



Estudios y Gestión Ambiental S.A.

PROGRAMA DE MONITOREO MARINO
COSTERO EN BAHÍA CALDERA

INFORME
CAMPAÑA ESTIVAL 2009

Minera
candelaria

MARZO - 2009

PROGRAMA DE MONITOREO MARINO COSTERO EN BAHÍA CALDERA

INFORME CAMPAÑA ESTIVAL 2009

PREPARADO PARA:

*Minera
candelaria*

COMPAÑÍA CONTRACTUAL
MINERA CANDELARIA

PREPARADO POR:



ESTUDIOS Y GESTIÓN
AMBIENTAL S.A.

MARZO - 2009

PROGRAMA DE MONITOREO MARINO COSTERO EN BAHÍA CALDERA

INFORME CAMPAÑA ESTIVAL 2009

Este documento contiene resultados de trabajos de investigación desarrollados por los investigadores de Estudios y Gestión Ambiental S.A. o científicos auspiciados por el mismo.

Aprobado para su distribución:

Dagoberto Arcos Rojas
Director Ejecutivo

AUTORES:

Dagoberto Arcos R. (Jefe de Proyecto)
José Ortiz R.
Patricio Torres R.
Alice Turner B.

Distribución de documentos

6	Compañía Contractual Minera Candelaria
1	Estudio y Gestión Ambiental S.A.
1	Director del Proyecto

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Página
I.- Introducción.....	1
II.- Materiales y Métodos.....	2
III.- Resultados.....	6
III.1. Granulometría y contenido de elementos traza en sedimentos.....	6
Comentarios.....	23
III.2. Hidrografía y contenido de elementos traza en agua de mar.....	25
Comentarios.....	47
III.3. Fauna bentónica.....	48
Comentarios.....	50
IV.- Comentario General Campaña Estival 2009.....	51
V.- Literatura Citada.....	52
Anexos.....	53



I.- INTRODUCCIÓN

El presente documento contiene los resultados correspondientes a la campaña estival de 2009 del programa de Monitoreo Marino Costero que Compañía Contractual Minera Candelaria desarrolla al interior de Bahía de Caldera.

El Programa de Monitoreo surge de los compromisos ambientales que Compañía Minera Candelaria ha adquirido con la autoridad, y ha sido desarrollado por la empresa Estudios y Gestión Ambiental S.A., considerando los Términos Técnicos aprobados por la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante mediante DIM y MAA Ord. N° 12.600/752/M.C. del 16 de julio de 1996, y lo reseñado en el Ordinario G.M. "CAL" N°12600/10 CCMC del 19 de enero de 2001 que aprueba la solicitud de modificación de extensión y presentación de los informes correspondientes al Programa de Monitoreo Marino de la Compañía Contractual Minera Candelaria.

La fase en terreno correspondiente a la campaña estival de 2009 fue realizado entre los días 19, 20 y 21 de enero, en tanto que las matrices y variables evaluadas por el presente Programa de Monitoreo se señalan a continuación:

a) Sedimentos

- Cobre, Cadmio, Hierro, Plomo y Zinc
- Granulometría

b) Agua de Mar

- Cobre, Cadmio, Hierro y Plomo
- pH
- Transparencia
- Oxígeno Disuelto
- Temperatura
- Salinidad
- Densidad

b) Fauna Bentónica

- Abundancia numérica
- Abundancia específica



II.- MATERIALES Y MÉTODOS

Las actividades en terreno correspondientes a la campaña estival del Programa de Monitoreo Marino Costero de Minera Candelaria fueron desarrolladas los días 19, 20 y 21 de enero de 2009.

El diseño de muestreo del precitado programa consideró la evaluación de 8 estaciones distribuidas al interior de Bahía Caldera, con énfasis en el área adyacente al Puerto de Punta Padrones donde la Compañía Contractual Minera Candelaria embarca concentrado de cobre. La ubicación geográfica de las estaciones de muestreo de agua de mar y sedimentos sublitorales, así como para las mediciones hidrográficas se señala en la Figura 1 y Tabla 1. Estas estaciones de muestreo fueron situadas en el terreno mediante un GPS marca Garmin modelo Etrex Venture, en base al sistema de referencia internacional (WGS-84), reconocido por el Servicio Hidrográfico de la Armada de Chile (SHOA, 2005).

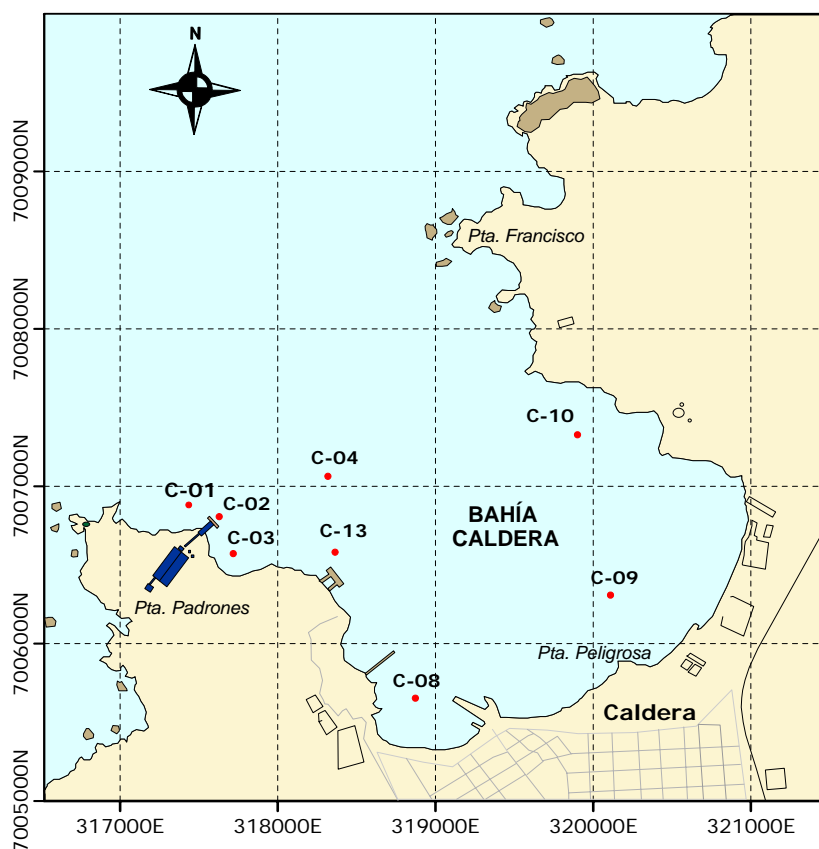


Figura 1. Ubicación de las estaciones de muestreo para hidrografía, sedimentos, agua y organismos en Bahía Caldera durante la campaña estival de 2009.

Tabla 1. Ubicación geográfica (en UTM) y profundidad (m) de las estaciones de muestreo evaluadas al interior de Bahía Caldera durante la campaña estival de 2009.

Estación	Coordenada norte	Coordenada este	Profundidad (m)
C-01	7.006.915	317.401	21
C-02	7.006.823	317.611	23
C-03	7.006.511	317.720	16
C-04	7.007.123	318.254	40
C-13	7.006.452	318.215	23
C-08	7.005.610	318.800	8
C-09	7.006.325	320.001	7
C-10	7.007.384	319.905	19

Las muestras de sedimentos sublitorales para el análisis de elementos traza y granulometría, fueron recolectadas desde una embarcación mediana por medio de una draga de acero inoxidable tipo Van Veen de 0,1 m², siguiendo las indicaciones del International Biological Programme N° 16 (Holmes & McIntyre, 1971) y del Programa de Vigilancia de la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS - PNUMA, 1993), considerando la obtención de tres réplicas, con excepción de las estaciones C-01 y C-03, donde además se procedió a recolectar un duplicado (C-01 R3D2 y C-03 R3D2), los cuales fueron utilizados como control intra-laboratorio. El material utilizado en la recolección de las muestras fue previamente tratado con detergente, ácido nítrico, acetona, hexano y agua destilada en el Laboratorio de Química Analítica de la Universidad de Antofagasta. La preservación de las muestras de sedimentos se realizó en contenedores plásticos a 4 °C de temperatura hasta el momento de su procesamiento.

La determinación de metales en sedimentos fue realizado en el Laboratorio de Química Analítica de la Universidad de Antofagasta siguiendo la metodología descrita en Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (1992), complementada por American Official Analytical Chemist (AOAC, 1984), por Espectrometría de Absorción Atómica (EAA).

El análisis sedimentológico de las muestras de sedimentos sublitorales se realizó de acuerdo a lo propuesto por Folk y Ward (1957) y Folk (1974). Para la distribución granulométrica se empleó la escala de Wentworth (1922).

Las muestras de agua de mar fueron recolectadas considerando los métodos estandarizados por el Instituto Nacional de Normalización (INN, 1994a y 1994b) o incluidos en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1992). Cuando correspondió se siguió la metodología señalada por la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS/PNUMA, 1993) y aceptada por el Servicio de Preservación del

Medio Ambiente Acuático de la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante de la Armada de Chile.

Las muestras de agua de mar fueron recolectadas por medio de una botella oceanográfica General Oceanic GO-FLO de 5 L de capacidad. El material utilizado en la recolección de muestras para el análisis de metales fue tratado previamente con detergente, ácido nítrico, acetona, hexano y agua destilada en el Laboratorio de Química Analítica de la Universidad de Antofagasta, en tanto que la preservación de las muestras se realizó fijándolas con 1 ml de ácido nítrico Suprapur por litro de muestra. La colecta de muestras de agua de mar se realizó considerando tres réplicas, donde además se procedió a recolectar un duplicado en las estaciones C-01 y C-03, (C-01 R3 D2 y C-3 R3 D2), utilizados como controles intra-laboratorio.

El procesamiento y los análisis de las muestras fueron realizados en el Laboratorio de Química Analítica de la Universidad de Antofagasta. La concentración total de cobre, cadmio y plomo en agua de mar fue determinada por el método polarográfico. La concentración de hierro en el agua de mar fue determinada de acuerdo al método estándar N° 3111 (Standard Methods, 1992).

Por otra parte, para la determinación de la concentración de oxígeno disuelto y pH se obtuvo muestras de agua de mar cada 5 m de profundidad y hasta la máxima profundidad de muestreo, mediante una botella oceanográfica Niskin de 2 litros. El pH fue medido *in situ* utilizando un pH-metro Hanna Instrument HI 9023, previamente calibrado en el Laboratorio de Oceanografía Costera del Centro Regional de Estudios Ambientales (CREA) de la Universidad Católica de la Santísima Concepción.

La transparencia de la columna de agua fue estimada mediante un disco de Secchi, en tanto que la distribución vertical de la temperatura y la salinidad de la columna de agua fue determinada a través de un CTD Seabird modelo Seacat 19 plus. De igual modo, este instrumento fue calibrado en el Laboratorio de Oceanografía Costera del Centro Regional de Estudios Ambientales (CREA) de la Universidad Católica de la Santísima Concepción.

La información se presenta a la forma de tablas y gráficos, en términos de una comparación histórica por estación y período de muestreo. De igual manera, los datos originales recopilados se entregan en el Anexo como certificados de laboratorio.

Los análisis estadísticos fueron realizados utilizando los programas Minitab v. 14 y Statistica v. 5.1. Para establecer el patrón general de distribución espacial de cada metal y la existencia de puntos atípicos en tales distribuciones, se realizó un análisis exploratorio con gráficos de cajas (*box plot*) incluyendo el promedio y error estándar. Este patrón de distribución se comparó con valores históricos. En la mayoría de los casos, la existencia de diferencias significativas fue establecida con una probabilidad de 5% ($\alpha=0,05$).



La fauna bentónica fue analizada a partir de una metodología semi-cauantitativa, por medio de una rastra de tipo rectangular, con un tamaño de boca de 80 centímetros de ancho, 20 centímetros de alto, y con red de 2,5 cm de abertura de malla, la cual fue operada con ayuda de una embarcación mediana.

Se evaluó tres transectos (Figura 2) en los sectores situados entre: a) las estaciones C-01 y C-04 (transecto I), b) las estaciones C-08 y C-09 (transecto II) y c) las estaciones C-09 y C-10 (transecto III). El muestreo consistió en dos recorridos en cada transecto, el primero en un sentido y el segundo en sentido contrario, abarcando una distancia aproximada de 400 m lineales cada uno, cubriendo en cada oportunidad un área barrida de aproximadamente 320 m².

Las muestras colectadas fueron almacenadas en bolsas de polietileno y fijadas con alcohol (70%), en tanto que la identificación taxonómica de los organismos presentes las diferentes muestras fue realizada en el Laboratorio del Instituto de Biología de la Universidad Austral de Chile. La información se presenta a la forma de gráficos y tablas, en términos de una comparación histórica con las campañas precedentes.

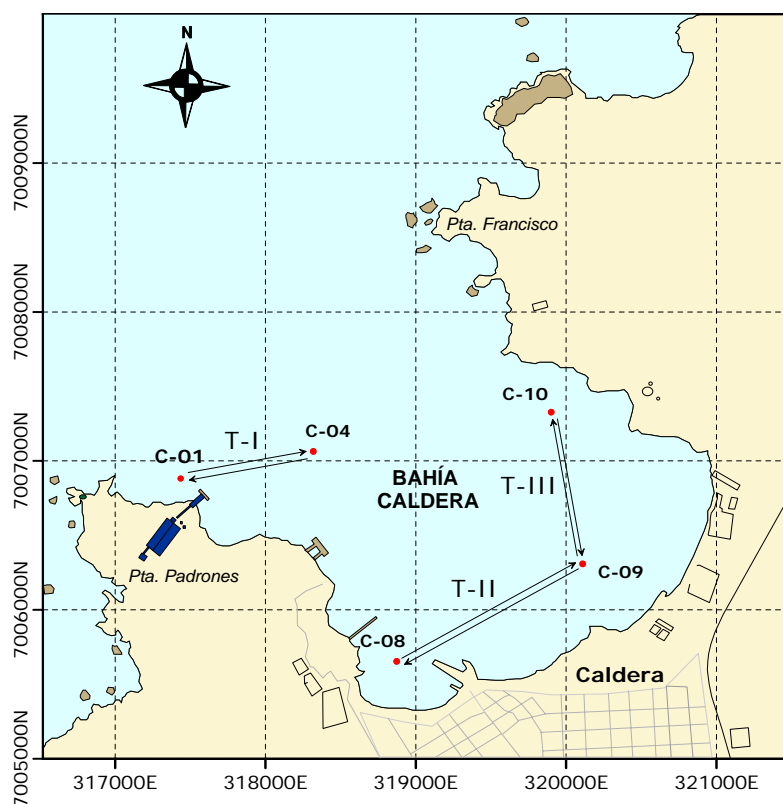


Figura 2. Ubicación geográfica de los transectos considerados para el análisis de la epifauna al interior de Bahía Caldera durante la campaña estival del año 2009.

III.- RESULTADOS

III.1.- GRANULOMETRÍA Y CONTENIDO DE ELEMENTOS TRAZA EN SEDIMENTOS SUBLITORALES

La Figura 3 muestra los resultados del análisis granulométrico para cada una de las estaciones evaluadas. La concentración de elementos traza en sedimentos sublitorales (cobre, cadmio, hierro, plomo y zinc) y su comparación con campañas anteriores se presentan en las Tablas 2 a 7. El análisis gráfico de la tendencia histórica de cobre, zinc, hierro, cadmio y plomo en los sedimentos marinos submareales se presenta en las Figuras 4 a 8.

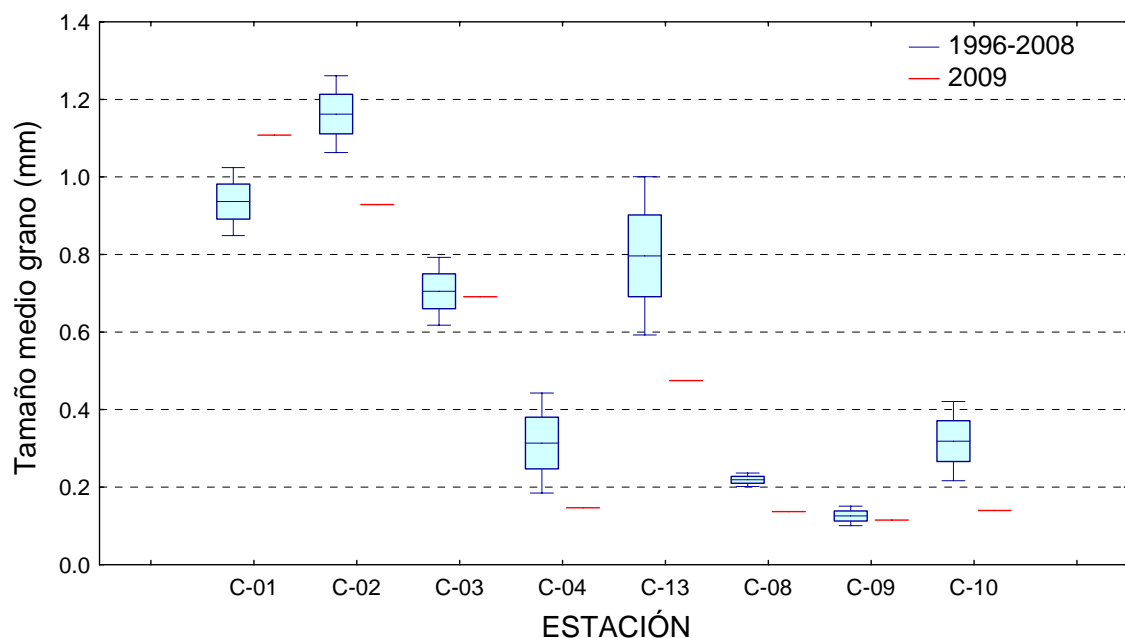


Figura 3. Comparación entre el tamaño medio de grano (mm) en sedimentos superficiales de Bahía Caldera durante el verano de 2009 y la información histórica para el período 1996-2009.

Tabla 2. Concentraciones promedios de metales \pm desviación estándar ($\mu\text{g g}^{-1}$) en sedimentos de Bahía Caldera para la campaña estival de 2009.

Estación	Cobre	Cadmio	Hierro	Plomo	Zinc
C-01	12,19 \pm 1,80	0,373 \pm 0,074	1099,4 \pm 137,7	4,258 \pm 0,162	23,525 \pm 4,570
C-02	170,67 \pm 6,51	0,543 \pm 0,061	3165,0 \pm 641,3	6,533 \pm 0,830	45,733 \pm 5,437
C-03	11,30 \pm 2,27	0,335 \pm 0,040	1187,1 \pm 124,4	4,160 \pm 0,297	45,950 \pm 6,264
C-04	29,10 \pm 2,23	1,310 \pm 0,235	2836,2 \pm 83,5	3,230 \pm 0,155	38,433 \pm 2,122
C-13	21,77 \pm 1,22	0,597 \pm 0,035	2164,4 \pm 199,4	6,583 \pm 1,293	31,933 \pm 2,991
C-08	121,03 \pm 14,50	0,320 \pm 0,002	3240,9 \pm 82,4	12,933 \pm 1,290	33,433 \pm 5,801
C-09	234,43 \pm 24,99	0,604 \pm 0,128	5692,0 \pm 246,0	7,080 \pm 0,599	77,267 \pm 20,145
C-10	11,90 \pm 1,39	0,890 \pm 0,048	2956,0 \pm 2056,5	2,347 \pm 0,058	26,067 \pm 2,859
Verano 2009	71,56 \pm 82,54	0,604 \pm 0,325	2665,8 \pm 1529,5	5,761 \pm 3,137	39,865 \pm 17,399
Invierno 2008	68,85 \pm 85,41	0,384 \pm 0,167	4441,3 \pm 2756,3	8,272 \pm 8,960	37,001 \pm 20,171
Verano 2008	79,43 \pm 73,01	0,305 \pm 0,070	4161,5 \pm 2560,4	8,600 \pm 8,857	52,246 \pm 24,603
Invierno 2007	66,8 \pm 79,8	0,36 \pm 0,06	4161,5 \pm 2560,4	11,7 \pm 13,18	28,0 \pm 29,3
Verano 2007	112,6 \pm 130,0	0,51 \pm 0,12	4030,9 \pm 2124,2	9,4 \pm 11,18	41,1 \pm 36,9
Invierno 2006	102,7 \pm 149,5	0,44 \pm 0,14	5309,6 \pm 5220,7	9,7 \pm 10,22	45,6 \pm 54,9
Verano 2006	83,7 \pm 121,68	0,58 \pm 0,25	5318,4 \pm 3973,2	11,1 \pm 8,67	48,8 \pm 43,3
Invierno 2005	146,8 \pm 239,0	0,69 \pm 0,33	7059,5 \pm 7232,2	18,4 \pm 13,79	47,3 \pm 51,5
Verano 2005	21,6 \pm 22,6	0,92 \pm 0,48	5844,1 \pm 2012,4	10,45 \pm 8,98	24,7 \pm 7,8
Invierno 2004	158,7 \pm 199,8	0,58 \pm 0,03	4222,2 \pm 2878,0	8,29 \pm 10,1	39,4 \pm 40,4
Verano 2004	87,0 \pm 129,3	0,78 \pm 0,13	5751,9 \pm 4277,9	8,95 \pm 9,07	38,5 \pm 44,2
Invierno 2003	77,5 \pm 107,9	0,81 \pm 0,77	5872,2 \pm 4112,9	11,70 \pm 11,30	48,7 \pm 60,3
Verano 2003	86,1 \pm 95,8	0,69 \pm 0,39	5292,4 \pm 3248,4	8,61 \pm 11,31	30,4 \pm 29,0
Invierno 2002	71,1 \pm 79,1	0,40 \pm 0,08	1143,2 \pm 646,9	10,71 \pm 13,18	20,7 \pm 8,1
Verano 2002	63,0 \pm 69,9	0,49 \pm 0,32	4725,5 \pm 1830,4	4,92 \pm 2,89	31,6 \pm 23,0
Invierno 2001	54,2 \pm 38,3	0,70 \pm 0,17	5819,9 \pm 2377,9	3,40 \pm 2,37	10,3 \pm 4,3
Verano 2001	105,3 \pm 141,8	0,64 \pm 0,27	1416 \pm 926	7,13 \pm 8,09	35,1 \pm 36,1
Invierno 2000	96,4 \pm 130,0	0,36 \pm 0,17	2133 \pm 1391	7,70 \pm 9,70	23,0 \pm 23,3
Verano 2000	78,4 \pm 77,3	1,12 \pm 0,96	5206 \pm 3123	14,56 \pm 10,16	52,3 \pm 43,0
Invierno 1999	85,3 \pm 103,9	0,57 \pm 0,30	3422 \pm 2626	11,86 \pm 13,03	27,6 \pm 42,0
Verano 1999	102,5 \pm 138,0	0,61 \pm 0,25	5441 \pm 3202	6,10 \pm 3,72	72,4 \pm 48,2
L.B. 1993 ⁽¹⁾	174,5 \pm 249,8	4,29 \pm 1,73	7888 \pm 10097	34,76 \pm 9,84	120,4 \pm 61,9

⁽¹⁾ Concentraciones provenientes del estudio de Línea Base realizado en Bahía Caldera

Tabla 3. Concentraciones promedios \pm desviación estándar de cobre ($\mu\text{g g}^{-1}$) en sedimentos de Bahía Caldera para el estudio de Línea Base de 1993 y para las campañas realizadas entre 1999 y 2009 (Se incluye, además, el promedio de Línea Base de Bahía Inglesa). Los signos <, >, = significan valores significativamente mayores, menores ($p < 0,05$) o ausencia de diferencias significativas ($p > 0,05$), respectivamente.

Estación	LB 1993	Verano 1999	Invierno 1999	Verano 2000	Invierno 2000	Verano 2001	Invierno 2001	Verano 2002
BI	11,5 \pm 5,5							
C-01	24,8	21,1 \pm 6,6 >	12,9 \pm 1,2 =	19,5 \pm 8,5 =	20,2 \pm 2,0 =	19,3 \pm 2,3 =	33,4 \pm 16,5 =	22,3 \pm 1,4
C-02	41,9	49,9 \pm 11,2 >	27,0 \pm 3,0 =	27,6 \pm 1,6 =	58,4 \pm 22,3 =	54,8 \pm 9,1 >	33,4 \pm 7,6 <	57,6 \pm 1,9
C-03	28,6 \pm 2,9	21,8 \pm 9,8 =	13,5 \pm 0,4 <	35,0 \pm 16,1 =	26,1 \pm 3,2 =	22,5 \pm 8,9 <	38,6 \pm 11,21 >	15,9 \pm 1,4
C-04	51,9	38,6 \pm 4,2 <	55,6 \pm 6,7 =	56,3 \pm 1,0 >	40,4 \pm 1,3 <	47,8 \pm 2,9 >	32,8 \pm 9,4 =	42,8 \pm 7,4
C-13	145,4 \pm 41,5	55,5 \pm 2,2 <	97,0 \pm 32,2 =	105,4 \pm 1,4 >	36,4 \pm 5,9 <	58,9 \pm 19,7 =	38,5 \pm 10,2 >	25,1 \pm 0,5
C-08	664,3 \pm 93,0	321,5 \pm 66,1 >	190,5 \pm 12,7 >	138,2 \pm 21,4 <	398,6 \pm 31,5 =	375,0 \pm 120,4 >	110,3 \pm 15,3 <	217,2 \pm 31,5
C-09	65,2	352,6 \pm 126,0 =	318,0 \pm 35,2 >	256,0 \pm 12,9 =	222,8 \pm 69,1 =	305,3 \pm 120,3 >	127,8 \pm 22,8 =	139,4 \pm 37,0
C-10	31,1 \pm 1,8	13,4 \pm 4,4 =	15,6 \pm 3,1 <	23,2 \pm 1,0 =	16,7 \pm 2,6 =	15,1 \pm 8,9 <	30,9 \pm 4,6 >	12,9 \pm 0,4

Estación	Verano 2002	Invierno 2002	Verano 2003	Invierno 2003	Verano 2004	Invierno 2004	Verano 2005
BI							
C-01	22,3 \pm 1,4 >	18,0 \pm 1,1 =	18,0 \pm 2,2 >	13,3 \pm 3,0 =	14,9 \pm 2,1 <	29,1 \pm 13,2 >	8,8 \pm 2,6
C-02	57,6 \pm 1,9 >	32,0 \pm 8,1 <	47,7 \pm 4,3 >	17,1 \pm 1,8 <	34,6 \pm 14,3 =	79,7 \pm 19,6 >	13,6 \pm 4,7
C-03	15,9 \pm 1,4 <	31,0 \pm 3,4 <	48,3 \pm 9,6 >	16,4 \pm 3,1 =	17,5 \pm 2,1 <	26,4 \pm 2,7 >	10,4 \pm 1,5
C-04	42,8 \pm 7,4 =	44,4 \pm 5,1 <	54,2 \pm 1,6 >	43,6 \pm 3,4 >	31,6 \pm 1,2 <	63,1 \pm 2,1 >	15,5 \pm 4,7
C-13	25,1 \pm 0,5 <	135,8 \pm 38,3 >	21,8 \pm 2,3 =	23,2 \pm 0,8 >	18,1 \pm 0,8 <	128,2 \pm 30,4 >	20,2 \pm 1,9
C-08	217,2 \pm 31,5 <	264,5 \pm 13,4 >	189,2 \pm 34,7 <	259,5 \pm 10,5 <	373,6 \pm 24,1 =	382,6 \pm 38,5 >	81,2 \pm 12,4
C-09	139,4 \pm 37,0 >	68,8 \pm 7,0 <	303,7 \pm 36,0 =	278,4 \pm 30,9 =	247,8 \pm 10,0 <	608,0 \pm 59,0 >	30,9 \pm 3,7
C-10	12,9 \pm 0,4 <	23,5 \pm 3,3 <	41,0 \pm 4,8 >	10,6 \pm 0,8 >	5,2 \pm 0,4 <	39,6 \pm 12,4 >	5,7 \pm 0,4

Tabla 3. (Continuación).

Estación	Verano 2005		Invierno 2005		Verano 2006		Invierno 2006		Verano 2007		Invierno 2007		Verano 2008
BI													
C-01	8,8 ± 2,6	<	21,0 ± 5,2	=	27,2 ± 3,0	>	18,8 ± 1,3	<	25,6 ± 1,9	=	21,3 ± 6,2	=	26,00 ± 4,0
C-02	13,6 ± 4,7	<	84,1 ± 17,9	>	29,3 ± 9,0	=	43,6 ± 10,2	=	119,4 ± 124,4	=	22,1 ± 1,6	<	113,33 ± 11,5
C-03	10,4 ± 1,5	<	22,6 ± 3,0	=	26,3 ± 5,5	=	18,9 ± 3,3	<	26,9 ± 1,7	>	18,5 ± 1,4	<	30,70 ± 1,3
C-04	15,5 ± 4,7	<	48,4 ± 3,4	=	39,3 ± 10,3	=	40,2 ± 4,5	<	54,3 ± 2,4	>	39,9 ± 3,0	<	49,87 ± 4,0
C-13	20,2 ± 1,9	=	26,2 ± 5,6	=	30,5 ± 4,1	>	22,1 ± 2,7	<	88,4 ± 18,2	>	36,0 ± 13,3	=	39,17 ± 3,5
C-08	81,2 ± 12,4	<	312,4 ± 17,8	=	242,8 ± 65,8	=	310,6 ± 87,7	=	206,4 ± 16,7	=	224,7 ± 43,3	=	199,03 ± 33,7
C-09	30,9 ± 3,7	<	730,4 ± 172,1	=	286,3 ± 226,4	=	408,0 ± 79,1	=	406,9 ± 76,8	>	186,8 ± 16,2	=	190,33 ± 66,1
C-10	5,7 ± 0,4	<	12,9 ± 1,2	<	25,5 ± 2,1	>	15,3 ± 2,6	<	30,6 ± 8,7	=	16,1 ± 2,1	=	21,10 ± 3,6

Estación	Verano 2008		Invierno 2008		Verano 2009
BI					
C-01	26,00 ± 4,0	>	11,23 ± 1,26	=	12,19 ± 1,80
C-02	113,33 ± 11,5	>	66,83 ± 20,64	<	170,67 ± 6,51
C-03	30,70 ± 1,3	>	9,68 ± 1,18	=	11,30 ± 2,27
C-04	49,87 ± 4,0	>	33,03 ± 2,68	=	29,10 ± 2,23
C-13	39,17 ± 3,5	>	24,27 ± 4,12	=	21,77 ± 1,22
C-08	199,03 ± 33,7	=	232,67 ± 10,69	>	121,03 ± 14,50
C-09	190,33 ± 66,1	=	202,00 ± 5,20	=	234,43 ± 24,99
C-10	21,10 ± 3,6	>	10,03 ± 0,84	=	11,90 ± 1,39

Tabla 4. Concentraciones promedios \pm desviación estándar de zinc ($\mu\text{g g}^{-1}$) en sedimentos de Bahía Caldera en la Línea Base de 1993 y entre las campañas de 1999 y 2009 (Se incluye el promedio de Línea Base de Bahía Inglesa). Los signos <, >, = significan valores significativamente mayores, menores ($p < 0,05$) o ausencia de diferencias significativas ($p > 0,05$), respectivamente.

Estación	LB 1993	Verano 1999	Invierno 1999	Verano 2000	Invierno 2000	Verano 2001	Invierno 2001	Verano 2002
BI	24,4 \pm 33,5							
C-01	118,0	38,9 \pm 6,0	> 5,5 \pm 1,7	< 9,3 \pm 2,4	= 9,1 \pm 3,5	< 18,7 \pm 10,5	= 8,7 \pm 1,9	< 16,1 \pm 2,3
C-02	159,0	53,6 \pm 14,2	> 8,5 \pm 0,5	= 9,7 \pm 1,1	= 15,4 \pm 1,4	< 27,3 \pm 11,7	> 8,6 \pm 1,6	< 32,9 \pm 4,6
C-03	67,5 \pm 8,2	59,2 \pm 15,5	> 5,0 \pm 1,1	< 115,9 \pm 19,1	> 8,4 \pm 4,0	< 13,9 \pm 3,1	> 9,6 \pm 1,6	< 20,2 \pm 3,2
C-04	144,4	62,3 \pm 3,8	> 12,9 \pm 1,2	< 65,6 \pm 59,6	= 17,7 \pm 5,1	= 13,7 \pm 6,9	= 11,9 \pm 7,6	< 24,9 \pm 2,0
C-13	214,5 \pm 13,9	39,4 \pm 2,1	> 20,6 \pm 1,3	< 52,2 \pm 7,1	> 13,3 \pm 1,8	< 21,5 \pm 7,0	> 9,5 \pm 1,5	< 24,1 \pm 6,5
C-08	52,7 \pm 4,4	125,2 \pm 10,0	> 26,4 \pm 2,7	< 38,7 \pm 3,2	= 36,6 \pm 8,1	< 57,5 \pm 1,4	> 13,9 \pm 2,5	< 25,4 \pm 10,3
C-09	190,6	177,6 \pm 26,7	= 139,3 \pm 11,6	> 95,1 \pm 8,6	= 77,8 \pm 26,0	< 123,9 \pm 14,2	> 16,5 \pm 3,1	< 88,3 \pm 25,4
C-10	103,1 \pm 11,2	38,4 \pm 13,6	= 17,8 \pm 7,5	= 25,3 \pm 0,1	= 14,9 \pm 0,6	= 16,6 \pm 10,1	= 4,3 \pm 1,1	< 30,2 \pm 4,3

Estación	Verano 2002	Invierno 2002	Verano 2003	Invierno 2003	Verano 2004	Invierno 2004	Verano 2005
BI							
C-01	16,1 \pm 2,3	> 12,6 \pm 1,6	= 14,9 \pm 2,49	< 19,7 \pm 3,1	= 19,9 \pm 4,8	> 12,1 \pm 4,5	= 18,8 \pm 4,7
C-02	32,9 \pm 4,6	> 13,8 \pm 1,6	< 19,4 \pm 3,1	= 17,5 \pm 5,7	= 20,4 \pm 3,2	= 25,1 \pm 5,4	= 21,4 \pm 2,8
C-03	20,2 \pm 3,2	> 14,4 \pm 1,0	< 24,4 \pm 2,6	> 17,3 \pm 3,9	= 18,5 \pm 4,8	= 12,8 \pm 5,0	< 24,5 \pm 2,9
C-04	24,9 \pm 2,0	= 23,2 \pm 2,0	= 24,9 \pm 4,8	= 24,9 \pm 2,6	= 20,9 \pm 2,2	< 28,3 \pm 4,9	= 26,3 \pm 7,1
C-13	24,1 \pm 6,5	= 31,5 \pm 4,0	> 12,2 \pm 2,7	< 24,8 \pm 2,0	> 14,7 \pm 2,4	< 42,6 \pm 4,2	> 27,8 \pm 3,3
C-08	25,4 \pm 10,3	= 34,5 \pm 3,0	= 34,7 \pm 3,5	< 75,5 \pm 2,9	> 61,6 \pm 6,4	> 41,8 \pm 10,8	> 23,6 \pm 1,9
C-09	88,3 \pm 25,4	> 22,9 \pm 3,8	< 105,4 \pm 16,8	< 204,8 \pm 1,5	> 151,4 \pm 10,2	= 141,7 \pm 5,6	> 40,7 \pm 11,6
C-10	30,2 \pm 4,3	> 20,3 \pm 1,0	> 4,3 \pm 1,1	< 25,0 \pm 1,5	> 13,1 \pm 5,7	= 20,2 \pm 2,3	= 18,6 \pm 2,7

Tabla 4. (Continuación).

Estación	Verano 2005	Invierno 2005	Verano 2006	Invierno 2006	Verano 2007	Invierno 2007	Verano 2008
BI							
C-01	18,8 ± 4,7	24,8 ± 1,9	15,5 ± 4,8	31,6 ± 28,8	11,8 ± 5,4	9,2 ± 0,9	25,750 ± 2,2
C-02	21,4 ± 2,8	33,5 ± 6,5	25,3 ± 13,1	19,8 ± 3,5	31,2 ± 25,1	13,7 ± 3,1	84,033 ± 27,8
C-03	24,5 ± 2,9	24,9 ± 5,5	47,2 ± 23,5	22,8 ± 3,1	11,1 ± 4,5	13,6 ± 1,2	49,300 ± 5,4
C-04	26,3 ± 7,1	43,6 ± 5,0	37,3 ± 9,9	55,3 ± 55,1	34,7 ± 5,4	15,4 ± 1,7	39,600 ± 1,9
C-13	27,8 ± 3,3	33,5 ± 5,4	36,2 ± 10,8	15,8 ± 1,8	41,0 ± 0,6	13,1 ± 0,8	31,400 ± 4,9
C-08	23,6 ± 1,9	33,5 ± 3,3	78,0 ± 50,2	43,4 ± 10,3	50,7 ± 33,2	80,1 ± 8,3	64,700 ± 15,6
C-09	40,7 ± 11,6	184,1 ± 22,0	126,3 ± 75,1	175,0 ± 52,3	123,4 ± 27,5	77,0 ± 25,1	86,933 ± 9,4
C-10	18,6 ± 2,7	15,0 ± 0,6	36,1 ± 1,3	13,7 ± 4,0	44,8 ± 19,2	12,7 ± 2,2	63,400 ± 19,7

Estación	Verano 2008	Invierno 2008	Verano 2009
BI			
C-01	25,750 ± 2,2	27,475 ± 1,162	23,525 ± 4,570
C-02	84,033 ± 27,8	46,800 ± 4,900	45,733 ± 5,437
C-03	49,300 ± 5,4	48,725 ± 4,240	45,950 ± 6,264
C-04	39,600 ± 1,9	17,067 ± 4,600	38,433 ± 2,122
C-13	31,400 ± 4,9	10,010 ± 1,793	31,933 ± 2,991
C-08	64,700 ± 15,6	40,77 ± 7,221	33,433 ± 5,801
C-09	86,933 ± 9,4	77,100 ± 6,188	77,267 ± 20,145
C-10	63,400 ± 19,7	27,333 ± 7,438	26,067 ± 2,859

Tabla 5. Concentraciones promedios \pm desviación estándar de cadmio ($\mu\text{g g}^{-1}$) en sedimentos de Bahía Caldera en la Línea Base de 1993 y entre las campañas de 1999 y 2009 (Se incluye el promedio de Línea Base de Bahía Inglesa). Los signos <, >, = significan valores significativamente mayores, menores ($p < 0,05$) o ausencia de diferencias significativas ($p > 0,05$), respectivamente.

Estación	LB 1993	Verano 1999	Invierno 1999	Verano 2000	Invierno 2000	Verano 2001	Invierno 2001	Verano 2002
BI	3,4 \pm 1,2							
C-01	6,6	0,39 \pm 0,10 =	0,39 \pm 0,02 =	0,32 \pm 0,08 =	0,23 \pm 0,03 <	0,57 \pm 0,11 <	0,70 \pm 0,13 >	0,35 \pm 0,04
C-02	4,1	0,55 \pm 0,12 =	0,43 \pm 0,03 <	0,55 \pm 0,05 =	0,34 \pm 0,11 <	0,62 \pm 0,01 =	0,60 \pm 0,04 >	0,44 \pm 0,01
C-03	6,3 \pm 0,4	0,61 \pm 0,24 =	0,37 \pm 0,02 >	0,29 \pm 0,04 =	0,33 \pm 0,02 <	0,50 \pm 0,03 =	0,60 \pm 0,08 >	0,39 \pm 0,04
C-04	3,3	0,97 \pm 0,11 <	1,33 \pm 0,02 <	2,60 \pm 0,23 >	0,80 \pm 0,01 <	1,29 \pm 0,11 >	0,80 \pm 0,22 <	1,30 \pm 0,07
C-13	4,0 \pm 0,7	0,98 \pm 0,11 >	0,56 \pm 0,03 <	2,90 \pm 0,07 >	0,35 \pm 0,02 <	0,52 \pm 0,04 <	0,70 \pm 0,02 >	0,33 \pm 0,00
C-08	1,9 \pm 0,2	0,40 \pm 0,04 =	0,35 \pm 0,05 <	0,69 \pm 0,08 >	0,35 \pm 0,02 <	0,46 \pm 0,06 <	0,90 \pm 0,20 >	0,18 \pm 0,03
C-09	2,1	0,60 \pm 0,04 =	0,63 \pm 0,05 <	1,09 \pm 0,09 >	0,32 \pm 0,04 <	0,79 \pm 0,04 =	0,80 \pm 0,24 >	0,54 \pm 0,02
C-10	5,3 \pm 0,2	0,45 \pm 0,15 =	0,61 \pm 0,03 <	0,94 \pm 0,04 >	0,21 \pm 0,01 <	0,40 \pm 0,01 <	0,54 \pm 0,08 >	0,46 \pm 0,11

Estación	Verano 2002	Invierno 2002	Verano 2003	Invierno 2003	Verano 2004	Invierno 2004	Verano 2005
BI							
C-01	0,35 \pm 0,04 =	0,43 \pm 0,10 =	0,53 \pm 0,04 >	0,45 \pm 0,07 <	0,68 \pm 0,09 >	0,44 \pm 0,11 <	0,74 \pm 0,12
C-02	0,44 \pm 0,01 =	0,42 \pm 0,01 <	0,86 \pm 0,10 >	0,50 \pm 0,09 <	0,84 \pm 0,21 >	0,40 \pm 0,06 <	0,78 \pm 0,04
C-03	0,39 \pm 0,04 >	0,31 \pm 0,05 <	0,72 \pm 0,13 >	0,40 \pm 0,08 <	0,79 \pm 0,16 >	0,63 \pm 0,02 =	0,68 \pm 0,06
C-04	1,30 \pm 0,07 >	0,38 \pm 0,03 <	1,57 \pm 0,10 <	2,79 \pm 0,56 >	0,78 \pm 0,02 =	1,09 \pm 0,23 =	1,80 \pm 0,58
C-13	0,33 \pm 0,00 =	0,33 \pm 0,03 <	0,69 \pm 0,16 >	0,40 \pm 0,02 <	0,91 \pm 0,05 >	0,37 \pm 0,06 <	0,87 \pm 0,06
C-08	0,18 \pm 0,03 <	0,44 \pm 0,06 >	0,14 \pm 0,02 <	0,58 \pm 0,24 =	0,72 \pm 0,19 >	0,34 \pm 0,05 =	0,32 \pm 0,10
C-09	0,54 \pm 0,02 >	0,44 \pm 0,06 =	0,48 \pm 0,02 <	0,82 \pm 0,08 =	0,76 \pm 0,07 =	0,80 \pm 0,04 =	0,79 \pm 0,09
C-10	0,46 \pm 0,11 =	0,46 \pm 0,07 <	0,61 \pm 0,06 <	0,82 \pm 0,06 =	0,76 \pm 0,04 =	0,51 \pm 0,14 <	1,62 \pm 0,16

Tabla 5. (Continuación).

Estación	Verano 2005	Invierno 2005	Verano 2006	Invierno 2006	Verano 2007	Invierno 2007	Verano 2008
BI							
C-01	0,74 ± 0,12 >	0,44 ± 0,07 =	0,46 ± 0,04 >	0,30 ± 0,06 <	0,47 ± 0,05 >	0,37 ± 0,03 =	0,303 ± 0,04
C-02	0,78 ± 0,04 >	0,50 ± 0,02 >	0,36 ± 0,04 =	0,42 ± 0,14 =	0,35 ± 0,02 <	0,41 ± 0,02 >	0,302 ± 0,01
C-03	0,68 ± 0,06 =	0,53 ± 0,13 =	0,56 ± 0,05 =	0,51 ± 0,13 =	0,49 ± 0,04 >	0,32 ± 0,05 =	0,294 ± 0,03
C-04	1,80 ± 0,58 =	1,45 ± 0,01 >	0,88 ± 0,03 >	0,43 ± 0,12 <	0,67 ± 0,04 >	0,46 ± 0,01 =	0,465 ± 0,02
C-13	0,87 ± 0,06 >	0,56 ± 0,10 =	0,61 ± 0,13 >	0,26 ± 0,06 =	0,36 ± 0,04 =	0,31 ± 0,02 >	0,210 ± 0,03
C-08	0,32 ± 0,10 <	0,83 ± 0,28 =	0,39 ± 0,01 =	0,49 ± 0,13 =	0,55 ± 0,04 >	0,38 ± 0,03 >	0,276 ± 0,02
C-09	0,79 ± 0,09 =	0,86 ± 0,04 =	0,94 ± 0,51 =	0,67 ± 0,05 >	0,54 ± 0,03 >	0,31 ± 0,01 =	0,274 ± 0,02
C-10	1,62 ± 0,16 >	0,49 ± 0,03 =	0,52 ± 0,04 =	0,45 ± 0,04 <	0,68 ± 0,06 >	0,36 ± 0,03 =	0,321 ± 0,03

Estación	Verano 2008	Invierno 2008	Verano 2009
BI			
C-01	0,303 ± 0,04 =	0,298 ± 0,016 =	0,373 ± 0,074
C-02	0,302 ± 0,01 =	0,291 ± 0,033 <	0,543 ± 0,061
C-03	0,294 ± 0,03 =	0,308 ± 0,049 =	0,335 ± 0,040
C-04	0,465 ± 0,02 <	0,804 ± 0,017 =	1,310 ± 0,235
C-13	0,210 ± 0,03 <	0,302 ± 0,034 <	0,597 ± 0,035
C-08	0,276 ± 0,02 =	0,309 ± 0,035 =	0,320 ± 0,002
C-09	0,274 ± 0,02 <	0,401 ± 0,054 =	0,604 ± 0,128
C-10	0,321 ± 0,03 =	0,415 ± 0,115 <	0,890 ± 0,048

Tabla 6. Concentraciones promedios \pm desviación estándar de plomo ($\mu\text{g g}^{-1}$) en sedimentos de Bahía Caldera en la Línea Base de 1993 y entre las campañas de 1999 y 2009 (Se incluye el promedio de Línea Base de Bahía Inglesa). Los signos <, >, = significan valores significativamente mayores, menores ($p < 0,05$) o ausencia de diferencias significativas ($p > 0,05$), respectivamente.

Estación	LB 1993	Verano 1999	Invierno 1999	Verano 2000	Invierno 2000	Verano 2001	Invierno 2001	Verano 2002
BI	15,2 \pm 13,4							
C-01	44,7	5,5 \pm 0,4 >	4,2 \pm 0,5 =	6,4 \pm 1,9 =	3,9 \pm 0,3 =	3,3 \pm 0,7 =	2,8 \pm 0,6 <	5,0 \pm 0,8
C-02	23,0	6,2 \pm 0,6 =	6,5 \pm 0,8 >	10,2 \pm 1,5 >	4,7 \pm 1,0 =	4,1 \pm 0,6 >	3,1 \pm 0,5 <	9,3 \pm 2,8
C-03	38,0 \pm 1,9	4,9 \pm 0,4 <	6,1 \pm 0,2 =	8,7 \pm 2,2 >	3,3 \pm 0,1 =	3,5 \pm 0,3 =	3,7 \pm 2,2 =	5,2 \pm 1,2
C-04	18,5	4,0 \pm 0,4 <	7,5 \pm 1,2 <	10,0 \pm 0,4 >	2,4 \pm 0,1 <	3,4 \pm 0,2 >	1,8 \pm 0,5 =	2,3 \pm 0,6
C-13	37,1 \pm 2,0	5,0 \pm 0,2 <	13,0 \pm 4,0 =	19,1 \pm 0,9 >	3,7 \pm 0,5 <	6,2 \pm 0,6 >	3,9 \pm 0,7 <	6,3 \pm 1,1
C-08	44,8 \pm 4,0	15,5 \pm 1,8 <	44,4 \pm 10,5 =	35,6 \pm 0,4 =	33,0 \pm 0,7 =	28,2 \pm 0,6 >	8,8 \pm 1,4 >	2,2 \pm 0,7
C-09	11,8	6,1 \pm 1,1 <	15,2 \pm 1,4 <	25,6 \pm 3,5 >	11,3 \pm 4,1 =	9,2 \pm 2,3 >	2,2 \pm 0,6 <	7,7 \pm 2,4
C-10	32,8 \pm 2,3	2,1 \pm 0,2 =	2,5 \pm 0,3 <	5,5 \pm 0,4 >	2,4 \pm 0,1 >	1,4 \pm 0,3 =	1,2 \pm 1,1 =	1,2 \pm 0,3

Estación	Verano 2002	Invierno 2002	Verano 2003	Invierno 2003	Verano 2004	Invierno 2004	Verano 2005
BI							
C-01	5,0 \pm 0,8 >	3,7 \pm 0,9 =	3,7 \pm 0,3 <	5,2 \pm 0,5 =	5,5 \pm 1,2 =	7,1 \pm 1,76 =	7,3 \pm 0,94
C-02	9,3 \pm 2,8 <	12,8 \pm 0,4 >	5,5 \pm 0,8 =	6,8 \pm 0,8 =	6,9 \pm 0,2 >	4,5 \pm 0,64 <	7,3 \pm 0,92
C-03	5,2 \pm 1,2 =	6,3 \pm 1,4 =	5,9 \pm 1,0 =	6,0 \pm 0,5 >	4,7 \pm 0,5 =	4,0 \pm 1,37 <	7,4 \pm 0,25
C-04	2,3 \pm 0,6 =	2,6 \pm 0,2 <	3,5 \pm 0,3 <	6,0 \pm 0,1 >	1,8 \pm 0,2 =	1,6 \pm 0,36 <	6,7 \pm 1,91
C-13	6,3 \pm 1,1 <	14,2 \pm 1,7 >	1,5 \pm 0,2 <	10,1 \pm 0,1 >	7,2 \pm 0,8 >	2,8 \pm 0,29 <	12,5 \pm 0,42
C-08	2,2 \pm 0,7 <	45,1 \pm 6,3 =	38,6 \pm 5,5 =	39,4 \pm 1,4 >	32,4 \pm 3,3 =	33,6 \pm 8,18 =	34,8 \pm 1,36
C-09	7,7 \pm 2,4 >	2,6 \pm 0,5 <	8,1 \pm 0,8 <	20,3 \pm 0,4 >	11,4 \pm 1,5 >	7,9 \pm 2,30 =	9,1 \pm 0,75
C-10	1,2 \pm 0,3 <	4,6 \pm 0,7 =	4,7 \pm 0,3 =	3,9 \pm 0,6 =	4,7 \pm 0,3 =	5,0 \pm 0,18 >	2,5 \pm 0,17

Tabla 6. (Continuación).

Estación	Verano 2005	Invierno 2005	Verano 2006	Invierno 2006	Verano 2007	Invierno 2007	Verano 2008
BI							
C-01	7,3 ± 0,94 =	6,6 ± 0,44 <	8,5 ± 1,20 >	5,8 ± 0,93 <	8,3 ± 1,09 =	7,0 ± 0,67 >	5,320 ± 0,33
C-02	7,3 ± 0,92 <	11,4 ± 0,15 >	7,6 ± 1,36 =	6,8 ± 0,71 =	6,4 ± 4,37 =	8,6 ± 1,41 =	9,993 ± 2,47
C-03	7,4 ± 0,25 =	8,9 ± 1,66 =	7,6 ± 0,62 >	4,8 ± 0,49 <	6,1 ± 0,60 =	7,0 ± 1,27 >	4,543 ± 0,22
C-04	6,7 ± 1,91 <	22,5 ± 8,32 >	5,9 ± 0,50 >	3,0 ± 0,59 >	1,7 ± 0,09 <	4,0 ± 0,36 =	4,373 ± 0,54
C-13	12,5 ± 0,42 =	19,8 ± 6,50 =	11,9 ± 0,47 >	7,1 ± 0,76 >	1,4 ± 0,16 <	10,59 ± 1,02 >	6,283 ± 0,08
C-08	34,8 ± 1,36 <	46,2 ± 4,61 =	28,2 ± 10,99 =	33,9 ± 6,71 =	38,8 ± 1,99 =	45,8 ± 8,17 =	32,000 ± 1,47
C-09	9,1 ± 0,75 <	32,5 ± 2,86 =	18,8 ± 8,35 =	16,7 ± 1,17 >	8,1 ± 1,20 =	12,5 ± 2,50 >	5,543 ± 0,61
C-10	2,5 ± 0,17 <	6,3 ± 0,73 >	2,1 ± 0,74 =	1,8 ± 0,02 <	6,1 ± 0,79 >	1,6 ± 0,44 <	3,193 ± 0,13

Estación	Verano 2008	Invierno 2008	Verano 2009
BI			
C-01	5,320 ± 0,33 =	4,928 ± 0,602 =	4,258 ± 0,162
C-02	9,993 ± 2,47 =	7,127 ± 1,308 =	6,533 ± 0,830
C-03	4,543 ± 0,22 =	4,635 ± 0,717 =	4,160 ± 0,297
C-04	4,373 ± 0,54 =	3,597 ± 0,688 =	3,230 ± 0,155
C-13	6,283 ± 0,08 =	7,427 ± 1,095 =	6,583 ± 1,293
C-08	32,000 ± 1,47 =	31,067 ± 8,963 =	12,933 ± 1,290
C-09	5,543 ± 0,61 =	6,533 ± 2,892 =	7,080 ± 0,599
C-10	3,193 ± 0,13 =	3,193 ± 1,658 =	2,347 ± 0,058

Tabla 7. Concentraciones promedios \pm desviación estándar de hierro ($\mu\text{g g}^{-1}$) en sedimentos de Bahía Caldera en la Línea Base de 1993 y entre las campañas de 1999 y 2009 (Se incluye el promedio de Línea Base de Bahía Inglesa). Los signos <, >, = significan valores significativamente mayores, menores ($p < 0,05$) o ausencia de diferencias significativas ($p > 0,05$), respectivamente.

Estación	LB 1993	Verano 1999	Invierno 1999	Verano 2000	Invierno 2000	Verano 2001	Invierno 2001	Verano 2002
BI	4156 \pm 1445							
C-01	2091	2762 \pm 377 >	1053 \pm 130 <	2338 \pm 317 >	804 \pm 41 >	605 \pm 69 <	6402,1 \pm 1150,7 >	3251,7 \pm 152,6
C-02	4408	3800 \pm 609 >	1941 \pm 287 <	2861 \pm 279 =	2006 \pm 1227 =	963 \pm 96 <	6457,8 \pm 1473,9 >	3895,8 \pm 320,2
C-03	3255 \pm 453	3342 \pm 542 >	1338 \pm 87 <	2967 \pm 58 >	1446 \pm 164 >	1024 \pm 49 <	7027,8 \pm 1350,4 >	3535,8 \pm 389,8
C-04	5473	4411 \pm 944 =	4088 \pm 362 <	4862 \pm 141 >	1576 \pm 213 >	1157 \pm 185 <	4820,7 \pm 915,4 =	5078,8 \pm 512,1
C-13	23248 \pm 17552	5498 \pm 295 >	4246 \pm 292 <	11696 \pm 521 >	1393 \pm 80 =	1192 \pm 271 <	9220,7 \pm 3501,6 >	2972,5 \pm 248,5
C-08	6915 \pm 1698	10322 \pm 1995 >	5479 \pm 888 =	6522 \pm 214 >	4094 \pm 214 >	2290 \pm 397 <	5802,5 \pm 1365,8 =	6514,4 \pm 1413,8
C-09	5084	11357 \pm 359 >	9121 \pm 314 =	8438 \pm 1060 >	4750 \pm 580 >	3548 \pm 133 =	3707,1 \pm 416,3 <	8332,8 \pm 1244,3
C-10	2968 \pm 100	3628 \pm 277 >	1591 \pm 176 <	3670 \pm 577 >	1670 \pm 217 >	947 \pm 144 =	2523,8 \pm 1612,3 <	5109,9 \pm 313,5

Estación	Verano 2002	Invierno 2002	Verano 2003	Invierno 2003	Verano 2004	Invierno 2004	Verano 2005
BI							
C-01	3251,7 \pm 152,6 >	574,2 \pm 139,1 <	2468,3 \pm 264,6 <	3075,8 \pm 561,4 =	2461,0 \pm 189,6 >	1949,0 \pm 476,4 <	4120,4 \pm 756,2
C-02	3895,8 \pm 320,2 >	789,1 \pm 102,3 <	4420,0 \pm 224,3 >	2155,3 \pm 140,4 <	3912,3 \pm 740,2 =	3591,7 \pm 664,7 <	5865,1 \pm 1249,0
C-03	3535,8 \pm 389,8 >	956,4 \pm 81,9 <	4105,3 \pm 344,5 >	2386,8 \pm 144,9 <	4227,9 \pm 638,0 >	2010,0 \pm 731,7 <	5768,3 \pm 1139,6
C-04	5078,8 \pm 512,1 >	1045,9 \pm 75,0 <	5463,0 \pm 401,2 >	4458,3 \pm 20,0 =	4470,6 \pm 21,3 >	3004,7 \pm 282,4 =	4398,1 \pm 1512,3
C-13	2972,5 \pm 248,5 >	1334,4 \pm 169,2 <	3207,3 \pm 294,5 <	4247,0 \pm 434,1 >	3284,5 \pm 326,0 <	5986,0 \pm 382,6 <	6954,0 \pm 235,7
C-08	6514,4 \pm 1413,8 >	2714,6 \pm 688,1 <	7230,3 \pm 641,8 =	8037,7 \pm 330,7 <	12458,1 \pm 3388,7 >	4770,0 \pm 305,6 <	10055,3 \pm 489,0
C-09	8332,8 \pm 1244,3 >	1093,5 \pm 61,6 <	13120,7 \pm 1661,7 =	13523,3 \pm 1158,4 =	13661,0 \pm 1122,2 =	10975,7 \pm 1690,0 >	5852,0 \pm 2101,7
C-10	5109,9 \pm 313,5 >	1079,1 \pm 143,0 <	3661,0 \pm 345,8 <	11187,7 \pm 2108,0 >	3144,7 \pm 484,8 =	2986,0 \pm 111,6 =	4325,3 \pm 863,2

Tabla 7. (Continuación).

Estación	Verano 2005		Invierno 2005		Verano 2006		Invierno 2006		Verano 2007		Invierno 2007		Verano 2008
BI													
C-01	4120,4±756,2	>	2828,4±495,9	=	3931,4±801,8	>	1713,4 ± 265,2	<	2737,5 ± 235,2	>	1975,6 ± 257,5	>	1418,7 ± 49,7
C-02	5865,1±1249,0	>	3704,3±607,7	=	2927,5±472,4	=	3317,1 ± 475,9	=	3465,8 ± 381,7	=	2740,6 ± 689,3	<	6197,7 ± 1101,7
C-03	5768,3±1139,6	>	2949,3±425,7	<	3894,5±364,1	>	2202,5 ± 350,1	=	1798,4 ± 314,7	<	2926,9 ± 211,2	>	2190,0 ± 278,0
C-04	4398,1±1512,3	=	5223,3±440,6	=	5580,1±450,0	=	6126,5 ± 498,7	>	3156,2 ± 578,5	<	4657,4 ± 677,8	=	5460,4 ± 728,9
C-13	6954,0±235,7	>	4513,4±85,9	=	3250,4±996,5	>	2023,6 ± 62,1	<	4672,7 ± 325,2	>	3231,1 ± 422,2	=	2908,2 ± 359,8
C-08	10055,3±489,0	=	8997,6±494,5	=	7926,3±2256,6	=	9527,1 ± 2435,1	=	5764,6 ± 357,5	=	6925,7 ± 2196,5	=	4737,1 ± 845,2
C-09	5852,0±2101,7	<	25781,7±3800,4	=	12927,8±7858,0	=	17548,6 ± 495,7	>	8615,5 ± 1233,3	=	9287,5 ± 2036,9	=	7455,9 ± 880,5
C-10	4325,3±863,2	=	5258,1±610,6	>	3046,0±336,1	>	2262,2 ± 180,9	=	3211,9 ± 1156,1	=	2687,5 ± 506,8	=	3168,1 ± 524,6

Estación	Verano 2008		Invierno 2008		Verano 2009
BI					
C-01	1418,7 ± 49,7	<	2060,8 ± 267,8	>	1099,4 ± 137,7
C-02	6197,7 ± 1101,7	>	4121,9 ± 252,2	=	3165,0 ± 641,3
C-03	2190,0 ± 278,0	=	2094,0 ± 477,3	>	1187,1 ± 124,4
C-04	5460,4 ± 728,9	=	4981,2 ± 316,8	>	2836,2 ± 83,5
C-13	2908,2 ± 359,8	=	3008,1 ± 48,1	>	2164,4 ± 199,4
C-08	4737,1 ± 845,2	<	7213,3 ± 308,9	>	3240,9 ± 82,4
C-09	7455,9 ± 880,5	<	10417,2 ± 921,6	>	5692,0 ± 246,0
C-10	3168,1 ± 524,6	=	3209,7 ± 118,1	=	2956,0 ± 2056,5

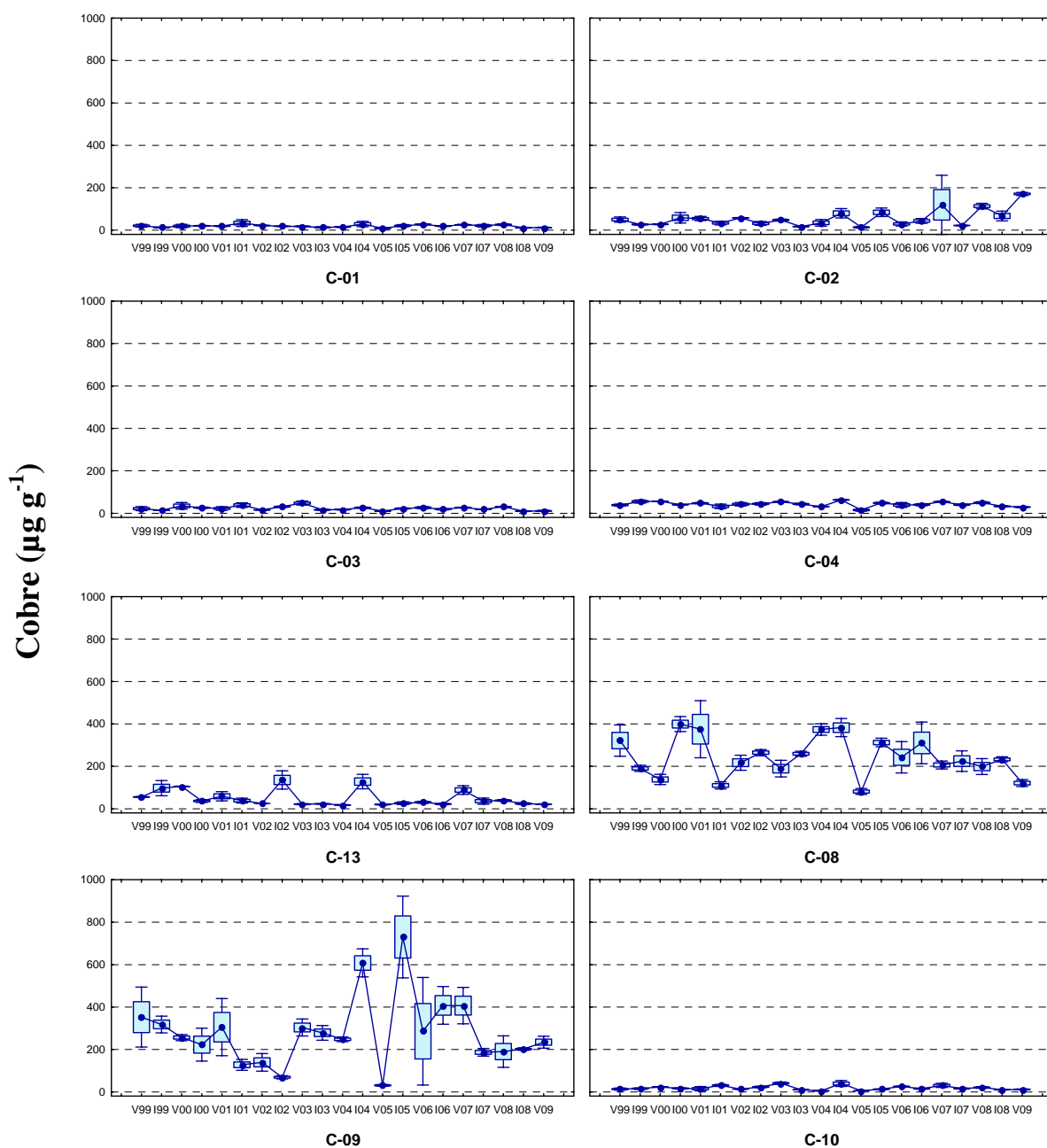


Figura 4. Distribución espacio-temporal de cobre ($\mu\text{g g}^{-1}$) en sedimentos superficiales por estación de muestreo en Bahía Caldera para el período 1999 - 2009.

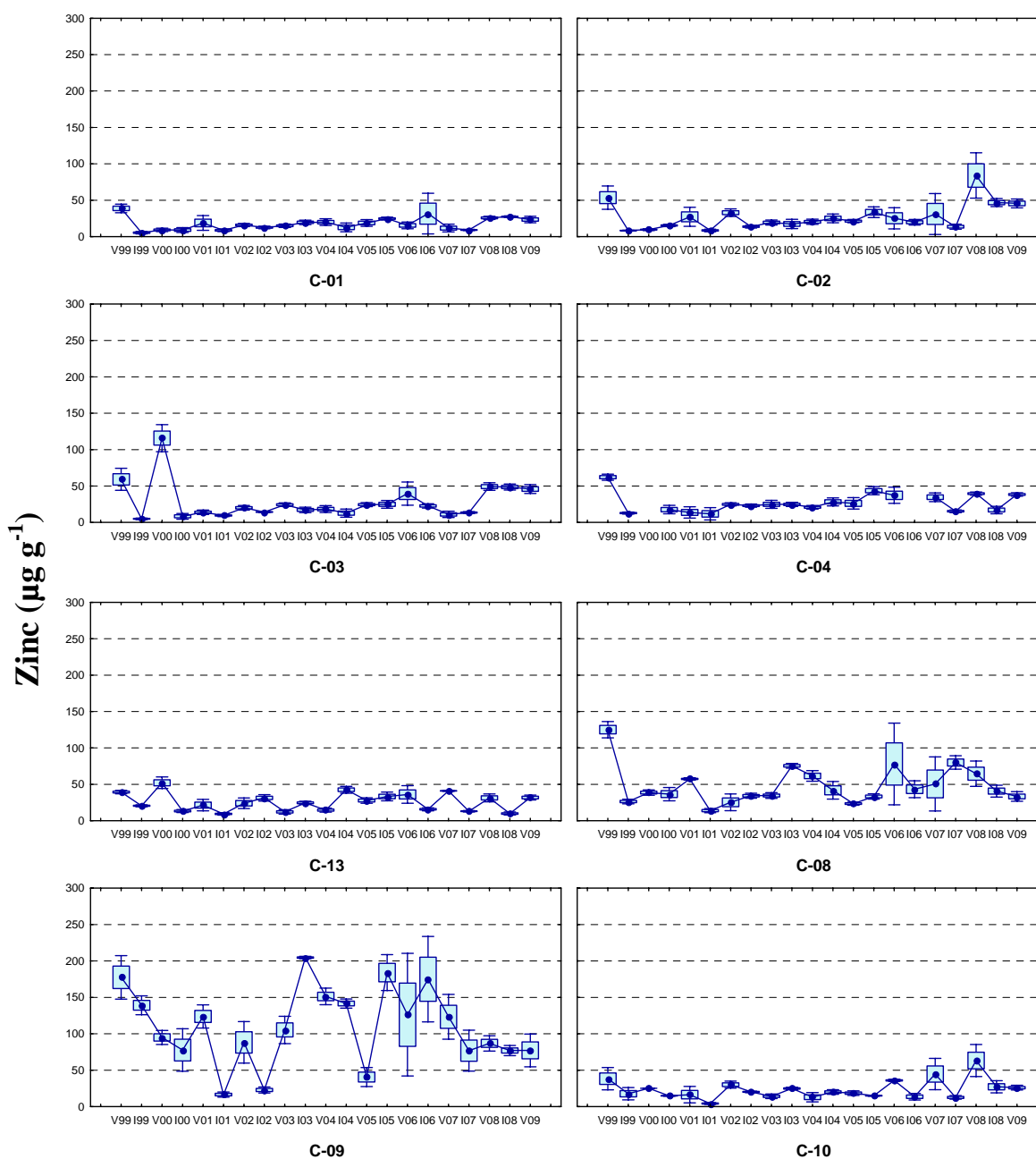


Figura 5. Distribución espacio-temporal de zinc ($\mu\text{g g}^{-1}$) en sedimentos superficiales por estación de muestreo en Bahía Caldera para el período 1999 - 2009.

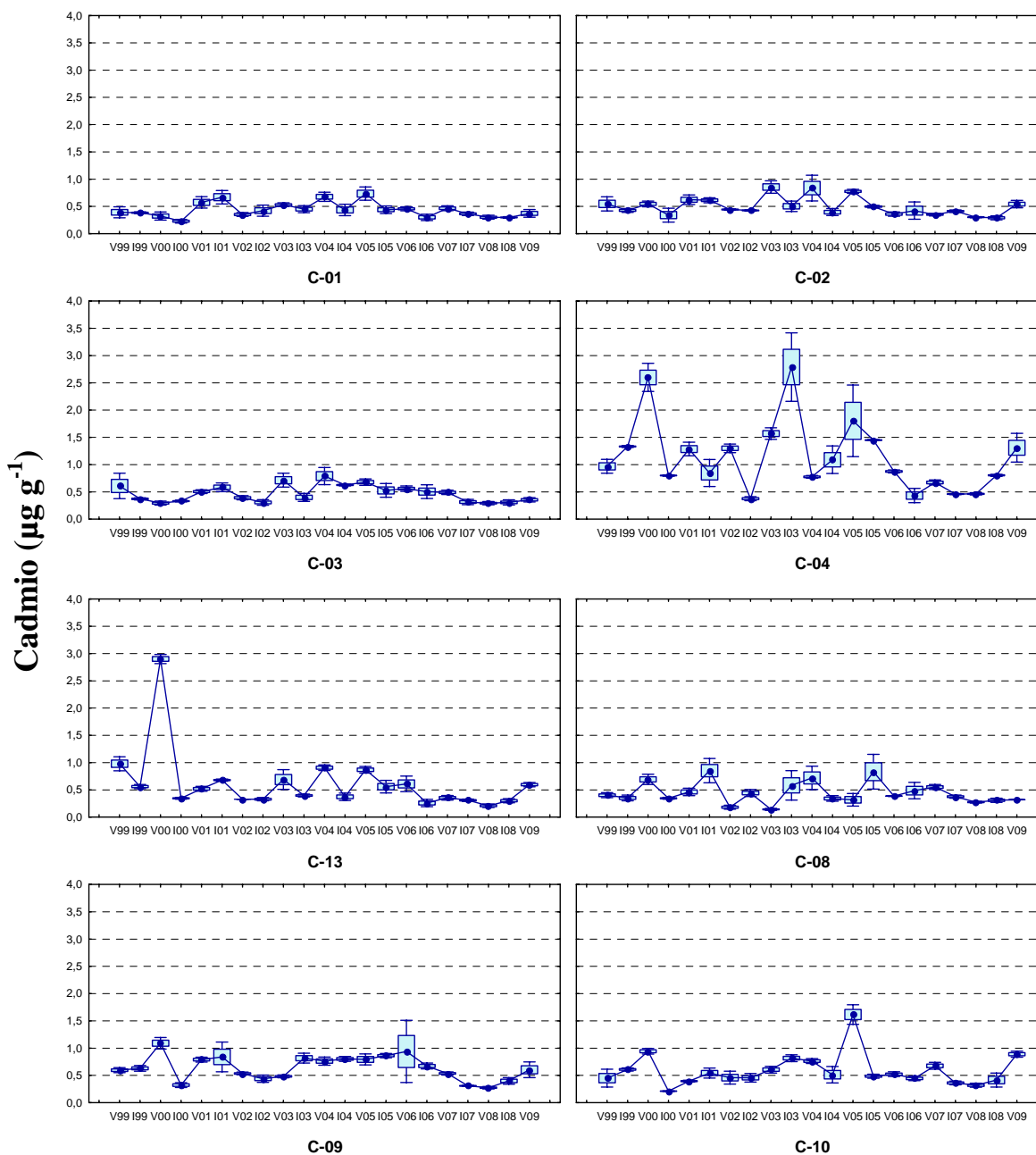


Figura 6. Distribución espacio-temporal de cadmio ($\mu\text{g g}^{-1}$) en sedimentos superficiales por estación de muestreo en Bahía Caldera para el período 1999 - 2009.

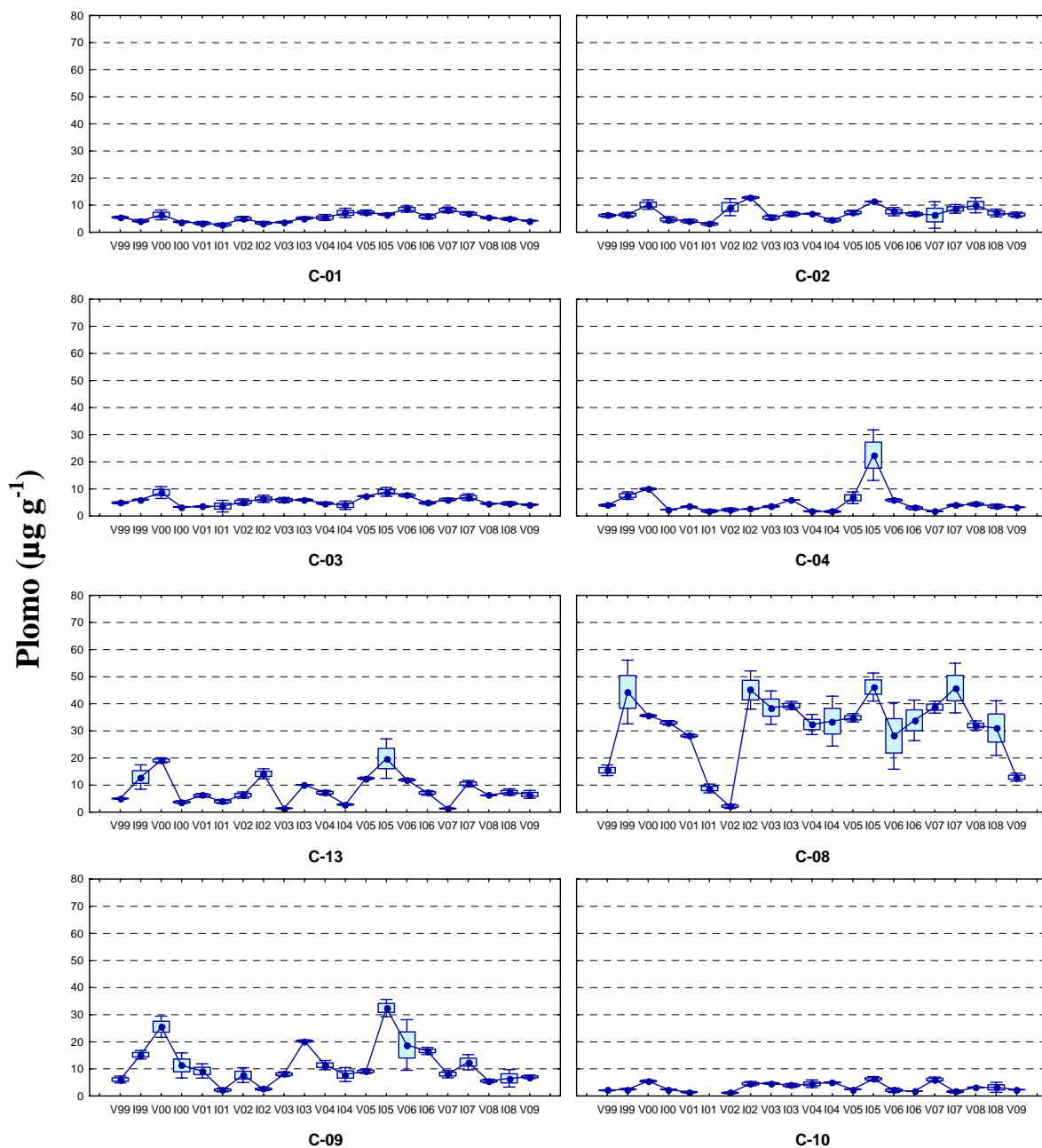


Figura 7. Distribución espacio-temporal de plomo ($\mu\text{g g}^{-1}$) en sedimentos superficiales por estación de muestreo en Bahía Caldera para el período 1999 – 2009.

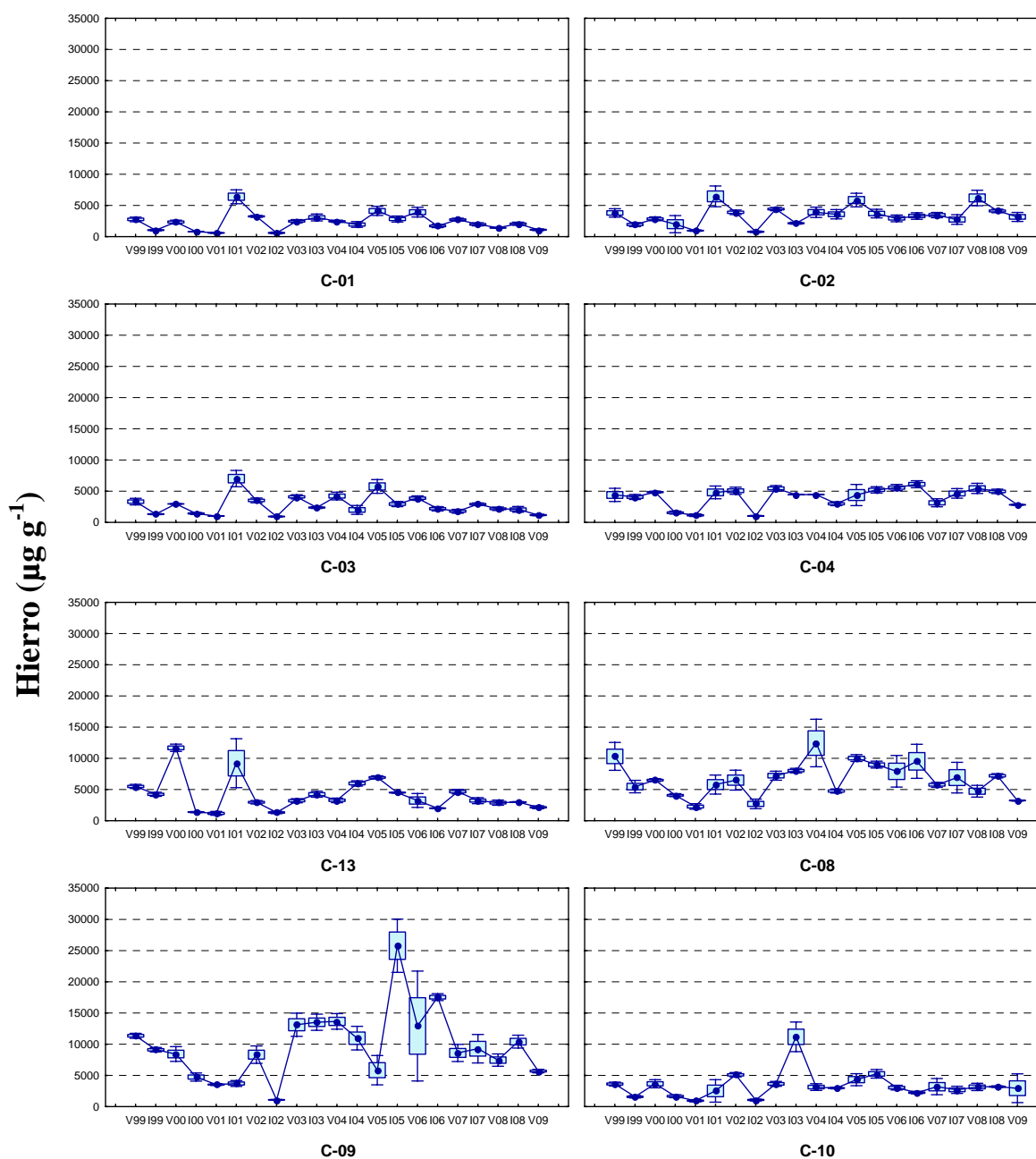


Figura 8. Distribución espacio-temporal de hierro ($\mu\text{g g}^{-1}$) en sedimentos superficiales por estación de muestreo en Bahía Caldera para el período 1999 - 2009.

COMENTARIOS DE LOS RESULTADOS DE GRANULOMETRÍA Y CONTENIDO DE ELEMENTOS TRAZA EN SEDIMENTOS SUBLITORALES

- Los sedimentos de Bahía Caldera durante la campaña estival de 2009 presentaron una distribución del tamaño medio de grano que estuvo de acuerdo a los registros observados históricamente en este monitoreo, en el cual se identificó partículas más gruesas ($>0,5$ mm) asociados al sector del Puerto Punta Padrones (estaciones C-01, C-02 y C-03) y en la estación C-13, en tanto que en las estaciones ubicadas hacia el fondo de saco de la bahía (C-08, C-09 y C-10) y en la estación C-04 se identificaron arenas finas ($< 0,3$ mm). Durante esta campaña, la estación C-02 presentó el mayor tamaño medio del gránulo, mientras que los sedimentos más finos fueron reportados en la estación C-09.
- Las concentraciones de cobre durante la presente campaña, fueron menores o iguales estadísticamente a las registradas durante la campaña inmediatamente precedentes (invierno de 2008). Durante esta campaña las concentraciones más altas se registraron en las estaciones del fondo de saco de la bahía (C-08 = $121 \mu\text{g g}^{-1}$ y C-09 = $234 \mu\text{g g}^{-1}$) y en la estación ubicada frente al muelle de Punta Padrones (C-02 = $171 \mu\text{g g}^{-1}$). El resto de las estaciones presentó concentraciones comparativamente menores, esto es entre $11,3 - 29,1 \mu\text{g g}^{-1}$.
- La distribución espacial de zinc presentó, en general, concentraciones similares estadísticamente a las descritas durante la campaña inmediatamente anterior (invierno de 2008), a excepción de las estaciones C-04 y C-13, las cuales presentaron concentraciones superiores a dicho período. La estación C-09 presentó la concentración promedio más alta de este metal durante este período, con un valor de $77,3 \mu\text{g g}^{-1}$, mientras que las estaciones restantes fluctuaron entre $23,5 \mu\text{g g}^{-1}$ y $46,0 \mu\text{g g}^{-1}$.
- Las concentraciones de cadmio fueron estadísticamente similares o superiores a las observadas en la campaña invernal de 2008. De manera similar a lo verificado en campañas anteriores, este metal presentó concentraciones mayores en la estación C-04 ($1,31 \mu\text{g g}^{-1}$), mientras que las estaciones restantes presentaron valores entre $0,32$ y $0,89 \mu\text{g g}^{-1}$.
- La distribución de las concentraciones de plomo al interior de Bahía Caldera no presentó diferencias estadísticamente significativas a las detectadas en la campaña invernal de 2008. Durante este período, las mayores concentraciones de este metal fueron registradas en la estación C-08 ($12,9 \mu\text{g g}^{-1}$), de manera similar a lo verificado en períodos anteriores. El resto de las estaciones mostraron concentraciones significativamente menores oscilando entre $2,3$ y $7,1 \mu\text{g g}^{-1}$. Cabe mencionar que la

concentración promedio de plomo durante este período ($5,76 \mu\text{g g}^{-1}$) fue el menor registro para esta variable desde el verano de 2002.

- La distribución de hierro durante la campaña estival de 2009 presentó concentraciones iguales o inferiores a las verificadas en la campaña de agosto de 2008. Durante esta campaña, la estación C-09 presentó las mayores concentraciones de este metal, con un valor promedio de $5692,0 \mu\text{g g}^{-1}$. El resto del área de estudio, presentó concentraciones entre $1099,4$ y los $3240,9 \mu\text{g g}^{-1}$. Este período exhibió la menor concentración promedio para Bahía Caldera desde el invierno de 2006.



III.2 HIDROGRAFÍA Y CONTENIDO DE ELEMENTOS TRAZA EN AGUA DE MAR

III.2.1. HIDROGRAFÍA

El resultado de la caracterización hidrográfica del área de estudio, en función de las variables temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto y pH del agua de mar se presenta en las Tablas 8 y 9, y las Figuras 9 a la 15.

Tabla 8. Valores de temperatura (°C), salinidad (psu) y densidad (σ_t) del agua de mar por estrato de muestreo para las estaciones oceanográficas de Bahía Caldera durante enero de 2009.

Temperatura

Profundidad (m)	C-01	C-02	C-03	C-04	C-13	C-08	C-09	C-10
1	16,481	15,215	17,489	17,451	16,927	17,657	17,655	17,523
5	14,785	14,818	15,381	15,813	15,146	15,750	15,910	15,063
10	14,369	14,380	15,008	14,942	14,705			14,451
15	14,216	14,261	14,635	14,653	14,255			14,447
20	14,082	14,246		14,342	14,103			
25				13,944				
30				13,703				

Salinidad

Profundidad (m)	C-01	C-02	C-03	C-04	C-13	C-08	C-09	C-10
1	34,346	34,351	34,238	34,374	34,344	34,376	34,361	34,367
5	34,289	34,299	34,316	34,330	34,332	34,347	34,254	34,314
10	34,342	34,334	34,344	34,316	34,334			34,328
15	34,360	34,350	34,289	34,324	34,363			34,335
20	34,341	34,358		34,348	34,360			
25				34,367				
30				34,329				

Densidad

Profundidad (m)	C-01	C-02	C-03	C-04	C-13	C-08	C-09	C-10
1	25,135	25,424	24,814	24,927	25,029	24,878	24,867	24,903
5	25,471	25,471	25,360	25,274	25,425	25,302	25,192	25,429
10	25,601	25,592	25,464	25,458	25,523			25,572
15	25,647	25,630	25,503	25,526	25,641			25,579
20	25,661	25,640		25,611	25,671			
25				25,709				
30				25,731				



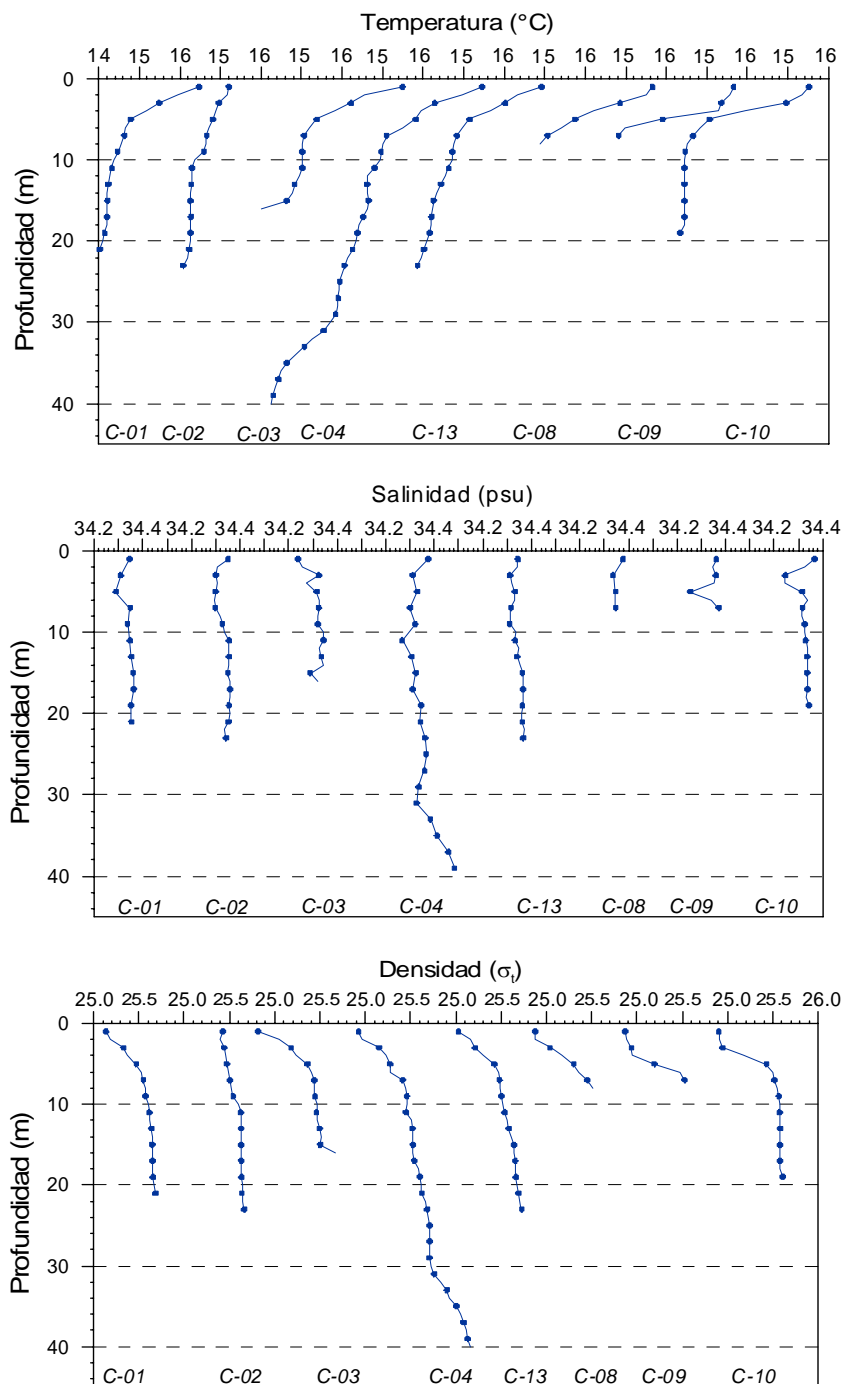


Figura 9. Perfiles verticales de temperatura (°C), salinidad (psu) y densidad (σ_t) en Bahía Caldera durante la campaña estival de 2009.

Tabla 9 Valores de oxígeno disuelto (ml l^{-1}) y pH del agua de mar por estrato de muestreo para las estaciones oceanográficas de Bahía Caldera durante la campaña estival de 2009.

Oxígeno

Profundidad (m)	C-01	C-02	C-03	C-04	C-13	C-08	C-09	C-10
1	7,089	6,780	7,398	6,945	6,934	6,647	7,001	7,299
5	5,653	6,736	5,896	6,062	5,775	5,797	6,106	6,658
10	5,587	5,477	5,366	6,228	5,466			6,669
15	4,858	5,002		5,212	5,355			
20				4,814	4,494			
25				4,693				
30				3,390				

pH

Profundidad (m)	C-01	C-02	C-03	C-04	C-13	C-08	C-09	C-10
1	8,08	8,06	8,08	8,06	8,06	8,05	8,06	8,04
5	7,97	8,05	7,98	8,04	7,96	7,98	8	7,99
10	7,94	7,93	7,94	8,04	7,96			7,99
15	7,92	7,91		7,96	7,92			7,97
20		7,89		7,89	7,9			
25				7,89				
30				7,78				

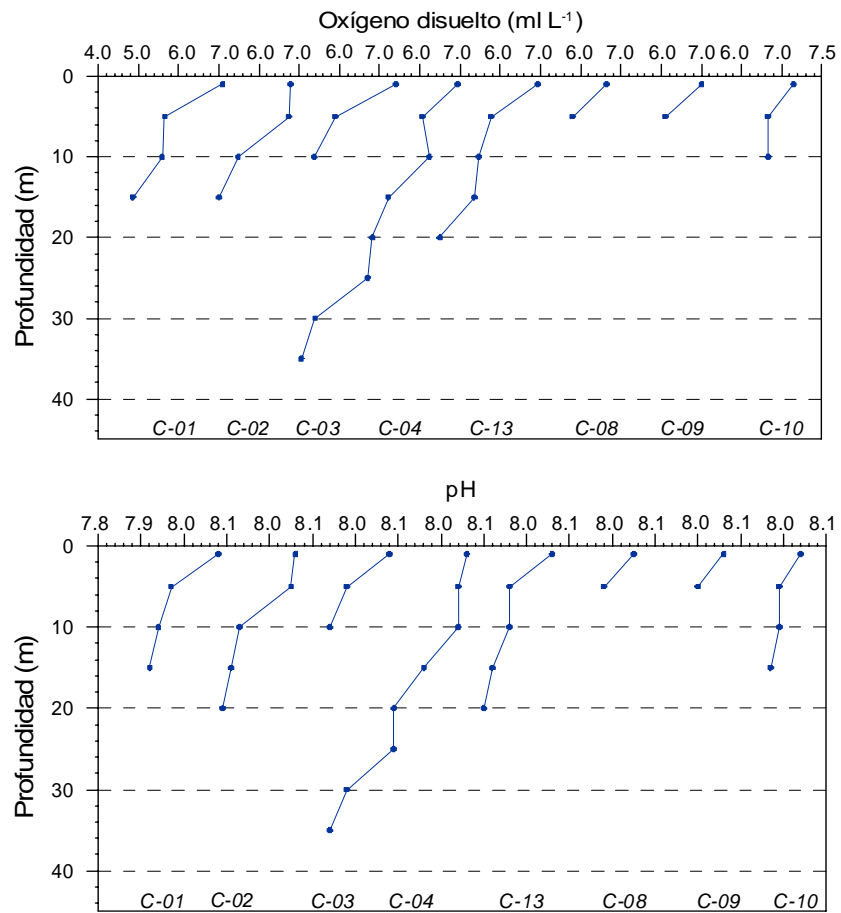


Figura 10. Perfiles verticales de oxígeno disuelto (ml l⁻¹) y pH en Bahía Caldera durante la campaña estival de 2009.

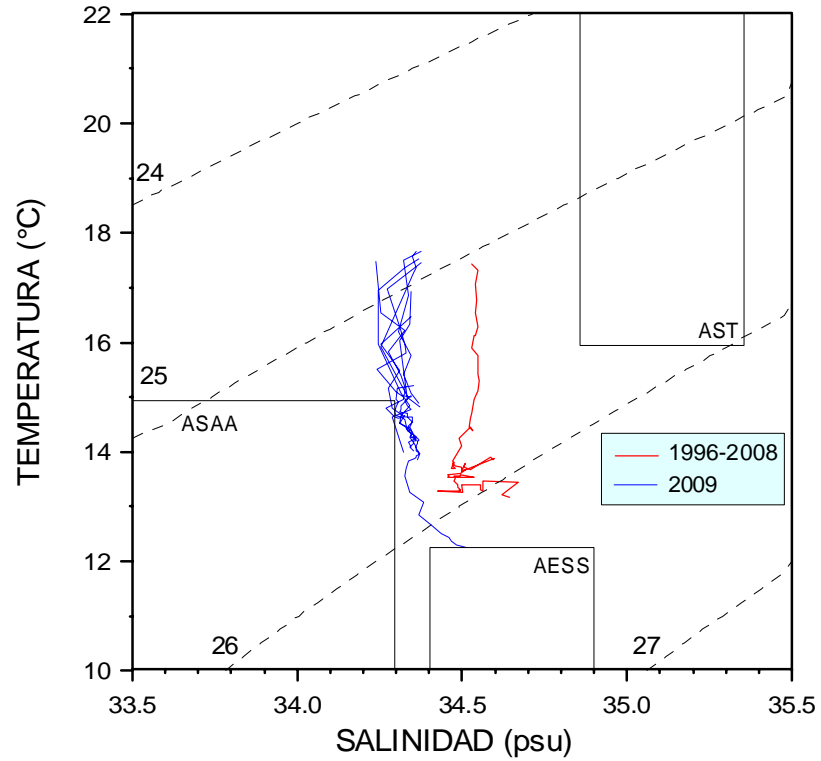
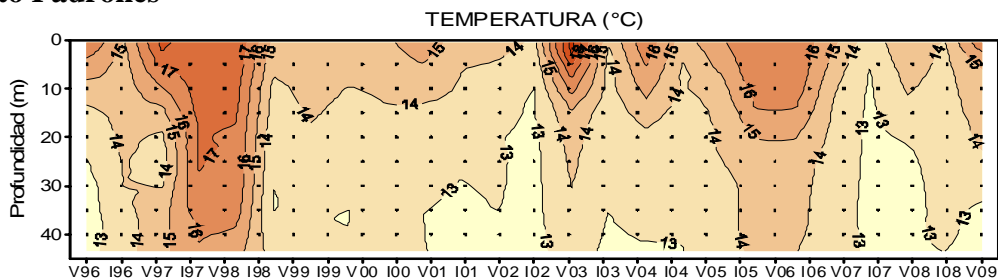
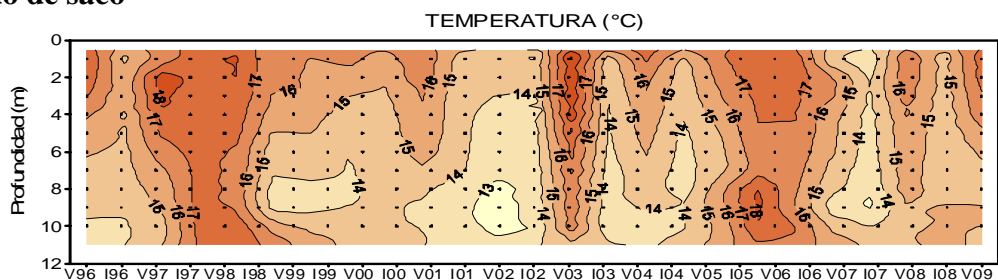


Figura 11. Gráficos de temperatura-salinidad (diagramas T-S) para las estaciones de muestreo en Bahía Caldera para los períodos estivales entre 1996 y 2009.

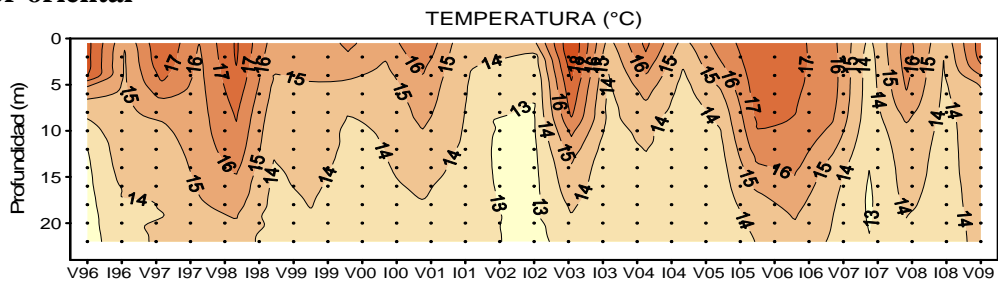
Puerto Padrones



Fondo de saco



Sector oriental



Toda la Bahía

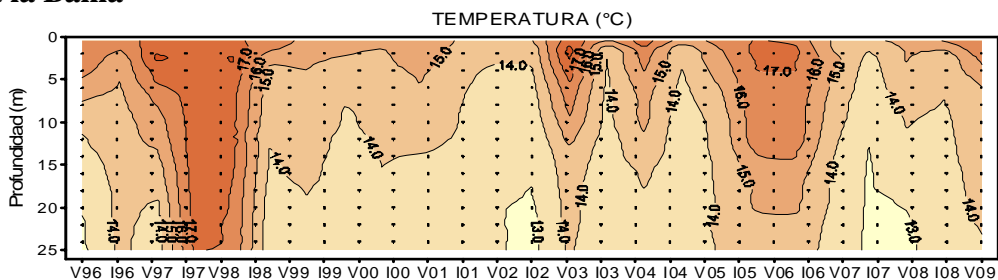
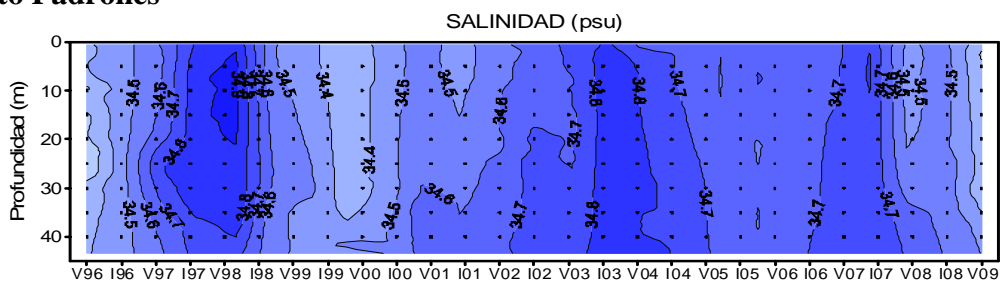
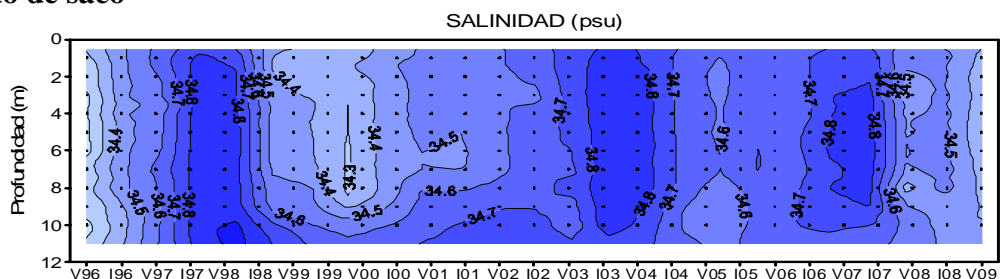


Figura 12. Análisis histórico de la temperatura (°C) por sector en Bahía Caldera: (a) sector Puerto Padrones, (b) fondo de saco, (c) sector oriental y (d) toda la bahía.

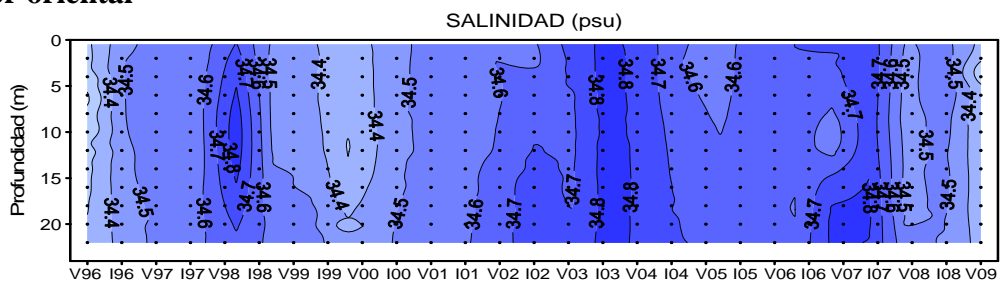
Puerto Padrones



Fondo de saco



Sector oriental



Toda la Bahía

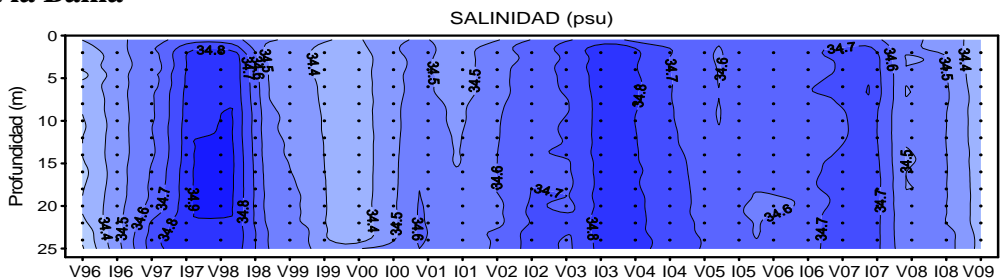
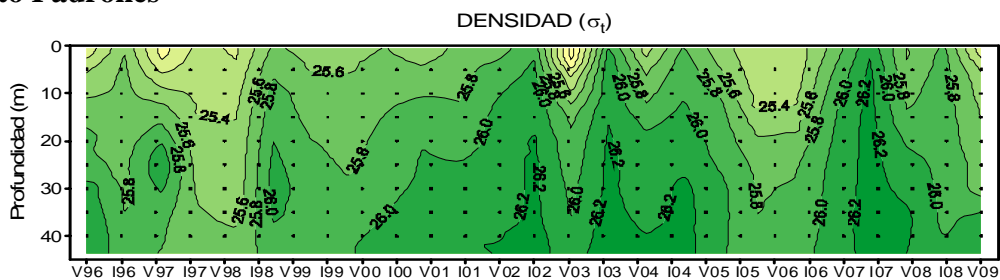
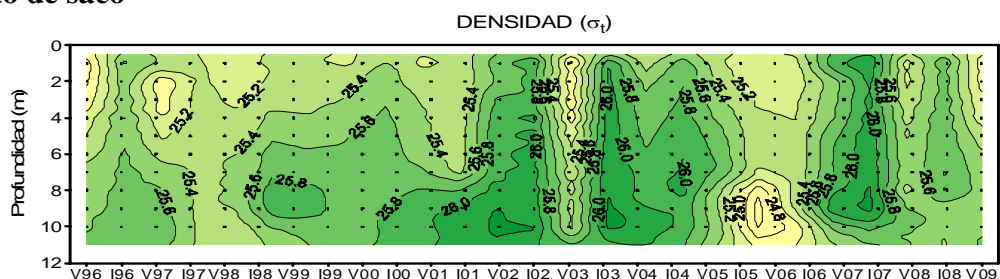


Figura 13. Análisis histórico de la salinidad (psu) por sector en Bahía Caldera: (a) sector Puerto Padrones, (b) fondo de saco, (c) sector oriental y (d) toda la bahía.

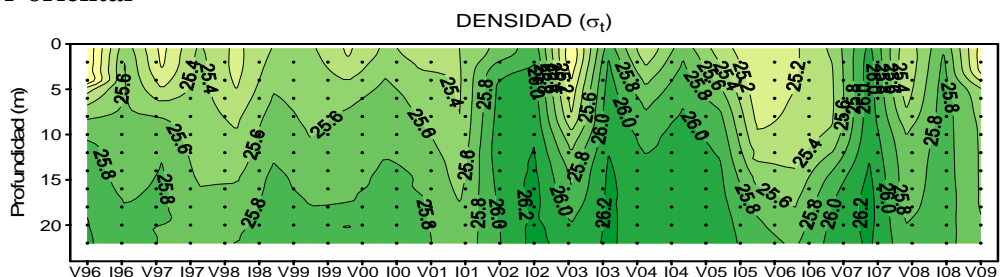
Puerto Padrones



Fondo de saco



Sector oriental



Toda la Bahía

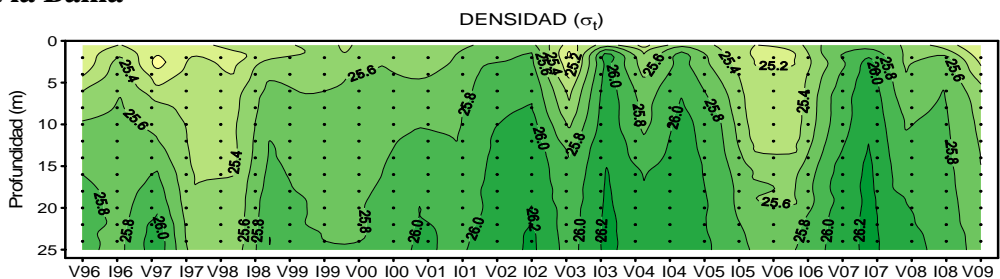
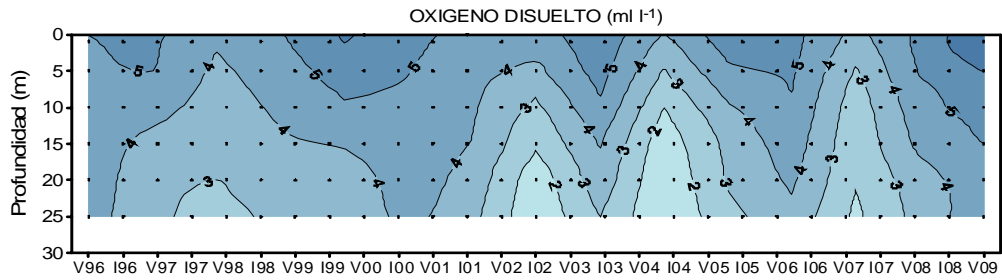
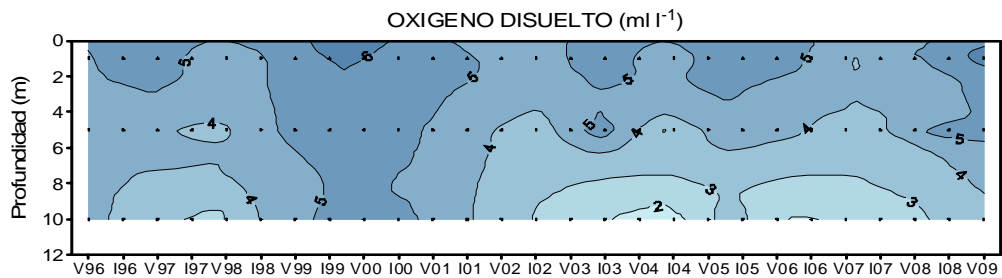


Figura 14. Análisis histórico de la densidad (σ_t) por sector en Bahía Caldera: (a) sector Puerto Padrones, (b) fondo de saco, (c) sector oriental y (d) toda la bahía.

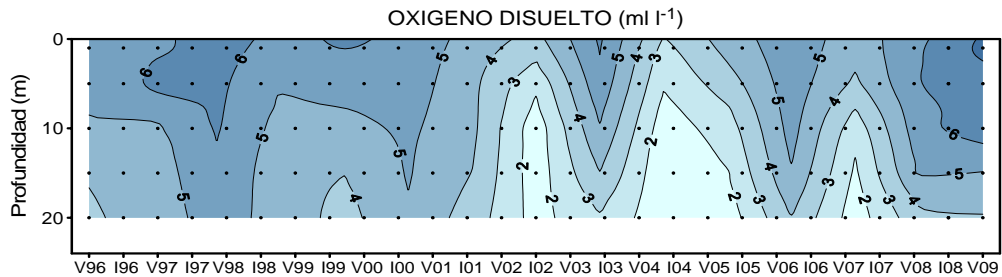
Puerto Padrones



Fondo de saco



Sector oriental



Toda la Bahía

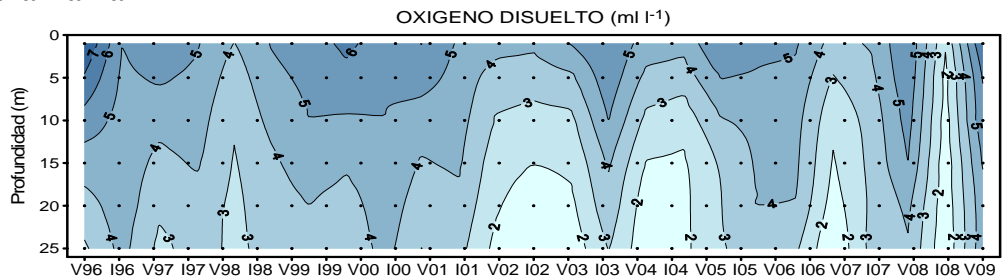


Figura 15. Análisis histórico de oxígeno disuelto (mg l^{-1}) por sector en Bahía Caldera: (a) sector Puerto Padrones, (b) fondo de saco, (c) sector oriental y (d) toda la bahía.

III.2.2. ELEMENTOS TRAZA EN AGUA DE MAR

El resultado de la concentración de elementos traza en agua de mar para el área de estudio se presenta desde la Tabla 10 a la 14, y en las Figuras 16 a 19.

Tabla 10. Concentraciones promedios \pm desviación estándar ($\mu\text{g l}^{-1}$) de metales en agua de mar determinadas en Bahía Caldera durante enero de 2009.

Estación	Cobre	Cadmio	Hierro	Plomo
C-01	1,130 \pm 0,078	0,026 \pm 0,002	6,500 \pm 0,162	0,023 \pm 0,001
C-02	1,093 \pm 0,127	0,019 \pm 0,005	6,397 \pm 0,523	0,022 \pm 0,001
C-03	1,190 \pm 0,086	0,022 \pm 0,001	7,410 \pm 0,474	0,022 \pm 0,001
C-04	1,293 \pm 0,159	0,023 \pm 0,002	5,640 \pm 0,308	0,022 \pm 0,001
C-13	1,203 \pm 0,159	0,022 \pm 0,002	6,467 \pm 0,095	0,023 \pm 0,001
C-08	1,197 \pm 0,049	0,023 \pm 0,001	5,047 \pm 0,199	0,021 \pm 0,001
C-09	1,197 \pm 0,015	0,022 \pm 0,002	5,373 \pm 0,135	0,022 \pm 0,001
C-10	1,330 \pm 0,142	0,023 \pm 0,002	4,827 \pm 0,236	0,024 \pm 0,002
Verano 2009	1,201 \pm 0,118	0,023 \pm 0,003	6,034 \pm 0,899	0,022 \pm 0,001
Invierno 2008	1,135 \pm 0,142	0,033 \pm 0,003	6,645 \pm 1,391	0,029 \pm 0,003
Verano 2008	1,256 \pm 0,184	0,056 \pm 0,005	6,845 \pm 2,324	0,047 \pm 0,011
Invierno 2007	0,885 \pm 0,127	0,037 \pm 0,007	5,30 \pm 1,57	0,028 \pm 0,006
Verano 2007	1,253 \pm 0,225	0,057 \pm 0,007	5,47 \pm 2,18	0,046 \pm 0,012
Invierno 2006	1,176 \pm 0,356	0,059 \pm 0,013	12,43 \pm 5,80	0,040 \pm 0,012
Verano 2006	1,457 \pm 1,425	0,065 \pm 0,034	4,52 \pm 1,94	0,034 \pm 0,008
Invierno 2005	1,530 \pm 0,490	0,035 \pm 0,007	4,60 \pm 0,51	0,022 \pm 0,004
Verano 2005	1,457 \pm 1,425	0,068 \pm 0,060	4,52 \pm 1,94	0,028 \pm 0,012
Invierno 2004	1,107 \pm 0,599	0,076 \pm 0,017	4,82 \pm 1,56	0,040 \pm 0,018
Verano 2004	1,069 \pm 0,333	0,030 \pm 0,015	7,65 \pm 2,50	0,024 \pm 0,008
Invierno 2003	0,749 \pm 0,370	0,041 \pm 0,013	8,48 \pm 2,40	0,022 \pm 0,018
Verano 2003	1,052 \pm 0,647	0,051 \pm 0,009	9,71 \pm 3,17	0,034 \pm 0,042
Invierno 2002	0,942 \pm 0,359	0,051 \pm 0,011	1,30 \pm 0,39	0,016 \pm 0,003
Verano 2002	0,783 \pm 0,436	0,033 \pm 0,007	1,40 \pm 0,26	0,015 \pm 0,003
Invierno 2001	1,629 \pm 1,827	0,053 \pm 0,020	1,45 \pm 0,41	0,037 \pm 0,057
Verano 2001	0,913 \pm 0,328	0,022 \pm 0,004	1,60 \pm 0,47	0,030 \pm 0,004
Invierno 2000	1,103 \pm 0,342	0,022 \pm 0,004	1,60 \pm 0,47	0,030 \pm 0,004
Verano 2000	0,823 \pm 0,196	0,028 \pm 0,004	1,95 \pm 0,68	0,028 \pm 0,012
Invierno 1999	0,762 \pm 0,263	0,028 \pm 0,006	1,94 \pm 0,71	0,018 \pm 0,006
Verano 1999	1,082 \pm 0,959	0,039 \pm 0,020	13,94 \pm 24,07	0,024 \pm 0,008
Natural ⁽¹⁾	0,012 - 2,3	0,007 - 0,1	3,0 - 6,1	0,003 - 0,03
Contaminado ⁽²⁾	> 10	> 2,0	-	> 1,0
Criterio Agudo ⁽³⁾	4,8	42	No existe	210
Criterio Crónico ⁽³⁾	3,1	9,3	No existe	8,1

(1): Furness & Rainbow (1990); (2) Bryan (1976); (3) US EPA (1999)



Tabla 11. Concentraciones promedios \pm desviación estándar de cobre ($\mu\text{g l}^{-1}$) en agua de mar determinadas en Bahía Caldera entre 1999 y 2009. Los signos <, >, = significan valores significativamente mayores, menores ($p < 0,05$) o ausencia de diferencias significativas ($p > 0,05$), respectivamente.

Estación	Verano 1999	Invierno 1999	Verano 2000	Invierno 2000	Verano 2001	Invierno 2001	Verano 2002
C-01	0,889 \pm 0,113	= 0,781 \pm 0,070	= 0,888 \pm 0,155	= 1,171 \pm 0,356	= 0,836 \pm 0,080	= 1,103 \pm 0,181	= 0,705 \pm 0,118
C-02	0,485 \pm 0,177	< 0,724 \pm 0,112	= 0,774 \pm 0,036	= 1,166 \pm 0,364	= 0,954 \pm 0,105	= 0,930 \pm 0,582	= 0,589 \pm 0,060
C-03	0,743 \pm 0,167	= 0,602 \pm 0,109	= 0,708 \pm 0,120	= 1,223 \pm 0,262	> 0,829 \pm 0,079	< 1,519 \pm 0,401	> 0,831 \pm 0,087
C-04	0,653 \pm 0,153	< 1,286 \pm 0,295	= 1,046 \pm 0,260	= 0,942 \pm 0,225	< 1,730 \pm 0,107	= 1,255 \pm 0,237	= 0,477 \pm 0,066
C-13	0,367 \pm 0,019	< 0,657 \pm 0,224	= 0,755 \pm 0,076	= 0,808 \pm 0,220	= 0,706 \pm 0,055	= 1,074 \pm 0,571	= 0,437 \pm 0,033
C-08	0,692 \pm 0,211	= 0,518 \pm 0,035	= 0,867 \pm 0,433	= 1,394 \pm 0,480	= 0,798 \pm 0,036	< 1,886 \pm 0,144	= 1,899 \pm 0,083
C-09	3,461 \pm 0,587	> 0,630 \pm 0,189	= 0,645 \pm 0,049	< 1,323 \pm 0,242	> 0,570 \pm 0,054	< 1,817 \pm 0,472	> 0,623 \pm 0,050
C-10	1,541 \pm 0,279	> 0,944 \pm 0,068	= 0,894 \pm 0,023	= 0,734 \pm 0,185	< 0,936 \pm 0,095	= 0,758 \pm 0,149	= 0,715 \pm 0,112

Estación	Verano 2002	Invierno 2002	Verano 2003	Invierno 2003	Verano 2004	Invierno 2004	Verano 2005
C-01	0,705 \pm 0,118	= 0,728 \pm 0,094	< 0,892 \pm 0,077	= 0,917 \pm 0,084	= 1,054 \pm 0,328	= 0,602 \pm 0,105	< 0,975 \pm 0,311
C-02	0,589 \pm 0,060	< 0,740 \pm 0,029	> 0,609 \pm 0,046	= 0,644 \pm 0,073	< 1,228 \pm 0,399	< 1,943 \pm 0,382	> 1,240 \pm 0,382
C-03	0,831 \pm 0,087	= 0,710 \pm 0,156	= 0,599 \pm 0,098	< 0,739 \pm 0,079	= 0,837 \pm 0,124	> 0,524 \pm 0,038	= 0,490 \pm 0,190
C-04	0,477 \pm 0,066	< 1,149 \pm 0,171	= 1,141 \pm 0,367	> 0,514 \pm 0,030	< 1,025 \pm 0,363	= 0,935 \pm 0,117	> 0,299 \pm 0,048
C-13	0,437 \pm 0,033	< 0,500 \pm 0,117	= 0,531 \pm 0,094	= 0,476 \pm 0,122	< 0,801 \pm 0,091	> 0,578 \pm 0,070	> 0,354 \pm 0,114
C-08	1,899 \pm 0,083	> 1,425 \pm 0,330	= 1,584 \pm 0,158	= 1,534 \pm 0,589	= 1,060 \pm 0,252	= 1,640 \pm 0,617	< 4,207 \pm 1,103
C-09	0,623 \pm 0,050	< 1,360 \pm 0,376	< 2,509 \pm 0,298	> 0,572 \pm 0,096	< 1,229 \pm 0,219	= 1,210 \pm 0,145	< 3,323 \pm 0,968
C-10	0,715 \pm 0,112	= 1,073 \pm 0,107	> 0,756 \pm 0,172	= 0,540 \pm 0,101	< 1,397 \pm 0,579	= 1,787 \pm 0,247	> 1,253 \pm 0,091

Tabla 11. (Continuación).

Estación	Verano 2005		Invierno 2005		Verano 2006		Invierno 2006		Verano 2007		Invierno 2007		Verano 2008
C-01	0,975 ± 0,311	=	1,570 ± 0,419	>	0,918 ± 0,210	<	1,390 ± 0,299	=	1,370 ± 0,209	>	1,016 ± 0,026	<	1,248 ± 0,131
C-02	1,240 ± 0,382	=	1,190 ± 0,050	=	1,763 ± 0,774	=	0,561 ± 0,027	<	0,939 ± 0,094	=	0,862 ± 0,040	<	1,006 ± 0,049
C-03	0,490 ± 0,190	=	1,030 ± 0,434	=	1,089 ± 0,355	=	0,819 ± 0,114	<	1,084 ± 0,130	>	0,760 ± 0,026	<	1,108 ± 0,084
C-04	0,299 ± 0,048	<	1,240 ± 0,111	>	0,694 ± 0,025	=	1,064 ± 0,172	=	1,137 ± 0,112	>	0,678 ± 0,021	<	1,123 ± 0,047
C-13	0,354 ± 0,114	<	2,197 ± 0,284	>	0,422 ± 0,005	<	1,540 ± 0,105	>	1,237 ± 0,118	=	0,996 ± 0,034	<	1,257 ± 0,032
C-08	4,207 ± 1,103	>	2,037 ± 0,251	>	1,077 ± 0,021	=	1,327 ± 0,179	=	1,237 ± 0,126	>	0,831 ± 0,027	<	1,357 ± 0,047
C-09	3,323 ± 0,968	>	1,230 ± 0,246	=	1,507 ± 0,371	=	1,430 ± 0,199	=	1,560 ± 0,121	>	0,889 ± 0,017	<	1,573 ± 0,061
C-10	1,253 ± 0,091	<	1,897 ± 0,202	=	1,683 ± 0,127	>	1,330 ± 0,123	=	1,473 ± 0,083	>	1,047 ± 0,045	<	1,427 ± 0,021

Estación	Verano 2008		Invierno 2008		Verano 2009
C-01	1,248 ± 0,131	=	1,085 ± 0,079	=	1,130 ± 0,078
C-02	1,006 ± 0,049	<	1,203 ± 0,046	=	1,093 ± 0,127
C-03	1,108 ± 0,084	=	1,098 ± 0,030	=	1,190 ± 0,086
C-04	1,123 ± 0,047	>	0,979 ± 0,029	=	1,293 ± 0,159
C-13	1,257 ± 0,032	>	1,110 ± 0,069	=	1,203 ± 0,159
C-08	1,357 ± 0,047	=	1,317 ± 0,191	=	1,197 ± 0,049
C-09	1,573 ± 0,061	>	1,317 ± 0,127	=	1,197 ± 0,015
C-10	1,427 ± 0,021	>	1,001 ± 0,034	=	1,330 ± 0,142

Tabla 12. Concentraciones promedios \pm desviación estándar de hierro ($\mu\text{g l}^{-1}$) en agua de mar determinadas en Bahía Caldera entre 1999 y 2009. Los signos $<$, $>$, $=$ significan valores significativamente mayores, menores ($p < 0,05$) o ausencia de diferencias significativas ($p > 0,05$), respectivamente.

Estación	Verano 1999		Invierno 1999		Verano 2000		Invierno 2000		Verano 2001		Invierno 2001		Verano 2002
C-01	7,59 \pm 1,07	>	1,21 \pm 0,56	=	1,54 \pm 0,29	=	1,07 \pm 0,07	=	1,26 \pm 0,16	=	1,09 \pm 0,03	=	1,22 \pm 0,09
C-02	3,75 \pm 0,67	>	1,51 \pm 0,35	=	1,67 \pm 0,55	=	1,77 \pm 0,17	=	1,67 \pm 0,09	>	1,32 \pm 0,07	=	1,21 \pm 0,10
C-03	4,81 \pm 1,00	>	1,59 \pm 0,24	=	1,84 \pm 0,42	=	1,58 \pm 0,26	=	1,28 \pm 0,22	=	1,41 \pm 0,11	=	1,45 \pm 0,10
C-04	5,44 \pm 0,68	>	3,41 \pm 0,36	=	2,49 \pm 1,25	=	1,50 \pm 0,36	=	1,42 \pm 0,08	=	1,52 \pm 0,08	=	1,57 \pm 0,08
C-13	5,04 \pm 0,81	>	1,58 \pm 0,33	=	1,71 \pm 0,20	=	1,43 \pm 0,40	=	1,44 \pm 0,12	>	1,22 \pm 0,06	=	1,18 \pm 0,06
C-08	1,39 \pm 0,31	<	2,15 \pm 0,05	=	2,69 \pm 1,01	=	2,71 \pm 0,39	=	2,58 \pm 0,09	=	2,46 \pm 0,29	>	1,96 \pm 0,06
C-09	78,94 \pm 2,44	>	2,40 \pm 0,12	=	1,93 \pm 0,16	>	1,37 \pm 0,06	<	2,15 \pm 0,17	>	1,29 \pm 0,18	=	1,30 \pm 0,23
C-10	9,73 \pm 0,81	>	2,03 \pm 0,22	=	1,81 \pm 0,39	=	1,38 \pm 0,40	=	1,27 \pm 0,14	=	1,34 \pm 0,09	=	1,37 \pm 0,19

Estación	Verano 2002		Invierno 2002		Verano 2003		Invierno 2003		Verano 2004		Invierno 2004		Verano 2005
C-01	1,22 \pm 0,09	=	1,46 \pm 0,26	<	7,028 \pm 0,181	=	5,86 \pm 0,34	=	6,30 \pm 0,32	>	2,05 \pm 0,43	=	1,54 \pm 0,32
C-02	1,21 \pm 0,10	=	1,42 \pm 0,61	<	6,167 \pm 0,582	=	5,76 \pm 0,25	<	6,47 \pm 0,55	>	3,65 \pm 0,58	=	3,08 \pm 0,44
C-03	1,45 \pm 0,10	>	1,13 \pm 0,22	<	7,970 \pm 1,062	>	6,52 \pm 0,34	=	6,90 \pm 1,34	=	5,92 \pm 0,78	=	5,50 \pm 1,08
C-04	1,57 \pm 0,08	>	1,10 \pm 0,09	<	10,377 \pm 0,912	>	8,13 \pm 0,23	<	9,30 \pm 0,27	>	6,13 \pm 0,87	=	7,11 \pm 1,02
C-13	1,18 \pm 0,06	=	1,65 \pm 0,41	<	9,867 \pm 1,365	=	9,86 \pm 0,51	<	11,13 \pm 0,50	>	4,98 \pm 0,27	=	5,00 \pm 1,29
C-08	1,96 \pm 0,06	>	1,14 \pm 0,55	<	11,063 \pm 2,056	=	11,72 \pm 1,40	=	11,67 \pm 0,45	>	5,65 \pm 0,42	=	6,50 \pm 0,56
C-09	1,30 \pm 0,23	=	0,95 \pm 0,12	<	16,033 \pm 1,644	>	11,31 \pm 0,78	>	5,00 \pm 0,80	=	6,39 \pm 0,66	>	4,79 \pm 0,49
C-10	1,37 \pm 0,19	=	1,55 \pm 0,34	<	10,613 \pm 0,873	=	10,23 \pm 0,69	>	5,17 \pm 0,74	=	4,36 \pm 0,48	>	3,27 \pm 0,36

Tabla 12. (Continuación).

Estación	Verano 2005		Invierno 2005		Verano 2006		Invierno 2006		Verano 2007		Invierno 2007		Verano 2008
C-01	1,54 ± 0,32	<	4,59 ± 0,72	>	3,02 ± 0,17	<	10,11 ± 2,13	>	3,43 ± 0,30	<	4,04 ± 0,22	=	4,89 ± 0,88
C-02	3,08 ± 0,44	=	3,87 ± 0,31	=	4,48 ± 0,45	<	7,49 ± 1,02	>	3,48 ± 0,83	=	4,12 ± 0,23	=	4,76 ± 0,51
C-03	5,50 ± 1,08	=	4,78 ± 0,48	<	5,48 ± 0,20	<	10,40 ± 2,83	=	7,41 ± 1,06	=	7,71 ± 0,79	>	6,23 ± 0,46
C-04	7,11 ± 1,02	>	4,46 ± 0,49	<	7,67 ± 0,20	=	11,60 ± 2,71	=	7,69 ± 1,50	=	6,65 ± 0,31	=	6,44 ± 0,27
C-13	5,00 ± 1,29	=	4,95 ± 0,19	=	4,87 ± 0,24	<	26,07 ± 3,93	>	4,46 ± 0,39	=	4,40 ± 0,56	<	10,27 ± 0,12
C-08	6,50 ± 0,56	>	4,90 ± 0,30	<	8,12 ± 0,14	=	10,49 ± 2,26	=	8,58 ± 1,96	=	6,92 ± 0,25	=	7,27 ± 0,215
C-09	4,79 ± 0,49	=	4,94 ± 0,20	=	4,89 ± 0,22	<	9,76 ± 1,10	>	4,27 ± 0,75	=	4,00 ± 0,16	<	10,84 ± 1,70
C-10	3,27 ± 0,36	<	4,30 ± 0,31	<	5,38 ± 0,27	<	14,97 ± 3,10	>	4,49 ± 1,26	=	4,16 ± 0,17	=	4,92 ± 0,49

Estación	Verano 2008		Invierno 2008		Verano 2009
C-01	4,89 ± 0,88	<	8,185 ± 0,571	>	6,500 ± 0,162
C-02	4,76 ± 0,51	<	7,640 ± 0,757	=	6,397 ± 0,523
C-03	6,23 ± 0,46	<	7,870 ± 0,309	=	7,410 ± 0,474
C-04	6,44 ± 0,27	=	6,503 ± 0,506	=	5,640 ± 0,308
C-13	10,27 ± 0,12	>	5,070 ± 0,075	<	6,467 ± 0,095
C-08	7,27 ± 0,215	=	7,140 ± 0,511	>	5,047 ± 0,199
C-09	10,84 ± 1,70	>	4,893 ± 0,208	<	5,373 ± 0,135
C-10	4,92 ± 0,49	=	4,937 ± 0,276	=	4,827 ± 0,236

Tabla 13. Concentraciones promedios \pm desviación estándar de plomo ($\mu\text{g l}^{-1}$) en agua de mar determinadas en Bahía Caldera entre 1999 y 2009. Los signos $<$, $>$, $=$ significan valores significativamente mayores, menores ($p < 0,05$) o ausencia de diferencias significativas ($p > 0,05$), respectivamente.

Estación	Verano 1999	Invierno 1999	Verano 2000	Invierno 2000	Verano 2001	Invierno 2001	Verano 2002
C-01	0,020 \pm 0,002	= 0,014 \pm 0,004	< 0,029 \pm 0,003	= 0,026 \pm 0,006	= 0,028 \pm 0,006	= 0,025 \pm 0,003	> 0,016 \pm 0,003
C-02	0,017 \pm 0,005	= 0,015 \pm 0,005	= 0,025 \pm 0,012	= 0,027 \pm 0,004	= 0,031 \pm 0,005	= 0,028 \pm 0,003	> 0,017 \pm 0,001
C-03	0,020 \pm 0,001	= 0,016 \pm 0,003	= 0,012 \pm 0,002	= 0,022 \pm 0,006	= 0,025 \pm 0,002	= 0,024 \pm 0,002	> 0,014 \pm 0,002
C-04	0,017 \pm 0,004	< 0,026 \pm 0,003	< 0,053 \pm 0,009	> 0,027 \pm 0,004	= 0,034 \pm 0,003	> 0,018 \pm 0,001	= 0,013 \pm 0,004
C-13	0,033 \pm 0,003	> 0,011 \pm 0,001	< 0,025 \pm 0,006	= 0,031 \pm 0,004	= 0,029 \pm 0,003	= 0,023 \pm 0,002	> 0,016 \pm 0,002
C-08	0,028 \pm 0,003	= 0,027 \pm 0,002	= 0,030 \pm 0,006	= 0,023 \pm 0,002	= 0,028 \pm 0,003	> 0,017 \pm 0,003	= 0,015 \pm 0,003
C-09	0,038 \pm 0,002	> 0,014 \pm 0,003	< 0,029 \pm 0,007	= 0,017 \pm 0,003	< 0,029 \pm 0,002	> 0,021 \pm 0,006	> 0,013 \pm 0,003
C-10	0,025 \pm 0,005	= 0,021 \pm 0,001	= 0,023 \pm 0,004	= 0,023 \pm 0,004	< 0,035 \pm 0,003	> 0,019 \pm 0,000	= 0,016 \pm 0,003

Estación	Verano 2002	Invierno 2002	Verano 2003	Invierno 2003	Verano 2004	Invierno 2004	Verano 2005
C-01	0,016 \pm 0,003	= 0,018 \pm 0,002	< 0,129 \pm 0,027	> 0,063 \pm 0,011	> 0,017 \pm 0,003	< 0,057 \pm 0,018	> 0,019 \pm 0,004
C-02	0,017 \pm 0,001	= 0,016 \pm 0,004	= 0,017 \pm 0,003	> 0,013 \pm 0,001	< 0,029 \pm 0,011	= 0,017 \pm 0,002	< 0,024 \pm 0,004
C-03	0,014 \pm 0,002	= 0,017 \pm 0,003	= 0,016 \pm 0,002	= 0,013 \pm 0,003	= 0,019 \pm 0,005	< 0,045 \pm 0,013	= 0,030 \pm 0,010
C-04	0,013 \pm 0,004	= 0,015 \pm 0,004	= 0,013 \pm 0,005	= 0,013 \pm 0,003	< 0,020 \pm 0,001	= 0,026 \pm 0,006	= 0,035 \pm 0,007
C-13	0,016 \pm 0,002	= 0,018 \pm 0,002	= 0,021 \pm 0,007	= 0,015 \pm 0,003	= 0,019 \pm 0,001	< 0,039 \pm 0,005	= 0,031 \pm 0,008
C-08	0,015 \pm 0,003	= 0,015 \pm 0,002	= 0,017 \pm 0,004	= 0,013 \pm 0,001	< 0,034 \pm 0,014	= 0,027 \pm 0,004	= 0,039 \pm 0,022
C-09	0,013 \pm 0,003	= 0,015 \pm 0,004	= 0,015 \pm 0,002	= 0,014 \pm 0,002	< 0,028 \pm 0,004	= 0,032 \pm 0,006	= 0,035 \pm 0,010
C-10	0,016 \pm 0,003	= 0,014 \pm 0,002	= 0,021 \pm 0,005	= 0,020 \pm 0,001	< 0,030 \pm 0,001	< 0,065 \pm 0,010	> 0,035 \pm 0,039

Tabla 13. (Continuación).

Estación	Verano 2005	Invierno 2005	Verano 2006	Invierno 2006	Verano 2007	Invierno 2007	Verano 2008
C-01	0,019 ± 0,004 =	0,021 ± 0,001 <	0,043 ± 0,007 =	0,036 ± 0,005 =	0,034 ± 0,004 >	0,017 ± 0,002 <	0,038 ± 0,002
C-02	0,024 ± 0,004 =	0,021 ± 0,002 <	0,027 ± 0,002 =	0,031 ± 0,003 =	0,034 ± 0,002 >	0,024 ± 0,001 <	0,036 ± 0,002
C-03	0,030 ± 0,010 =	0,027 ± 0,002 =	0,037 ± 0,010 =	0,029 ± 0,006 <	0,040 ± 0,002 >	0,034 ± 0,002 <	0,040 ± 0,002
C-04	0,035 ± 0,007 >	0,019 ± 0,001 <	0,026 ± 0,002 =	0,033 ± 0,008 =	0,047 ± 0,004 >	0,028 ± 0,001 <	0,047 ± 0,002
C-13	0,031 ± 0,008 =	0,021 ± 0,002 =	0,027 ± 0,003 =	0,061 ± 0,003 <	0,071 ± 0,002 >	0,027 ± 0,001 <	0,071 ± 0,002
C-08	0,039 ± 0,022 =	0,019 ± 0,001 =	0,039 ± 0,009 =	0,043 ± 0,008 =	0,048 ± 0,002 >	0,034 ± 0,001 <	0,052 ± 0,003
C-09	0,035 ± 0,010 =	0,022 ± 0,001 <	0,033 ± 0,003 =	0,037 ± 0,009 =	0,043 ± 0,002 >	0,032 ± 0,002 <	0,043 ± 0,003
C-10	0,035 ± 0,039 <	0,029 ± 0,001 =	0,032 ± 0,003 <	0,052 ± 0,004 =	0,053 ± 0,002 >	0,028 ± 0,001 <	0,053 ± 0,002

Estación	Verano 2008	Invierno 2008	Verano 2009
C-01	0,038 ± 0,002 >	0,029 ± 0,002 >	0,023 ± 0,001
C-02	0,036 ± 0,002 >	0,025 ± 0,001 >	0,022 ± 0,001
C-03	0,040 ± 0,002 >	0,031 ± 0,001 >	0,022 ± 0,001
C-04	0,047 ± 0,002 >	0,029 ± 0,001 >	0,022 ± 0,001
C-13	0,071 ± 0,002 >	0,026 ± 0,001 =	0,023 ± 0,001
C-08	0,052 ± 0,003 >	0,033 ± 0,001 >	0,021 ± 0,001
C-09	0,043 ± 0,003 >	0,033 ± 0,001 >	0,022 ± 0,001
C-10	0,053 ± 0,002 >	0,029 ± 0,003 =	0,024 ± 0,002

Tabla 14. Concentraciones promedios \pm desviación estándar de cadmio ($\mu\text{g l}^{-1}$) en agua de mar determinadas en Bahía Caldera entre 1999 y 2009. Los signos $<$, $>$, $=$ significan valores significativamente mayores, menores ($p < 0,05$) o ausencia de diferencias significativas ($p > 0,05$), respectivamente.

Estación	Verano 1999		Invierno 1999		Verano 2000		Invierno 2000		Verano 2001		Invierno 2001		Verano 2002
C-01	0,048 \pm 0,009	>	0,023 \pm 0,002	=	0,025 \pm 0,001	=	0,020 \pm 0,007	=	0,024 \pm 0,006	<	0,054 \pm 0,004	>	0,040 \pm 0,007
C-02	0,039 \pm 0,004	=	0,035 \pm 0,003	=	0,032 \pm 0,001	=	0,031 \pm 0,010	>	0,020 \pm 0,002	<	0,073 \pm 0,036	=	0,033 \pm 0,005
C-03	0,043 \pm 0,005	>	0,025 \pm 0,002	=	0,024 \pm 0,003	=	0,027 \pm 0,007	=	0,021 \pm 0,003	<	0,065 \pm 0,022	>	0,030 \pm 0,001
C-04	0,026 \pm 0,009	=	0,034 \pm 0,008	=	0,034 \pm 0,002	=	0,031 \pm 0,003	=	0,028 \pm 0,002	=	0,039 \pm 0,011	=	0,044 \pm 0,005
C-13	0,022 \pm 0,014	=	0,030 \pm 0,002	>	0,021 \pm 0,001	=	0,017 \pm 0,004	=	0,022 \pm 0,001	<	0,041 \pm 0,008	=	0,034 \pm 0,001
C-08	0,031 \pm 0,003	=	0,028 \pm 0,003	=	0,029 \pm 0,003	<	0,045 \pm 0,006	>	0,017 \pm 0,001	<	0,040 \pm 0,008	=	0,030 \pm 0,005
C-09	0,082 \pm 0,013	>	0,030 \pm 0,001	=	0,030 \pm 0,001	=	0,039 \pm 0,004	>	0,024 \pm 0,001	<	0,051 \pm 0,004	>	0,026 \pm 0,004
C-10	0,016 \pm 0,003	=	0,017 \pm 0,004	<	0,031 \pm 0,001	=	0,023 \pm 0,005	=	0,021 \pm 0,004	<	0,043 \pm 0,002	>	0,026 \pm 0,005

Estación	Verano 2002		Invierno 2002		Verano 2003		Invierno 2003		Verano 2004		Invierno 2004		Verano 2005
C-01	0,040 \pm 0,007	<	0,056 \pm 0,013	=	0,043 \pm 0,008	>	0,023 \pm 0,003	>	0,015 \pm 0,004	<	0,076 \pm 0,011	>	0,039 \pm 0,009
C-02	0,033 \pm 0,005	=	0,042 \pm 0,007	=	0,049 \pm 0,004	=	0,035 \pm 0,012	>	0,013 \pm 0,006	<	0,075 \pm 0,024	=	0,049 \pm 0,034
C-03	0,030 \pm 0,001	<	0,057 \pm 0,004	=	0,053 \pm 0,005	>	0,035 \pm 0,006	>	0,026 \pm 0,004	<	0,086 \pm 0,031	>	0,044 \pm 0,011
C-04	0,044 \pm 0,005	>	0,034 \pm 0,003	<	0,048 \pm 0,007	=	0,046 \pm 0,001	>	0,031 \pm 0,002	<	0,079 \pm 0,012	>	0,046 \pm 0,008
C-13	0,034 \pm 0,001	<	0,049 \pm 0,008	=	0,059 \pm 0,009	>	0,040 \pm 0,002	>	0,032 \pm 0,003	<	0,083 \pm 0,009	>	0,037 \pm 0,010
C-08	0,030 \pm 0,005	<	0,056 \pm 0,004	<	0,063 \pm 0,004	=	0,067 \pm 0,008	=	0,063 \pm 0,007	<	0,070 \pm 0,005	<	0,224 \pm 0,015
C-09	0,026 \pm 0,004	<	0,065 \pm 0,003	=	0,056 \pm 0,005	>	0,039 \pm 0,004	=	0,035 \pm 0,002	=	0,059 \pm 0,018	=	0,063 \pm 0,017
C-10	0,026 \pm 0,005	<	0,047 \pm 0,011	=	0,043 \pm 0,004	=	0,048 \pm 0,003	>	0,031 \pm 0,002	<	0,078 \pm 0,008	>	0,061 \pm 0,010

Tabla 14. (Continuación).

Estación	Verano 2005		Invierno 2005		Verano 2006		Invierno 2006		Verano 2007		Invierno 2007		Verano 2008
C-01	0,039 ± 0,009	=	0,032 ± 0,004	=	0,036 ± 0,009	<	0,064 ± 0,004	=	0,064 ± 0,003	>	0,028 ± 0,002	<	0,061 ± 0,003
C-02	0,049 ± 0,034	=	0,051 ± 0,004	=	0,050 ± 0,014	=	0,068 ± 0,008	=	0,056 ± 0,002	>	0,033 ± 0,001	<	0,056 ± 0,002
C-03	0,044 ± 0,011	=	0,032 ± 0,003	<	0,042 ± 0,003	=	0,037 ± 0,008	<	0,053 ± 0,008	>	0,034 ± 0,002	<	0,054 ± 0,001
C-04	0,046 ± 0,008	>	0,029 ± 0,005	<	0,049 ± 0,007	<	0,077 ± 0,005	>	0,064 ± 0,002	>	0,037 ± 0,001	<	0,060 ± 0,002
C-13	0,037 ± 0,010	=	0,031 ± 0,006	<	0,044 ± 0,004	<	0,059 ± 0,005	=	0,060 ± 0,005	>	0,047 ± 0,001	<	0,056 ± 0,003
C-08	0,224 ± 0,015	>	0,039 ± 0,003	=	0,117 ± 0,048	=	0,064 ± 0,008	=	0,059 ± 0,002	>	0,034 ± 0,002	<	0,059 ± 0,003
C-09	0,063 ± 0,017	>	0,032 ± 0,003	<	0,108 ± 0,017	>	0,050 ± 0,007	=	0,046 ± 0,003	=	0,037 ± 0,009	=	0,048 ± 0,002
C-10	0,061 ± 0,010	>	0,039 ± 0,003	<	0,089 ± 0,005	>	0,059 ± 0,004	>	0,050 ± 0,002	=	0,046 ± 0,003	=	0,049 ± 0,003

Estación	Verano 2008		Invierno 2008		Verano 2009
C-01	0,061 ± 0,003	>	0,032 ± 0,002	>	0,026 ± 0,002
C-02	0,056 ± 0,002	>	0,030 ± 0,002	=	0,019 ± 0,005
C-03	0,054 ± 0,001	>	0,034 ± 0,002	>	0,022 ± 0,001
C-04	0,060 ± 0,002	>	0,032 ± 0,003	>	0,023 ± 0,002
C-13	0,056 ± 0,003	>	0,035 ± 0,002	>	0,022 ± 0,002
C-08	0,059 ± 0,003	>	0,032 ± 0,003	>	0,023 ± 0,001
C-09	0,048 ± 0,002	>	0,036 ± 0,001	>	0,022 ± 0,002
C-10	0,049 ± 0,003	>	0,031 ± 0,002	>	0,023 ± 0,002

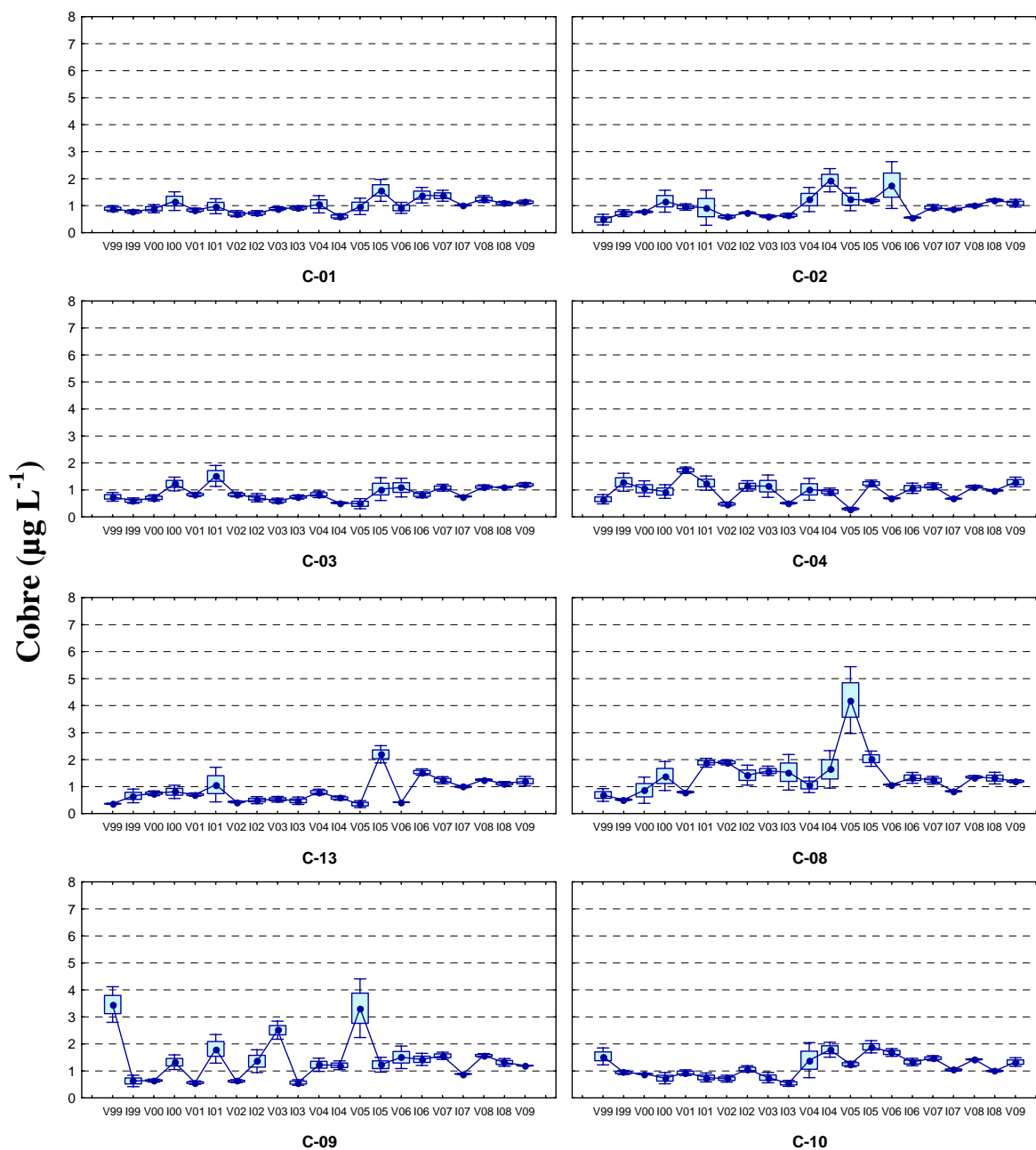


Figura 16. Distribución espacio-temporal de cobre ($\mu\text{g l}^{-1}$) en agua de mar de Bahía Caldera para el período 1999 - 2009.

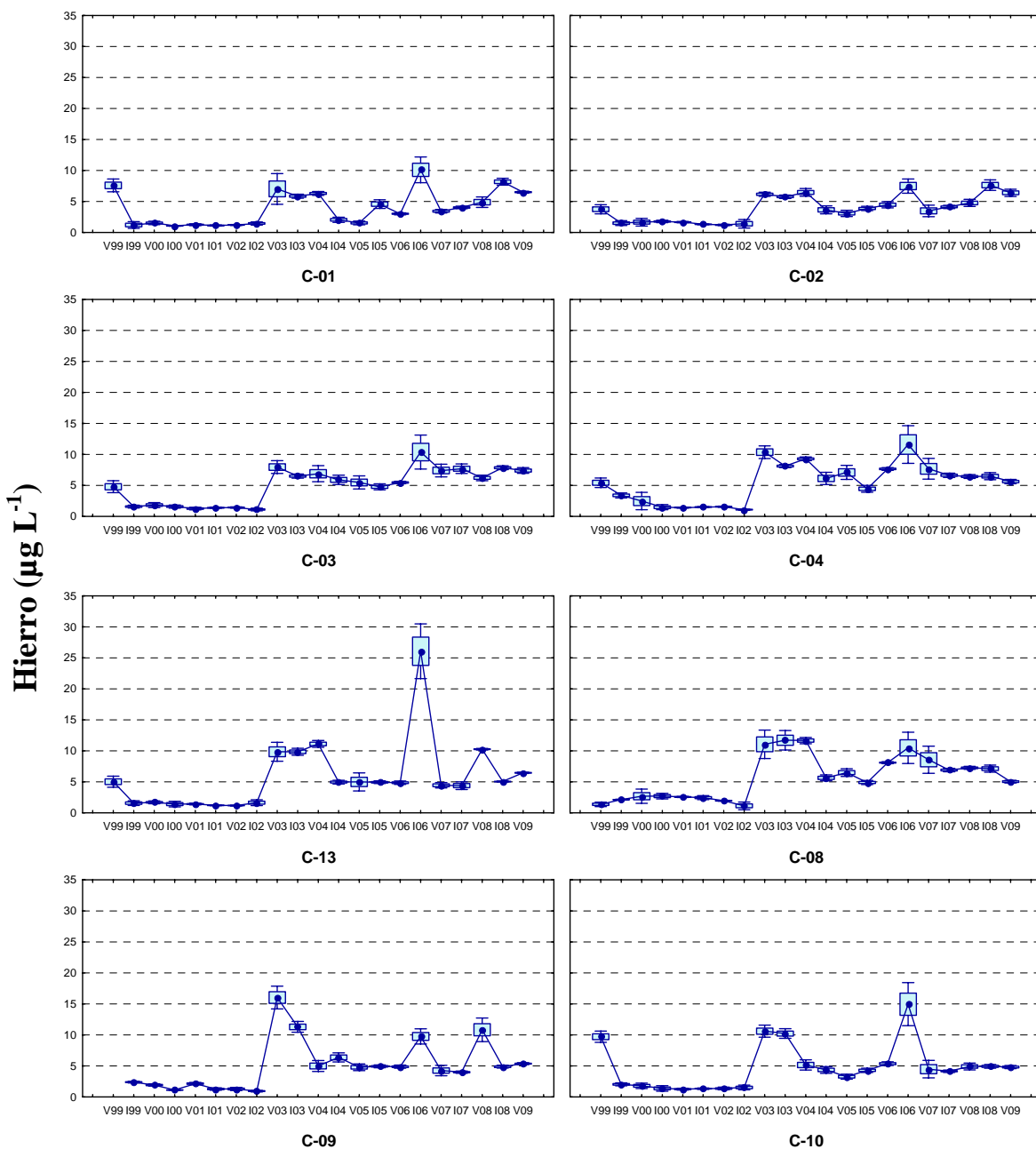


Figura 17. Distribución espacio-temporal de hierro ($\mu\text{g L}^{-1}$) en agua de mar de Bahía Caldera para el período 1999 - 2009.

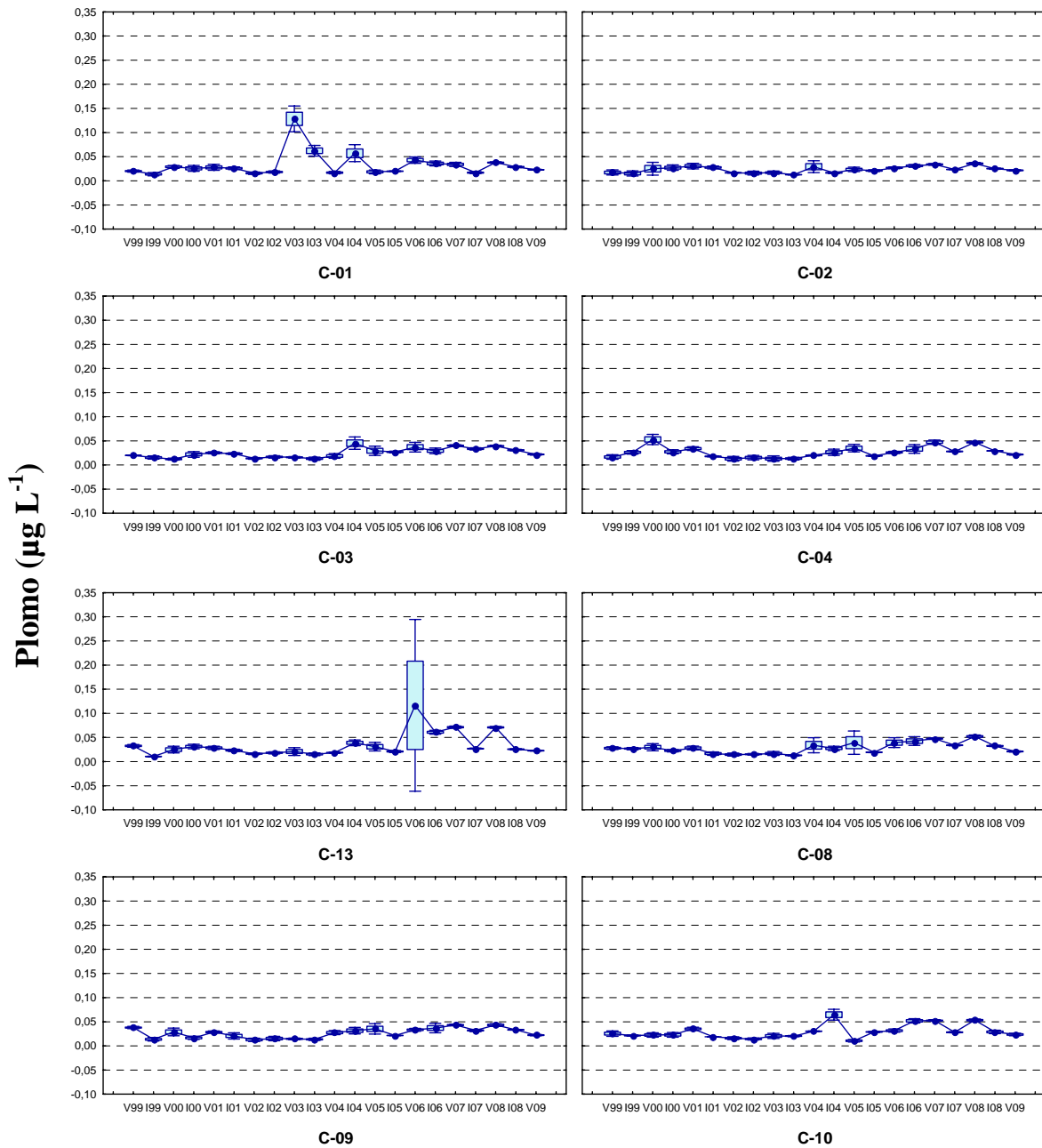


Figura 18 Distribución espacio-temporal de plomo ($\mu\text{g l}^{-1}$) en agua de mar de Bahía Caldera para el período 1999 - 2009.

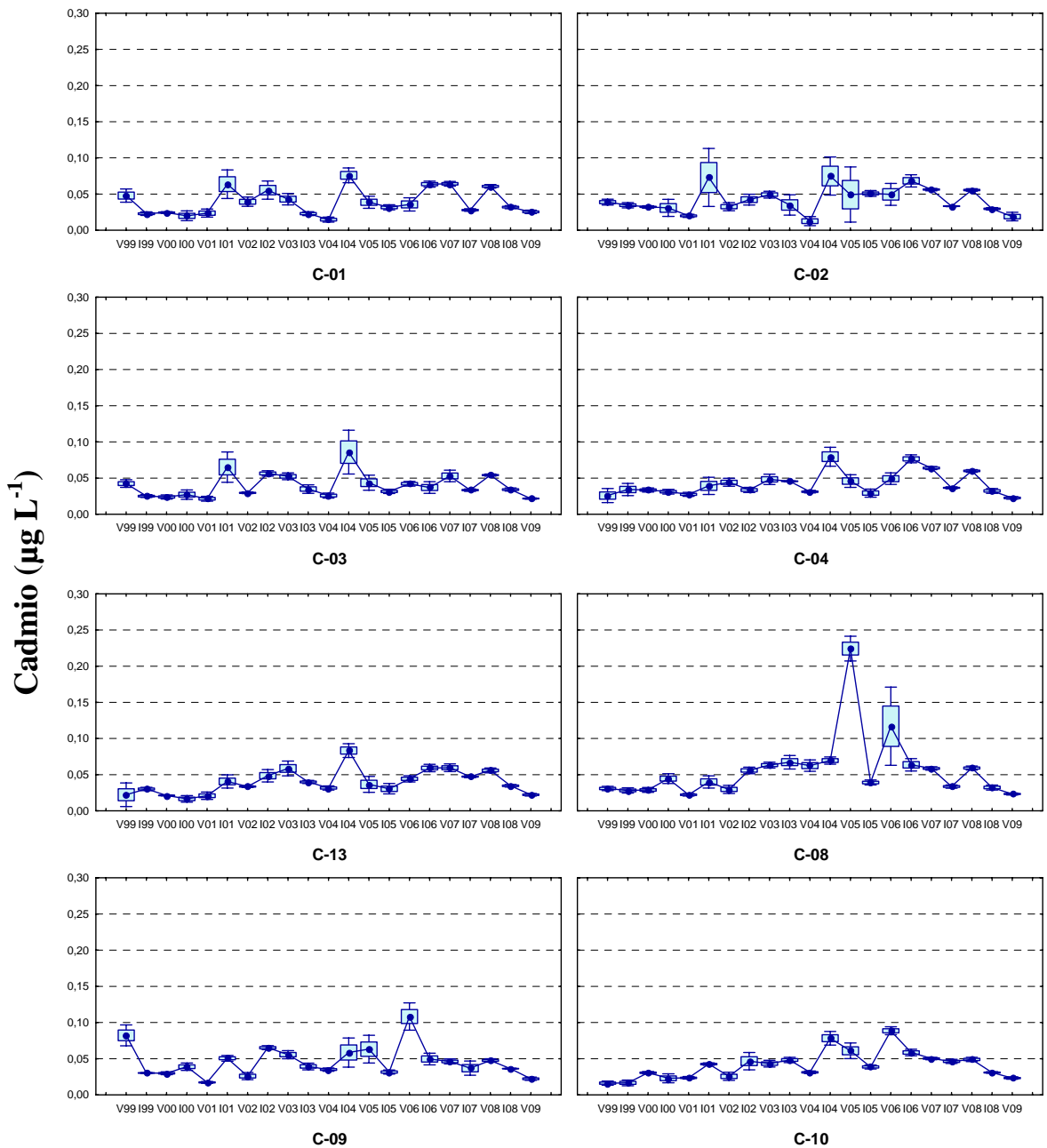


Figura 19 Distribución espacio-temporal de cadmio ($\mu\text{g l}^{-1}$) en agua de mar de Bahía Caldera para el período 1999 – 2009.

COMENTARIOS DE LOS RESULTADOS DE HIDROGRAFÍA Y CONTENIDO DE ELEMENTOS TRAZA EN AGUA DE MAR

- Durante la campaña de verano de 2009, tanto la distribución de temperatura y salinidad presentaron valores que se enmarcan en los rangos reportados históricamente para Bahía Caldera en períodos invernales anteriores (1996-2007). El análisis vertical reveló un alto grado de estratificación vertical en los primeros 10 m de la columna de agua para las variables temperatura y densidad, con termoclinas y picnoclinas asociadas a este estrato. En términos salinos no se evidenció estratificación vertical ni la presencia de una zona de haloclinas desarrolladas.
- La concentración de oxígeno disuelto durante esta campaña, evidenció una columna de agua bien oxigenada, especialmente en el estrato superficial y caracterizada por el dominio en todo el perfil de concentraciones de oxígeno entre 4 y 7 ml l⁻¹. Durante esta campaña no se verificó la influencia de procesos de surgencia hacia el interior de la bahía. Durante este período se establece la ausencia de estructuras verticales (oxiclinas), observándose más bien un descenso uniforme de la concentración hacia estratos más profundos. De igual manera, el pH evidenció una disminución relativamente constante con la profundidad.
- La concentración de cobre en agua de mar durante la presente campaña no presentó diferencias estadísticas con los valores registrados durante la campaña anterior (invierno de 2008). Las concentraciones de cobre observadas en esta campaña se distribuyeron en un estrecho rango de variación fluctuando entre los 1,093 y los 1,330 µg l⁻¹.
- Durante esta campaña, las concentraciones de hierro fueron similares o inferiores a las informadas durante agosto de 2008, a excepción de las estaciones C-09 y C-13, las cuales presentaron concentraciones comparativamente mayores. Las mayores concentraciones de hierro se determinaron en la estación C-03, con un valores promedio de 7,41 µg l⁻¹. El resto de las estaciones oscilaron entre los 4,83 y 6,50 µg l⁻¹, asociadas a las estaciones C-10 y C-01, respectivamente.
- Los valores de plomo en agua de mar determinados presentaron concentraciones menores a las registradas en la campaña invernal de 2008, verificándose un estrecho rango de variación entre los distintos sectores de la bahía, donde las concentraciones promedio oscilaron entre 0,021 y 0,024 µg l⁻¹.
- Durante esta campaña, el cadmio evidenció concentraciones menores o iguales a las reportadas en el invierno de 2008. En términos generales, la distribución de las concentraciones de cadmio al interior de Bahía Caldera evidenció un estrecho rango de variación, donde los valores oscilaron entre 0,019 (estación C-02) y 0,026 µg l⁻¹ (estación C-01). Los valores registrados durante esta campaña constituyen las menores concentraciones promedio desde el verano de 2001 para esta variable.



III.3. FAUNA BENTÓNICA

Los resultados del análisis de la fauna bentónica recolectada durante la presente campaña de monitoreo, es presentada en las Tablas 15 y 16, y en las Figuras 20 y 21.

Tabla 15. Composición de la fauna bentónica en Bahía Caldera durante la campaña estival de 2009.

Taxa	Número especies	Porcentaje	Número individuos	Porcentaje
Mollusca	22	53,66	740	83,05
Crustácea	13	31,71	115	12,91
Echinodermata	2	4,88	6	0,67
Otras	4	9,76	30	3,36
Total	41	100	891	100

Tabla 16. Abundancia de especies e individuos por transecta en Bahía Caldera durante la campaña estival de 2009.

Transecta	Número especies	Número individuos	Densidad (n m ⁻²)
T-I (A)	14	122	0,38
T-I (B)	22	261	0,82
T-II (A)	15	132	0,41
T-II (B)	19	227	0,71
T-III (A)	17	118	0,37
T-III (B)	6	31	0,10

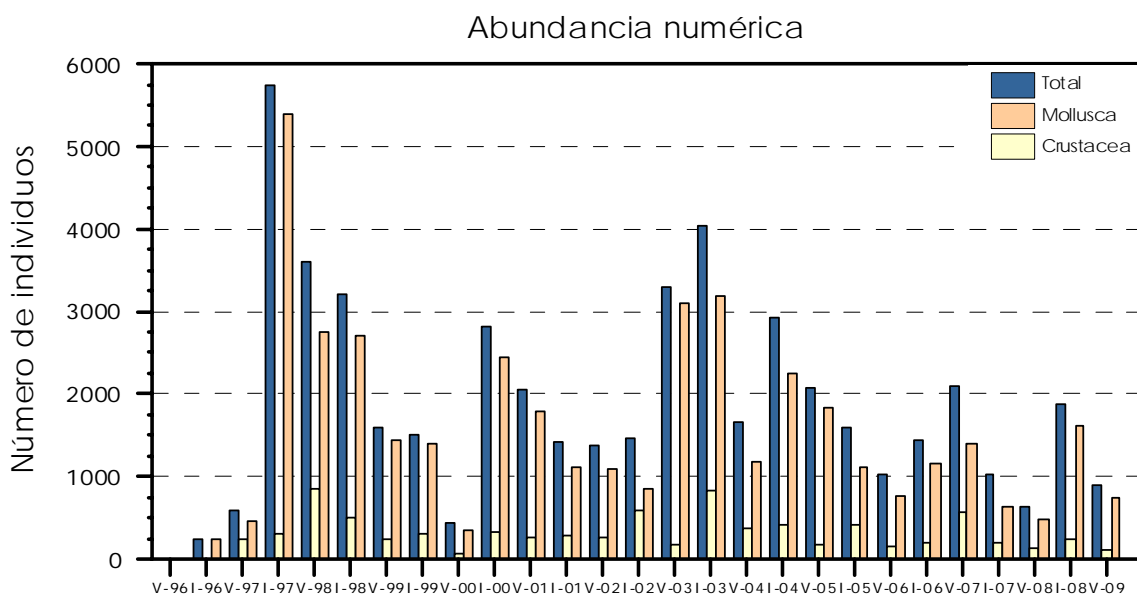


Figura 20 Análisis histórico de la abundancia numérica para el período 1996-2009 (incluyendo campañas estivales e invernales) en Bahía Caldera.

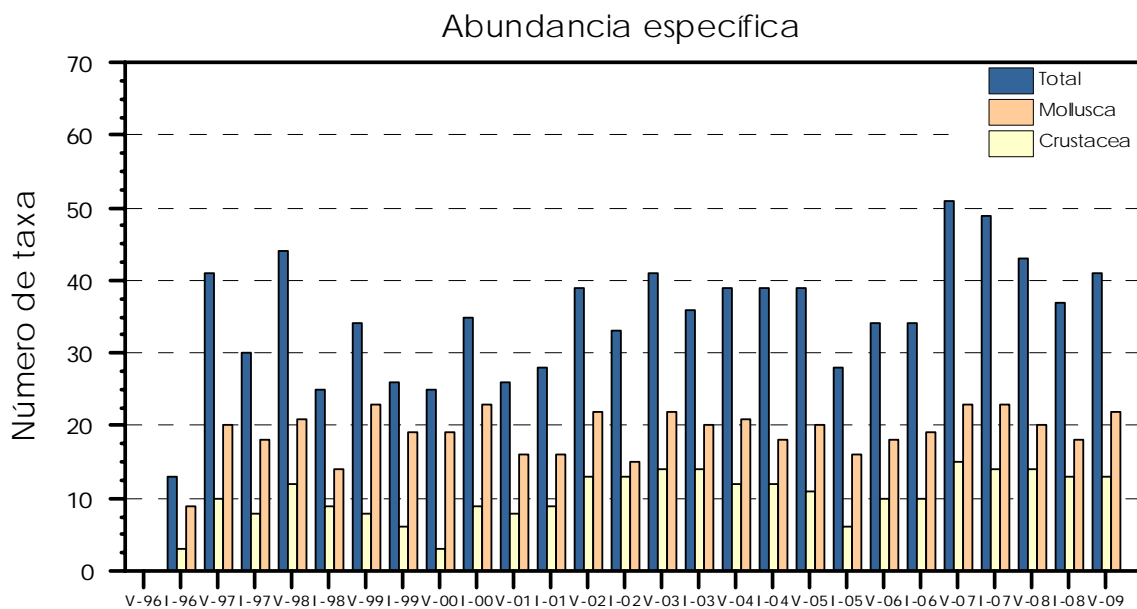


Figura 21. Análisis histórico de la abundancia específica para el período 1996-2009 (incluyendo campañas estivales e invernales) en Bahía Caldera.

COMENTARIOS A LOS RESULTADOS DE FAUNA BENTÓNICA

- La comunidad epibentónica en bahía Caldera durante el período estival de 2009 estuvo compuesta por un total de 41 especies o taxa diferenciadas, las cuales fueron agrupadas en 8 grupos taxonómicos mayores. El grupo Mollusca continúa siendo el mejor representado en el área con el 53,7% de las especies y seguido de Crustacea con el 31,7%. Destaca en esta campaña la baja presencia de especies del grupo Echinodermata, del cual se colectó solo dos taxa.
- La abundancia numérica total, incluyendo la totalidad de lances realizados en el área, fue de 891 individuos. Este valor indica una disminución respecto al muestreo del período invernal de 2008 (1.879 ind) y se ajusta al rango de los menores valores históricos para el área.
- Entre las especies más abundantes destacó nuevamente el gastrópodo *Nassarius sp* con el 37% del total del área. Esta especie fue especialmente abundante en los dos lances de los transectos T-I y T-II y ha dominado el área prácticamente en todas las campañas anteriores. También destacó el gastrópodo *Priene scabrum* con cerca del 20%, especie que igualmente se ha mantenido en el tiempo entre las más abundantes. Ambas especies de gastrópodos fueron colectados en todos los lances. Destacó además, y por primera vez, el crustáceo *Beatus truncatus* con algo más del 5,7% del total del área. Es importante mencionar la baja abundancia de *Pagurus sp.* y *Turritella cingulata.* que han sido especies importante en número en la mayoría de las campañas anteriores.
- Finalmente, podemos concluir en un sentido histórico, que la comunidad epibentónica submareal de Bahía Caldera, no ha mostrado cambios importantes en su estructura y composición, manteniéndose en el rango de menores valores de abundancia. Las especies dominantes siguen siendo las mismas que en la mayoría de los monitoreos, destacando principalmente moluscos gastrópodos como *Nassarius sp.* y *Priene scabrum.* El sector interno de la bahía, que históricamente había presentado mayores densidades, no se diferenció en forma importante y mostró similares niveles en sus índices comunitarios con el sector de Punta Padrones. De este modo, las diferentes áreas de la bahía mostraron en esta oportunidad mayor similaridad faunística.

IV.- COMENTARIO GENERAL A LOS RESULTADOS DE LA CAMPAÑA ESTIVAL DE 2009

- La concentración de metales en sedimentos sublitorales reveló que los elementos traza determinados durante la campaña estival de 2009 presentaron concentraciones similares o inferiores a las informadas a la campaña precedente (agosto de 2008).
- De manera similar a lo verificado en sedimentos, la concentración promedio general de los elementos traza evaluados en agua de mar presentaron concentraciones similares o inferiores respecto de lo informado en la campaña inmediatamente anterior (invierno de 2008).
- Las variables hidrográficas registradas durante la presente campaña revelaron aguas que estuvieron enmarcados en los registros históricos de temperatura y salinidad al interior de Bahía Caldera (período 1999-2007) no observándose diferencias significativas en términos de la distribución espacial en relación a lo informado para períodos estivales anteriores para el área evaluada.
- La comunidad epibentónica del área submareal de Bahía Caldera mantuvo su estructura comunitaria durante el período invernal de 2008, con una clara dominancia de especies de moluscos gastrópodos y crustáceos. El sector interno de la bahía, que históricamente había presentado mayores densidades, no se diferenció en forma importante y mostró similares niveles en sus índices comunitarios con el sector de Punta Padrones, mostrando todos los sectores de la bahía mayor similaridad faunística.

V.- LITERATURA CITADA

- American Official Analytical Chemist (AOAC). 1984.** Metals and other elements at trace levels in foods. 25:444-445.
- Bryan, G. W. 1976.** Heavy metals contamination in the sea. In: Marine Pollution. Ed. by R. Johnson. Academic Press. Pp: 185-302.
- CPPS/PNUMA. 1993.** Estudio de impacto ambiental de la descarga submarina en le Puerto de Coloso. Informes y estudios del Programa de Mares regionales de PNUMA N° 153.
- EPA. 1999.** National recommended water quality criteria-correction. USEPA 822-Z-99-0001. 25 p.
- Folk, R.L. 1974.** Petrology of sedimentary rocks. Hemphill Pub. Co. Austin, Texas. 182 pp.
- Folk, R.L. & W. C. Ward 1957.** Brazos River bar, a study in the significance of grain size parameters. Jour. Sed. Petrol., 27: 3-26.
- Furness & Rainbow. 1990.** Heavy metals in the environment. CRC Press, Inc. 256 p.
- Holmes, N.A. & A. D. McIntyre. 1971.** Methods for the study of marine benthos. Blacwell Scientific Publications, Oxford and Edinburgh. IBP Handbook n° 16. 334 pp.
- Instituto Nacional de Normalización (INN). 1994a.** Nch 411/3, Guía sobre la preservación y manejo de muestras. 34 pp.
- Instituto Nacional de Normalización (INN). 1994b.** Nch 411/2, Guía sobre técnicas de muestreo. 15 pp.
- SHOA. 2005.** Instrucciones Oceanográficas N° 1: Especificaciones técnicas para mediciones y análisis oceanográficos. 3° Edición. Servicio Hidrográfico. Armada de Chile. 22 págs.
- Standard Methods for Examination of Wastewater. 1992.** 18th Edition. Edited by A. E. Greenberg, L. S. Clescerl and A. D. Eaton.
- Wentworth, C. K. 1922.** A scale grade and classterm for clastic sediments. Journal of Geology, 30(5): 337-392.



ANEXOS





DETERMINACIONES ELEMENTOS TRAZA EN AGUA DE MAR DE CALDERA (a). MONITOREO DE INVIERNO, MUESTRAS COLECTADAS EN ENERO DE 2009. MINERA CANDELARIA.

MUESTRA	Fe ($\mu\text{g/L}$)	Cu ($\mu\text{g/L}$)	Cd ($\mu\text{g/L}$)	Pb ($\mu\text{g/L}$)
C01-R1	6,26	1,13	0,024	0,024
C01-R2	6,60	1,04	0,025	0,023
C01-R3A	6,60	1,23	0,029	0,023
C01-R3B	6,54	1,12	0,024	0,022
C02-R1	5,97	1,03	0,013	0,021
C02-R2	6,24	1,01	0,023	0,023
C02-R3	6,98	1,24	0,021	0,021
C03-R1	7,80	1,17	0,022	0,024
C03-R2	7,84	1,28	0,021	0,022
C03-R3A	7,03	1,23	0,021	0,021
C03-R3B	6,97	1,08	0,023	0,021
C04-R1	5,31	1,37	0,021	0,021
C04-R2	5,69	1,11	0,023	0,021
C04-R3	5,92	1,40	0,024	0,023
C08-R1	4,83	1,22	0,024	0,020
C08-R2	5,22	1,14	0,024	0,022
C08-R3	5,09	1,23	0,022	0,021
C09-R1	5,51	1,20	0,023	0,021
C09-R2	5,24	1,21	0,024	0,023
C09-R3	5,37	1,18	0,020	0,023
C10-R1	4,56	1,22	0,023	0,021
C10-R2	4,91	1,49	0,022	0,025
C10-R3	5,01	1,28	0,025	0,025
C13-R1	6,50	1,30	0,022	0,022
C13-R2	6,36	1,29	0,024	0,023
C13-R3	6,54	1,02	0,021	0,023

(a) Concentración total disuelta.





CONTROL DE CALIDAD

MUESTRA	Fe ($\mu\text{g/L}$)	Cu ($\mu\text{g/L}$)	Cd ($\mu\text{g/L}$)	Pb ($\mu\text{g/L}$)
CASS-4	-	0,588	0,025	0,0088
	-	0,582	0,025	0,0101
	-	0,577	0,026	0,0099
PSAM	5,02	-	-	-
	5,11	-	-	-

Concentraciones Certificadas (NRC-CNRC) de CASS-4

Cu = 0,592 $\mu\text{g/L}$; Cd = 0,026 $\mu\text{g/L}$; Pb = 0,0098 $\mu\text{g/L}$
Fe = 5,0 $\mu\text{g/L}$ (PSAM = Patrón secundario de agua de mar, adición de estándar interno)

Domingo A. Román Silva



DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN TOTAL DE ELEMENTOS TRAZA EN SEDIMENTO MARINO. FRACCIÓN GRANULOMÉTRICA ≤ 2 mm, BASE SECA. MONITOREO DE INVIERNO, MUESTRAS COLECTADAS EN ENERO DE 2009. MINERA CANDELARIA.

MUESTRA	Cu ($\mu\text{g/g}$)	Cd ($\mu\text{g/g}$)	Pb ($\mu\text{g/g}$)	Fe ($\mu\text{g/g}$)	Zn ($\mu\text{g/g}$)
CO1- R1	12,9	0,281	4,36	958,6	22,7
CO1- R2	9,56	0,351	4,43	1003,9	30,2
CO1- R3A	12,7	0,407	4,13	1222,9	21,0
CO1- R3B	13,6	0,452	4,11	1212,2	20,2
CO2- R1	177,0	0,560	5,71	2709,5	39,5
CO2- R2	164,0	0,594	7,37	3898,4	49,5
CO2- R3	171,0	0,475	6,52	2887,2	48,2
CO3- R1	11,5	0,330	3,76	1160,0	49,4
CO3- R2	14,2	0,315	4,38	1322,9	53,0
CO3- R3A	10,8	0,403	4,39	1029,4	40,0
CO3- R3B	8,70	0,373	4,11	1236,0	41,4
CO4- R1	29,5	1,08	3,07	2906,3	39,9
CO4- R2	26,7	1,30	3,24	2858,5	39,4
CO4- R3	31,1	1,55	3,38	2743,8	36,0
CO8- R1	107,6	0,320	11,5	3267,4	33,3
CO8- R2	119,1	0,318	14,0	3306,8	27,7
CO8- R3	136,4	0,321	13,3	3148,6	39,3
CO9- R1	236,9	0,658	6,77	5614,2	86,2
CO9- R2	208,3	0,457	6,70	5494,3	91,4
CO9- R3	258,1	0,696	7,77	5967,5	54,2
C10- R1	12,7	0,932	2,28	5329,1	23,6
C10- R2	10,3	0,900	2,38	1694,5	29,2
C10- R3	12,7	0,837	2,38	1844,4	25,4
C13- R1	20,7	0,637	5,96	1958,4	28,7
C13- R2	23,1	0,580	8,07	2178,3	32,5
C13- R3	21,5	0,573	5,72	2356,5	34,6



CONTROL DE CALIDAD

MUESTRA	Cu ($\mu\text{g/g}$)	Cd ($\mu\text{g/g}$)	Pb ($\mu\text{g/g}$)	Fe ($\mu\text{g/g}$)	Zn ($\mu\text{g/g}$)
MESS-2	39,7	0,234	-	43056,3	171,5
HISS-1	-	-	2,96		5,09

Concentraciones Certificadas en **MESS – 2** (NRC-CNRC). BASE SECA
Cu = 39,3 $\mu\text{g/g}$; Cd = 0,24 $\mu\text{g/g}$; Pb = 21,9 $\mu\text{g/g}$; Fe: 43502,7 $\mu\text{g/g}$; Zn = 172,0
 $\mu\text{g/g}$

Concentraciones Certificadas en **HISS – 1** (NRC-CNRC). BASE SECA
Pb = 3,13 $\mu\text{g/g}$; Zn = 4,94 $\mu\text{g/g}$

Domingo A. Román Silva

ABUNDANCIA NUMÉRICA TOTAL DE ESPECIES COLECTADAS EN LOS TRANSECTOS DE BAHÍA CALDERA. ENERO 2009

Especie	Transecto I		Transecto II		Transecto III		Total	%
	A	B	A	B	A	B		
Mollusca								
<i>Turritella cingulata</i>	17	11	9	2	3		42	4,71
<i>Nassarius sp.</i>	45	93	67	88	21	15	329	36,92
<i>Oliva peruviana</i>	3	11		4	8	2	28	3,14
<i>Xanthochorus buxea</i>	2	13					15	1,68
<i>Tegula sp.</i>		2		1			3	0,34
<i>Priene scabrum</i>	21	41	21	56	35	8	182	20,43
<i>Polinices uber</i>			6	8			14	1,57
<i>Xanthochorus sp.</i>	11	9		4			24	2,69
<i>Tawera gayi</i>				1			1	0,11
<i>Argopecten purpuratus</i>				7	15	2	24	2,69
<i>Mitrella sp.</i>	2	19	9	6			36	4,04
<i>Nacella sp.</i>	7	9					16	1,80
<i>Chiton sp.</i>		1					1	0,11
<i>Glycimeris ovatus</i>				2			2	0,22
<i>Fisurella sp</i>	1	1					2	0,22
<i>Euromahlea sp.</i>		5					5	0,56
<i>Trophon sp.</i>		4			1		5	0,56
<i>Trancnella sp.</i>	1		2	1			4	0,45
<i>Mulinia sp.</i>			1		2		3	0,34
<i>Ensis macha</i>			1				1	0,11
Veneridae		2					2	0,22
Nudibranchia			1				1	0,11
Crustacea								
<i>Cancer setosus</i>		2	2	9	14	3	30	3,37
<i>Cancer coronatus</i>				3	5		8	0,90
<i>Mursia gaudichaudi</i>					1		1	0,11
<i>Pagurus sp.</i>				2			2	0,22
<i>Pinnixa sp.</i>					1		1	0,11
<i>Euripodius latreillei</i>			3		4		7	0,79
<i>Taliepus dentatus</i>			1		1		2	0,22
<i>Beatus truncatus</i>	9	21	4	13	3	1	51	5,72
<i>Gomezia serrata</i>					2		2	0,22
<i>Callianassa sp.</i>	1						1	0,11
Amphypoda			1				1	0,11
Gamaridae	1	3		4			8	0,90
<i>Pseudochoristes sicarius</i>					1		1	0,11
Echinodermata								
<i>Stichaster triatus</i>		2	1	2			5	0,56
<i>Arbacia sp.</i>		1					1	0,11
Polychaeta								
Nephtyidae		2					2	0,22
Miscelanea								
Porifera	1	6	3	12			22	2,47
Nemertinea				2	1		3	0,34
Priapulida		3					3	0,34
TOTAL	122	261	132	227	118	31	891	100
n° spp.	14	22	15	19	17	6	41	43

ANEXO FOTOGRÁFICO.



Muelle Punta Padrones



Lance sonda CTD



Obtención de muestras de sedimento





Obtención de muestras de agua



Avistamiento de delfines al interior de Bahía Caldera