-291.

325. Tam NFY, Wong YS. Spatial and temporal variations of heavy metals contamination in sediments of a mangrove swamp in Hong Kong. *Mar Pollut Bull* 1995; 31: 254-261.
326. Tankere-Muller S., Zhang H., Davison W., Finke N., Larsen O., Stahl H., Glud R. The scale remobilization of Fe, Mn, Co, Ni, Cu and Cd in contaminated marine sediment. *Mar Chem* 2005; 106: 192-207.
327. Terminghoff EJ, Van der Zee SE, Haan FA. Copper mobility in a copper-contaminated Sandy soil as affected by pH and solid and dissolved organica matter. *Environ Sci Technol* 1997; 31: 1109-1115.
328. Tewari A, Joshi HV, Trivedi RH, Sravan Kumar VG, Gaghunathan C, Kambhaty Y, Kotiwar OS, Mandal SK. Studies the effect of ship scraping industry and its associated waste on the biomass production and biodiversity of Biota "in situ" condition at Alang. *Mar Pollut Bull* 2001; 42: 462-469.
329. Tien-Hsi F., Jou-Yun L., Hui-Min F., Hung-Yu C. Distribution and contamination of trace metals in surface sediments of the East China Sea. *Marine Environ Res* 2009; 68: 178-187.
330. Torres-Padrón ME, Hernández-Brito JJ, Gelado-Caballero MD, Collado-Sánchez C. Variability of dust inputs to the CANIGO zone. *Deep-Sea Res PT II* 2000; 49: 3455-3464.
331. Tourón-Alonso G, Jénez-Señor A, Caballero-Stevens N, Estenox-Mojena AJ. Influencia del revenido en la estructura y las propiedades de dureza, Resistencia a la tracción y resiliencia del acero cubano al cromo-manganeso-silicio-níquel. *Ingeniería Mecánica* 2009; 12: 51-56.
332. Uotila J. Metal contents and spread of fish farming sludge in southwestern Finland. *Marine Aquaculture and Environment*. Valtion Painatuskeskos Oy, Helsinki, pp 120-125; 1991.
333. Urdaneta H. Contenido total de Cd, Cu, Cr, Mn, Hg, Ni y Pb en sedimentos superficiales de una estación de piscicultura del municipios Páex, Estado Zulia, Venezuela. *Bol Cent Investig Biol* 1995; 29: 1-16.
334. USEPA. Desorption and release of dissolved and bioavailable sediments contaminants during resuspension events: an overview of principles,

- observations and models. Prepared for USEPA Office of Superfund Remediation and Technology Innovation. Washington DC, USA; 2006.
335. USEPA. The incidence and severity of sediment contamination in surface waters of the United States. Volume 1: National sediment quality survey. EPA 823-R-97-006- Technical Re`port. Washingot, DC. 1997.
 336. Vahter M, Berglung M, Nermell B, Akesson A (1996). Bioavailability of Cadmium from Shellfish and Mixed Diet in women. *Toxicol Appl Pharm* 136: 332-341.
 337. Vink S, Measures SI. The role of dust deposition in determining surface water distribution of Al and Fe in the South West Atlantic. *Deep-Sea Res PT II* 2001; 48: 2787-2809.
 338. Vos G, Hovens JP, Delft WV. Arsenic, cadmium, lead and mercury in meta, libres and kidneys of cattles slaughtered in The Netherlands during 1980-85. *Food Addit Contam* 1987; 4: 73-88.
 339. Wang XS, Qin Y. Accumulation and sources of heavy metals in urban topsoils: a case study from the city of Xuzhoy, China. *Environ Geol* 2005; 48: 101-107.
 340. Wells M, Kozelka PB, Bruland KW. The compexation of dissolved Cu, Zn, Cd and Pb by soluble and colloidal organic matter in Narragansett Bay. *Mar Chem* 1998; 62: 203-217.
 341. Wentsel R, McIntosh A, Archison G. Sublethal effects of heavy metal contaminated sediment of Midge Larvae (*Chironomus tentans*) *Hydrobiologia* 1997; 56: 153-156.
 342. Wong YS, Tam NF, Lau PS, Sue XZ. The toxicity of marine sediments in Victoria Harbour, Hong Kong. *Mar Polut Bull* 1995; 31: 464-470.
 343. Wu L., Chen L., Hou J., Zhao J., Gao H. Assessment of Sediment Quality of Yangtse River Estuary Using Zebrafish (*Danio rerio*) Embryos. *Environ Toxicol* 2010; 25: 234-242.
 344. Xu P, Huang S, Zhue R, Han X, Zhou H. Phenotrophic polymorphism of CYP2A6 activity in a Chinese population, *Eur J Clin Pharmacol* 2002; 58:333-337.
 345. Ysart G, Miller P, Croasdale M, Crews H, Robb P, Baxter M, de Lárgy C, Harrison N. 1997 UK Total Diet Study-dietary exposures to aluminium, arsenic, cadmium, chromium, copper, lead, mercury, nickel, selenium, tin and zinc. *Food Addit Contam* 2000; 17: 775-786.

346. Zhang L, Ye X, Feng H, Jing Y, Ouyang T, Yu X, Liang R, Gao C, Chen W. Heavy metal contamination in western Xiamen Bay sediments and its vicinity, China. *Mar Pollut Bull* 2007; 54: 974-982.
347. Zhang L, Cheng J, Yang YS, Wen YH, Wang XD, Cao GP. Study of zinc electrodes for single flow zinc-nichel battery application. *J Power Sources* 2008; 179: 381-387.
348. Zheng-Yei H., Sueng-Sang C., Chen-Chi T., Chun-Chih T., Shuang-Fu C., Chyan-Lan L., Haw-Tarn I. Digestion methods for total heavy metals in sediments and soils. *Water Air Soil Poll* 2002; 141: 189-205.
349. Zhou F., Guo H., Hao Z. Spatial distribution of heavy metals in Hong Kong's marine sedimentrs and their human impacts: A GIS-based chemometric approach. *Mar Pollut Bull* 2007; 54: 1372-1384.