



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología

Caracterización geoquímica de sedimentos de marismas del
Estero de Urías.

T E S I S

Que para optar por el grado académico de

Maestro en Ciencias

p r e s e n t a

Jorge Luis Serrato de la Peña

Tutor: Dra. Ana Carolina Ruíz Fernández
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM.

Comité Tutor: Dra. María Aurora Armienta Hernández
Instituto de Geofísica. UNAM.
Dr. Javier Francisco Flores Verdugo
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM.
Dra. María Teresa Ramírez Herrera
Instituto de Geografía. UNAM.
Dr. Federico Páez Osuna
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología

Universidad Nacional Autónoma de México

Caracterización geoquímica de sedimentos de marismas del
Estero de Urías.

T E S I S

Que para obtener el grado académico de

Maestro en Ciencias
(Química acuática)

p r e s e n t a

Jorge Luis Serrato de la Peña

Director de Tesis: Dra. Ana Carolina Ruíz Fernández

Comité Tutorial: Dra. María Aurora Armienta Hernández
Dr. Javier Francisco Flores Verdugo
Dra. María Teresa Ramírez Herrera
Dr. Federico Páez Osuna

Mazatlán, Sinaloa, 2014

El presente trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de Geoquímica Isotópica y Geocronología del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, y es parte del proyecto CONACYT-Ciencia Básica CB-2010-01/0153492 “Registros ambientales del cambio global: reconstrucción de cambios recientes (<100 años) en el nivel del mar a partir del estudio de sedimentos costeros”.

RESUMEN

Bajo la opinión generalizada de que el aumento del nivel del mar se ha acelerado durante el último siglo, la importancia de contar con registros recientes y confiables de cambios en el nivel del mar se vuelve cada vez más trascendente. El estudio geoquímico de sedimentos de marismas proporciona información que permite la reconstrucción de estos ambientes en el tiempo. En el presente trabajo se evalúan los cambios en la composición elemental de tres núcleos sedimentarios, fechados con ^{210}Pb que fueron recolectados en zonas de marisma del Estero de Urías, con el propósito de identificar los indicadores geoquímicos más apropiados para evaluar los cambios en la columna sedimentaria como resultado de la elevación en el nivel del mar durante los últimos 100 años.

Los perfiles con respecto a la profundidad de elementos indicadores de procedencia marina como Br y Cl muestran una tendencia creciente desde el fondo hacia la superficie, mientras que elementos indicadores de procedencia terrígena, como Rb y Zr, muestran una tendencia opuesta, lo cual sugiere una intrusión marina en ambientes donde solían predominar condiciones terrígenas.

Así mismo, se determinaron las concentraciones de Hg a través de espectroscopía de absorción atómica, y de Cu, Ni y V por medio de espectroscopía de fluorescencia de rayos-X. Los factores de enriquecimiento observados muestran en los últimos 4 años un enriquecimiento de hasta 2, 4 y 5 veces los niveles basales de Cu, Ni y V, respectivamente. El factor de enriquecimiento de Hg muestra valores máximos de hasta 14 a principios de la década de 1960 y un descenso continuado desde entonces. Finalmente, se discuten las posibles fuentes y procesos responsables de la contaminación de la laguna.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco la participación de todos los que colaboraron con este trabajo, particularmente a la Universidad Nacional Autónoma de México, en cuyas aulas se cultiva el conocimiento y se promueve el pensamiento crítico.

El presente trabajo fue posible gracias al apoyo de los proyectos CONACyT-Ciencia Básica CB-2010/153492 y PAPIIT-DGAPA IN203313. De igual forma, se contó con fondos provenientes de los proyectos PAPIIT-DGAPA IB201612-2, CONACyT INFR-2013-01 204818, PROMEP/103.5/12/481, y CONACYT México-Quebec C0005-2013-01/196813.

Quiero agradecer especialmente a la Dra. Ana Carolina Ruíz Fernández por brindarme la oportunidad de ser parte de su equipo de trabajo, por sus enseñanzas, así como por su dedicación y asesoría durante la realización de esta tesis, por tenerme bajo su tutela y por su amistad.

De igual forma, un grande y sincero agradecimiento al Dr. Joan Albert Sánchez Cabeza por su continuo apoyo y guía incondicional.

A los miembros del comité tutorial: Dra. María Aurora Armienta Hernández, Dr. Francisco Flores Verdugo, Dra. María Teresa Ramírez Herrera y Dr. Federico Páez Osuna por formar parte de la estructuración de este trabajo y por su esfuerzo para revisar y aportar comentarios y sugerencias que ayudaron a enriquecerlo.

Al Dr. Robert Dunbar, de la Universidad de Stanford, por permitirme realizar mi estancia académica en su laboratorio y colaborar con su equipo de trabajo, así como al técnico David Mucciarone por sus enseñanzas y tutoría durante mi estancia.

Al Dr. Ignasi Queralt por su asesoría y entrenamiento en el método de fluorescencia de rayos-X.

Al Dr. Santiago Giralt por su apoyo en el adiestramiento de técnicas de análisis estadístico.

A todas las personas que colaboran diariamente en el Laboratorio de Geoquímica Isotópica y Geocronología y cuyo apoyo fue clave para el éxito de este proyecto. Gracias por su apoyo, paciencia y enseñanzas. Particularmente, quiero agradecer a Libia Hascibe Pérez Bernal, Jorge Ontiveros Cuadras, Sara Bojórquez Sánchez, José Rigoberto Raygoza Viera, Estephanie Meza Guerrero, Perla Guadalupe López Mendoza y Vladislav Carnero Bravo.

Al los integrantes del laboratorio de Geoquímica y Contaminación Costera por permitir y colaborar en la realización de los análisis descritos en esta tesis. Especialmente al Dr. Federico Páez Osuna y al Quím. Humberto Bojórquez Leyva.

Al Ing. Alberto Rafael Castro del Río, María Clara Ramírez Jáuregui, María Margarita Cordero Ruíz y María Victoria Montes Montes por su apoyo y asesoría continua.

CONTENIDO

	Pag.
1. Introducción	1
• Marco Conceptual	3
• Definiendo las Marismas	3
• El estudio de núcleos sedimentarios	5
• Indicadores Geoquímicos	5
• Comportamiento no conservativo de Br y Cl en sedimentos marinos	10
• Uso de isótopos estables de C y N como indicadores de procedencia	11
• Metales pesados y metaloides	12
• Parámetros geoquímicos que influyen en los perfiles elementales	13
• Factores que influyen en la movilidad de metales	15
• Normalización	17
• Factor de enriquecimiento	17
2. Antecedentes	19
3. Importancia del estudio de sedimentos de marisma del Estero de Urías	20
4. Preguntas de Investigación	21
5. Objetivos	21
6. Área de Estudio	22
7. Materiales y Métodos	24
• Muestreo	24
• Análisis de Laboratorio	25
• Granulometría	25
• Análisis de materia orgánica	25
• Determinación de carbonatos	25

• Determinación de elementos mayoritarios y oligoelementos	25
• Determinación de isótopos estables de C y N	25
• Análisis de mercurio total	26
• Susceptibilidad magnética	26
• Análisis estadísticos	26
◦ Análisis de componentes principales (ACP)	26
◦ Análisis de redundancias (RDA)	27
• Calidad Analítica	28
◦ Cartas de control de calidad analítica	28
8. Resultados	33
9. Discusión	48
10. Conclusiones	56
11. Referencias	59
Anexo 1	67
Anexo 2	86
Anexo 3	123

INTRODUCCIÓN

El cambio del nivel del mar es uno de los aspectos más importantes del cambio climático, sin embargo es un aspecto complejo y frecuentemente mal interpretado. La razón por la que ha sido un tema de tanta importancia por varios años radica principalmente en dos factores: 1) la opinión generalizada de que el aumento en el nivel del mar se ha acelerado durante el último siglo a tasas de alrededor de 3.1 mm y^{-1} debido a un forzamiento antropogénico y 2) nuevas proyecciones sobre tasas de aumento para el siglo XXI que son de 3 a 5 veces más grandes, acentuando las preocupaciones sobre impactos en las zonas costeras (IPCC, 2013). No obstante, éste aumento global no es uniforme alrededor del mundo y por tanto, para poder corroborar los resultados de las proyecciones climáticas y planificar estrategias de adaptación basadas en información científica contrastada es relevante disponer de información confiable sobre cambios en el nivel del mar. En México, como en la mayoría de los países del mundo, las series temporales de largo plazo procedentes de mareógrafos, son muy escasas; en Mazatlán por ejemplo, sólo se cuenta con un registro temporal de menos de 20 años que, además de ser corta (y a consecuencia de ser corta) la tasa de elevación tiene asociada una incertidumbre muy elevada (Fig. 1).

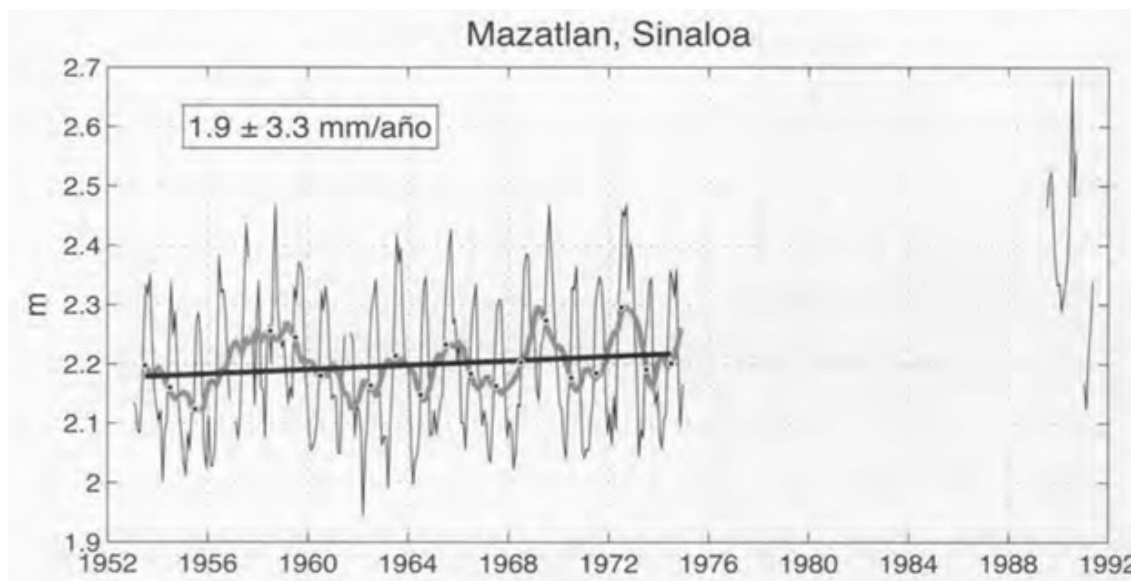


Fig. 1 Registro mareográfico de Mazatlán (Zavala-Hidalgo et al., 2010).

Está bien establecido que para que los ecosistemas costeros, tales como las marismas, se preserven, sus tasas de acreción deben estar en equilibrio con la elevación en el nivel del mar (Reed, 1995, Teasdale et al., 2011); por lo cual, el uso de registros ambientales, tales como los núcleos sedimentarios de marismas, representan una buena, y quizá la única alternativa para obtener registros de largo plazo que permitan estimar con mejor precisión la tasa de incremento del nivel del mar durante el último siglo, utilizando como herramienta de base, la estimación de

tasas de acreción derivadas del método con ^{210}Pb .

Las zonas de marisma pueden ser muy sensibles a cambios en el nivel medio del mar (Reed, 1995). Al registrar cambios climáticos y ambientales, los sedimentos de marisma son una alternativa útil para el entendimiento y estudio de cambios recientes en el nivel del mar. Además, el estudio de núcleos sedimentarios de marismas puede también ser utilizado para reconstruir cambios en el depósito atmosférico de elementos relacionados con la actividad humana (Kim et al., 2004).

Sin embargo, para poder hacer uso de registros sedimentarios de marismas en el estudio de las tasas de elevación del nivel del mar, es importante corroborar que el material acumulado en la marisma, sea resultado predominantemente de la acreción de sedimentos de origen marino transportados por la marea, y no del transporte de material terrígeno arrastrado por escorrentía. Por lo anterior, el presente trabajo de investigación tiene el propósito de caracterizar sedimentos de marisma del Estero de Urías, y utilizar el registro sedimentario como base para la reconstrucción histórica de cambios en la composición elemental como resultado del aumento en el nivel del mar, así como del enriquecimiento antrópico por metales pesados derivados de fuentes distintas a las descargas directas de efluentes urbanos e industriales.

MARCO CONCEPTUAL

Definiendo las Marismas

Las marismas son ecosistemas formados en la zona de transición entre el continente y el océano, usualmente encontradas detrás de zonas de manglar (Dineen, 2010), en donde la energía liberada por el movimiento del agua es baja y permite la acumulación de sedimentos. Los sedimentos de marisma están generalmente compuestos por limos, arcillas y detrito de animales marinos, además de arenas, sin embargo, el contenido de limos es lo suficientemente alto para exhibir propiedades cohesivas (Dyer et al., 2000).

Las zonas de marisma se distinguen por ser ambientes hipersalinos. La vegetación en zonas de marisma se caracteriza por su tolerancia a ser cubierta por agua de mar durante largos periodos. Conforme la marisma se desarrolla, la acumulación de sedimento incrementa el nivel de la marisma sobre el nivel del mar, por lo que las inundaciones se vuelven menos frecuentes y duraderas lo que permite que especies más tolerantes a condiciones hipersalinas colonicen nuevas áreas de la marisma, favoreciendo al desarrollo y estabilización de la misma (Cundy & Croudace, 1995).

Las zonas de marisma y otras áreas intermareales, son de los primeros ecosistemas en percibir y ajustarse a cambios en el nivel del mar debido a su cercanía con la zona de marea. El nivel al cual se forma una marisma está sujeto a la altura de influencia de marea, es decir, que estará expuesto a la inundación de agua de mar únicamente cuando la marea alcanza suficiente elevación (Fig. 2) (Ranwell, 1972). Bajo condiciones normales, una marisma no crecerá por encima del nivel más alto de marea astronómica debido a que la acumulación de capas de sedimento está controlada por la frecuencia y duración de la inundación de marea (Allen y Pye, 1992). Debido a que las marismas se encuentran localizadas en las zonas ubicadas por encima del nivel máximo de marea, éstas tienen tasas de sedimentación bajas, en el caso del Estero de Urías, Ruiz-Fernández et al. (2009) reportaron un valor de 0.33 cm y^{-1} .

De acuerdo a Williams y Lester (1994) existen cuatro elementos necesarios para la formación y desarrollo de una marisma: 1) debe existir un área relativamente estable de sedimento que sea cubierta por la marea durante un periodo de tiempo menor al tiempo que se encuentra expuesta; 2) debe existir un suministro adecuado de sedimento, disponible durante los periodos de inundación; 3) la velocidad y energía de las corrientes de agua deben ser lo suficientemente bajas para permitir que parte de las partículas en suspensión puedan depositarse en la superficie de la marisma; y finalmente, 4) debe existir una provisión de semillas u otras simientes para el establecimiento de una cubierta vegetal. La acreción vertical de una marisma ocurre a través de la introducción de minerales y de la acumulación de materia orgánica que se deriva de la producción primaria de la vegetación existente (Redfield, 1972; DeLaune y Smith, 1958). Una

marisma madura tenderá a mantener su elevación relativa a un marco de referencia de marea, por lo que la acreción vertical de la misma puede indicar un aumento en el nivel del mar a nivel local (Cundy y Courdace, 1995). Por consiguiente, ante un probable incremento en el aumento del nivel del mar en el futuro, estos ecosistemas deben ser estudiados y monitoreados cuidadosamente en orden de predecir su respuesta al cambio en el nivel del mar y, de ser posible, reducir o evitar cualquier efecto adverso (Andersen et al., 2000).

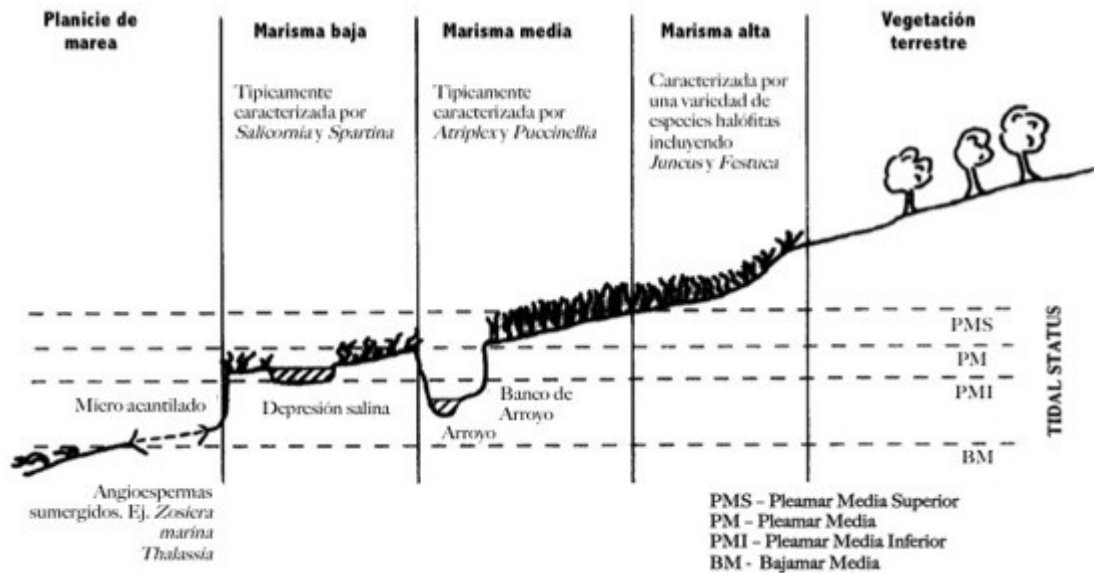


Fig. 2. Perfil de una zona de marisma y su planicie de inundación (Williams y Lester, 1994).

El desarrollo de las marismas en términos de comunidades y especies de vegetación es acompañado también por cambios y desarrollo en la estructura y microflora del suelo y sedimentos. Estos cambios envuelven el establecimiento de poblaciones bacterianas y de hongos que se involucran en procesos biogeoquímicos y controlan la descomposición de materia orgánica y ciclos de nutrientes y oligoelementos. Al mismo tiempo, existen procesos paralelos de desarrollo de marismas a través de los cuales materia orgánica y nutrientes son intercambiados entre ambientes terrígenos y marinos (Redfield, 1972).

El estudio de núcleos sedimentarios

Los cambios ambientales y climáticos suelen quedar registrados en los sedimentos, los cuales se convierten entonces en verdaderos archivos históricos de las tendencias del cambio global. Debido a que los sedimentos registran los cambios ambientales sucedidos en el sitio de interés, los núcleos sedimentarios inalterados proporcionan evidencia que permite la reconstrucción de las tendencias, por ejemplo, del aumento en las tasas de acumulación sedimentaria (TAS) a consecuencia de cambios en el uso del suelo (Ruiz-Fernández et al., 2012), el incremento de los factores de enriquecimiento debido a la contaminación por metales pesados, tendencias históricas de contaminación en ambientes estuarinos (Brack y Stevens, 2001), o el aumento de las tasas de acreción sedimentaria como resultado de la elevación del nivel mar (Ruiz-Fernández et al, 2009).

Para poder comprender la información que proporcionan los núcleos sedimentarios es necesario conocer el origen de los sedimentos en cada capa del registro. En este sentido, la composición geoquímica de los sedimentos puede ser muy útil para interpretar los cambios de procedencia o alteración de un sistema, provocadas por procesos naturales (e.g. bioperturbación; corrientes de marea) o por causas antrópica (e.g. removilización de sedimentos; Ruiz-Fernández et al, 2012). Elementos el Br se encuentran relacionados con la incorporación de sedimentos de origen marino, por lo que pueden ser utilizados como indicadores de transición de ambientes marino a terrígeno (Leri et al, 2011). Otros elementos presentes en agua marina en concentraciones significativamente altas son B, I, Na, Ca y Mo (López-Buendía et al, 1999). Por otro lado, elementos como Al, Li, Th y Ti se encuentran relacionados con sedimentos de origen terrígeno, por lo que también pueden ser utilizados como indicadores de transición de ambientes (Salminen, 2005).

Indicadores geoquímicos

Las variaciones que ocurren en sistemas costeros se encuentran íntimamente relacionados con los cambios en los sistemas que los rodean: océano, atmósfera, litósfera, etc., de manera que los cambios ocurridos en cualquiera de ellos afectan a los otros. Al igual que en otros ambientes sedimentarios, los cambios ambientales que han afectado a estos entornos se encuentran fielmente registrados en los sedimentos. El análisis de estos registros requiere el uso de indicadores que simplifiquen la información de los cambios ocurridos.

Sodio (Na)

El sodio es metal alcalino más abundante y el cuarto metal más abundante en la corteza terrestre, con una concentración promedio de 22,700 mg kg⁻¹ (Fyfe, 1999) y es, además, el principal catión presente en agua de mar, con una concentración típica de 10,500 mg l⁻¹ (Hem, 1992). Debido a su alta concentración en agua de mar, el material arrastrado por el mar puede estar enriquecido en sodio (Salminen, 2005).

Aluminio (Al)

El aluminio es un elemento conservativo de la corteza terrestre y es el metal más abundante en la litósfera (8.1 %) (Salminen, 2005). Es excedido en abundancia únicamente por el oxígeno (45.5%) y el silicio (25.7%) (Ildefonse, 1999). Tiene una baja movilidad en condiciones ambientales, sin embargo, a valores de pH menores a 5.5 su solubilidad aumenta a medida que se libera de rocas silicatadas (Shiller y Frilot, 1996). La abundancia promedio de Al en sedimentos (5.5% [Salminen, 2005]) representa principalmente a los aluminosilicatos presentes en la fracción detrítica fina (Duchart et al., 1973). El aluminio en conjunto con el hierro y titanio son utilizados para la identificación de fuentes de suministro terrígeno en sedimentos marinos y costeros (Fütterer et al., 2006; Sirocko et al., 2000).

Silicio (Si)

El silicio es un elemento conservativo de la corteza terrestre y es el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre (25.7%) (Ildefonse, 1999). Su abundancia promedio en sedimentos de ríos es de 20.1% (Salminen, 2005) y al igual que el aluminio, representa los aluminosilicatos presentes en las arcillas, por lo cual puede ser utilizado como un indicador de transporte de sedimentos de origen terrígeno. Sin embargo, es importante considerar el aporte potencial de Si de origen marino, debido a la acumulación de estructuras silicatadas de algunos organismos marinos (ej. diatomeas o esponjas).

Cloro (Cl)

El cloro es uno de los elementos más abundantes en el océano, con una concentración de 19,000 mg l⁻¹ (Hem, 1992). Más del 75% del cloro presente en la litósfera, atmósfera e hidrósfera, se encuentra en los océanos en forma de iones Cl⁻. En la corteza continental, su concentración promedio es de 370 mg kg⁻¹ (Salminen, 2005). Los cambios en las concentraciones de Cl en sedimentos costeros han sido utilizados como indicadores de aporte de material de origen marino para la identificación de evidencias de intrusión salina y el estudio de paleotsunamis (ej. Chagué-Goff, 2010; Sayyed, 2013).

Potasio (K)

Las variaciones de potasio e illita (principal mineral transportador de potasio) son utilizadas frecuentemente para inferir el suministro de material terrígeno en sedimentos marinos (Fütterer, 2006; Sirocko et al., 2000). Debido a que el contenido de illita en sedimentos marinos refleja el porcentaje de partículas terrígenas introducidas al sedimento por transporte fluvial (Fütterer, 2006), relaciones elevadas de K/Al en el sedimento superficial sugiere de igual manera dicho aporte fluvial.

Calcio (Ca)

El calcio es el quinto elemento más abundante y constituye aproximadamente el 5.29% de la corteza continental (Taylor, 1964). Se encuentra distribuido en la litósfera en minerales como la calcita (CaCO_3), yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), dolomita $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ y fluorita (CaF_2) (Salminen, 2005). Asimismo, el calcio es uno de los componentes mayoritarios del agua de mar, con una concentración promedio de 500 ppm (Li, 2000). Generalmente, el calcio tiene una movilidad alta y su origen en sedimentos marinos está relacionado principalmente a material biogénico (Goldberg, 1986). Las concentraciones de calcio en sedimentos costeros varían desde <0.05 a 41.7% (Salazar et al., 2004; Salminen, 2005), por lo que su uso como indicador, puede ser ambiguo.

Titanio (Ti)

El titanio es un elemento metálico comúnmente encontrado en la litósfera; es el noveno elemento más abundante en la corteza continental, con una concentración de 0.9 % (Turekian, 1969). En sedimentos marinos su concentración es de alrededor de 0.46% (Li, 2000). Durante procesos magmáticos, el Ti procede al Fe en la cristalización de magma, por lo que se encuentra enriquecido en rocas máficas y ultramáficas, principalmente como Ti^{4+} en minerales como la tilmenita (FeTiO_3) y rutilo (TiO_2) (Salminen, 2005). Tanto el titanio como el aluminio son considerados los elementos más refractarios de la corteza terrestre (Taylor and McLennan, 1985), debido a esto, los contenidos de titanio en sedimentos marinos y costeros son frecuentemente utilizados para la identificación de fuentes de aporte material continental (Fütterer et al., 2006).

Manganeso (Mn)

El manganeso es un elemento abundante en la corteza continental, con una concentración promedio de 1400 ppm (McLennan & Taylor, 1999). Es considerado un elemento litófilo, formando varios minerales como la pirolusita MnO_2 , rodocrosita MnCO_3 y la manganita $\text{MnO}(\text{OH})$, así como otros óxidos minerales menos caracterizados de rocas sedimentarias. En

agua dulce, su concentración puede variar en un intervalo de 5 órdenes de magnitud, con un promedio de $15.9 \mu\text{g l}^{-1}$ (Salminen, 2005), mientras en agua superficial de mar tiene concentraciones de $0.1 \mu\text{g l}^{-1}$ (Bender et al., 1966). En sedimentos de río su concentración promedio es de 452 mg kg^{-1} (Salminen, 2005), mientras en sedimentos costeros sus concentraciones varían entre de 300 a 400 mg kg^{-1} (Salazar et al., 2004).

Hierro (Fe)

El hierro es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre, con una concentración promedio de 3.5% en la corteza continental (Salminen, 2005) y se encuentra presente en forma de diversos minerales, e.g. pirita FeS_2 , magnetita Fe_3O_4 , hematita Fe_2O_3 y siderita FeCO_3 . El intervalo de concentraciones de Fe en sedimentos (fluviales y costeros) puede variar desde 0.1 a 25.0%, en donde los valores altos ($>3.5\%$) se encuentran relacionados a zonas con alto contenido de rocas máficas y ultramáficas (Salminen, 2005). Al igual que el titanio, los contenidos de hierro en muestras de sedimentos marinos y costeros son utilizados para la identificación de fuentes de suministro terrígeno (Fütterer et al., 2006; Sirocko et al., 2000).

Bromo (Br)

El bromo es el 8vo elemento más abundante disuelto en agua marina con una concentración promedio de 67 mg l^{-1} (Hem 1992), mientras en aguas continentales es de $20 \mu\text{g l}^{-1}$ (Turekian, 1969). Bajo la premisa de que los ambientes terrígenos se encuentran relativamente empobrecidos en bromo, se ha utilizado como trazador de material de origen marino y de paleosalinidad (Billo, 1991; Mayer, et al., 2007).

Rubidio (Rb)

El rubidio generalmente coexiste con el potasio en rocas sedimentarias como feldespatos potásicos, micas y minerales arcillosos (Salminen, 2005). Las concentraciones de Rb en agua de mar son en promedio de $120 \mu\text{g l}^{-1}$, mientras que en agua dulce se encuentran entre <1 y $1.5 \mu\text{g l}^{-1}$ (Hem, 1992). En suelos $80 \mu\text{g g}^{-1}$ y en sedimentos de agua dulce $70 \mu\text{g g}^{-1}$. Su comportamiento en suelos está fuertemente controlado por adsorción por materiales arcillosos y materia orgánica (Kabata-Pendias, 2001). Los intervalos de concentración de Rb en sedimentos marinos oscila entre 1 y 45 ppm (Salazar A., Lizano O.G., y Alfaro E.J., 2004). El Rb presenta una fuerte correlación con K ($r=0.83$, $p<0.05$) en suelos y sedimentos superficiales, y tiende a correlacionarse con K en sedimentos de ríos (Salminen, 2005), por lo que su presencia en sedimentos costeros puede asociarse con el porcentaje de partículas terrígenas introducidas al sedimento.

Estroncio (Sr)

Las concentraciones de Sr en agua de mar son de alrededor de 8 mg l^{-1} mientras en agua dulce es de $50 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ (Salminen, 2005). Su abundancia en la corteza terrestre es también considerable (320 mg kg^{-1}). En sedimentos de agua dulce se encuentra presente en una concentración promedio de 126 mg kg^{-1} y mientras que en sedimentos de planicies de inundación 130 mg kg^{-1} (Salminen, 2005).

La distribución de estroncio en procesos sedimentarios es afectada principalmente por la adsorción a partículas finas (Simmons, 1999) y suele correlacionarse con Ca, Mg y Ba y su presencia puede asociarse a rocas y organismos calcáreos (Salminen, 2005; Schulz y Zabel, 2006). En ambientes costeros, el Sr es típicamente utilizado como indicador de origen marino debido a su alta concentración en agua de mar en comparación con agua dulce (Chen et al., 1997) y por su presencia en organismos calcáreos (Schulz y Zabel, 2006), sin embargo su uso como indicador de procedencia marina es ambiguo debido a su asociación con Ba y Zr (Drury, 1973) y a su presencia en calcita y aragonita (López-Buendía et al., 1999).

Zirconio (Zr)

El contenido de Zr en rocas y ambientes sedimentarios se encuentra principalmente relacionado con la presencia de minerales detríticos como el zircón (ZrSiO_4) y titanita (CaTiSiO_5) (Nichols y Loring, 1962). Salminen (2005) registra una concentración promedio de 392 mg kg^{-1} en sedimentos provenientes de ríos, así como una correlación positiva entre el Zr y otros elementos típicamente terrígenos como el Si y Ti.

Bario (Ba)

Según lo descrito por Plewa et al. (2006), el contenido total de bario en sedimentos puede desglosarse en cuatro fracciones principales: Ba contenido en barita, Ba asociado a aluminosilicatos, Ba asociado a carbonatos y aquel que se encuentra adsorbido y/o asociado a oxi-hidróxidos de Fe y Mn. El contenido de Ba total puede ser utilizado como indicador de paleoproductividad o de aporte de material terrígeno (Plewa et al., 2006).

Torio (Th)

El contenido de Th en sedimentos de planicies de inundación varía desde <1 a 38 mg/kg^{-1} . Suele tener buenas correlaciones con elementos de origen terrígeno como Al, K, Zr, Fe y Ti; de igual forma, tiene una fuerte correlación (0.85) con Rb (Salminen, 2005) por lo que su concentración en sedimentos puede asociarse con material de origen terrígeno. Otras relaciones como Th/Co,

Th/Cr, y Th/Sc también han sido utilizadas como indicadores de aporte de material terrígeno (Madhavaraju y Lee, 2009).

Uranio (U)

El Uranio es un elemento radiactivo presente en el manto y en la corteza terrestre (2.7 ppm) en forma de diversos minerales como la uraninita (UO_2) y branerita $(\text{U,Ca,Ce})(\text{Ti,Fe})_2\text{O}_6$. El U presenta un comportamiento geoquímico particular en agua de mar siendo muy estable y con largos tiempos de residencia ($>400\ 000$ años) (Salminen, 2005; Barnes y Cochran, 1990). El U disuelto en agua de mar tiende a correlacionarse con los contenidos de materia orgánica, óxidos de hierro y fosfatos disueltos (Drever, 1988). El U suele enriquecerse en sedimentos acumulados bajo una columna de agua si las condiciones se vuelven reductoras con la profundidad; se han reportado enriquecimientos de U en sedimentos estuarinos en donde tienden a predominar condiciones anóxicas (Barnes y Cochran, 1993).

Comportamiento no conservativo de Br y Cl en sedimentos marinos

La formación de halita y la degradación de la materia orgánica son consideradas como los principales procesos diagenéticos capaces de modificar las concentraciones de Br y Cl en sedimentos de origen marino. Como consecuencia, las concentraciones de Br y Cl, y las proporciones Br/Cl comúnmente permanecen constantes durante la alteración de sedimentos marinos (Martin, 1999). Este comportamiento conservativo de ambos elementos permite utilizar los cambios en la proporción de sus concentraciones para evaluar el grado de concentración o dilución, así como el grado de movilidad de estos elementos debido a la degradación de materia orgánica (Holser, 1966, 1970; McCaffrey et al., 1987; Martin, 1999).

Durante la formación de halita (NaCl) sólo una fracción pequeña del bromo es incorporada en su estructura, por lo que procesos de dilución o precipitación de halita afectan muy ligeramente a las concentraciones de bromo en sedimentos marinos (Holser, 1966, 1970). En contraste, una mayor proporción de cloro es incorporada a la estructura de la halita durante su formación, por lo que la proporción de Br/Cl en sedimentos disminuye con su precipitación de halita, y se ve aumentada por la disolución de la misma (Holser, 1966, 1970).

El principal aporte de Br^- hacia los sedimentos en el medio marino se da en asociación con la materia orgánica y, una vez depositada, la degradación de esta materia orgánica es la única fuente conocida de liberación de Br^- hacia el agua intersticial (Martin, 1999). La degradación de la materia orgánica puede producir un incremento en las concentraciones de Br^- del agua intersticial hasta ~3 veces por encima de su concentración en agua de mar (Price et al., 1970; Martin et al., 1993); no obstante, las concentraciones de Cl^- no son alteradas durante este

proceso (Martin, 1999), por lo que cambios en la proporción de Br/Cl también pueden reflejar el grado de movilización de Br⁻ debido a la degradación de la materia orgánica.

Otro proceso que puede afectar la proporción de Br/Cl en sedimentos es la sorción de estos elementos a la superficie de minerales arcillosos. Tanto el Br⁻ como el Cl⁻ son capaces de sustituir a grupos [OH]⁻ presentes en la estructura de los aluminosilicatos (Newman & Brown, 1987; Ransom et al., 1995). De acuerdo a Martin (1999) el Cl⁻ sustituiría a los grupos [OH]⁻ de forma preferencial al Br⁻, por lo que una cantidad elevada de arcillas podría reflejarse como una disminución en la proporción Br/Cl en sedimentos.

Uso de Isótopos estables de C y N ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ y C/N) como indicadores de procedencia

El uso de isótopos estables de Carbono y Nitrógeno como trazadores de procedencia se basa en la fluctuación de las proporciones de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ y de $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ como resultado de procesos bioquímicos naturales (Taylor, 1987). La mayoría de los procesos biológicos, incluida la fotosíntesis, producen una separación o fraccionamiento entre los isótopos ligeros y los pesados, en donde los isótopos ligeros son utilizados de manera preferencial debido a que la energía requerida para romper los enlaces de las moléculas que los contienen es menor en comparación con la requerida por moléculas formadas por isótopos pesados (Urey, 1947). De esta manera, los cambios en las proporciones de $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ y C/N pueden reflejar cambios en las fuentes de suministro de la materia orgánica presente en los sedimentos (Shultz & Calder, 1976; Meyers and Eadie, 1993; Thornton & MacManus, 1994).

La siguiente tabla compara los valores de $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ y C/N para diferentes fuentes:

Tabla 1. Variaciones de $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ y C/N en organismos de entornos marino y terrestre.

	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	C/N	Referencia
Atmósfera (CO_2 , N_2)	-8 a -7	+0 a +0.2		Altabet, 2005
Entorno Marino:				
Agua de mar	+0 a +1	+2 a +5	10 a 15	Mook et al., 1974 Müller, 1977 Altabet, 2005
Fitoplancton y algas marinas	-22 a -18	+2 a +4	5 a 10	Valiela y Teal, 1976 Müller, 1977 Thornton & MacManus, 1994 Meyers & Lallier-Vergès, 1999
Entorno terrestre:				
Plantas C3	-30 a -26	-10 a +8	> 15	Park y Epstein, 1961 Meyers & Lallier-Vergès, 1999 Liu & Wang, 2010
Plantas C4	-14 a -6	-4 a +5	>30	Park y Epstein, 1961 Meyers & Lallier-Vergès, 1999 Liu & Wang, 2010
Plantas CAM	-29 a -9			Deines, 1980

Metales pesados y metaloides

El término metal define a los elementos químicos que son buenos conductores eléctricos y cuya resistencia eléctrica es directamente proporcional a la temperatura absoluta. Además, los metales comparten otras propiedades físicas como una alta conductividad térmica, alta densidad, maleabilidad y ductilidad. La connotación metal pesado se ha utilizado en la literatura para referirse a aquellos metales cuya densidad es superior a los 5 g/ cm^3 (Duffus, 2002). Los metaloides son elementos químicos intermedios entre los metales y no metales y poseen una menor capacidad para la conducción de electricidad (Duffus, 2002).

A diferencia de otros contaminantes, la presencia de metales y metaloides en los diferentes ambientes puede deberse a fuentes tanto naturales como el intemperismo y vulcanismo; así como a actividades antrópicas, como son la minería, metalurgia, agricultura, producción de electricidad, emisiones y descargas de desechos líquidos y sólidos.

Parámetros geoquímicos que influyen en los perfiles elementales

En estuarios y zonas costeras la contaminación por metales se presenta de manera natural y antrópica. Algunos elementos tienen una fuerte afinidad a partículas sedimentarias, y tienden a adherirse a los sedimentos finos de un sistema acuático dejando un registro de aquellos elementos que se encuentran en la columna de agua. Este comportamiento se debe principalmente a interacciones fisicoquímicas que se llevan a cabo entre moléculas de agua y el material particulado (Tang et al, 2002).

La concentración de metales en sedimentos de marismas dependen de un número de factores, entre los que se encuentran el tamaño de partícula, la composición y tipo de los sedimentos, así como la carga de materia orgánica; estos factores están vinculados de manera intrínseca a la morfología de la marisma, la circulación dentro del estuario, la frecuencia de inundación, el tipo y la extensión de la vegetación, la carga de sólidos suspendidos en el agua entrante así como las condiciones fisicoquímicas del sistema estuarino y de la marisma (Williams et al, 1994).

Entre los factores más importantes que regulan la disponibilidad de metales y oligoelementos en sistemas de marisma es la hidrología misma de la marisma, debido a que ésta gobierna el suministro de sedimento al sistema así y la zonificación de vegetación y al mismo tiempo influye en una variedad de procesos físicos, químicos y biológicos. Los sedimentos de una marisma son periódicamente inundados por agua de mar durante las mareas altas, la cual se filtra en el suelo y lentamente lixivia el mismo conforme la marea baja. En la planicie de la marisma, así como en las zonas bajas que son inundadas por periodos de tiempo prolongados, el nivel freático se encuentra muy cerca de la superficie (Williams *et al.*, 1994). El nivel freático llega a su máximo inmediatamente después de la inundación, cuando el sedimento se encuentra saturado de agua, y posteriormente baja poco a poco conforme la marea baja y el agua se filtra lixivando el sedimento. La saturación de agua en los sedimentos restringe la difusión de oxígeno atmosférico hacia el suelo, lo que promueve que condiciones anóxicas se desarrollen y dominen los estratos inferiores. Esta transición entre la zona aeróbica y la anaeróbica se conoce como la redoxclina y es identificada por un cambio en la coloración de café-rojizo, característico de una superficie oxidada, a gris oscuro o negro, característico de zonas de sedimento reducido (Williams *et al.*, 1994), el cambio en la coloración es sinónimo de la presencia de precipitados de óxido férrico en las capas superficiales (Lyle, 1983) y la precipitación de FeS₂ insoluble en capas más profundas (Kersten, 1988).

La degradación de la materia orgánica en sedimentos costeros es uno de los principales procesos que caracterizan la diagénesis temprana del estrato sedimentario afectando directamente las condiciones redox del sistema (Pinto y Rivera, 2006). La diagénesis son aquellos cambios que sufre la columna sedimentaria una vez que el sedimento se encuentra enterrado. La

descomposición de detrito y materia orgánica es mayor cerca de la superficie, en donde el intercambio de oxígeno atmosférico ocurre con mayor facilidad (Williams *et al.* 1994). Sin embargo, como respuesta a la descomposición y oxidación de materia orgánica y detrito llevada a cabo por microorganismos, se genera un agotamiento de oxígeno, provocando la generación de ambientes anaerobios lo que obliga a los organismos a utilizar especies alternativas como aceptores de electrones (Williams *et al.*, 1994). Así, la diagénesis de la materia orgánica se lleva a cabo por las bacterias presentes en la columna sedimentaria, a través del metabolismo aeróbico y, cuando el oxígeno disponible en el medio se ha agotado, entonces continúa a través del metabolismo anaeróbico, mediante el cual se reducen a los nitratos, óxidos de manganeso, óxidos de hierro y por último los sulfatos, presentes en el sedimento (Salomons y Förstner, 1984; Salomons *et al.*, 1994; Fig. 3). El proceso de reducción del sulfato es prácticamente inagotable en zonas costeras por ser un ión muy abundante en el ambiente marino; en contraste, en ambientes dulceacuícolas, donde una vez agotado este ión, o en su ausencia del mismo, se inicia la metanogénesis, es decir, la reducción del CO_2 a metano (Flores-Verdugo, 2001).

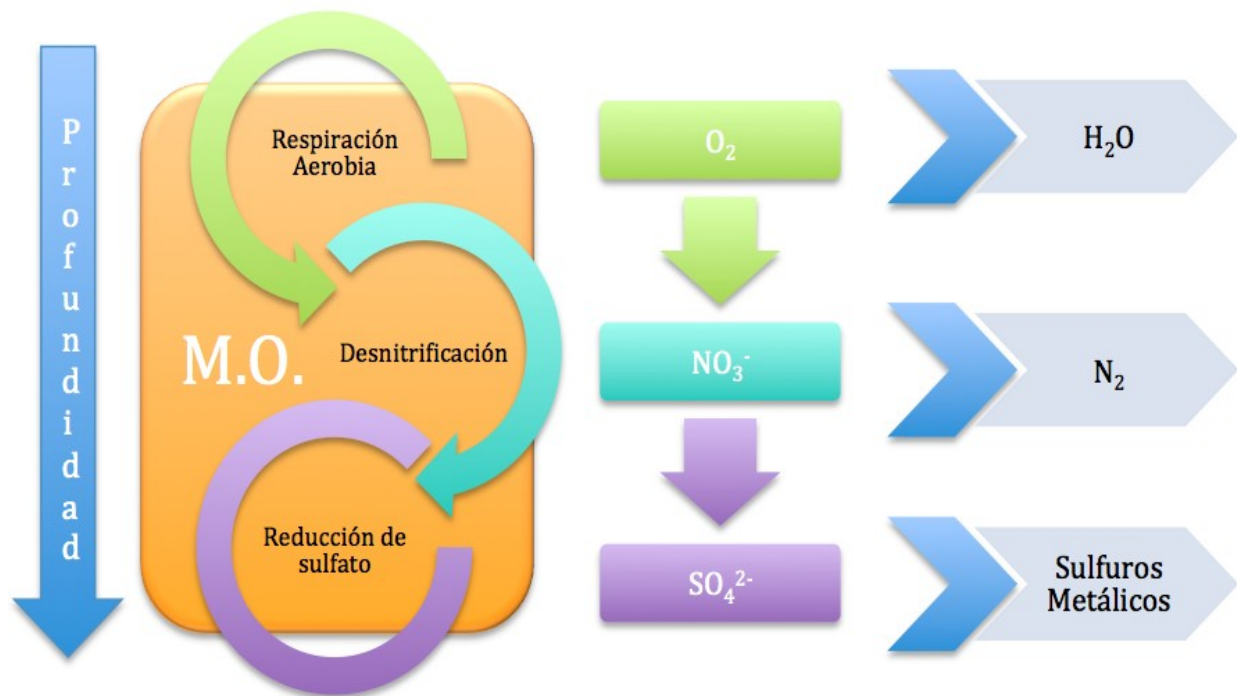


Fig. 3. Degradación de materia orgánica y estratificación vertical según la utilización de diferentes aceptores de electrones. Modificada de Kristensen (2000).

Como resultado de la reducción de estos compuestos, ocurre una liberación de iones (incluyendo iones metálicos) y solubilización en el agua intersticial contenida en los sedimentos, con lo cual los iones pueden redistribuirse en la columna sedimentaria.

El sedimento en condiciones anóxicas puede ser oxidado nuevamente debido a una perturbación física (ej. tormentas o bioturbación por organismos bentónicos) que conlleve a una interacción entre el sedimento y oxígeno.

La exposición a oxígeno de capas de sedimento reducido dará lugar a la oxidación de sulfuros metálicos, produciendo iones sulfato y liberando iones metálicos y ácido sulfúrico al agua intersticial (Williams *et al.*, 1994). Duchart *et al.* (1973), por ejemplo, encontraron un enriquecimiento de Mn, Fe, Cu, Zn, Ni, Co y Pb en agua intersticial de sedimento en comparación con agua superficial. Esta disolución ocurre no solo debido a la presencia de sulfuros metálicos (Delaune y Smith, 1985) sino también de forma natural por intercambio iónico entre ligandos orgánicos y cationes presentes en arcillas y materia orgánica. La disminución de pH debido a la formación de ácido sulfúrico puede a su vez contrarrestar la adsorción o co-precipitación de metales con oxi-hidróxidos de Fe/Mn que ocurriría de forma natural en zonas oxigenadas, reteniendo iones metálicos en el agua intersticial y facilitando su liberación al agua superficial (Giblin y Howarth, 1984).

Factores que influyen en la movilidad de metales

Existe una gran diversidad en los procesos que influyen sobre la movilización de los metales, llevando a éstos de la fase acuosa a la sólida y viceversa. Bajo ciertas condiciones fisicoquímicas, algunos metales asociados a sedimentos y partículas suspendidas pueden ser liberados a un medio acuático a través de su movilización por difusión vertical (Connell y Miller, 1984). Los principales factores que controlan la movilización de metales se describen a continuación (McBride, 1989):

- **Concentraciones elevadas de solutos.** Altas concentraciones de iones pueden competir por los sitios de adsorción sobre partículas sólidas, desplazando a los iones metálicos adsorbidos.
- **Cambios en las condiciones redox.** El decremento en el potencial de oxidación en los sedimentos provoca alteraciones en la especiación de los metales y, por lo tanto, cambios en su solubilidad en agua. Bajo condiciones reductoras, los metales pueden presentarse como: complejos sulfurosos de Cd, Hg y Pb; complejos orgánicos de Fe y Ni; complejos clorados para Mn; complejos hidróxidos para Cr. Bajo condiciones oxidantes la solubilidad de iones metálicos es influida por un cambio gradual de sulfuros metálicos a hidróxidos, carbonatos, oxihidróxidos, óxidos o silicatos.
- **Cambios de pH.** La reducción de pH permite la disolución de carbonatos e hidróxidos, así como el incremento en la desorción de cationes metálicos debido a la competencia con los iones hidrógeno.

- **Presencia de agentes acomplejantes.** Los metales y metaloides pueden formar complejos estables y/o solubles con algunas especies naturales y sintéticas, así como ser adsorbidos a partículas sólidas.
- **Transformación bioquímica.** Las transformaciones bioquímicas permiten la transferencia de metales presentes en los sedimentos hacia la fase acuosa o su ingesta por organismos acuáticos y su posterior liberación vía productos de descomposición.

Según Rose et al. (1979), la movilidad de los elementos As, Cu, Fe, Pb, S y Zn, así como de sus productos de alteración se resumen en la Tabla 2:

Tabla 2. Condiciones de movilidad de algunos elementos en ambientes acuosos (Rose et al., 1979)

Elemento	Movilidad	Productos de Alteración
Arsénico (As)	En ambientes donde predomina la oxidación está controlada por la coprecipitación con óxidos de Fe.	Óxidos de Fierro.
Cobre (Cu)	Moderada. Es controlada principalmente por la adsorción por óxidos de Fe, Mn y materia orgánica, así como por precipitación por hidrólisis a pH>5.	Sulfuros, óxidos, carbonatos básicos, sulfatos y silicatos.
Hierro (Fe)	Moderada para Fe ²⁺ . Muy baja para Fe ³⁺ .	Óxidos de Fierro.
Plomo (Pb)	Relativamente baja. Restringida por la tendencia a ser adsorbido por óxidos de Fe, Mn, así como por materia orgánica insoluble.	Anglesita, cerusita, piromorfita, plumbojarosita, sulfatos de plomo y óxidos de fierro y manganeso.
Azufre (S)	La movilidad de los sulfatos es extremadamente alta, es limitada únicamente por el potencial de oxidación que al disminuir provoca la reducción de sulfatos a sulfuros.	Jarosita, sulfatos de Ca, y complejos de azufre solubles.
Zinc (Zn)	La movilidad del zinc es alta y se encuentra limitada por la tendencia a ser adsorbido por MnO ₂ y materia orgánica insoluble.	Sulfatos de Zn, carbonatos y óxidos de fierro y manganeso.

Normalización

Dado que existen fuentes naturales como antrópicas, y que las concentraciones de metales usualmente se incrementan cuando el tamaño de grano decrece, o aumentan a consecuencia de un incremento en la concentración de materia orgánica (Ackermann, 1980; Loring & Rantala, 1992; Din, 1992), antes de evaluar una posible contaminación por metales pesados en el ambiente sedimentario, es necesario identificar los niveles naturales de los contaminantes, así como identificar variaciones en la distribución de tamaño de grano. La determinación de contenidos de materia orgánica y carbonatos, es igual recomendable debido a que los carbonatos pueden ser un diluyente importante, y la materia orgánica, un concentrador de metales en sedimentos (Coquery y Welbourn, 1995; Sun et al, 2006).

La normalización de las concentraciones de metales utilizando un metal de referencia, se basa en el principio de que el metal de referencia representa una cierta fracción del mineral del sedimento. El metal utilizado tiene que ser conservativo y no ser susceptible a cambios en las condiciones de reducción/oxidación u otros procesos diagenéticos que se presentan en el sedimento y que pudieran alterar su concentración. Por ejemplo, mediante las alteraciones reflejadas en el cálculo de proporciones metal/Al y metal/Li, es posible identificar las fuentes naturales de las antrópicas (Din, 1992; Shiff y Weisberg, 1999).

Para compensar el efecto que pueda ocasionar la variación de tamaño de grano y el contenido de M.O. en la concentración de los elementos evaluados en este trabajo, sus concentraciones fueron normalizadas utilizando las concentraciones de Zr y Rb.

Factor de Enriquecimiento

El factor de enriquecimiento (FE) permite evaluar el incremento de las concentraciones de metales por encima de los niveles basales tomando en consideración las variaciones en las características del sedimento como tamaño de grano o la mineralogía por medio de un proceso de normalización, mediante el uso de un elemento de referencia tal como Fe, Al, Ti o Li (Abraham y Parker, 2008). El elemento de referencia actúa como proxy de la fracción fina del sedimento y se considera conservativo ya que tiene un flujo uniforme desde la corteza terrestre (Loring y Rantala, 1992). Su cálculo se realiza de acuerdo a la siguiente fórmula (Glasby y Szefer, 1998):

$$FE = [Me]_{\text{muestra}} / [Me_r]_{\text{muestra}} : [Me]_{\text{corteza}} / [Me_r]_{\text{corteza}}$$

en donde [Me] es la concentración del metal, [Me_r] es la concentración del metal de referencia. En este trabajo, se utilizaron las concentraciones de Al como metal de referencia.

Para evaluar el nivel de contaminación por metales en el sedimento de una zona, es esencial establecer los valores base o de referencia de los metales en cuestión, para lo cual típicamente se usa alguno de estos tres métodos: 1) utilizar el promedio de los valores naturales o base reportados en la literatura (e.g. Taylor, 1964; Martin & Meybeck, 1979); 2) utilizar valores promedio obtenidos para la zona a partir del estudio de áreas determinadas como prístinas; y 3) determinar un valor de referencia local mediante el promedio de los valores de las concentraciones de metales de las capas más profundas de un núcleo sedimentario que corresponda a un periodo pre-industrial. Este último método es el más apropiado ya que permite una comparación entre las concentraciones propias del sedimento de las capas profundas, con las concentraciones posiblemente contaminadas de las capas superiores (Abraham y Parker, 2008).

De acuerdo a la clasificación propuesta por Sutherland (2000), es posible evaluar el grado de contaminación tomando en cuenta el factor de enriquecimiento. Dicha clasificación considera las siguientes categorías:

- a) $FE < 2$ No contaminado o mínimamente contaminado
- b) $FE 2 - 5$ Moderadamente contaminado
- c) $FE 5-20$ Significativamente contaminado
- d) $FE 20-40$ Fuertemente contaminado
- e) $FE > 40$ Extremadamente contaminado

ANTECEDENTES

Estudios previos en zonas de marisma

Existen diversos estudios relacionados con la geoquímica de marismas. Un gran número de los mismos se ha concentrado en evaluar el nivel de contaminación de las mismas (Cundy et al, 2005; Williams, Bubb & Lester, 1994) y distintas fuentes contaminantes (Cundy et al, 1997; Price, Winkle & Geherls, 2005; Spencer, Sundry & Croudace, 2003; Valette-Silver, 1993). Un gran número de publicaciones se ha enfocado en estudiar el impacto que tiene el aumento en el nivel del mar sobre los ecosistemas costeros (Allen, 2000; Gornitz, Couch & Hartig, 2002; Simas, Nunes & Ferreira, 2001).

Gennadiev et al. (1998) y Kasimov et al. (2000) estudiaron cambios en sedimentos de marismas en Rusia debido a una transgresión del Mar Caspio (1978–1995). En Carolina del Norte, Craft et al. (1993) encontró que los balances de acreción de una zona de marisma se mostraban positivos al compararlos con el ascenso local del nivel del mar. Zonas de marisma en costas de Inglaterra (Hampshire y Dorset) muestran una acreción de 4 mm y⁻¹ en respuesta a un ascenso reciente del nivel del mar (Cundy, 1994).

La cuantificación y monitoreo de metales y metaloides en marismas y ambientes costeros es también una preocupación a nivel mundial debido a su alta toxicidad y persistencia en ecosistemas. En la siguiente tabla se presentan concentraciones reportadas en diversas zonas de marisma (Tabla 3):

Tabla 3. Concentraciones de metales en sedimentos de diferentes sistemas costeros. Modificada de Ruíz-Fernández et al (2009).

Sitio	Al (%)	Cd (µg g ⁻¹)	Cu (µg g ⁻¹)	Hg (µg g ⁻¹)	Pb (µg g ⁻¹)	Referencia
Alley Pond, USA.	n.d.	0.25 – 1.3	75 – 600	n.d.	10 – 1000	Cochran et al., 1998
Goose Creek, USA.	n.d.	0.25 – 1.5	10 – 250	n.d.	10 - 1000	Cochran et al., 1998
Hunters Island, USA.	n.d.	0.1 – 0.75	10 – 150	n.d.	10 – 350	Cochran et al., 1998
Caumsett, USA.	n.d.	0.25 – 2.5	10 – 110	n.d.	10 – 350	Cochran et al., 1998
Flax Pond, USA.	n.d.	0.1 – 0.15	5 – 25	n.d.	10 – 100	Cochran et al., 1998
Shelter Island, USA.	n.d.	0.1 1.5	5 – 100	n.d.	10 – 150	Cochran et al., 1998
Galveston Bay, USA.	6 – 10	0.10 – 0.19	8 – 19	0.07 – 0.08*	15 – 32	Santschi et al., 2001
Tampa Bay, USA.	0.5 – 2	0.04 – 0.26*	2 – 9*	0.02 – 0.06*	4 – 16*	Santschi et al., 2001
Eight day Swamp, USA.	n.d.	2.1 – 87	65 – 1140	15 – 588	89 – 518	Weis et al., 2004
Tijuana Estuary, USA.	n.d.	0.3 – 2	10 – 25	n.d.	20 – 60	Weis et al., 2001
Göta älv Estuary, Sweden	n.d.	n.d.	59 ± 16	1.5 ± 1.2	69 ± 21	Brack y Stevens, 2001.
Chiricahueto, Mex.	0.5 – 6	0.1 – 2.1	10 – 78	0.01 – 0.60	10 – 75	Ruíz-Fernández et al., 2009
Estero de Urías, Mex.	1 – 6	0.3 – 1.4	5 – 20	0 – 0.25	10 – 50	Ruíz-Fernández et al., 2009
Ohuira, Mex	2 – 12	0 – 0.5	15 – 25	0.02 – 0.38	100 – 180	Ruíz-Fernández et al., 2009

n.d. No disponible; * Mínimo valor calculado del contenido de Al

En México, Soto-Jiménez y Páez-Osuna (2001) determinaron concentraciones de Cd, Cu, Pb y Zn, así como contenidos de materia orgánica y carbonatos en sedimentos del Estero de Urías. Ruiz-Fernández et al (2009), realizó un estudio sobre la acumulación de metales (Hg, Cd, Cu y

Pb) en sedimentos de marismas de tres lagunas costeras, incluido el Estero de Urías. En dicho estudio reportó concentraciones máximas de Cd y Cu que rebasan los límites establecidos por la NOAA (2008) ($Cu=34 \mu\text{g g}^{-1}$, $Cd= 1.2 \mu\text{g g}^{-1}$). Los factores de enriquecimiento en el mismo estudio resultaron ser despreciables para Cd, Cu y Pb ($1 < FE < 2$), sin embargo, se evidenció una contaminación por Hg ($FE > 10$) desde 1968. En sedimentos de marisma de la misma laguna costera, Soto et al (2008) reportó concentraciones de Pb de hasta $58.9 \mu\text{g g}^{-1}$.

IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DE SEDIMENTOS DE MARISMAS EN EL ESTERO DE URÍAS

El presente estudio tiene dos metas principales: (a) evidenciar la acumulación de material marino en sedimentos de marisma, como herramienta de apoyo para la reconstrucción de las tasas de incremento del nivel del mar en Mazatlán; y (b) la evaluación de la contaminación por metales pesados por fuentes distintas a las descargas urbanas e industriales directas.

Estudios previos realizados en el Estero de Urías (Soto-Jiménez & Páez-Osuna, 2001; Soto-Jiménez et al., 2008; Ruíz-Fernández et al., 2009) han demostrado que la laguna se encuentra contaminada por metales pesados, especialmente mercurio, cuya procedencia se ha relacionado principalmente con descargas de aguas municipales sin tratar, escurrimientos agrícolas y emisiones a la atmósfera por parte de la planta termoeléctrica “José Aceves Pozo”. No obstante, estos estudios se han realizado principalmente al interior del cuerpo de agua y en zonas en las cuales la perturbación de origen antrópica era fácilmente previsible. A diferencia de los trabajos anteriores, la presente investigación prevé el estudio de sedimentos recolectados en zonas de marismas, bordeadas por extensas zonas de manglar, cuyo difícil accesibilidad y aislamiento de la zona navegable, pretende lograr que el registro sedimentario recolectado (y sus constituyentes) sean resultado de la acreción de sedimentos controlada por la marea, y el suministro por vía atmosférica. Con lo anterior, se pretende dar sustento geoquímico a la determinación de la tasa de cambio en el nivel del mar en Mazatlán; y generar información que permita valorar la importancia de la fuente atmosférica en el suministro de metales pesados en la zona de estudio, a partir del análisis de núcleos sedimentarios, fechados con el método de ^{210}Pb , recolectados en tres zonas de marisma en el Estero de Urías.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Las interrogantes que se pretende responder al final de este trabajo son las siguientes:

- ¿Es posible la utilización de perfiles de elementos de origen terrígeno (Al, Ti y Th, Zr, Ba, Rb) como indicadores de transición de ambiente continental a marino? ¿o de Sr, Cl, Na y Br como indicadores de sedimentos de procedencia marina?
- ¿Cuáles son las concentraciones típicas de metales pesados (Hg, Pb, Cr, Zn, Cu, Ag, Cd) en zonas de inundación, donde no existen descargas directas (excepto el influjo de marea y el aporte atmosférico) en el Estero de Urías?
- ¿Es posible identificar un tipo característico de perfiles de concentración de metales pesados en ambientes hipersalinos, en contraste con otros tipos de sedimentos costeros?

OBJETIVOS

El objetivo general del presente estudio es realizar una caracterización geoquímica de los sedimentos de 3 zonas de marisma localizadas en el Estero de Urías, con el propósito de: (a) determinar la integridad del registro sedimentario y corroborar la procedencia de los sedimentos como bases de la reconstrucción histórica de los cambios derivados por el aumento en el nivel del mar y (b) determinar los niveles de contaminación por metales pesados suministrados por vías independientes a las descargas directas de residuos industriales y urbanos.

Los objetivos particulares de la investigación son:

- Determinar los niveles de concentración de metales pesados (Hg, Pb, Cr, Zn, Cu, Ag, Cd) y de elementos de referencia (Al, Ti, Th, Sr, Zr y Br).
- Evaluar el uso potencial de algunos de estos elementos como indicadores de transición de ambientes continental a marino.
- Evaluar el nivel de enriquecimiento por metales en las zonas de estudio.
- Determinar la procedencia de los metales contaminantes detectados en el registro sedimentario.

ÁREA DE ESTUDIO

El Estero de Urías está localizado en el sureste del Golfo de California, al sur de la ciudad de Mazatlán y al norte de la desembocadura del río Presidio (Fig. 4). Se encuentra entre los 23° 08' 36" y 23° 13' 00" de latitud Norte y los 106° 17' 00" y 106° 26' 00" de longitud Oeste. Su forma es alargada y el eje mayor es paralelo a la costa, con una extensión y superficie aproximadas de 17 km y 28 km² respectivamente. El Estero de Urías nace en la punta del Cerro del Crestón y recibe la influencia marítima del Océano Pacífico a través de la boca del estero.

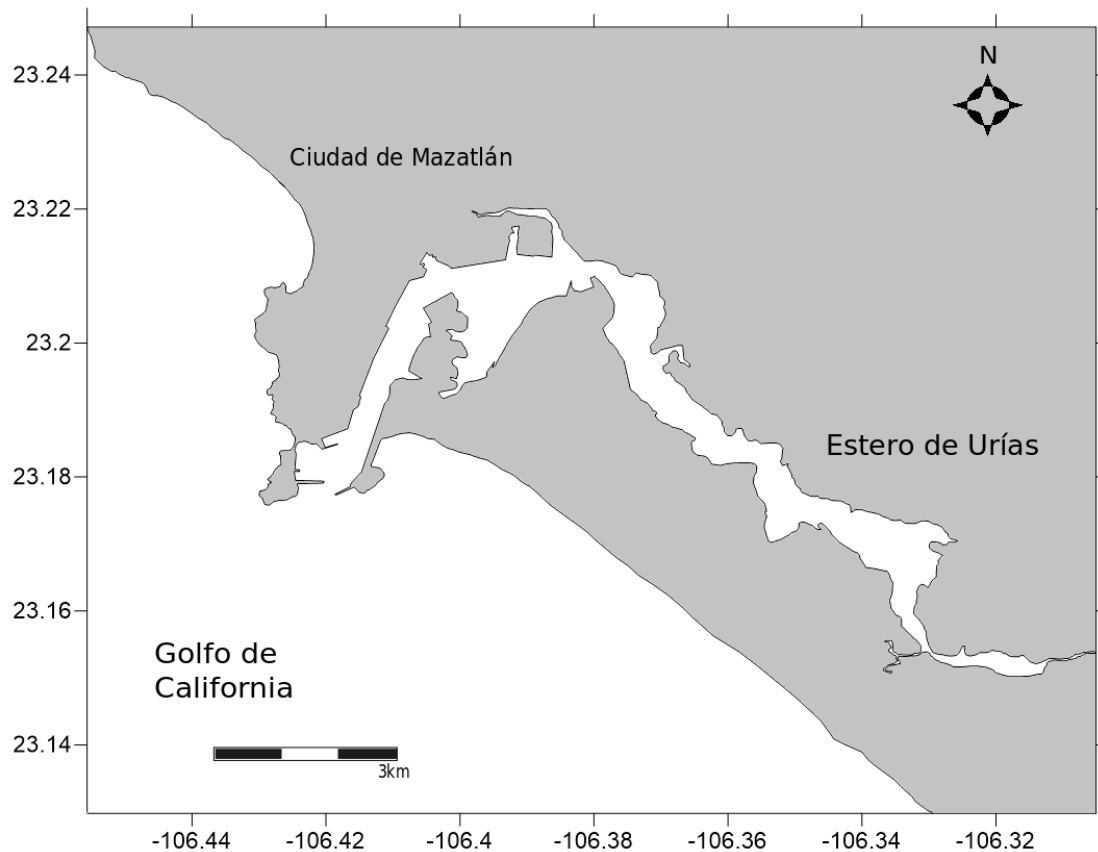


Fig. 4. Localización de zona de estudio.

El clima de la región es cálido subhúmedo con temperaturas promedio que van de 19.7 °C durante el invierno a 28.9 °C en el verano. La precipitación media anual es de 845.7 mm, ocurriendo principalmente durante la temporada de lluvias (INEGI, 2012).

De acuerdo con la cara hidrológica de Aguas Superficiales MAZATLAN F13-1 (SPP) escala 1:250000, El Estero de Urías pertenece a la Región hidrológica RH11: Presidio – San Pedro, Cuenca (D): Río Presidio, Subcuenca (f): Mazatlán (INEGI, 1992).

La hidrodinámica de la laguna se encuentra dominada principalmente a la influencia de marea, con mareas de tipo mixta, semidiurna con predominancia semidiurna. Los principales aportes de agua dulce que recibe este sistema provienen del río Presidio, la zona de influencia se localiza

en la margen derecha del río (INEGI, 1992). Existen aportes secundarios de Arroyos intermitentes: El arroyo de Urías, que desemboca cerca del canal de navegación, el arroyo El Zapote, que desemboca en el Estero de la Sirena, en la parte media de la laguna; el arroyo los Gavilanes, que desemboca en el Estero Pichichines en el margen sureste; y por último el arroyo el Habalito el cual desemboca en el Estero El Confite, ubicado en la parte norte. Estos arroyos prevalecen principalmente en época de lluvias y se consideran poco significativos.

Los terrenos colindantes del sistema lagunar son terrenos de marisma, sin vegetación aparente, con vegetación halófila de selva baja espinosa así como terrenos con bosque de mangle a las orillas del estero. En épocas de lluvias, estos terrenos se inundan en sus partes más bajas debido a la influencia de altas mareas que incrementan la cuña salina y la saturación de los mantos freáticos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los procedimientos de muestreo y métodos analíticos se encuentran descritos a detalle dentro del Anexo 1 – Métodos Analíticos.

Muestreo

Se recolectaron núcleos sedimentarios de tres diferentes zonas de marisma alta en el Estero de Urías, en los sitios denominados EU I ($23^{\circ}09'11.2$ N, $106^{\circ}19'49.2$ W), EU II ($23^{\circ}10'32.86$ N, $106^{\circ}20'09.57$ W) y EU III ($23^{\circ}09'19.3$ N, $106^{\circ}19'40.25$ W) (Fig. 5). Los núcleos fueron extraídos manualmente por enterramiento, en zonas de marisma a las que sólo llega la marea cuando se encuentra en su punto más alto, utilizando tubos de PVC con un diámetro interno de 10.5 cm. Los núcleos fueron abiertos longitudinalmente y seccionados en intervalos de 1 cm; las muestras se pesaron, congelaron y liofilizaron utilizando una liofilizadora Labconco mod.7754042. Posteriormente fueron molidas en mortero de porcelana y almacenadas en bolsas plásticas hasta su análisis.



Fig. 5 Localización de sitios de muestreo (Google Earth, 2014).

Análisis de Laboratorio

Granulometría

Para el análisis granulométrico se llevó a cabo utilizando un granulómetro láser Mallvern™ modelo Hydro™ 2000 MU. Previamente a su análisis, las muestras fueron tratadas con H₂O₂ al 30% para eliminar la materia orgánica.

Análisis de materia orgánica en el núcleo sedimentario.

La materia orgánica se analizó utilizando el procedimiento volumétrico propuesto por El Rayis (1985) en donde las muestras son tratadas con una mezcla de K₂Cr₂O₇ + Ag₂SO₄ + H₂SO₄ y el exceso de la mezcla oxidante se titula con Fe(NH₄)₂(SO₄)₂ (Loring y Rantala, 1992).

Determinación de carbonatos

La determinación de carbonatos se realizó utilizando el método volumétrico propuesto por Stuardo y Villarroel (1976), en donde las muestras de sedimento son tratadas con HCl y el exceso de ácido se titula con NaOH. La concentración de carbonatos se calcula a partir de una curva de calibración preparada con una solución estándar preparada con carbonato de calcio.

Determinación de elementos mayoritarios y oligoelementos

El análisis elemental se realizó por medio del método de fluorescencia de rayos X, utilizando los sistemas Spectro™ Xepos y Brucker™ S2 Ranger. Para la determinación, 4 g de sedimento pulverizado fueron colocados en una celda de polietileno de baja densidad, en la cual el fondo es previamente envuelto con una película de Prolene™. El instrumento realiza mediciones con diferentes objetivos de rayos X, lo cual permite la determinación de concentraciones elementales de los números atómicos entre 13 (Al) y 92 (U). Para determinar la exactitud de las mediciones se utilizaron los materiales de referencia certificados (MRC) IAEA-433 sedimento marino (Argelia) e IAEA-158 sedimento marino (Kilbrannan Sound).

Determinación de isótopos estables de C y N

El análisis de isótopos estables de C y N se llevó a cabo en el laboratorio de Isótopos Estables de la Universidad de Stanford. Las muestras fueron tratadas previo al análisis con H₂SO₃ al 6% en exceso en cápsulas de plata. Posteriormente, la determinación se realizó utilizando un analizador elemental Carlo Erba™ NA1500 Series 2 acoplado a un espectrómetro de masas Finnigan™ Delta Plus.

Análisis de mercurio total

La digestión total de las muestras se realizó de acuerdo a la metodología propuesta por Loring y Rantala (1992), utilizando una mezcla ácida $\text{HNO}_3:\text{HF}:\text{HCl}$ (3:1:1). La determinación de mercurio total se realizó por espectrometría de absorción atómica con vapor frío utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica Varian™ modelo SpectrAA 220. Los análisis de exactitud de esta técnica se realizaron utilizando el material de referencia certificado (MRC) IAEA-158 sedimento marino (Kilbrannan Sound).

Susceptibilidad magnética

El análisis de susceptibilidad magnética se realizó en sedimento seco y molido, utilizando un medidor de susceptibilidad magnética Bartington™ MS2 acoplado a un sensor de frecuencia simple MSG2. Un tubo de polimetileno ($L= 33$ mm; $\Phi = 8$ mm máximo) se llenó con una pequeña porción de la muestra (~1.5 g) que posteriormente fue introducido al equipo que en 3 minutos realizó la medición de la susceptibilidad magnética. El mismo procedimiento fue seguido para realizar la medición de blancos y material de referencia.

Análisis estadísticos

Análisis de Componentes Principales

Para cada núcleo se realizó un análisis de redundancias y un análisis de componentes principales utilizando los programas de libre acceso R y R-studio, con el objetivo de identificar cuáles son los factores que mejor explican la variabilidad de la base de datos geoquímicos de los núcleos sedimentarios.

El análisis de componentes principales (ACP o PCA, por sus siglas en inglés) es una técnica estadística introducida por Benzecri en 1980, que se utiliza principalmente con dos fines: 1) el de reducir la dimensionalidad de los datos y por tanto el número de variables en una base de datos y 2) intuitivamente hallar las causas de la variabilidad de un conjunto de datos y ordenarlas por importancia. La técnica reduce el número de combinaciones lineales de las variables originales de forma tal que considere el patrón de variabilidad de las correlaciones (Peña Sánchez de Rivera, 1987).

El análisis de componentes principales consta de cuatro fases características (Peña Sánchez de Rivera, 1987): 1) un análisis de la matriz de correlaciones en donde se identifica y agrupa a aquellas variables que tienen mayor correlación, de manera que pocos factores explicarán una gran parte de la variabilidad total; 2) la selección de los factores, o la extracción del número óptimo de factores, en donde se ordenan los factores de manera que el primero explique la mayor

proporción posible de la variabilidad original, el segundo factor debe recoger la máxima variabilidad que no contemple el primero, y así sucesivamente, cada factor representará un componente; 3) El cálculo de una matriz capaz de expresar la variabilidad conjunta de todas las variables, la matriz tendrá tantas columnas como componentes y tantas filas como variables; y por último 4) la interpretación de los factores, en donde se asignan cargas o puntuaciones de importancia de las variables así como de las observaciones (Lawley, 1940).

Análisis de Redundancias

El análisis de Redundancias (RDA por sus siglas en inglés), es un análisis de ordenación desarrollado por Van den Wollenberg (1977). El RDA es, en principio, un PCA constreñido, en donde existe una matriz de datos ambientales (A) que condicionan la respuesta de un conjunto de variables (B). El análisis de redundancias asume una relación lineal entre A y B e intenta explicar el máximo de varianza de B a partir de combinaciones lineales de A. Por último, el RDA utiliza un PCA para visualizar los resultados. De esta forma, el análisis de redundancias busca el número mínimo de variables que sean capaces de explicar el máximo de información contenida en los datos al mismo tiempo que proporciona información que ayuda a hallar de forma intuitiva las causas de la variabilidad.

CALIDAD ANALÍTICA

Cartas de control analítico

Las cartas de control analítico (CCA) constituyen un procedimiento de evaluación rutinaria en el laboratorio de la exactitud y la repetibilidad de los análisis; y son construidas de la siguiente manera:

1. Se selecciona un MCR que será regularmente analizado con las muestras. Idealmente, este material de referencia tiene una misma matriz similar o comparable a la de las muestras que se analizan.
2. El MRC es analizado repetidamente. Estos análisis no deben realizarse el mismo día, sino distribuirlos sobre un periodo de tiempo lo suficientemente largo como para cubrir el intervalo completo de errores aleatorios dentro de un mismo grupo o entre grupos de análisis.
3. Se grafica el valor promedio del MRC y su límite de confianza de conformidad al certificado (del cual se obtienen los límites de precaución y de control);

a) Valor certificado = x

b) LSP (límite superior de precaución) = $x + 2\sigma$

c) LSC (límite superior de control) = $x + 3\sigma$

d) LIP (límite inferior de precaución) = $x - 2\sigma$

e) LIC (límite inferior de control) = $x - 3\sigma$

4. Por último, se incluyen en el mismo gráfico los valores obtenidos de las réplicas analizadas. Asumiendo que las determinaciones analíticas de los MCR siguen una distribución normal, el 95% (19 de cada 20) debería caer en el área entre el LSP y el LIP. Similarmente, el 99.7% de los resultados deberían caer en dentro del área entre el LSC y el LIC. Cada vez que se concluya un grupo de análisis, los resultados obtenidos para el MCR se localizan en la CCA para verificar la posición del dato en relación con estos límites (UNEP 1995, IAEA, 1997).

En las Figuras 6, 7 y 8 se muestran las CCA para la determinación de los elementos mayoritarios (Na, Al, Cl, Ti, Mn y Fe), oligoelementos (Br, Rb, Sr, Zr, Ba, Th y U) y elementos contaminantes (V, Ni, Cu, As, Hg, y Pb) utilizando los MRC IAEA-158 e IAEA-433.

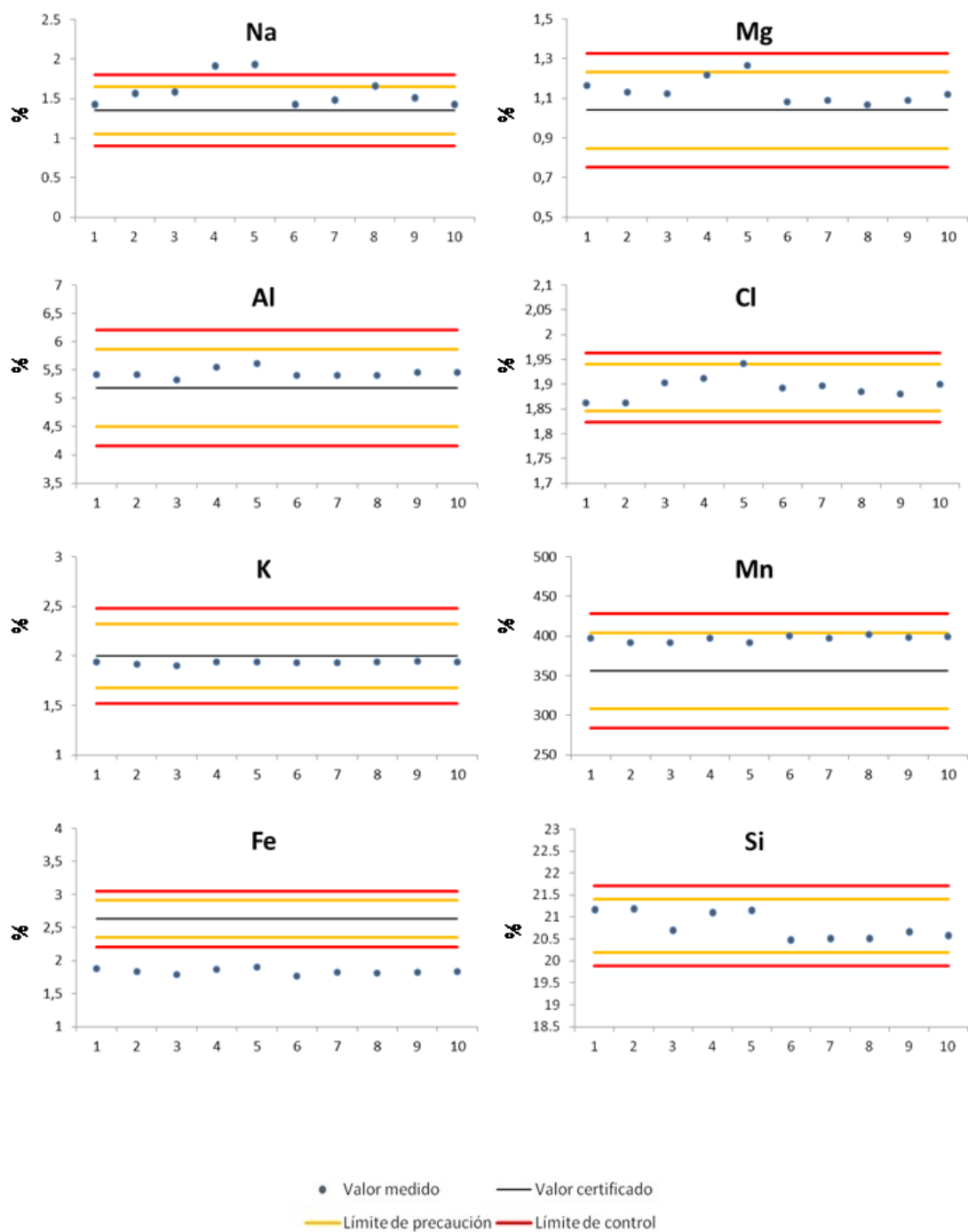


Figura 6. Cartas de control analítico (CCA) para las determinaciones de elementos mayoritarios por el método de XRF, construidas a partir del análisis de los materiales de referencia certificados IAEA-433 (Na) e IAEA-158 (Mg, Al, Cl, K, Mn, Fe y Si).

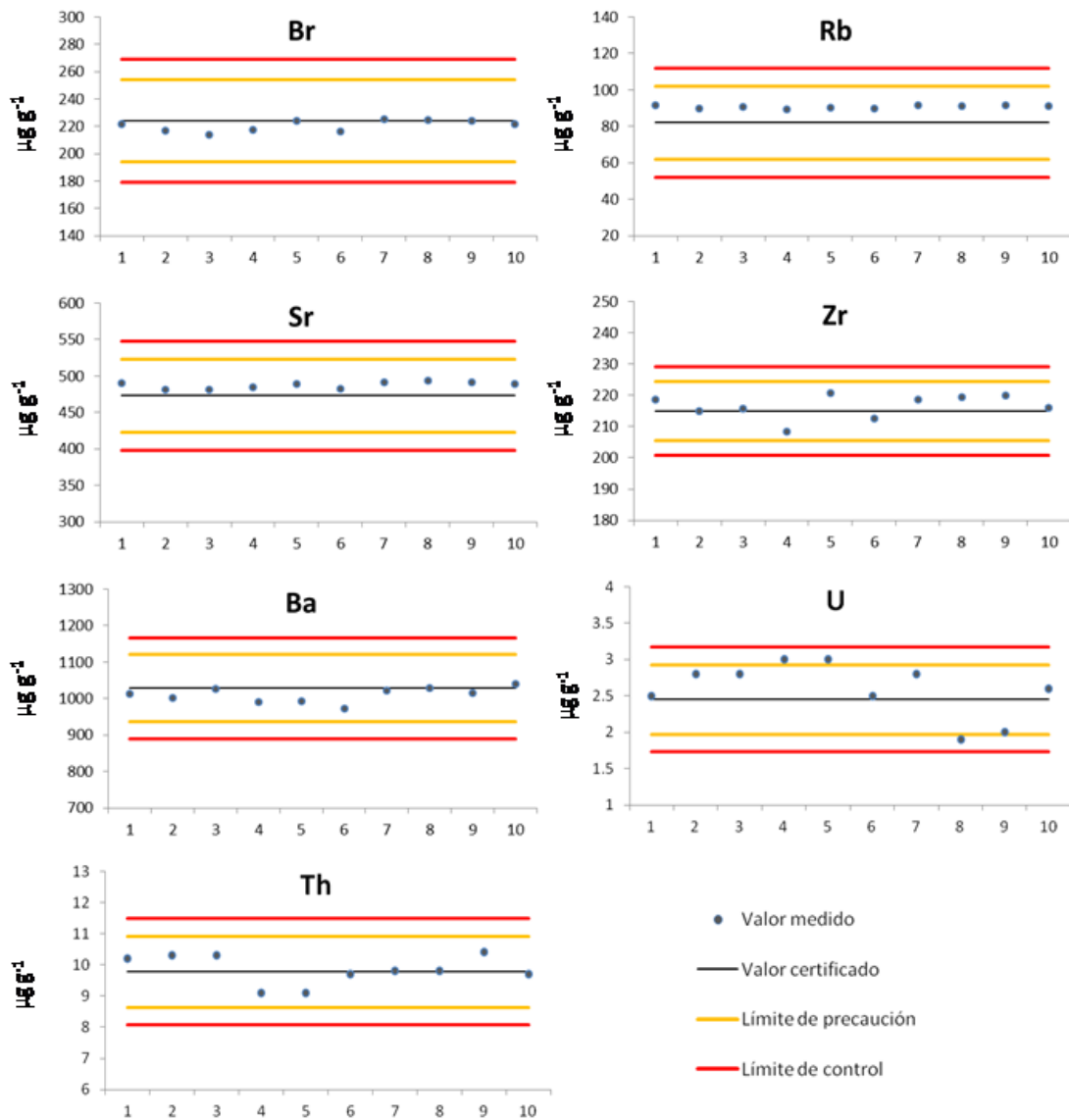


Figura 7. Cartas de control analítico (CCA) para las determinaciones de oligoelementos por el método de XRF, construidas a partir del análisis de los materiales de referencia certificados IAEA-433 (Th y U) e IAEA-158 (Br, Rb, Sr, Zr y Ba).

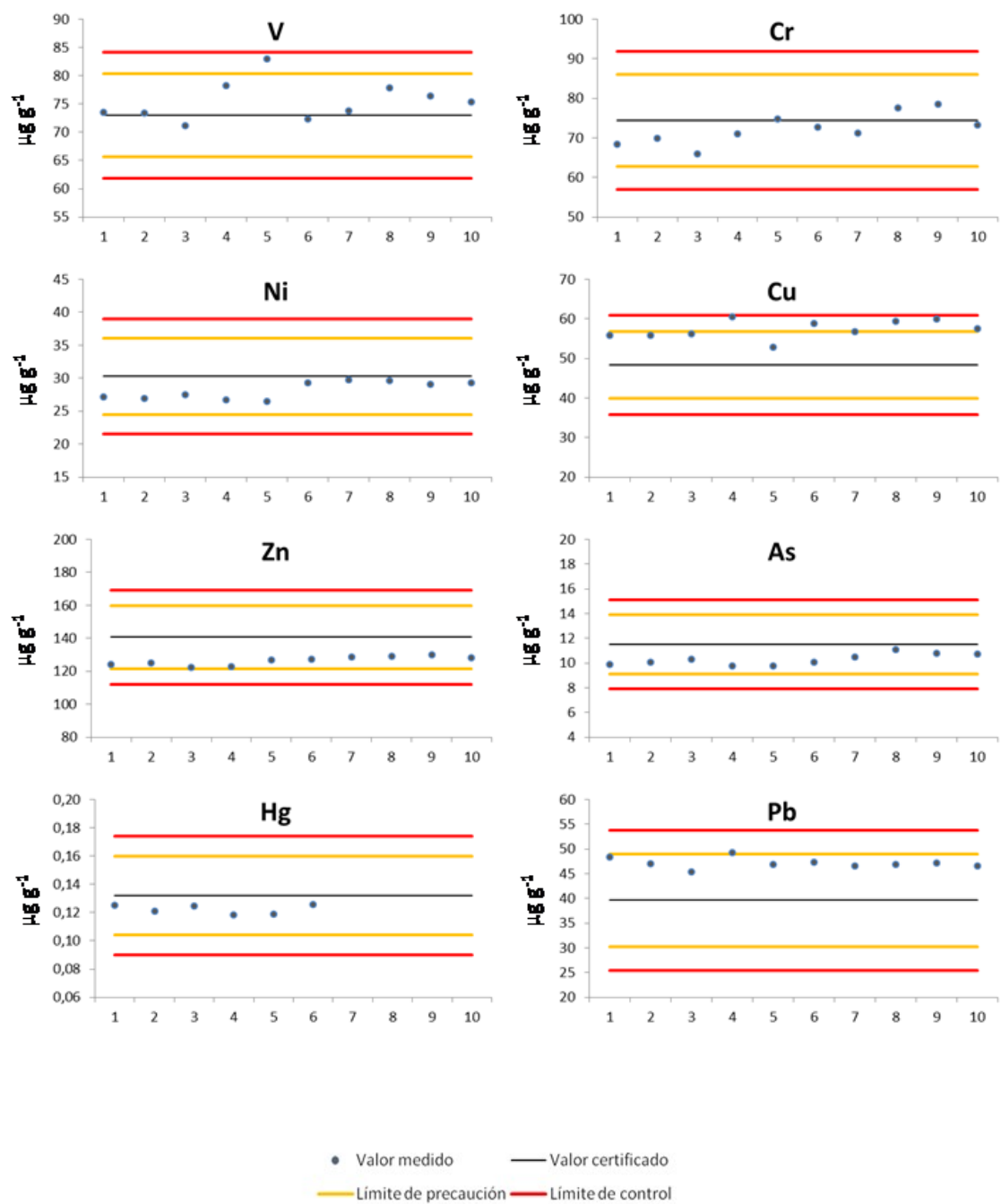


Figura 8. Cartas de control analítico (CCA) para las determinaciones de metales por el método de XRF, construidas a partir del análisis del material de referencia certificado IAEA-158.

Con excepción de Na y Fe, las determinaciones de los elementos analizados se encuentran dentro de los límites de control. En la CCA de Na, de las diez determinaciones realizadas dos se encuentran por encima del LSC ($x + 3\sigma$) una por encima del LSP ($x + 2\sigma$) y 7 se ubican entre el valor certificado y el LSP, es decir, las medidas tienden a ser sobreestimadas (~18.5%). La razón por la cual dos de las mediciones caen por encima del LSC puede atribuirse a un error aleatorio; la determinación de elementos ligeros (como el Na) a través de técnicas de XRF es particularmente complicada ya que la intensidad de la radiación de estos elementos es relativamente baja (longitud de onda larga) y de escaso poder de penetración. La CCA de Fe muestra determinaciones consistentes entre sí, pero todas por debajo del LIC ($x - 3\sigma$), por lo que muy probablemente se trate de un error sistemático en donde la concentración de Fe está siendo subestimada de manera consistente (~23%) por lo que se está trabajando en el mejoramiento de la técnica (e.g. calibración de las medidas con pellets de sedimento).

No obstante las inconsistencias antes descritas, las consecuencias sobre los resultados y conclusiones del presente trabajo son de bajo impacto, ya que el objetivo principal de determinar los valores de concentración de Na y Fe (así como otros indicadores geoquímicas) es evaluar los cambios en sus tendencias a lo largo de registros sedimentarios, más que el determinar con exactitud sus concentraciones.

RESULTADOS

Los valores obtenidos para las variables geoquímicas medidas en los núcleos recolectados en las áreas de marismas asociadas al Estero de Urías se presentan en las tablas 1 – 22, en el Anexo 2 “Resultados”; los perfiles de distribución respecto a la profundidad se muestran a continuación:

Caracterización de sedimentos

En los tres núcleos recolectados predominan los sedimentos finos (>60%). El núcleo EU II tiene porcentajes similares de limos y arenas (34.0-61.0% y 24.6-59.6%, respectivamente); en tanto que los núcleos EU I y EU III los limos alcanzan valores superiores al 60%, mientras las arcillas se mantienen generalmente por debajo del 20%. Los núcleos EU II y EU III muestran un tamaño de grano uniforme con respecto a la profundidad. Sin embargo, las variaciones en el contenido de arenas del núcleo EU I son considerables, aumentando de valores por debajo del 10% en el fondo a valores entre el 15 y 25 % por encima de los 25 cm.

La susceptibilidad magnética de los sitios EU I y EU II muestra semejanzas en sus perfiles. Ambos sitios presentan una ligera tendencia a aumentar desde el fondo (3.1 y 18.1×10^{-5} SI, respectivamente), hasta un máximo a los 23 y 24 cm de profundidad (7.5 y 25.8×10^{-5} SI, respectivamente) para después disminuir hacia la superficie (3.5 y 5.5×10^{-5} SI, respectivamente). En el sitio EU III, la susceptibilidad magnética permanece relativamente constante desde el fondo (3.8×10^{-5} SI) hasta los 3 cm de profundidad (3.5×10^{-5} SI) y posteriormente aumenta ligeramente hacia la superficie (5.5×10^{-5} SI).

Los intervalos de concentración de carbonatos en los núcleos estudiados son comparables (2.3-9.2% en EU I, 0.3-4.8% en EU II y 3.8-8.1% en EU III), aunque sus perfiles de distribución respecto a la profundidad son muy distintos. En el sitio EU I, el perfil de concentraciones de carbonatos es errático, con la concentraciones más bajas en la superficie: En el núcleo EU II las concentraciones más altas se encuentran al fondo y en la superficie, aunque se observa una tendencia decreciente del fondo hasta 35 cm de profundidad, a partir de donde las concentraciones se incrementan de nuevo hacia la superficie. En el núcleo EU III las concentraciones de carbonatos son casi homogéneas entre el fondo y 25 cm de profundidad, de dónde tienden a disminuir hasta a los 12 cm de profundidad y posteriormente se incrementan hacia la superficie.

Las concentraciones de C_{org} en los núcleos EU I y EU III (9.3-18.8% y 12.0-18.3%, respectivamente) fueron más elevadas que en el núcleo EU II (1.1-5.4%). Debido a la degradación microbiana del C_{org} , se espera que los perfiles de concentración respecto a la profundidad muestren una tendencia decreciente (Berner 1964), que sólo es posible en el caso de que los sedimentos no estén perturbados. En los núcleos EU II y EU III los perfiles de

concentración de C_{org} mostraron una tendencia decreciente de tipo exponencial significativa ($P < 0.5$) con respecto a la profundidad, lo cual indica que el efecto de mezcla en estos núcleos es despreciable, y se garantiza la integridad de los perfiles sedimentarios. En el núcleo EU I las concentraciones de C_{org} mostraron una tendencia decreciente desde el fondo hacia la superficie, concordante con el aumento en el contenido de arenas; no obstante el perfil atípico de C_{org} , la integridad del registro sedimentario está garantizada ya que ninguno de los perfiles de las variables de caracterización geoquímica presenta valores homogeneizados a lo largo del núcleo.

Isótopos estables de C y N

Las variaciones con respecto a la profundidad de $\delta^{13}C$ (Figuras 9 – 11) fueron diferentes en cada uno de los núcleos analizados. El núcleo EU I muestra un incremento constante en los valores de $\delta^{13}C$ del fondo (~ -26 ‰) hacia la superficie (~ -24 ‰); EU II mostró una tendencia diferente, con valores que disminuyen desde el fondo (~ -24 ‰) hasta los 4 cm de profundidad (~ -26 ‰) a partir de donde aumenta nuevamente hasta su valor máximo en la superficie (~ -23 ‰); EU III, por su parte, mostró una distribución relativamente constante con valores que oscilan alrededor de (~ -26 ‰) a lo largo del núcleo y que aumentan a partir del cm 3 hacia la superficie (~ -20 ‰).

Los valores de $\delta^{15}N$ fueron comparables para los tres núcleos y sus distribuciones con respecto a la profundidad fueron similares entre sí. En los tres núcleos, los valores de $\delta^{15}N$ encontrados cerca de la superficie fueron mayores, con una tendencia a aumentar gradualmente desde el fondo (EU I: 4.5 a 6.2 ‰; EU II: 4.5 a 5.7 ‰; EU III: 4.4 a 7.5 ‰).

Las variaciones de la relación C/N con respecto a la profundidad fueron similares en los tres núcleos sedimentarios, encontrando los valores máximos al fondo, con una tendencia constante a disminuir hacia la superficie (EU I: 37.6 a 13.7; EU II: 25.7 a 13.7; EU III: 40.6 a 10.2).

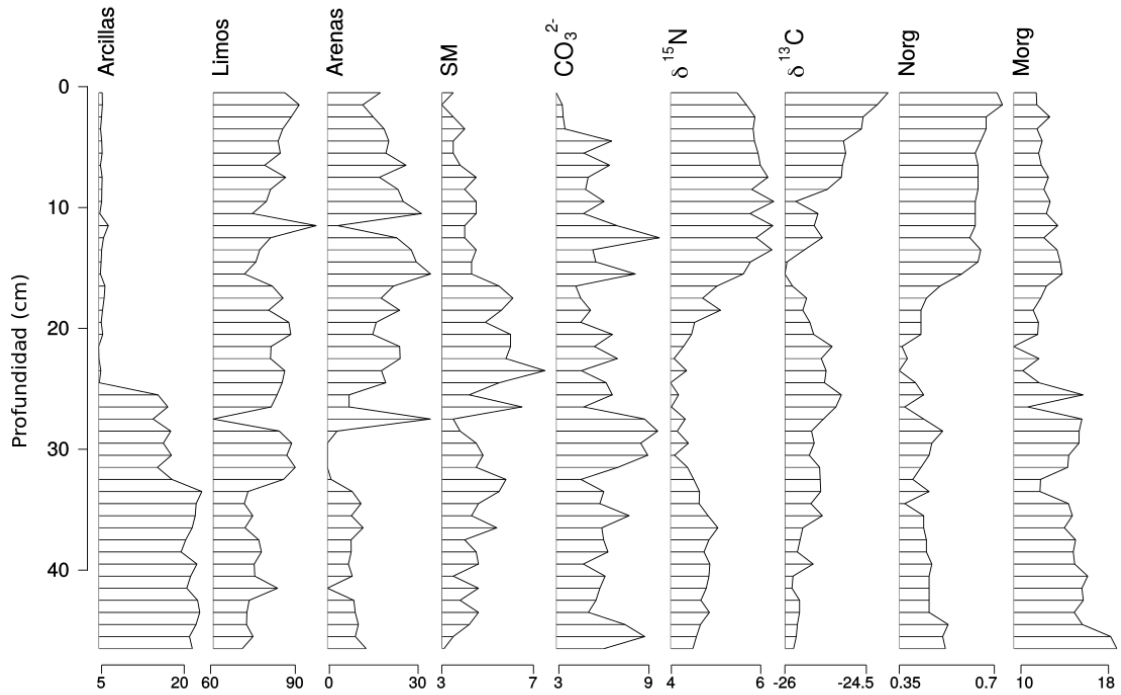


Figura 9. Distribución con respecto a profundidad de: tamaño de grano (%), susceptibilidad magnética (S.I.), contenido de carbonatos (%), $\delta^{13}\text{C}$ (‰), $\delta^{15}\text{N}$ (‰), Norg (%) y contenido de materia orgánica (%) del núcleo EUI.

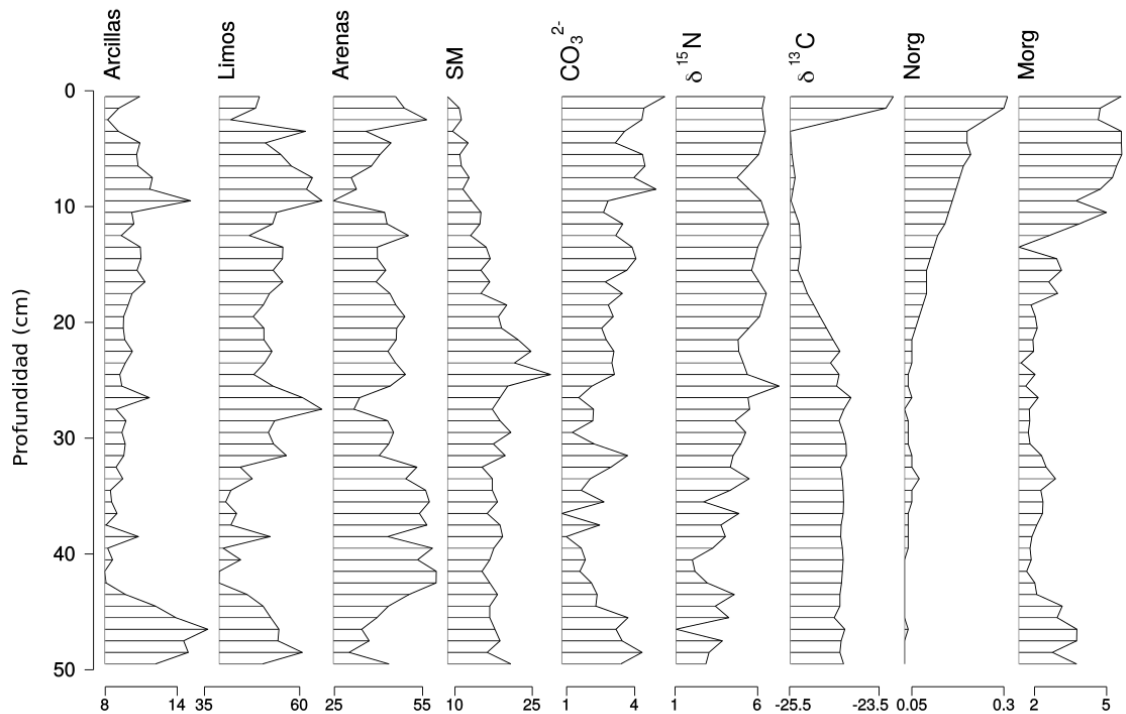


Figura 10. Distribución con respecto a profundidad de: tamaño de grano (%), susceptibilidad magnética (S.I.), contenido de carbonatos (%), $\delta^{13}\text{C}$ (‰), $\delta^{15}\text{N}$ (‰), Norg (%) y contenido de materia orgánica (%) del núcleo EUII.

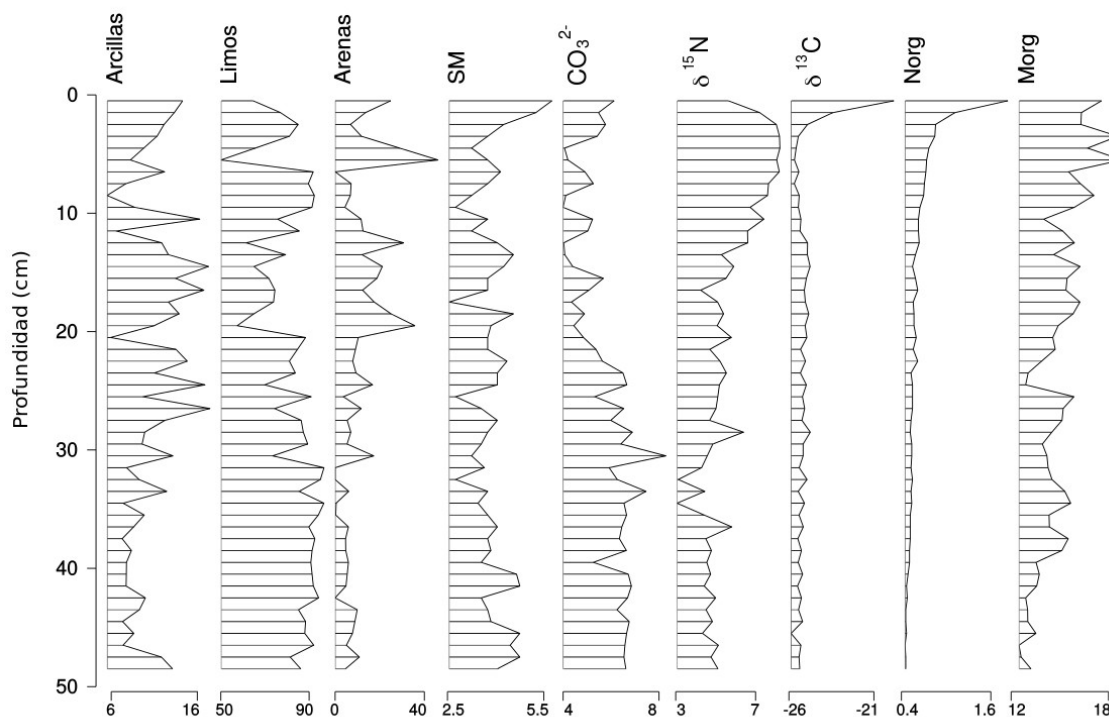


Figura 11. Distribución con respecto a profundidad de: tamaño de grano (%), susceptibilidad magnética (S.I.), contenido de carbonatos (%), $\delta^{13}\text{C}$ (‰), $\delta^{15}\text{N}$ (‰), Norg (%) y contenido de materia orgánica (%) del núcleo EUIII.

Elementos mayoritarios y oligoelementos

Las concentraciones de Al, Si, K, Ti, Rb, Zr y Ba tienen valores comparables en los tres núcleos analizados (Tablas 4-6, Anexo 2); y en cada uno de los núcleos, los perfiles de distribución respecto a la profundidad de estos elementos son muy similares entre sí (Figuras 12–14). En el núcleo EU I se observa que las concentraciones de Al, Si, K, Ti, Rb, Zr y Ba tienden a incrementarse desde el fondo del núcleo hasta 33 cm de profundidad, tienden a disminuir en el segmento entre 32 y 28 cm de profundidad, incrementan de los 28 a los 23 cm y posteriormente muestran una tendencia a disminuir hacia la superficie. En el núcleo EU II las concentraciones de Si, K y Zr se incrementan gradualmente desde el fondo hasta los 27 cm de profundidad, a partir de la cual disminuyen hasta la superficie. Las concentraciones de Al, Ti, Rb y Ba del mismo núcleo permanecen relativamente constantes desde el fondo del núcleo hasta los 8 cm de profundidad, a partir de la cual disminuyen hasta la superficie. A diferencia de los núcleos EU I y EU II, en el núcleo EU III las concentraciones de Al, Si, K y Ti disminuyen desde el fondo hacia 24 cm de profundidad, y a partir de esta profundidad las concentraciones se incrementan hacia la superficie.

Las concentración de fósforo en los núcleos EU II y EU III se encuentra en intervalos comparables ($<1 \text{ mg g}^{-1}$) mientras que los valores determinados en el núcleo EU I son hasta dos

veces mayores ($1.8 - 2 \text{ mg g}^{-1}$). En los 3 núcleos las concentraciones tienden a aumentar desde el fondo a la superficie.

Las concentraciones de Mg, S, Ca, Fe y Mn también muestran intervalos comparables los tres núcleos analizados (Tablas 7-9, Anexo 2) y los perfiles de distribución respecto a la profundidad de estos elementos guardan similitudes entre sí. En los núcleos EU I y EU II se observa que las concentraciones de Mg, S, Fe y Mn tienden a disminuir gradualmente desde el fondo hasta la superficie; sin embargo, de los 30 a los 27 cm de profundidad del núcleo EU I las concentraciones de Mg, S y Fe salen del rango promedio, alcanzando un máximo en el cm 28. Los perfiles con respecto a profundidad de Ca en los núcleos EU I y EU III muestran una tendencia a disminuir del fondo a la superficie, mientras que en el núcleo EU II la tendencia es opuesta. En el núcleo EU III las concentraciones de Ca, Fe y Mn disminuyen gradualmente desde el fondo hasta los 7 cm de profundidad, a partir de la cual cambian su tendencia y aumentan a la superficie.

Los perfiles de Na, Cl y Br con respecto a la profundidad, así como las concentraciones encontradas, son comparables para los núcleos EU I y EU II (Na: $5.4 - 17.9 \%$ y $2.9 - 29.7 \%$; Cl: $5.6 - 20.9 \%$ y $1.7 - 28.1 \%$; y Br: $175 - 389 \mu\text{g g}^{-1}$ y $45 - 312 \mu\text{g g}^{-1}$, respectivamente). En el núcleo EU III las concentraciones fueron más elevadas (Na: $11.7 - 27.1$; Cl: $12.1 - 30.1$; y Br: $500 - 743 \mu\text{g g}^{-1}$) y estas tienden a incrementarse desde el fondo hasta los 7 cm de profundidad, a partir de la cual disminuyen hacia la superficie.

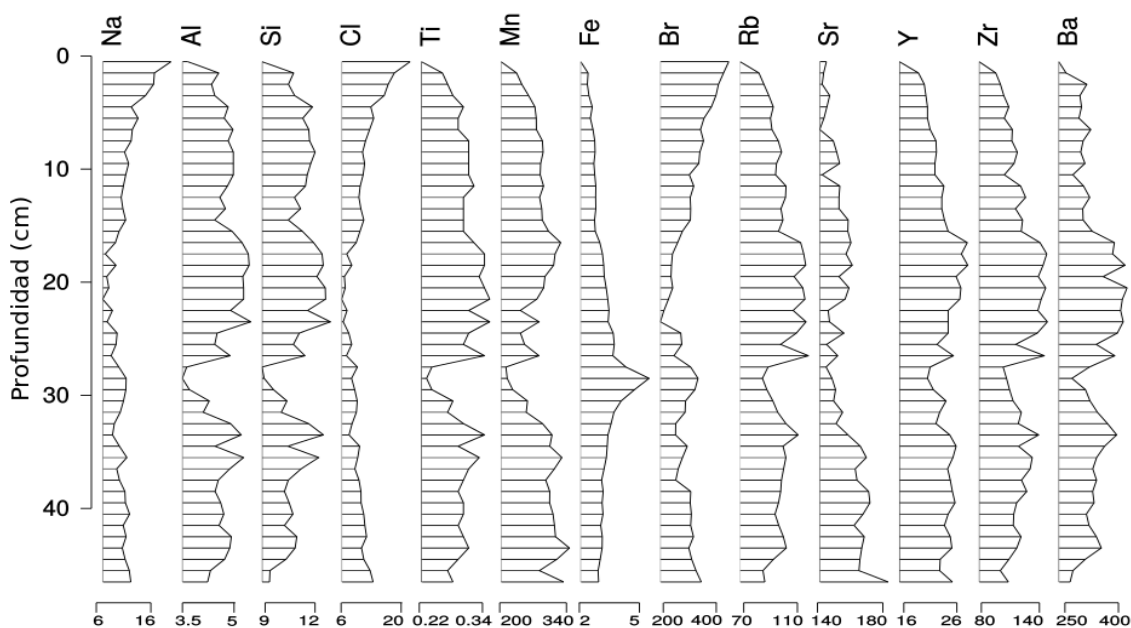


Figura 12. Distribución con respecto a profundidad de: Na (%), Al (%), Si (%), Cl (%), Ti (%), Mn, Fe (%), Br, Rb, Sr, Y, Zr y Ba del núcleo EU I. *Todas las unidades se encuentran en ppm, exceptuando los elementos para los que se especifica una unidad distinta.

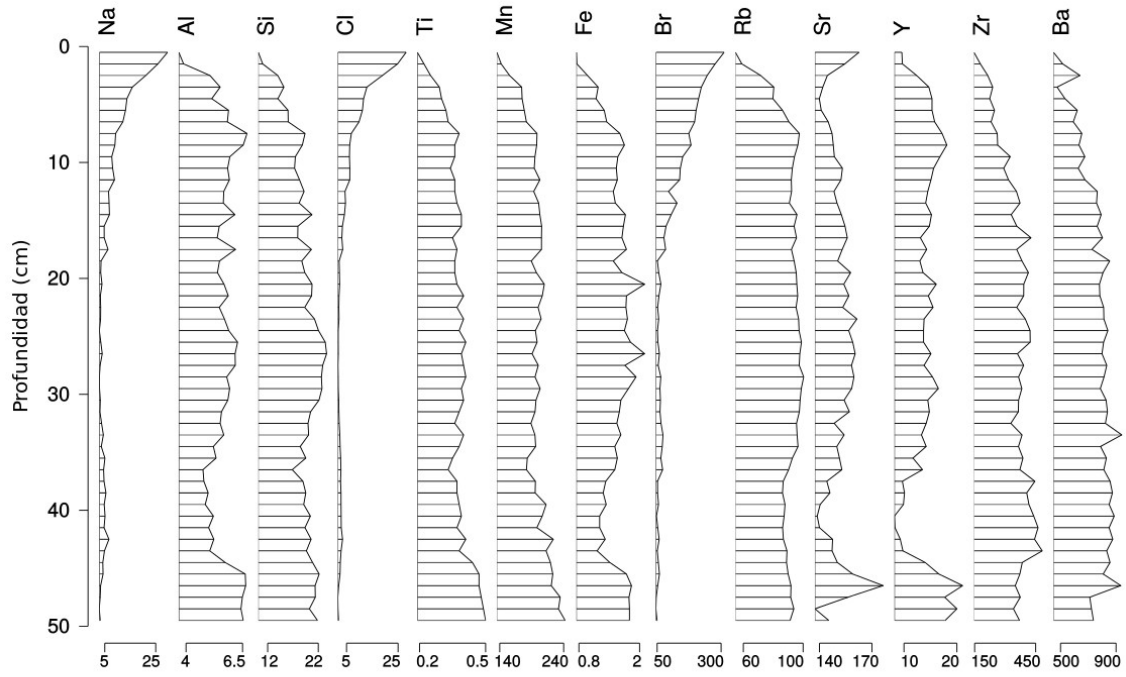


Figura 13. Distribución con respecto a profundidad de: Na (%), Al (%), Si (%), Cl (%), Ti (%), Mn, Fe (%), Br, Rb, Sr, Y, Zr y Ba del núcleo EUII. *Todas las unidades se encuentran en ppm, exceptuando los elementos para los que se especifica una unidad distinta.

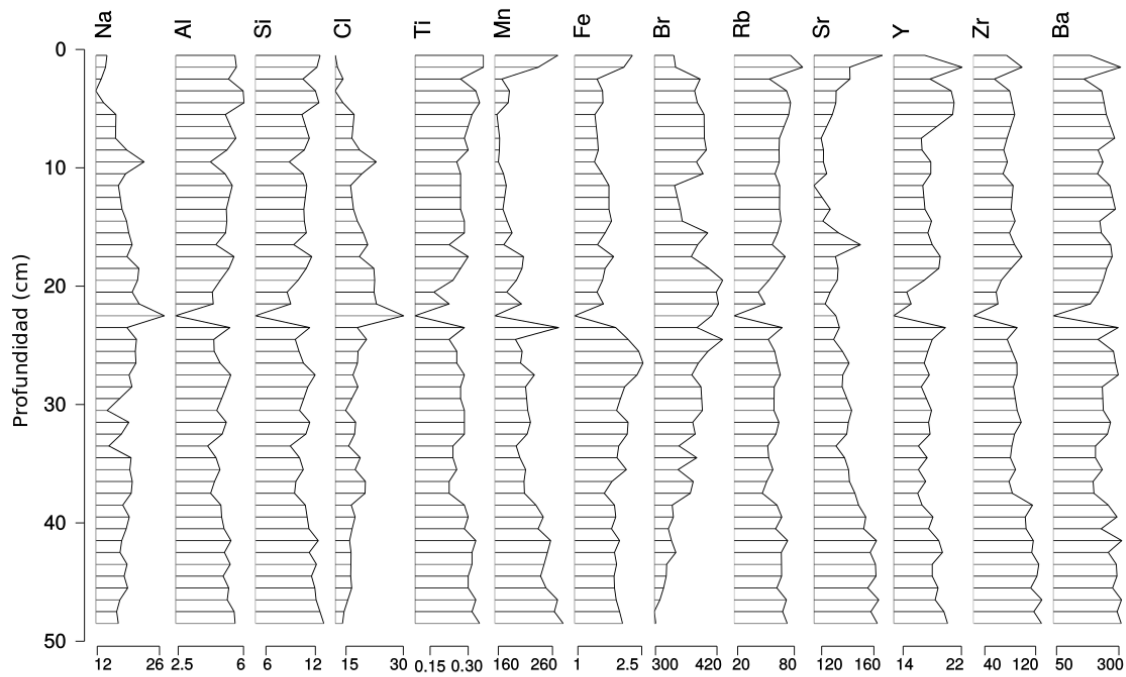


Figura 14. Distribución con respecto a profundidad de: Na (%), Al (%), Si (%), Cl (%), Ti (%), Mn, Fe (%), Br, Rb, Sr, Y, Zr y Ba del núcleo EUIII. *Todas las unidades se encuentran en ppm, exceptuando los elementos para los que se especifica una unidad distinta.

Los intervalos de concentración de V, Cr, Ni, Cu, Zn, Pb, Hg y As son comparables en su mayoría para los núcleos EU I y EU II (Tablas 13 y 14, Anexo 2). EU III presentó concentraciones considerablemente más elevadas de Cr, Ni, Pb, As, Hg y Zn. En cada núcleo analizado, los elementos V, Cr, Ni, Cu, Pb y Zn tienen perfiles de distribución en cuanto a profundidad similares (Figuras 15–17). En el núcleo EU I (Fig. 15), las concentraciones de estos elementos son casi homogéneas desde el fondo hasta los 26 cm de profundidad, a partir de donde se incrementan hasta alcanzar un máximo y después disminuyen a la superficie. Exceptuando al Pb, las concentraciones de estos mismos elementos en EU III (Fig. 17) presentan una tendencia decreciente hasta los 26 cm con respecto a la profundidad a partir de la cual permanecen constantes hacia el fondo.

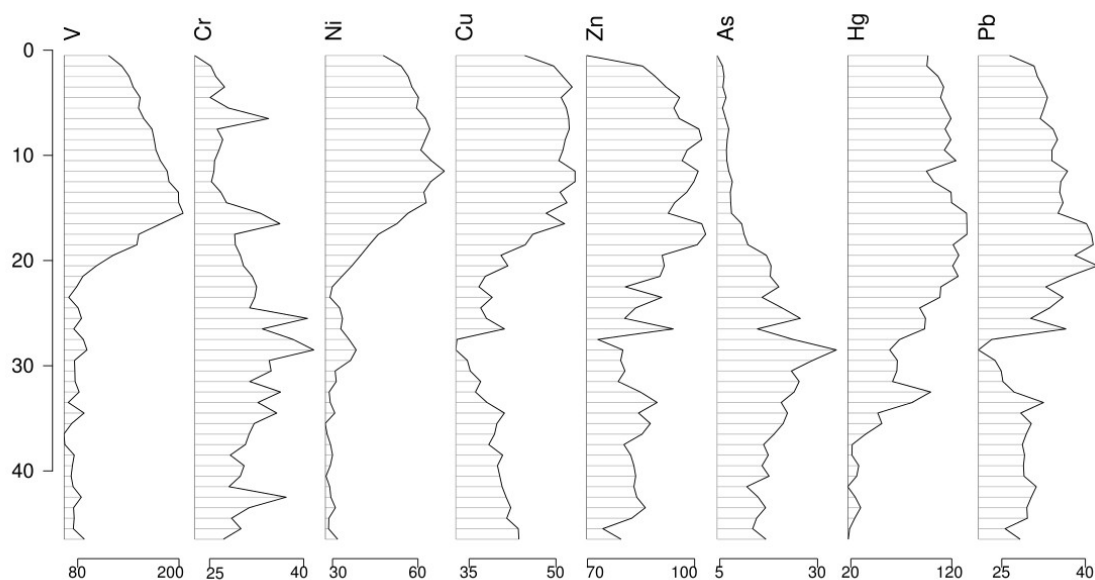


Figura 15. Distribución con respecto a profundidad de: V, Cr, Ni, Cu, Zn, As, Hg(ng/g) y Pb del núcleo EU I. *Todas las unidades se encuentran en ppm, exceptuando los elementos para los que se especifica una unidad distinta.

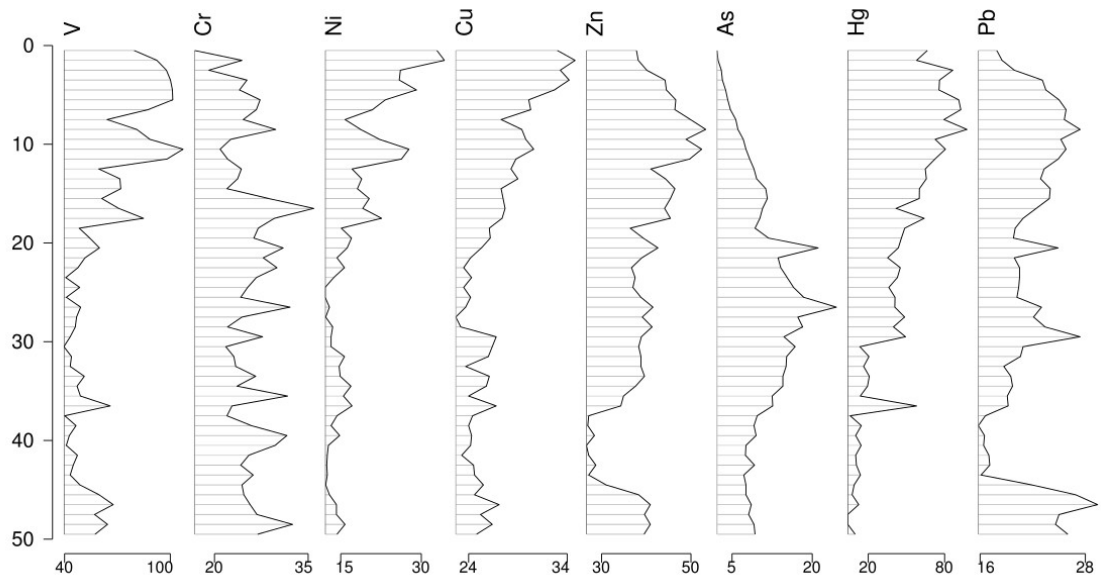


Figura 16. Distribución con respecto a profundidad de: V, Cr, Ni, Cu, Zn, As, Hg(ng/g) y Pb del núcleo EUUI. *Todas las unidades se encuentran en ppm, exceptuando los elementos para los que se especifica una unidad distinta.

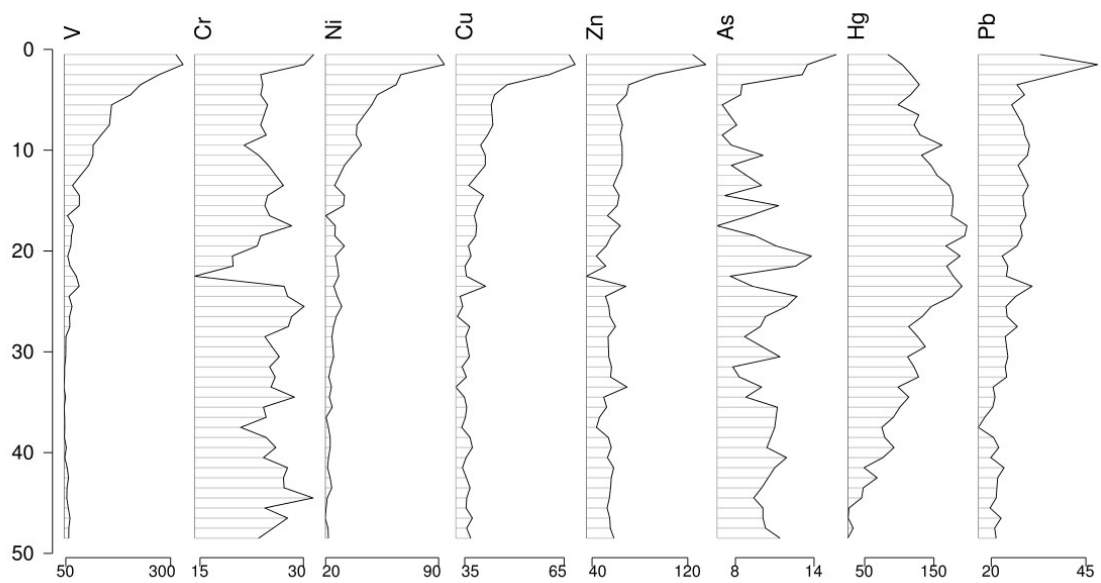


Figura 17. Distribución con respecto a profundidad de: V, Cr, Ni, Cu, Zn, As, Hg(ng/g) y Pb del núcleo EUIII. *Todas las unidades se encuentran en ppm, exceptuando los elementos para los que se especifica una unidad distinta.

Factores de Enriquecimiento (FE)

Los elementos que presentaron FE mayores a 2 en los núcleos estudiados fueron: V, Ni, Cu, Zn, As, Pb y Hg. Estos FE son comparables para los núcleos EUI y EUII, y relativamente mayores en el núcleo EUIII.

Vanadio (V)

EUI, presenta un factor de enriquecimiento de V máximo (2.6) a los 16 cm de profundidad, a partir de donde disminuye relativamente hasta la superficie. El núcleo EUII, registra factores de enriquecimiento superiores a 2 por encima de los 11 cm de profundidad, a partir de la cual aumenta gradualmente hasta alcanzar su máximo 2 cm debajo de la superficie (2.6). Por último, el núcleo EUIII, registra factores de enriquecimiento superiores a 2 por encima de los 11 cm de profundidad, a partir de la cual aumenta hasta alcanzar su máximo 1 cm antes de la superficie (5.5).

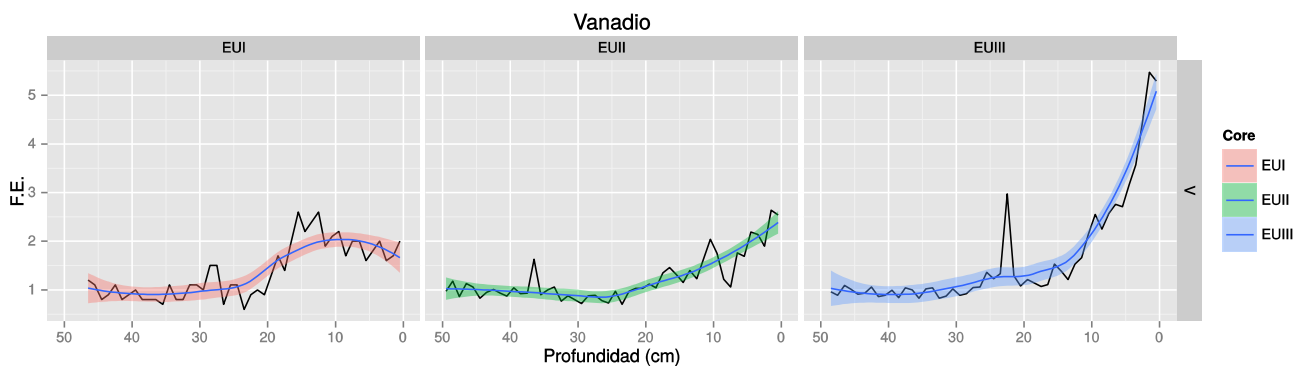


Figura 18. Factores de Enriquecimiento de Vanadio en los núcleos EUI, EUII y EUIII, respectivamente. Las bandas en color representan la tendencia local (regresión local) de los núcleos EUI (rojo), EUII (verde) y EUIII (azul) con un 95% de confianza.

Níquel (Ni)

EUI, presenta un factor de enriquecimiento de Ni máximo (2.3) por encima de los 13 cm de profundidad, a partir de donde se mantiene relativamente constante hacia la superficie. El núcleo EUII, registra factores de enriquecimiento superiores a 2 por encima de los 12 cm de profundidad, a partir de la cual aumenta gradualmente hasta alcanzar su máximo 2 cm debajo de la superficie (4.5). Por último, el núcleo EUIII, registra valores de enriquecimiento superiores a 2 por encima de los 27 cm de profundidad, a partir de la cual aumenta gradualmente hasta alcanzar su máximo 3 cm por debajo de la superficie (8.0).

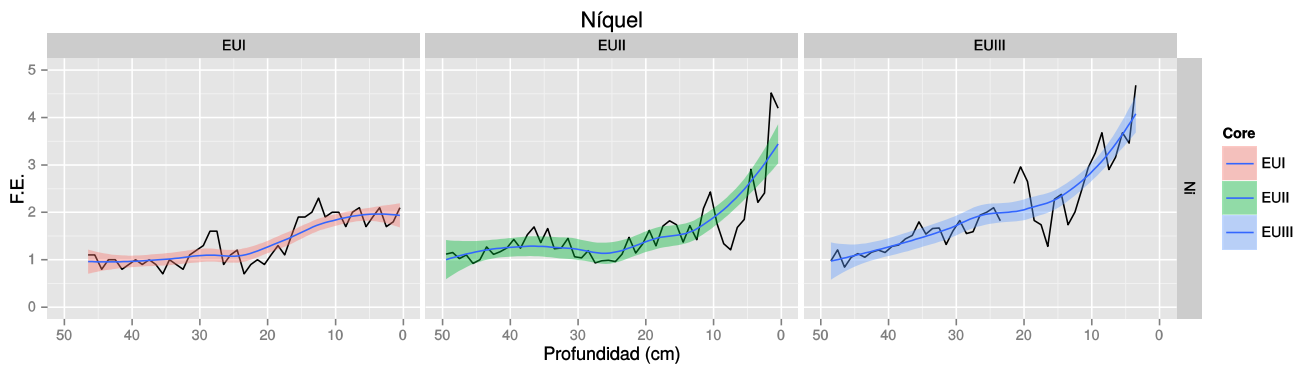


Figura 19. Factores de Enriquecimiento de Níquel en los núcleos EUI, EUII y EUIII, respectivamente. Las bandas en color representan la tendencia local (regresión local) de los núcleos EUI (rojo), EUII (verde) y EUIII (azul) con un 95% de confianza.

Cobre (Cu)

EUI, no presenta un factor de enriquecimiento de Cu superior a 2, no obstante su valor máximo se encuentra en la superficie (1.4). El núcleo EUII, registra factores de enriquecimiento únicamente en las capas superficiales (2.4). Por último, el núcleo EUIII, registra valores de enriquecimiento superiores a 2 por encima de los 9 cm de profundidad, a partir de la cual aumenta gradualmente hasta alcanzar su máximo 3 cm debajo de la superficie (3.8).

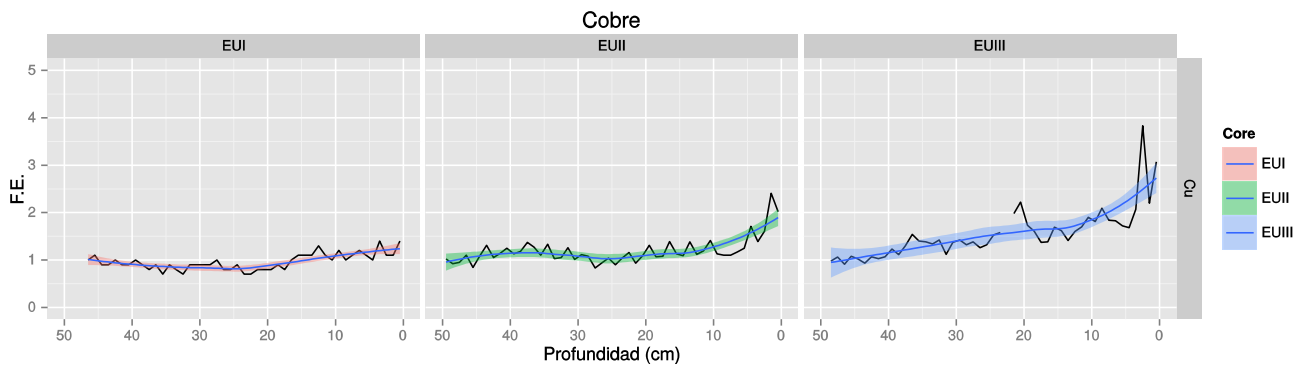


Figura 20. Factores de Enriquecimiento de Cobre en los núcleos EUI, EUII y EUIII, respectivamente. Las bandas en color representan la tendencia local (regresión local) de los núcleos EUI (rojo), EUII (verde) y EUIII (azul) con un 95% de confianza.

Zinc (Zn)

EUI, no presenta un factor de enriquecimiento de Zn superior a 2, alcanza su valor máximo encima de los 13 cm de profundidad (1.2) y permanece constante a la superficie. El núcleo EUII, no presenta un factor de enriquecimiento de Zn superior a 2, y alcanza su valor máximo únicamente en la capa superficial (1.9). Por último, el núcleo EUIII, registra valores de enriquecimiento superiores a 2 por encima de los 11 cm de profundidad, a partir de la cual aumenta gradualmente hasta alcanzar su máximo 3 cm por debajo de la superficie (4.0).

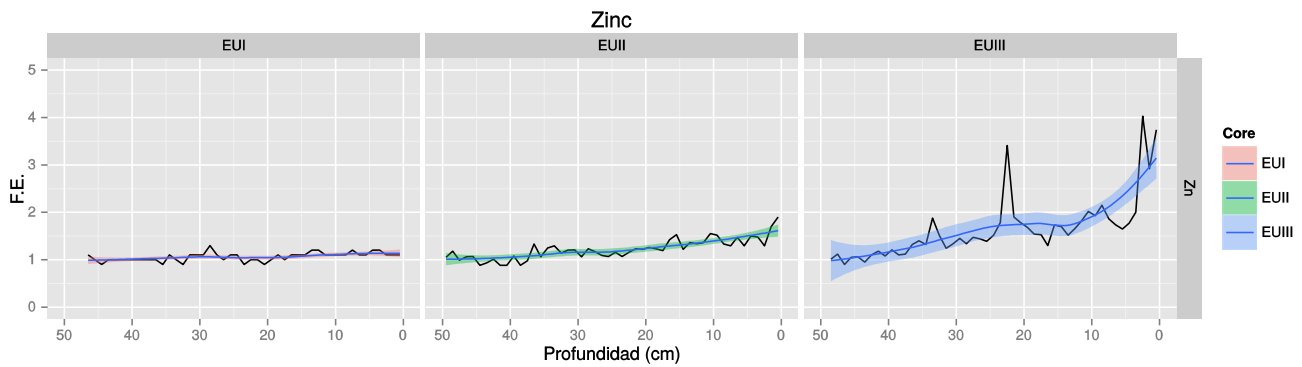


Figura 21. Factores de Enriquecimiento de Zinc en los núcleos EUI, EUII y EUIII, respectivamente. Las bandas en color representan la tendencia local (regresión local) de los núcleos EUI (rojo), EUII (verde) y EUIII (azul) con un 95% de confianza.

Arsénico (As)

EUI, presenta únicamente un factor de enriquecimiento de As superior a 2 a los 29 cm de profundidad (2.4) y posteriormente la concentración de As disminuye hacia la superficie hasta valores por debajo de las concentraciones de fondo. El mismo comportamiento se observa en el núcleo EUII, en donde valor máximo de FE se alcanza a los 27 cm de profundidad (3.1) y posteriormente la concentración de As disminuye hacia la superficie a valores por debajo de las concentraciones de fondo. Por último, el núcleo EUIII, registra el máximo FE a los 21 cm de profundidad (3.1), disminuye a concentraciones cercanas a la natural y alcanza un segundo máximo 3 cm por debajo de la superficie (3.1).

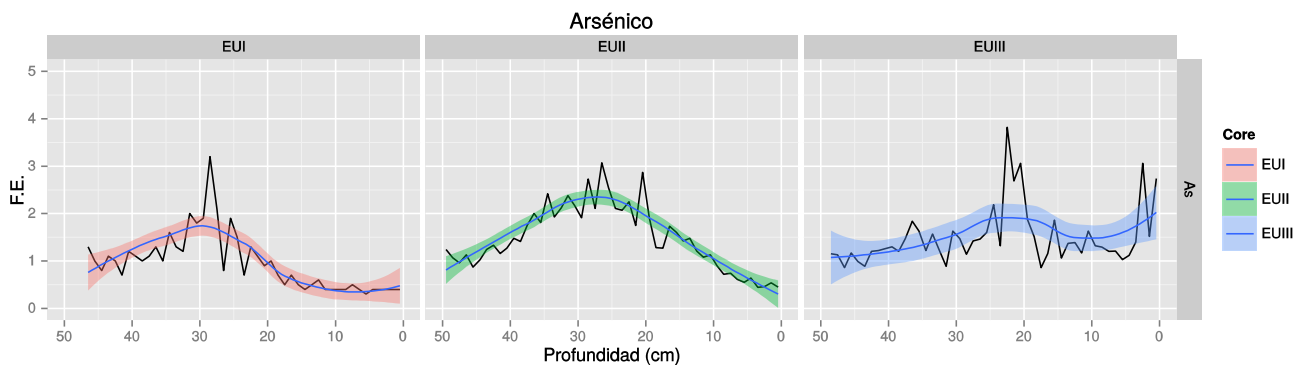


Figura 22. Factores de Enriquecimiento de Arsénico en los núcleos EUI, EUII y EUIII, respectivamente. Las bandas en color representan la tendencia local (regresión local) de los núcleos EUI (rojo), EUII (verde) y EUIII (azul) con un 95% de confianza.

Mercurio (Hg)

El mercurio es el contaminante más relevante (en términos de enriquecimiento) encontrado en los núcleos sedimentarios. En el núcleo EUI, presenta factores de enriquecimiento superiores a 2 por encima de los 36 cm de profundidad (2.3) y alcanza valores máximos 15 cm por debajo de la superficie (6.5). En el núcleo EUII, presenta valores superiores a 2 por encima de los 41 cm (2.4), posteriormente, aumenta gradualmente hasta alcanzar valores 10 veces por encima de las

concentraciones de fondo a los 14 cm de profundidad (10.5) y continúa en aumento hasta alcanzar su máximo 2 cm debajo de la superficie (13.4). Por último, en el núcleo EUIII, se registra el máximo FE a los 21 cm de profundidad (16.0), y posteriormente disminuye de forma gradual hasta la superficie (3.0).

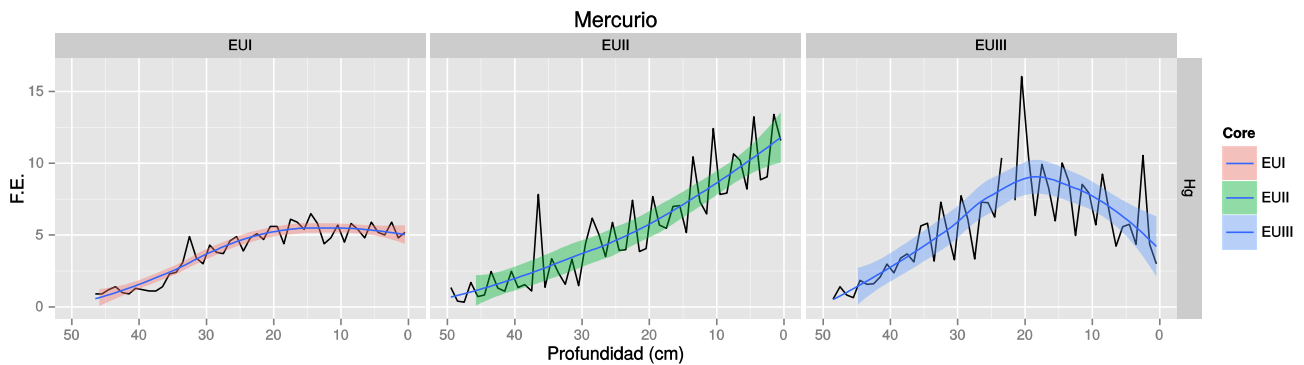


Figura 23. Factores de Enriquecimiento de Mercurio en los núcleos EUI, EUII y EUIII, respectivamente. Las bandas en color representan la tendencia local (regresión local) de los núcleos EUI (rojo), EUII (verde) y EUIII (azul) con un 95% de confianza.

Plomo (Pb)

EUI, no presenta un factor de enriquecimiento de Pb superior a 2, alcanza su valor máximo encima de los 17 cm de profundidad (1.3) y permanece constante hacia la superficie. El núcleo EUII, no presenta un factor de enriquecimiento de Pb superior a 2, y alcanza su valor máximo en la capa superficial (1.3). Por último, el núcleo EUIII, registra valores de enriquecimiento superiores a 2 por encima de los 25 cm de profundidad, a partir de la cual aumenta gradualmente hasta alcanzar su máximo 3 cm por debajo de la superficie (3.9).

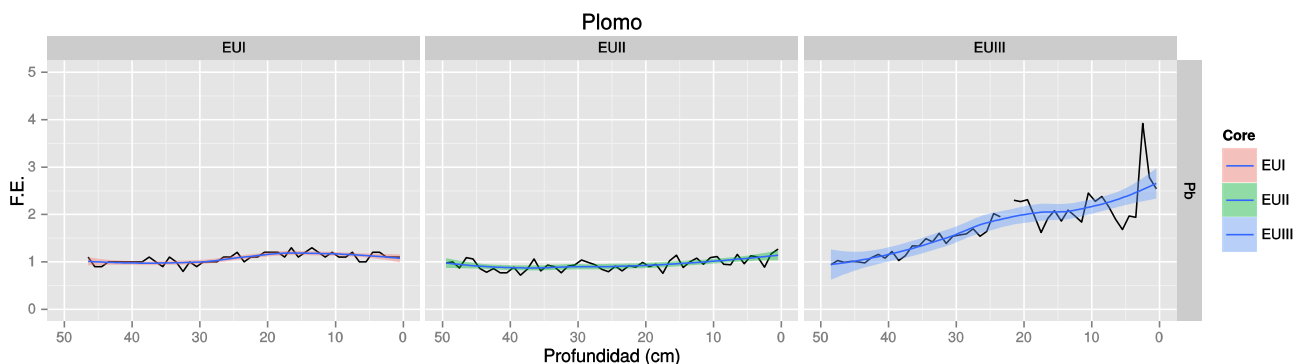


Figura 24. Factores de Enriquecimiento de Plomo en los núcleos EUI, EUII y EUIII, respectivamente. Las bandas en color representan la tendencia local (regresión local) de los núcleos EUI (rojo), EUII (verde) y EUIII (azul) con un 95% de confianza.

Análisis de Redundancias (RDA)

Con la finalidad de simplificar la interpretación de las variables geoquímicas y entender los procesos que más afectan la varianza de los datos, se realizó un análisis de redundancias (RDA) para cada núcleo utilizando 9 variables ambientales (arcillas, limos, arenas, susceptibilidad magnética, contenido de materia orgánica, contenido de carbonatos, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ y N_{org}) como matriz condicionante y 34 variables geoquímicas (Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Ba, W, Hg, Pb, Bi, Th y U) como variables de respuesta. Los resultados del RDA se presentan en el Anexo 3: Análisis estadísticos.

Para el núcleo EUI (Fig. 25), se obtuvieron 2 componentes RDA que en conjunto explican el 84% de la variabilidad de los datos. El componente RDA 1, **procedencia de materia orgánica**, explica del 46% de la variabilidad de los datos y tiene como variables significativas con carga negativa al contenido de materia orgánica (-0.75) y de arcillas (-0.71). Los elementos determinados como significativos ($-0.65 > \text{carga} > 0.65$) asociados a este componente RDA1 son: Mo, U, S y Mg (con cargas negativas) y Zn, W, Pb, P, Ga, Hg, Th, Si, V, Cu y Al (con cargas positivas). El componente RDA2, **influencia marina**, explica el 38% de la variabilidad de los datos y tiene como variables significativas al contenido de nitrógeno orgánico (-0.92), la proporción isotópica $\delta^{15}\text{N}$ (-0.67) y a la susceptibilidad magnética (0.82). Los elementos determinados como significativos ($-0.65 > \text{carga} > 0.65$) asociados al componente RDA2 son: Br, Na y Cl (con cargas negativas) y Ba, Zr, Rb e Y (con cargas positivas).

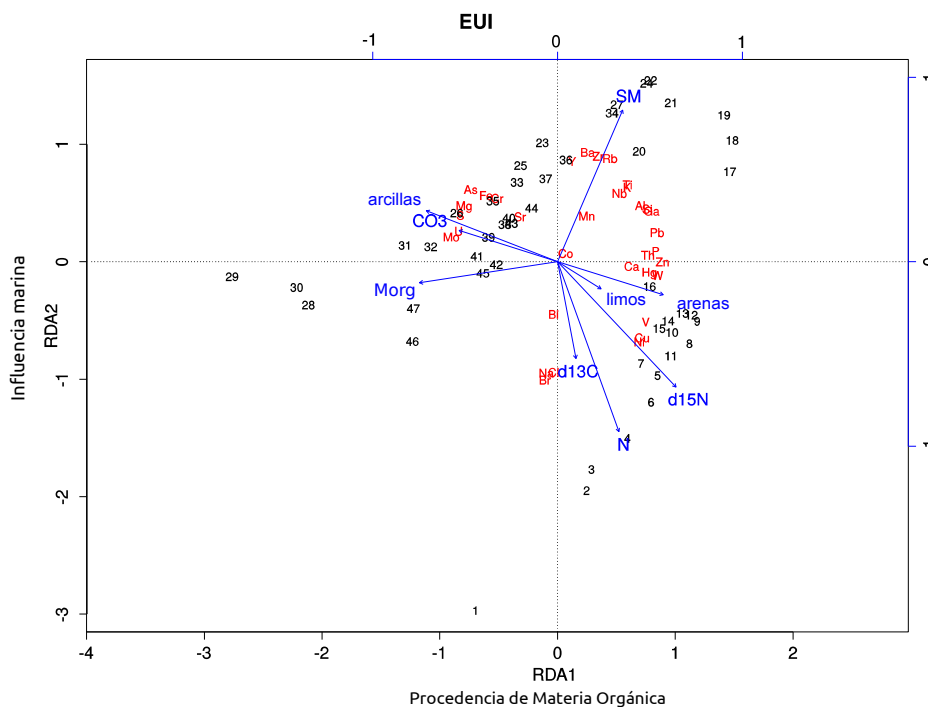


Figura 25. Biplot de los componentes RDA1 (Procedencia de materia orgánica) y RDA2 (Influencia marina) derivados del análisis de redundancias realizado para el núcleo EUI.

En el núcleo EUII (Fig. 26), se obtuvieron 2 componentes RDA que en conjunto explican el 82% de la variabilidad de los datos. El componente RDA1, *influencia marina*, explica el 57% de la variabilidad de los datos y tiene como variables significativas con carga negativa a la concentración de nitrógeno orgánico (-0.99) y al contenido de materia orgánica (-0.81) y a la susceptibilidad magnética (0.79) con carga positiva. Los elementos determinados como significativos ($-0.65 > \text{carga} > 0.65$) dentro de este componente RDA1 son: Br, Na, Cl, Mg, Ni, Cu, V, Hg y U (con cargas negativas) y Zr, Si, Ba, Ti, Mn, Rb, Fe, K y As (con cargas positivas). El componente RDA2, *procedencia de materia orgánica*, explica el 25% de la varianza de los datos y tiene como variables significativas al contenido de limos (0.82) y arcillas (0.73) con carga positiva, y al contenido de arenas (-0.87) y $\delta^{13}\text{C}$ (-0.66) con carga negativa. Los elementos determinados como significativos ($-0.65 > \text{carga} > 0.65$) para este componente RDA2 son: Ga, Y, Pb, Nb, Al, Zn, W y Th, todos con carga positiva.

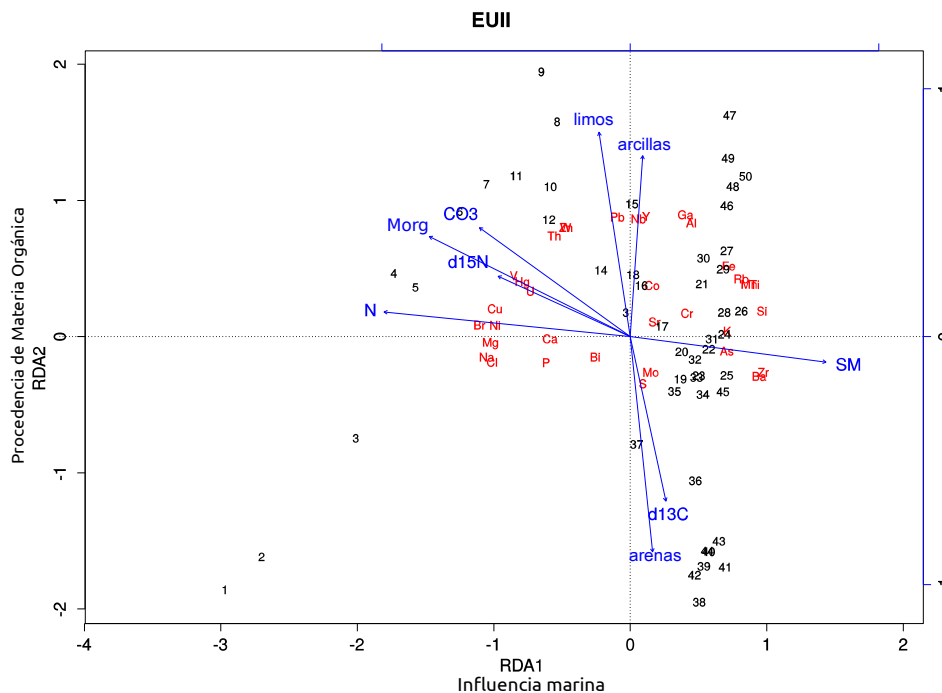


Figura 26. Biplot de los componentes RDA1 (Influencia marina) y RDA2 (Procedencia de materia orgánica) derivados del análisis de redundancias realizado para el núcleo EUII.

Por último, en el sitio EUIII (Fig. 27) se obtuvieron 2 componentes RDA que en conjunto explican el 81% de la variabilidad de los datos. El componente RDA1, *procedencia de materia orgánica*, explica el 53% de la variabilidad de los datos y tiene como variables significativas al nitrógeno orgánico (-0.95) y de la proporción isotópica $\delta^{13}\text{C}$ (-0.68) y $\delta^{15}\text{N}$ (-0.66) de la fracción orgánica, todas con cargas negativas. Los elementos determinados como significativos ($-0.65 > \text{carga} > 0.65$) dentro de este componente RDA1 son: V, Ni, Cu, Zn, W, Ga, Pb, Ca y Mg (con cargas negativas) y S (con carga positiva). El componente RDA2, *influencia marina*, explica

del 28% de la variabilidad de los datos y tiene como única variable significativa al contenido de carbonatos (0.80) y, como variables que afectan en menor escala, a la susceptibilidad magnética (0.57) con carga positiva y al contenido de materia orgánica (-0.51) y $\delta^{15}\text{N}$ (-0.50) con carga negativa. Los elementos determinados como significativos ($-0.65 > \text{carga} > 0.65$) dentro de este componente RDA2 son: Sr y Mn, ambos con carga positiva; y los elementos determinados como segundo orden de significancia ($-0.5 > \text{carga} > 0.5$) de este mismo componente son: Hg (-0.64) y Br (-0.55), ambos con carga negativa.

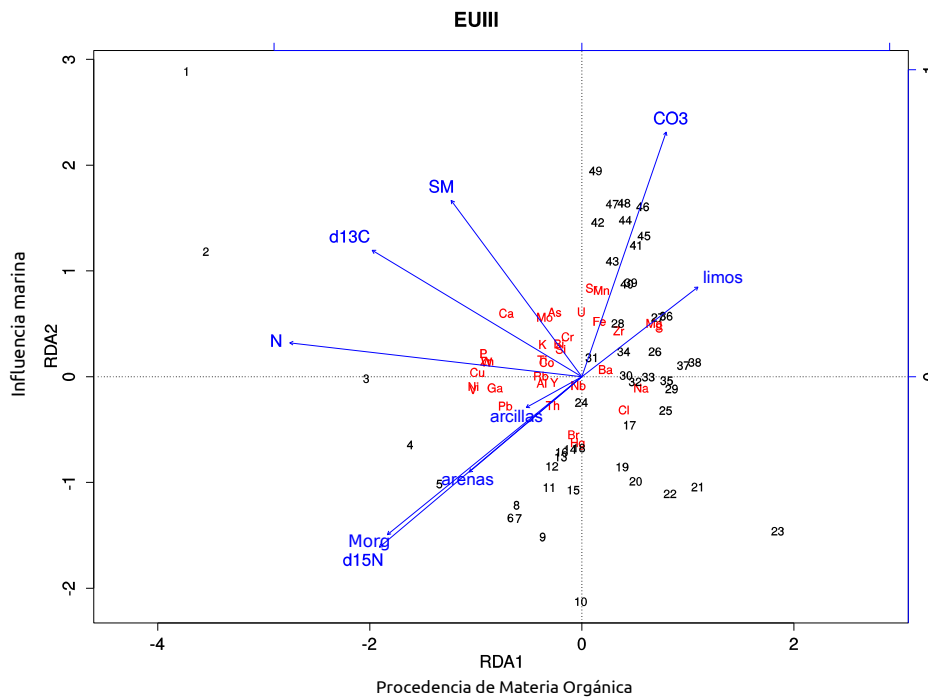


Figura 27. Biplot de los componentes RDA1 (Procedencia de materia orgánica) y RDA2 (Influencia marina) derivados del análisis de redundancias realizado para el núcleo EUIII.

Análisis de Componentes Principales (ACP)

Se realizó un análisis de componentes principales (ACP) con la finalidad de agrupar y ordenar las observaciones (muestras), y distinguir las agrupaciones de las mismas observaciones con base a su composición elemental (datos de XRF). Los resultados del ACP se presentan en el Anexo 3: Análisis estadísticos.

DISCUSIÓN

Interpretación del análisis de redundancias (RDA)

Para el núcleo EUI, la presencia de las variables MO y arcillas con carga negativa en el componente RDA 1, ***procedencia de materia orgánica***, se debe a que los valores de ambas variables se reducen considerablemente desde el cm 26 hacia la superficie del núcleo (Fig. 1., Anexo 2). La asociación directamente proporcional entre la abundancia de sedimentos finos y la concentración de materia orgánica ha sido reportada ampliamente en la literatura (e.g. Christensen 1987; Jenkinson, 1988; Amato y Ladd, 1992; Hassink, 1994) y se debe a la mayor superficie de contacto de los sedimentos finos con respecto a los sedimentos gruesos. La misma disminución se observa para las concentraciones de Mo, U, S y Mg, los cuales suelen encontrarse acomplejados con compuestos orgánicos (Tribovillard, 2004; Drever, 1988; Roberts et al., 2013). Los elementos Zn, W, Pb, P, Ga, Hg, Th, Si, V, Cu y Al, que presentan carga positiva, muestran un incremento a partir del cm 26 hacia la superficie, muy probablemente asociados a minerales provenientes de una fuente distinta a la de los sedimentos ricos en materia orgánica.

En el componente RDA2, ***influencia marina***, las variables nitrógeno orgánico y $\delta^{15}\text{N}$ identifican la presencia de una fuente que contribuye con mayores concentraciones de nitrógeno orgánico asociado a materia orgánica con más altos valores de $\delta^{15}\text{N}$, que se hace más evidente por encima de los 20 cm de profundidad (Fig 1. Anexo 2). Este incremento viene asociado a un incremento en las concentraciones de Br, Na y Cl, que son elementos que identifican el aporte de agua de mar (Billo, 1991; Mayer, et al., 2007; Chagué-Goff, 2010); lo cual es acorde con el incremento de valores de $\delta^{15}\text{N}$ (Shultz & Calder, 1976; Meyers and Eadie, 1993). En contraste, las concentraciones de Ba, Zr, Rb e Y, los cuales son considerados como indicadores del aporte detrítico continental (Duchart et al., 1973; Salminen, 2005; Plewa, 2006), disminuyen por encima de los 20 cm de profundidad, debido a que el aporte de agua marina diluye la señal terrígena en los sedimentos del núcleo EUI.

Para el núcleo EUII, la presencia de las variables nitrógeno orgánico y materia orgánica con carga negativa y de la susceptibilidad magnética con carga positiva en el componente RDA1, ***influencia marina***, indican la transición de un ambiente más terrígeno o continental, a uno más marino. El incremento de nitrógeno orgánico asociado materia orgánica se vuelve evidente a partir del cm 20 hasta la superficie (Fig 5. Anexo 2). Al igual que en el núcleo EUI, este incremento viene asociado a un aumento en las concentraciones de Br, Na y Cl que son indicativos de la influencia del agua de mar sobre los sedimentos. Existe, además, un incremento en las concentraciones de Mg, Ni, Cu, V, Hg y U, lo que sugiere que estos elementos llegan hasta los sedimentos arrastrados por el agua del estero. En contraste, los valores susceptibilidad magnética disminuyen por encima de los 25 cm de profundidad, en

asociación con las concentraciones de Zr y Si (correlación significativa, $p_{\text{Bonferroni}} < 0.05$), lo cual evidencia una disminución de la señal terrígena a los sedimentos del núcleo EUII.

En el componente RDA2, *procedencia de materia orgánica*, la presencia de los limos y las arcillas con carga positiva, y de las arenas y la proporción isotópica $\delta^{13}\text{C}$ con carga negativa, se debe a la asociación entre los tamaños de grano de limos y arcillas que, muy probablemente, provienen de una misma fuente distinta a la de los sedimentos ricos en materia orgánica (sección por encima de los 15 cm de profundidad). Existe una asociación, no del todo evidente, entre los sedimentos finos y las concentraciones de Ga, Y, Pb, Nb, Zn y Th que sugiere que este grupo de elementos se encuentra asociado a la misma fuente de sedimento. Cabe resaltar, que únicamente existen una correlaciones significativas ($p_{\text{Bonferroni}} < 0.05$) entre Ga e Y (0.87), Ga y Nb (0.80), Ga y Pb (0.79), Y y Nb (0.82), Y y Pb (0.89), Pb y Th (0.79), Pb y Zn (0.77), Zn y Th (0.77), y entre las arcillas y las concentraciones de Y (0.71). Por su parte, las proporciones isotópicas de $\delta^{13}\text{C}$ comienzan a variar por encima del cm 23, misma profundidad a la que comienza a aumentar el aporte de materia orgánica hacia la superficie, lo cual sugiere un cambio de fuente de aporte de material orgánico a partir de esta profundidad. Estos cambios en la señal isotópica de ^{13}C de la materia orgánica puede ser el resultado de la influencia de las granjas de acuicultura y estanquerías de la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera (SCPP) Sixto Osuna, la cual se encuentra ubicada a aproximadamente 500 m al oeste del sitio de muestreo. La disminución en la proporción de $\delta^{13}\text{C}$ a partir del cm 23 de de -24% a -25.8% es, quizás, el resultado la mezcla de la mezcla del C_{org} del entorno con restos de alimento de camarón (Biofilm: $\sim 26\%$ Abreu et al, 2007), debido a que las aguas de descarga contenidas en la estanquería son vertidas al sistema lagunar y están compuestas principalmente de excretas de camarón y restos de alimento balanceado no consumido por los camarones (SEMARNAT, 2007).

En el núcleo EUIII, la asociación de variables y su contribución a los componentes RDA no es del todo clara ya que presenta una mezcla en las contribuciones de origen marino y terrígeno que no es tan obvia de interpretar. Sin embargo, se definió que la *procedencia de la materia orgánica* está determinada por las contribuciones de las variables nitrógeno orgánico, $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ al componente RDA1; la asociación estas variables a la concentración de P, sugieren que el incremento gradual en el aporte de nutrientes tiene un sólo origen (Fig 9. Anexo 2). Existe además, una asociación entre estas mismas variables y las concentraciones de V, Ni, Cu, Zn, Ga, W y Pb, lo cual advierte que el incremento en las concentraciones de estos elementos se da en asociación a compuestos orgánicos.

Por su parte, se definió que la *influencia marina* está determinada por las variaciones de la susceptibilidad magnética, $\delta^{15}\text{N}$ y de materia orgánica dentro del componente RDA2 que, aunque no gobiernan por completo la variabilidad de este componente, si contribuyen a la

misma. El enriquecimiento de $\delta^{15}\text{N}$ del fondo del núcleo (+4.4 a +4.7‰; Fig 9. Anexo 2), en donde ya presenta valores típicamente marinos (+4 a +5‰, Mook et al., 1974; Valiela y Teal, 1976), se da a partir del cm 40 hacia la superficie (+4.9 a +7.5 ‰) y es, probablemente, el resultado de la mezcla de nitratos de origen marino (+2 a +5 ‰; Müller, 1977) con aguas residuales no tratadas (~+8‰) que son descargadas directamente hacia el Estero de Urías (Ochoa-Izaguirre & Soto-Jiménez, 2013). La asociación, en este componente, entre $\delta^{15}\text{N}$, el contenido de materia orgánica y las concentraciones de Br, sugiere que el incremento en la proporción isotópica de $\delta^{15}\text{N}$ está ligado al incremento en el contenido de nitrógeno y materia orgánica provenientes del cuerpo del estero, enriqueciendo la señal de $\delta^{15}\text{N}$ en los sedimentos del sitio EUIII.

Clasificación de indicadores de procedencia

Para determinar el uso potencial de los elementos estudiados como indicadores de procedencia marina o continental de los sedimentos, cada elemento debe ser evaluado con respecto a:

1. Concentración en aguas naturales: su concentración en agua dulce (aguas subterráneas, agua de lluvia y escorrentía) vs. su concentración en agua de mar,
2. Concentración en la corteza: concentración en la corteza continental vs. concentración en la corteza oceánica, y
3. Nivel de afinidad a las principales fracciones orgánicas o inorgánicas de los sedimentos (Lopez-Buendia, 1999) ej. materia orgánica y minerales detríticos.

La afinidad de cada elemento a la materia orgánica o a la fracción detrítica es directamente proporcional a su habilidad para ser retenido en el registro sedimentario y, como consecuencia, directamente proporcional a su potencial uso como indicador en las condiciones de depósito (Lopez-Buendia, 1999). El nivel de afinidad de cada elemento a la materia orgánica o a alguna fracción detrítica puede ser evaluado a través de su coeficiente de correlación (correlación de Pearson) con la materia orgánica y con Zr o Si como elementos que representan la fracción detrítica (Matrices de correlación, Anexo 3).

La proporción de la concentración de un elemento en agua mar con respecto a su concentración en agua dulce puede ser distinta a la proporción de la concentración del mismo elemento en sedimentos marinos o costeros con respecto a sedimentos continentales. Por esta razón, es necesario evaluar ambas proporciones de manera conjunta.

Un buen indicador marino, entonces, será aquel elemento que 1) su concentración en agua de mar sea mucho mayor a su concentración en agua dulce; es decir, que sea un elemento conservativo en agua de mar, 2) se encuentre presente en una concentración elevada en sedimentos marinos o costeros con respecto a su concentración en sedimentos continentales, y

3) presente una correlación significativa con la materia orgánica o con los componentes detríticos.

Concentración de indicadores geoquímicos en aguas naturales

Cuando se consideran las concentraciones de cada elemento en agua de mar y en agua dulce (Wedepohl, 1969 – 1978), las variaciones elementales en distintos ambientes sedimentarios adquieren un sentido de procedencia. De los elementos propuestos como indicadores, los que presentan concentraciones significativamente mayores en agua de mar son: Na, Cl, Br, U y Fe (White et al., 1963; Salminen, 2005). Por el contrario, los elementos que presentan mayores concentraciones en agua dulce son: Al, Zr, Th y Mn. Elementos como el Si, K y Ba tienen una menor variabilidad entre agua dulce y agua de mar.

Para clasificar los elementos en base a su origen, se tomaron en cuenta datos obtenidos de diferentes fuentes (véase: Brand, 1983; Chague-Goff, 2010; Hem, 1992; Hydes, 1979; Ildefonse, 1999; Kabata-Pendias, 2001; Lopez-Buendia, 1999; Orians et al., 1990; Rowe et al., 1973; Salazar et al., 2004; Salminen, 2005; Toro et al., 2002; Turekian, 1969).

Los elementos con mayor proporción en agua de mar ($X_{\text{agua de mar}}/X_{\text{agua dulce}}$) son:

Br > Sr > Rb > Cl > Na \approx U > K \approx Fe \approx Ca > Ba \approx Th > Ti > Si \approx Zr \approx Mn \gg Al

Los elementos con mayor proporción en sedimentos costeros y marinos ($X_{\text{costa}}/X_{\text{continente}}$) son:

Cl > Br > Na \approx U > Sr \approx Al \approx Rb \approx Ti > K \approx Mn \approx Ba \approx Fe \approx Si \approx Th > Zr > Ca

Por último, la clasificación de los elementos indicadores en base a su afinidad con la fracción orgánica o detrítica de los sedimentos. La afinidad por la fracción orgánica se determinó en base a los coeficientes de correlación entre el elemento y la materia orgánica; mientras la afinidad por la fracción detrítica se determinó en base a los coeficientes de correlación entre las concentraciones del elemento y las concentraciones de Zr.

De acuerdo a este criterio, los elementos con mayor afinidad a la fracción orgánica son:

Br > U > Th > Cl > Na > Fe > Mn

Mientras los elementos con mayor afinidad a la fracción detrítica son:

Si \approx Zr \approx Ba > K \approx Ti > Al > Rb > Sr

Al evaluar de forma conjunta las proporciones de los elementos y su nivel de afinidad por la fracción orgánica o mineral de los sedimentos, es posible obtener una clasificación del orden de significancia que tiene un elemento como indicador.

Para los elementos indicadores de procedencia marina el nivel de significancia está dado por:

$$\frac{\frac{X_{\text{agua de mar}}}{X_{\text{agua dulce}}}}{\max \left[\frac{\text{agua de mar}}{\text{agua dulce}} \right]} + \frac{\frac{X_{\text{costa}}}{X_{\text{continente}}}}{\max \left[\frac{\text{costa}}{\text{continente}} \right]} + \frac{\text{Afinidad M.O.}}{\max \text{ Afinidad M.O.}} = \text{Nivel de significancia}$$

Donde:

$X_{\text{agua de mar}}$ = concentración del elemento en agua de mar

$X_{\text{agua dulce}}$ = concentración del elemento en agua dulce

X_{costa} = concentración del elemento en sedimentos marinos o costeros

$X_{\text{continente}}$ = concentración del elemento en la corteza continental

Afinidad M.O. = correlación entre el elemento y la cantidad de materia orgánica

De acuerdo a este nivel de significancia, los elementos con mayor potencial para ser utilizados como indicadores de procedencia marina en sedimentos de marisma son:

Br > Cl > U > Na

Existe, sin embargo, una fuerte influencia del pH y las condiciones redox sobre la concentración y movilidad del Uranio (Fredrikson, 1985; Shotyky, 1988), lo que se convierte en una limitante al intentar utilizar la variación de sus concentraciones como un indicador.

Por el lado contrario, los elementos con mayor nivel de significancia para ser utilizados como indicadores de aporte de material detrítico son:

Al \approx Zr > Si > Ti > Ba > K > Rb

Esta clasificación se encuentra en concordancia con los resultados obtenidos en el análisis de redundancias, en donde los elementos que mejor representan el aporte continental (cargas positivas en el componente RDA *influencia marina*) son: Zr, Si, Ba, Rb e Y; mientras Br, Cl, Na son los elementos que mejor representan el aporte marino (cargas negativas en el componente RDA *influencia marina*) a los sedimentos. Otros elementos que también pueden ser considerados como indicadores de procedencia terrígena son K y Ti, los cuales también presentaron cargas positivas con menor nivel de significancia (-0.6 > carga > 0.6).

Evaluación de proporciones molares Br/Cl

La disminución de la proporción Br/Cl (Fig. 13. Anexo 2) hacia la superficie de los núcleos EUI y EUII probablemente se debe a que existe una mayor concentración de Cl en proporción a Br como resultado de la precipitación de halita (Martin, 1999). En ambos núcleos existe una fuerte correlación (EUI: -0.89, EUII: -0.90, $p < 0.05$) entre la proporción molar de Br/Cl y las concentraciones de Cl desde los 20 cm de profundidad hacia la superficie. En el núcleo EUIII, por su parte, las variaciones de la proporción molar Br/Cl presentan una correlación

significativa (-0.91 , $p < 0.5$) con las concentraciones de Cl en los primeros 25 cm, en donde los máximos de concentración de Cl coinciden con los mínimos de la proporción Br/Cl lo que sugiere que el Cl es incorporado de manera preferencial a la estructura de halita (Holser, 1966), y en consecuencia puede provocar una disminución de la proporción Br/Cl en aquellas secciones donde el Cl presenta concentraciones máximas.

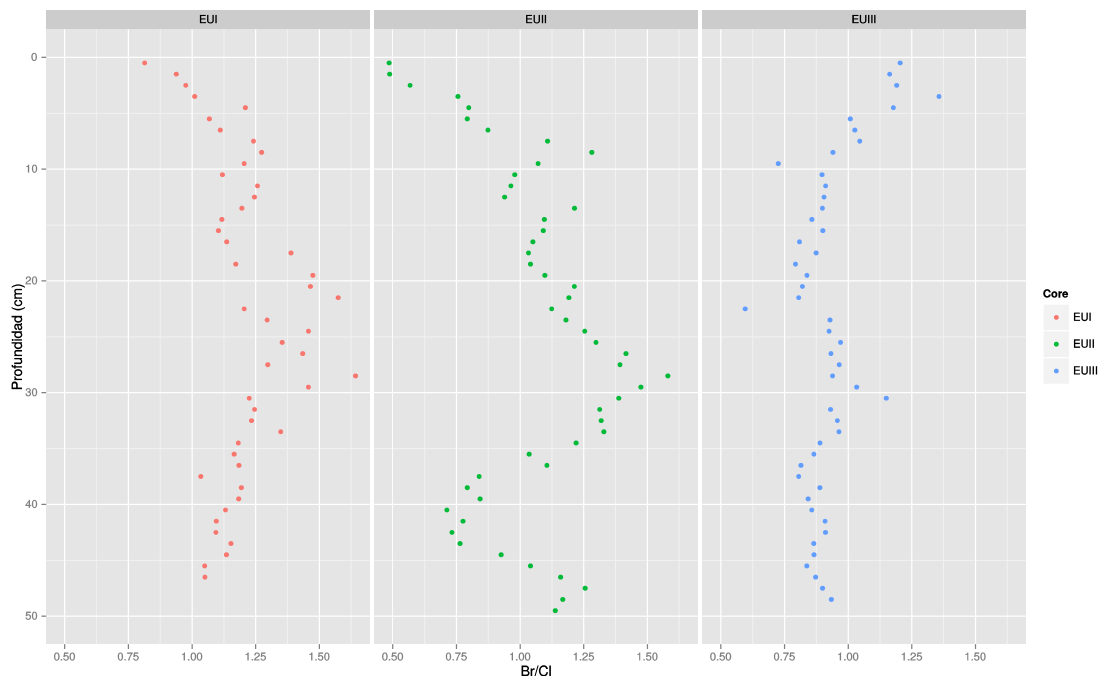


Figura 28. Perfiles con respecto a la profundidad de las relaciones molares Br/Cl de los núcleos EUI (rojo), EUII (verde) y EUIII (azul).

Reconstrucción histórica de la influencia marina

Tomando en cuenta que, en un diagrama de componentes principales, la posición de cada muestra se da en función de su contribución a los componentes analizados y que cada componente representa una nueva variable que puede explicarse ambientalmente, entonces, es posible realizar una reconstrucción histórica de la evolución de ese componente con respecto a la profundidad.

Considerando lo anterior, la reconstrucción histórica de la influencia que ha tenido el cambio del nivel del mar sobre los sedimentos, se realizó utilizando las coordenadas o “contribuciones” de cada muestra al componente RDA “*Influencia marina*”, obtenidas a partir de la ordenación de las muestras (observaciones), generada por el ACP realizado para cada núcleo, y proyectando estas mismas coordenadas en función de la profundidad y de la edad de los sedimentos. La siguiente figura (Fig. 29) muestra la evolución de la influencia marina sobre los sedimentos de los núcleos EUI, EUII y EUIII, en función de la edad de los sedimentos. En el gráfico, es posible apreciar la huella que está dejando el cambio del nivel del mar en los sedimentos de los tres núcleos, en donde la influencia marina ha ido incrementando gradualmente debido al

establecimiento cada vez más frecuente de agua de mar en zonas donde predominaban condiciones más terrígenas.

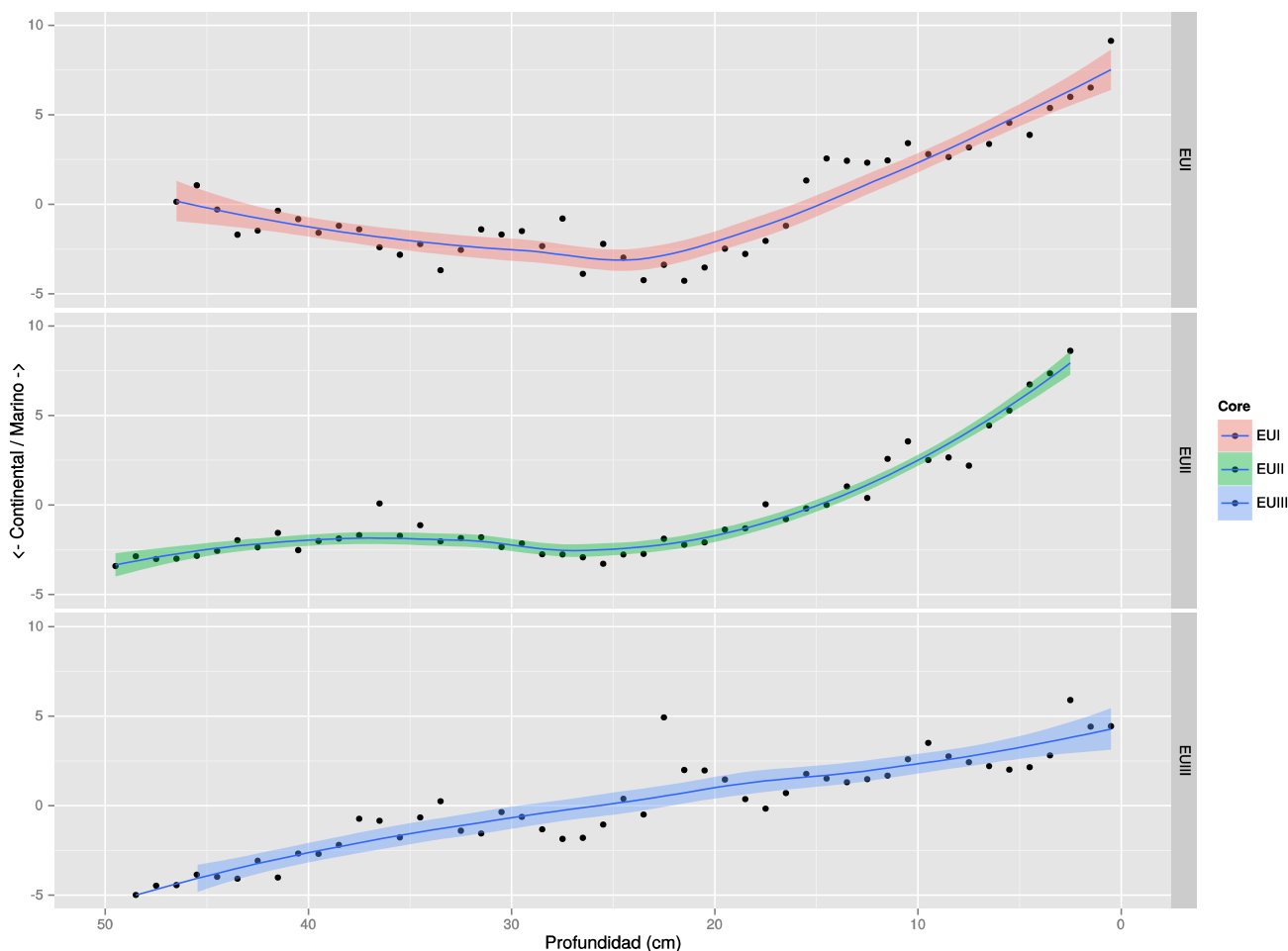


Fig. 29. Reconstrucción de la influencia marina sobre los sedimentos de marisma de los núcleos EUI (rojo), EUII (verde) y EUIII (azul).

Reconstrucción histórica de Factores de Enriquecimiento

Las figuras 14 a 20 (Anexo 2) muestran la evolución de los factores de enriquecimiento de V, Ni, Cu, Zn, As, Hg y Pb en los 3 núcleos sedimentarios en función de la profundidad y del tiempo.

Los factores de enriquecimiento de V, Ni, Cu, Zn y Pb no son equivalentes entre los 3 sitios de estudio; Cu, Zn y Pb no presentan enriquecimiento en el sitio EUI, mientras que en EUII presentan un ligero incremento en las capas superficiales sin sobrepasar niveles mínimos de contaminación ($EF < 2$) y en EUIII alcanzan niveles cercanos a 4 veces su concentración natural. Los factores de enriquecimiento de V y Ni, muestran un incremento en los 3 núcleos analizados que alcanzan valores de hasta 2, 4 y 8 (EUI, EUII y EUIII) veces su concentración natural. Debido a la presencia cercana de terrenos de cultivo y a la correlación que existe entre la concentración de estos contaminantes con la concentración de N y P en los 3 núcleos ($p <$

0.05, $r > 0.5$) el arrastre por escorrentía desde estos terrenos resalta como probable fuente de origen.

Los factores de enriquecimiento de As muestran un máximo cerca de 3 veces su concentración natural entre los 20 y 30 cm de los 3 núcleos, seguido, en los 3 casos, de una disminución hacia las capas superficiales. La evolución de estos factores de enriquecimiento, así como la carga del As dentro dentro del factor RDA *influencia marina* (orientado hacia la influencia continental) sugieren que el aporte de As hacia el estero de Urías tiene un origen continental.

Los altos FE de Hg que son evidentes desde las secciones profundas de los 3 núcleos estudiados, sugieren que las concentraciones naturales fueron superadas en una época previa al desarrollo industrial del Puerto de Mazatlán y tienen un origen distinto a la descarga directa de Hg sobre el estero. De acuerdo al registro del núcleo EUI, estas concentraciones superan a las naturales por un orden de 4 veces su magnitud por encima de los 34 cm de profundidad, este mismo registro indica que las concentraciones siguen en aumento y que en la actualidad multiplican por 5 los valores naturales. El registro sedimentario del núcleo EUII, muestra que las concentraciones de Hg superan por 5 los valores naturales por encima de los 29 cm de profundidad y que las mismas han ido en aumento desde entonces; este registro indica que en la actualidad las concentraciones naturales son superadas por 12 veces su valor original. Debido a que el mayor enriquecimiento de Hg en el núcleo EUIII se encuentra entre 18 y 35 cm de profundidad y que no tiene una correlación con los otros elementos contaminantes, se asume que el Hg tiene un origen independiente a los demás metales (i.e. actividad minera en el sur de Sinaloa). En este sentido, la disminución de las concentraciones de Hg hacia la superficie pudiera estar relacionada a la construcción del aeropuerto internacional de Mazatlán en 1961 y de la carretera E-17, que comunica al aeropuerto internacional con la Isla de la Piedra, en 1965 (SCT, 2014) lo que provocó la interrupción a la comunicación que existía entre el Estero de Urías y el Río Presidio, y consecuentemente al aporte de sedimento rico en Hg proveniente de la cuenca de drenaje del río.

CONCLUSIONES

Se realizó la caracterización geoquímica de tres núcleos sedimentarios recolectados en tres zonas de marisma del Estero de Urías, con el propósito de establecer si estos registros ambientales pueden ser utilizados para evaluar diversos procesos ambientales, tales como: la transición entre ambientes (continental-marino) como resultado de la transgresión marina; el enriquecimiento por metales pesados (Hg, Pb, Cr, Zn, Cu, Ag, Cd) debido al aporte de fuentes difusas; y la influencia de las condiciones de alta salinidad sobre la distribución de las concentraciones de metales pesados en los sedimentos.

- De conformidad con los perfiles de concentración de C_{org} de los núcleos EUII y EUIII, que muestran una tendencia típica decreciente con respecto a la profundidad, se determinó que la influencia de los procesos de mezclado en estos registros era despreciable, y por tanto ambos núcleos pueden ser utilizados de manera confiable para realizar evaluaciones retrospectivas de cambios ambientales. El perfil de concentraciones de C_{org} en el núcleo EUI mostró una tendencia decreciente hacia la superficie, que se relacionó con el aumento en el contenido de arenas; pero aun así, se determinó que el registro era válido ya que ninguno de los perfiles de las variables de caracterización geoquímica presenta valores homogeneizados a lo largo del núcleo (como correspondería a un perfil mezclado).
- Se evaluó la factibilidad de utilizar los perfiles de concentración de algunos elementos (Al, Si, Ca, K, Ti, Rb, Zr, Ba, Th, Sr, U, Na, Cl y Br) como indicadores de transgresión marina en el registro sedimentario, mediante la aplicación de técnicas de análisis multivariado (conglomerados, componente principales (ACP) y de redundancias (RDA)). Los elementos que mejor describieron la transición de ambientes son: Br, Cl y Na como indicadores de influencia marina, y Si, Ba y Zr como indicadores de aporte de material detrítico continental.
- El análisis de isótopos estables de C y N se utilizó para identificar el origen material orgánico en los sedimentos, con el propósito de evaluar su utilidad como indicador de transición marina. Los resultados obtenidos no fueron contundentes debido a la escasa variabilidad de la proporción isotópica $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$ en los sedimentos estudiados; esto se debe principalmente a que los núcleos se recolectaron en un ambiente costero que aún ahora, bajo la influencia de la transgresión marina, sigue recibiendo materia orgánica de origen terrestre. Por lo anterior, aunque la señal isotópica muestra ligeros cambios en la composición de la materia orgánica a lo largo de los núcleos sedimentarios, estos cambios no permiten identificar con claridad la transición entre los ambientes sedimentarios (e.g. costero-más continental a costero-más marino).
- Por otro lado, se utilizó también la proporción de las concentraciones de C y N (C/N)

como indicador para identificar la huella de la transición entre ambientes continental y marino en los sedimentos. Los resultados observados son congruentes con la información proporcionada por los indicadores geoquímicos (e.g. Br, Na, Cl, Rb, Zr, Ba).

- Las técnicas estadísticas de análisis multivariado demostraron ser una herramienta útil y confiable para explicar la variabilidad de los parámetros analizados en el registro sedimentario. El análisis de redundancias y el ACP permitieron reducir la matriz de 56 variables geoquímicas a dos factores, mediante los cuales se identificaron las asociaciones de variables geoquímicas, que permitieron distinguir los estratos del registro sedimentario con características más continentales de aquellos influenciados por condiciones más marinas, que pudieran relacionarse con el cambio de nivel del mar. Esta transición de condiciones más terrígenas a condiciones más marinas se observaron en las capas más superficiales de los registros sedimentarios de los núcleos EUI, EUII y EUIII, a partir de los 16, 15 y 23 cm de profundidad, respectivamente.
- No se halló evidencia que las condiciones de hipersalinidad (i.e. altas concentraciones de Na y Cl) en los sedimentos estudiados tuviera una influencia significativa sobre los perfiles de concentración de metales analizados. En todo caso, se encontró que las concentraciones de los metales (i.e. V, Ni, Cu, Pb, Hg) mostraron una mayor asociación con las variaciones de parámetros tales como el porcentaje de sedimentos finos y/o la concentración de C_{org} .
- Se determinaron los niveles de contaminación por V, Ni, Cu, Zn, As, Hg y Pb en los sedimentos de la zona de estudio, a partir del cálculo de factores de enriquecimiento normalizados por la concentración de Al. La magnitud de los factores de enriquecimiento obtenidos fue heterogénea, y varió conforme a la ubicación de los sitios de muestreo y también respecto a la profundidad en cada núcleo sedimentario.
- Los valores más altos de factor de enriquecimiento para todos los metales se encontraron en el sitio EUIII, que corresponden a contaminación moderada ($FE > 2$) por As entre 20 y 23 cm, y por Cu, Zn y Pb en los 10 cm superficiales del núcleo; así como contaminación significativa ($FE > 5$) por Hg entre 18 y 35 cm de profundidad, y por V y Ni en los 3 cm más superficiales. Debido a la correlación significativa hallada entre las concentraciones de V, Ni, Cu, Zn y Pb, se concluye que estos elementos tienen un origen común. Debido a la ausencia de correlación de estos metales contaminantes con indicadores geoquímicos de origen terrestre (e.g. Zr, Rb) o marino (e.g. Br, Na, Cl) probablemente estos elementos metálicos estén siendo suministrados a los sedimentos por una vía independiente como el depósito atmosférico.
- No se halló evidencia de enriquecimiento por Pb, Cu o Zn en los núcleos EUI y EUII, no obstante, se hallaron niveles moderados de contaminación ($FE > 2$) por V y Ni en las capas

más superficiales de ambos núcleos (EUI: por encima de los 15 cm y EUII: por encima de 5 cm) y por As en la sección intermedia (EUI: 29 cm y EUII: entre 25 y 35 cm de profundidad), así como niveles significativos de contaminación ($EF > 5$) por Hg en los 25 cm más superficiales de ambos núcleos.

- Debido a que las concentraciones de V, Ni y Cu se encuentran correlacionadas entre sí en los tres núcleos estudiados, se concluye que estos metales comparten una misma fuente de origen. No obstante lo anterior, no todos los metales analizados muestran una procedencia única en los tres sitios estudiados. Por ejemplo, se observó también una asociación entre las concentraciones de los metales previamente mencionados (V, Ni y Cu) con las de Zn y Pb en el sitio EUIII, así como con las concentraciones de Hg en el núcleo EUII. Dado que no se observó correlación significativa entre las concentraciones de ninguno de los metales previamente mencionados con indicadores geoquímicos de origen terrestre (e.g. Zr, Rb) o marino (e.g. Br, Na, Cl), se concluye que estos elementos metálicos podrían ser suministrados a los sedimentos por una vía independiente, tal como el depósito atmosférico.
- Las diferencias observadas entre las asociaciones de los metales en los diferentes puntos de muestreo pueden ser debidas al mecanismo de transporte. Por ejemplo en el sitio EUII, dada la correlación entre las concentraciones de V, Ni, Cu y Hg con la concentración de Br (indicador de origen marino) y con el contenido de C_{org} se concluye que estos elementos metálicos han sido acarreados por la materia orgánica suspendida en el agua y posteriormente suministrados a los sedimentos con la inundación intermareal.
- Con relación al máximo de enriquecimiento por Hg, encontrado entre 18 y 35 cm de profundidad y que no muestra correlación con los otros elementos contaminantes, se concluye el Hg tiene un origen independiente a los demás metales. Dada la reducción de los valores de enriquecimiento en los estratos más superficiales del núcleo estudiado, muy probablemente la actividad que dio origen a este enriquecimiento se ha detenido o ha cambiado el mecanismo de transporte del contaminante al sitio de estudio. Una posible fuente de contaminación podría ser la explotación minera de oro desarrollada durante los inicios del siglo pasado en la cuenca alta del río Presidio, cuyos residuos podrían haber sido transportados río abajo y hacia el Estero de Urías, hasta cuando aún existía conexión entre ambos sistemas acuáticos.

REFERENCIAS

- Adam, P. 1990. Salt Marsh Ecology. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 461 pp.
- Allen, J.R.L. & Pye K. 1992. Saltmarshes. Morphodynamics, Conservation and Engineering Significance. Proceedings of workshop on 'Morphodynamics, Conservation and Engineering Significance of Saltmarshes', University of Reading. Cambridge University Press. Cambridge, New York, Port Chester, Melbourne, Sydney. 184 pp.
- Amato, M. and Ladd, J. N. 1992. Decomposition of ¹⁴C-labelled glucose and legume material in soils: Properties influencing the accumulation of organic residue C and microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.* 24:455-464.
- Andersen, T. J., Mikkelsen, O. A., Annette, L. M., & Pejrup, M., 2000. Deposition and mixing depths on some European intertidal mud flats based on Pb and Cs activities. *Continental Shelf Research.* 20, 1569–1591.
- Anderson, R.F. 1982. Concentration, vertical flux and remineralisation of uranium in sea water. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 46, 1293–1299.
- Anderson, R.F. 1987. Redox behaviors of uranium in an anoxic marine basin. *Uranium.* 3, 145.
- Barnes, C.E. and Cochran, J.K. 1990. Uranium removal in oceanic sediments and the oceanic U balance. *Earth and Planetary Science Letters.* 97, 94–101.
- Barnes, C.E. and Cochran, J.K. 1993. Uranium geochemistry in estuarine sediments: Controls on removal and release processes. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 57, 555 – 559.
- Bender, M.L., Ku, T.L., Broecker, W.S., 1966. Manganese nodules: their evolution. *Science* 151, 325–328.
- Berner, R.A. 1964. An idealized model of dissolved sulfate distribution in recent sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 28, 1497–1503.
- Billo, S.M. 1991. Bromine function in halite geochemistry. AAPG Rocky Mountain Section Meeting, Billings, Montana, July 28-31, 1991.
- Brand, L.E., Sunda, W.G., Guillard, R.R.L. 1983. Limitation of marine phytoplankton reproductive rates by zinc, manganese and iron. *Limnology and Oceanography.* 28, 1182-1198.
- Brack, K., & Stevens, R.L. 2001. Historical pollution trends in a disturbed, estuarine sedimentary environment, SW Sweden. *Environmental Geology.* 40,1017–1029.
- Boorman, D.B., Hollis, J.M., Lilly, A., 1995. Hydrology of Soil Types: A Hydrologically Based Classification of the Soils of the United Kingdom. Institute of Hydrology Report No. 126, Wallingford, UK, 137 pp.

- Bourg, A.C.M. 1983. Role of fresh water /sea water mixing on trace metal adsorption. In: Wong, C.S., Boyle, E., Bruland, K.W., Burton, J.O. and Goldberg, E.D. (eds.), Trace Metals in Sea Water. Plenum Press, New York. pp 195– 208.
- Bourg, A.C.M. 1988. Physico-chemical speciation of trace elements in oxygenated estuarine waters. In The Determination of Trace Metals in Natural Waters II. S. West & H. W. Niirnberg, eds. Blackwell, Oxford. pp 289 – 321.
- Buchman, M. F. 2008. NOAA Screening Quick Reference Tables, NOAA OR&R Report 08-1, Seattle WA, Office of Response and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration, 34 pages.
- Chagué-Goff, C. 2010. Chemical signatures of palaeotsunamis: A forgotten proxy? Marine Geology, 271, 67–71.
- Chagué-Goff, C. Andrew, A. Szczucinsky, W., Goff, J., Nishimura, Y. 2012. Geochemical signatures up to the maximum inundation of the 2011 Tohoku-oki tsunami – Implication for the 869AD Jogan and other paleotsunamis. Sedimentary Geology, 282, 65–77.
- Chen, J. 1999. Lithium: Element and geochemistry. In: C.P. Marshall & R. W. Fairbridge (Eds.) Encyclopedia of Geochemistry. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Germany, 369 – 370.
- Christensen, B. T. 1987. Decomposability of organic matter in particle size fraction from field soils with straw incorporation. Soil Biology and Biochemistry, 19, 429–453.
- Cundy, A.B. 1994. Radionuclide and geochemical studies of recent sediments from the Solent estuarine system. Ph.D thesis. University of Southampton, Southampton.
- Cundy, A.B. & Croudace, I.W. 1995. Sedimentary and geochemical variations in a salt marsh/mud flat environment from the mesotidal Hamble estuary, southern England. Marine Chemistry, 51(2), 115–132.
- Delaune, R.D., Smith, C. 1985. Release of nutrients and metal~ following oxidation of fresh water and saline sediment. Journal of Environmental Quality, 14, 164–168.
- Dineen, J. 2010. Tidal flat habitats. Smithsonian Marine Station at Fort Pierce. May 10, 2010. Web. Aug 2, 2012. <http://www.sms.si.edu/IRLSPEC/Tidal_Flats.htm>
- Drever, J.I. 1988. The geochemistry of natural waters. Second Edition. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., 388 pp.
- Drury, S.A. 1973. The geochemistry of the Precambrian granulite facies rocks from the Lewisian complex of Tiree, Inner Hebrides, Scotland. Chemical Geology, 11, 167–188
- Duchart, P., Calvert, S. E. & Price, N. B. 1973. Distribution of trace metals in pore waters of shallow marine sediments. Limnology and Oceanography, 18, 605–610.

- Duffus, J.H. 2002. "Heavy metals" a meaningless term? (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*, 74, 793–807. doi 10.1351/pac200274050793.
- Dyer, K. R., Christie, M. C., & Wright, E. W. 2000. The classification of intertidal mudflats. *Continental Shelf Research*, 20, 1039–1060.
- El-Daoushy, F. 1988. The Pb-210 global cycle: dating and tracing applications. In: *Low-level measurements and their applications to environmental radioactivity*. Garcia-Leon, M. y Madurga, G. (Eds.). World Scientific, Singapore, 224–273.
- Flores-Verdugo, F. J. 2001. Capítulo 6: Procesos Ecológicos en Humedales. En: F. J. Abarca y M. Herzig (eds.). *Manual para el manejo y conservación de los humedales en México*. Game & Fish Department of Arizona, RAMSAR, NAWCC, DUMAC, Pronatura, F & W Service US, SWS, Semarnat y Env. Canada, 1-26.
- Fütterer, D.K., Damaske, D., Kleinschmidt, G., Miller, H., Tessensohn, F. 2006. *Antartica. Contributions to Global Earth Sciences*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 217–228.
- Ghuman, G. S. & Menon, M. P. 1984. Distribution of heavy metals in a marshland ecosystem of the southeastern Atlantic coast, race Subst, *Environmental Health* 18, 237–250.
- Giblin, A.M., Batts, B.D. & Swaine, D.J. 1981. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 45, 669.
- Giblin, A.E., Howarth, R.W. 1984. Porewater evidence for a dynamic sedimentary iron cycle in salt marshes. *Limnology and Oceanography*, 29,47–63.
- Goldberg, E., Koide, M., Schmidt, R. & Smith, R. 1963. Rare earth element distributions in the marine environment. *Journal of Geophysical Research*, 68, 4209-4217.
- Google Inc. 2014. Google Earth (Version 5.1.3533.1731) [Software]. Disponible en: <<http://www.google.com/earth/>>
- Hassink, J. 1994. Effects of soil texture and grassland management on soil organic C and N and rates of C and N mineralization. *Soil Biology and Biochemistry* 26: 1221-1231.
- Hester, R.E. & Harrison, R.M. 2000. *Chemistry in the marine environment*. York, Birmingham, U.K. 81–92.
- Holser, W.T. 1966. Bromide geochemistry of salt rocks. In *Proceedings of the Second Symposium on Salt* (ed. J. L. Rau), 248 –275. Ohio Geological Society.
- Holser, W.T. 1970. Bromide geochemistry of some non-marine salt deposits in the southern Great Basin. *Mineralogical Society of America*. 3, 307–319.
- Horowitz, A.J. 1985. *A primer on trace metal-sediment chemistry*. U.S. Geological Survey,

Water Supply Paper 2277, 67..

Hötzl, H., Winkler, R. 1987. Activity Concentrations of Ra-226, Ra-228, Pb-210, K-40 and Be-7 and their Temporal Variations in Surface Air. *Journal of Environmental Radioactivity* 5 445–458.

IAEA, 1997. Standard operating procedures for trace metals determination. Training course for laboratory manager. Marine Environmental Laboratory, Marine Environmental Studies Laboratory.

IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

Jenkinson, D.S. 1988. Soil organic matter and its dynamics. In: Wild, A. (Ed.). *Russel's soil conditions and plant growth*. 11th ed. Longman. New York, USA. 564-607.

Kabata-Pendias, A. 2001. *Trace elements in soils and plants*. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, 413 pp.

Kersten, M., 1988. Geobiological effects on the mobility of contaminants in marine sediments. In: Salomons, W., Bayne, B.L., Duursma, E.K. & Forstner, U. (Ed.). *Pollution of the North Sea: An Assessment*. Springer-Verlag. Berlin. 36-58.

Kim, Y. Y., T. Qu, T. Jensen, T. Miyama, H-W. Kang, H. Mitsudera, and A. Ishida, 2004: Seasonal and interannual variations of the North Equatorial Current bifurcation in a high-resolution OGCM. *Journal of Geophysical Research*, 109, C03040, doi:10.1029/2003JC002013

Kristensen, E. 2000. Organic matter diagenesis at the oxic/anoxic interface in coastal marine sediments, with emphasis on the role borrowing animals. *Hidrobiología*, 426, 1-24.

Koide M., Soutar A., Goldberg E.D. 1972. Marine Geochronology with Pb-210. *Earth Planetary Science Letters*, 14, 442–446.

Lawley, D.N. 1940. The estimation of factor loadings by the method of maximum likelihood. *Proc. R. Soc. Edinburgh (A)*, 60, 64-82.

Leri, A.C., Myneni, S.C. 2011. Natural organobromine in terrestrial ecosystems. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 77, 1-10.

Long, S.P. & Mason, C.F. 1983. *Saltmarsh Ecology*. Glasgow; Blackie & Son Ltd., Glasgow, 160.

- Loring, D.H. 1991. Normalization of heavy-metal data from estuarine and coastal sediments. *ICES Journal of Marine Science*. 48, 101-115.
- López-Buendía, A.M., Bastida, J., Querol, X. & Whateley, M.K.G. 1999. Geochemical data as indicators of paleosalinity in coastal organic-rich sediments. *Chemical Geology* 157, 235–254.
- Lyle, M. 1983. The brown-green colour transition in marine sediments: a marker of the Fe (III), Fe (II) redox boundary. *Limnology and Oceanography*, 28, 1026-1033.
- Madhavaraju, J., Lee, Y.I. 2009. Geochemistry of the Dalmiapuram Formation of the Uttatur Group (Early Cretaceous), Cauvery basin, southeastern India: Implications on provenance and paleo-redox conditions. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 26, núm. 2, 380-394.
- Martin, J.B. 1999. Nonconservative behavior of Br/Cl ratios during alteration of volcanoclastic sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 63, 383–391.
- McBride, M.B. 1989. Reaction controlling heavy metal solubility in soils. *Advances in Soil Science*, 10, 1–56.
- McCaffrey, M.A., Lazar, B. & Holland, H.D. 1987. The evaporation path of seawater and the coprecipitation of Br⁻ and K⁺ with halite. *Journal of Sedimentary Petrology*, 57(5), 928-937.
- McLennan, S.M. & Taylor, S.R. 1999. Earth's continental crust. In: C.P. Marshall & R.W. Fairbridge (Eds.), *Encyclopedia of Geochemistry*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Germany, 145-150.
- Mielke, J.E. 1979. Composition of the Earth's crust and distribution of the elements. In: Siegel F.R.(Ed.), *Review of research on modern problems in geochemistry*. International Association for Geochemistry and Cosmochemistry. Earth Science Series No. 16. UNESCO Report SC/GEO/544/3, Paris, 13-37.
- Murray, J.W. 1991. *Ecology and Palaeoecology of benthic foraminifera*. Longman Scientific Technical, 397pp.
- Pallant, J. 2011. *SPSS Survival Manual. A step by step guide to data analysis using SPSS*. 4th edition. Allen & Unwin, Crows Nest, Australia. 181 pp.
- Pethick, J.S. 1999. Future sea-level changes in Scotland: options for coastal management. In: Baxter, J.M., Duncan, K., Atkins, S.M., Lees, G. (Eds.), *Scotlands Living Coastline*. Published by the Stationary Office, London. 209 pp.
- Pinto, L., Rivera, C. 2006. Distribución de hierro y manganeso reducido en aguas intersticiales entre Boca del Guafo (44O S) y Golfo Elefantes (46, 50 S), Chile Austral. *Ciencia y Tecnología del Mar*. 29. 001. Comité Oceanográfico Nacional. Chile. 15–23.
- Plewa, K., Meggers, H., Kasten, S. 2006. Barium in sediments off NW Africa: A tracer for

- paleoproductivity or meltwater events? *Paleoceanography*, 21.
- Ranwell, D.S. 1972: *Ecology of Salt Marshes and Sand Dunes*. Chapman & Hall, London; 258 pp.
- Redfield, A.C. 1972. Development of a New England Salt Marsh. *Ecological Monographs* 42:201–237. <http://dx.doi.org/10.2307/1942263>
- Reed, D.J. 1995. The response of coastal marshes to sea-level rise: survival or submergence? *Earth Surface Processes and Landforms* 20, 39-48.
- Robbins J.A., Edgington D.N. 1975 Determination of recent sedimentation rates in Lake Michigan using Pb-210 and Cs-137. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 39, 285–304.
- Rose, A. W., Hawkes, H. E., Webb, J. S. 1979. *Geochemistry in Mineral Exploration*. Academic Press, New York.
- Ruiz-Fernández, A.C., Frignani, M., Hillaire-Marcel, C., Ghaleb, B., Arvizu, M.D., Raygoza-Viera, J.R., & Páez-Osuna, F. 2009. Trace Metals (Cd, Cu, Hg, and Pb) Accumulation Recorded in the Intertidal Mudflat Sediments of Three Coastal Lagoons in the Gulf of California, Mexico. *Estuaries and Coasts*, 32(3), 551–564 pp.
- Salazar, A., Lizano, O., Alfaro, E. 2004. Composición de sedimentos en las zonas costeras de Costa Rica utilizando fluorescencia de rayos X (FRX). *Revista de Biología Tropical*. 52(2), 61-75.
- Sanchez-Cabeza, J.A., Díaz-Asencio, M., Ruiz-Fernández A.C. 2012. *Radiocronología de Sedimentos Costeros Utilizando 210Pb: Modelos, Validación y Aplicaciones*. OIEA, Viena, 2012.
- Salmien, R (ed.). 2005. *Geochemical Atlas of Europe. Part 1 Background information, Methodology and Maps*. Forum of the European Geological Surveys (FOREGS). ISBN 951-690-913-2 (electronic version). <http://www.gtk.fi/publ/foregsatlas/>.
- Sayed, M.R.G. 2013. Flood basalt hosted paleosols: Potential paleoclimatic indicators of global climate change. *Geoscience Frontiers*, 1–9.
- Salomons W., Stigliani B. and Romkens P. 1994. Heavy metals and acidification. 3rd International Symposium on Environmental Geochemistry. Krakow, 360 pp.
- Salomons, W., Forstner, J. 1984. *Metals in the hydrocycle*, Springer-Verlag, Heidelberg, Berlin, 349 pp.
- Schulz, H.D., Zabel, M. (Eds.). 2006. *Marine Geochemistry*. 2nd edition. Springer. Bremen, Germany. 574 pp.

- Schultz D.J., Calder J.A. 1976. Organic carbon $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ variations in estuarine sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 40, 381–385.
- SCT. 2014. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Comunicación oral. Febrero 2014.
- Shiller, A.M. & Frilot, D.M. . 1996. The geochemistry of gallium relative to aluminum in Californian streams. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 60(8), 1323-1328.
- Simmons, E.C. 1999a. Rubidium: Element and geochemistry. In: C.P. Marshall & R.W. Fairbridge (Eds.), *Encyclopedia of Geochemistry*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Germany, 555-556.
- Simmons, E.C. 1999b. Strontium: Element and geochemistry. In: C.P. Marshall & R.W. Fairbridge (Eds.), *Encyclopedia of Geochemistry*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Germany, 598-599.
- Sirocko, F., Garbe-Schönberg, D., Devey, C. 2000. Processes controlling trace element geochemistry of Arabian Sea sediments during the last 25,000 years. *Global and Planetary Change*, 26(3), 217-303.
- Tang, D., Warnken, K. W., & Santschi, P. H. 2002. Distribution and partitioning of trace metals (Cd, Cu, Ni, Pb, and Zn) in Galveston Bay waters. *Marine Chemistry*, 78,29–45.
- Taylor, S.R. 1964. Abundance of chemical elements in the continental crust. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 28, 1273-1285.
- Taylor, S.R. & McLennan, S.M. 1985. *The continental crust: Its composition and evolution*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, U.K.,312 pp.
- Teasdale, P.A., Collins, P.E.F., Firth, C.R., & Cundy, A.B. 2011. Recent estuarine sedimentation rates from shallow inter-tidal environments in western Scotland: implications for future sea-level trends and coastal wetland development. *Quaternary Science Reviews*, 30(1-2), 109–129.
- Thurstone, L.L. 1947. *Multiple factor analysis*. Chicago: University of Chicago Press. Chicago, IL. 535 pp.
- Turekian, K.K. 1969. The oceans, streams and atmosphere. In: K.H. Wedepohl (Ed.). *Handbook of Geochemistry*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, Volume I,Chapter 10, 297-323.
- UNEP/IOC/IAEA, 1995. *Manual for the geochemical analysis of marine sediments and suspended particulate matter*. Reference methods for marine pollution studies. No. 64.
- Weisberg, S.B., Wilson, H.T., Heimbuch, D.G., Windom, H.L., & Williams T.P., Blubb, J.M., Lester, J.N. 1994. Metal accumulation within salt marsh environments: A review. *Marine*

Pollution Bulletin, 28(5), 277-290. Summers, J.K. 2000. Comparison of sediment metal:aluminum relationships between the eastern and gulf coasts of the United States. Environmental monitoring and assessment, 61, 373–385.

Williams, T. P., Bubb, J. M., & Lester, J. N. 1994. Metal accumulation within salt marsh environment: a review. Marine pollution bulletin, 28(5), 277-290.

Zavala-Hidalgo, J., A. Fernández-Eguiarte, R. Romero-Centeno and O. Zavala-Romero (2010): Digital Atlas of Mexico provides accessible climate information. EOS, 91, 14, 125-126, April 2010.

Anexo 1 Métodos Analíticos

Procedimiento de preparación de muestras para análisis geoquímico.

Este procedimiento es aplicable a la preparación de muestras para análisis químico y sedimentológico y envuelve procedimientos de submuestreo, secado, medición de contenido de agua, tamizado, molienda y almacenaje.

Equipo

Mortero y pistilo de cerámica

Balanza analítica Ohaus™ modelo Voyager

Liofilizadora marca Labconco modelo no. 7754042

Procedimiento

Se debe tener cuidado especial durante la preparación y tratamiento de las muestras para evitar cualquier contaminación por objetos metálicos o material de vidrio o plástico utilizado que no haya sido previa y cuidadosamente lavado.

- Realizar cortes al core de 1 cm de espesor, almacenar cada muestra dentro de una bolsa de plástico rotulada.
- Registrar el peso húmedo y almacenar las muestras en congelación.
- Una vez congeladas, secar las muestras por liofilización, a una presión de 36 a 76×10^{-3} mbar y temperatura de -40°C , durante 72 horas.

- **Análisis de tamaño de grano con Granulómetro láser**

Material:

- Vasos de precipitado de 200 y 1000 mL
- Espátula

Reactivos:

- H₂O₂ al 30% v/v

Equipo:

- Balanza analítica Ohaus™ modelo Voyager
- Plancha de calentamiento
- Granulómetro láser marca Malvern modelo Hydro 2000 MU

Preparación de muestras:

- Pesarse entre 0.130 g y 0.150g de cada muestra en un vaso de precipitado.
- Añadir de 5 a 10 mL de H₂O₂ al 30% para eliminar la materia orgánica y poner las muestras sobre la plancha a 60° C hasta que se evapore el H₂O₂. (Repetir hasta que no haya generación de burbujas).
- Lavar con agua destilada y dejar evaporar sobre la plancha a 60° C.
 -
 - Análisis de las muestras:
- Esperar 30 minutos después de encender la unidad óptica para que el láser se estabilice.
- Encender la bomba y programar la velocidad de la misma entre 2500 y 3000 rpm. En caso de necesitar el ultrasonido, se recomienda programar esta función a 5 minutos como máximo a una potencia de 20. Se sugiere utilizar ultrasonido externo.
- Encender el ordenador.
- Abrir el programa MASTERSIZER 2000-E.
- Crear un documento nuevo.
- Seleccionar la pestaña *Measure*, abrir Hydro 2000 MU y verificar velocidad.
- Abrir el archivo SOP (Standard Operating Procedure) con la rutina de medición y seguir instrucciones en pantalla.
- Abrir *Documentación* e introducir los datos generales de la muestra. Seleccionar *Start* para que el equipo comience la calibración de forma automática.
- En pantalla aparece un gráfico con barras color azul durante la calibración. Si la distribución de valores del gráfico muestra una curva exponencial significa que el equipo está limpio.

- Agregar la muestra diluida en agua destilada con gotero y esperar 30 segundos para iniciar la lectura. Al agregar la muestra se debe poner atención en el porcentaje de oscurecimiento. El SOP realiza 3 mediciones y un promedio por cuestiones de control de calidad.
- Limpiar Hydro 2000 MU entre muestras:
- Seleccionar Measure y en la segunda opción Manual
 - Levantar la tapa del Hydro 2000 MU hasta la posición de Drain position. Una vez drenado el líquido de las mangueras, levantar completamente la tapa, retirar el vaso de precipitado con la muestra y enjuagar con agua destilada el Hydro 2000 MU así como el vaso. Realizar el enjuague como mínimo 3 veces. Observar el gráfico de control, el cual debe presentar una curva exponencial inversa con el primer valor por debajo de 200.

Análisis de materia orgánica en el núcleo sedimentario.

Material:

- Matraz Erlenmeyer 500 mL
- Pipetas automáticas 1 y 10 mL Nichipipette EX™
- Espátula
- Agitador magnético

Reactivos:

- Dicromato de potasio $K_2Cr_2O_7$ 0.5N
- Nitrato de plata en ácido sulfúrico (Ag_2NO_3 en H_2SO_4)
- Difenilamina (indicador)
- Sulfato ferroso amoniacal $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ 0.5N
- Dextrosa (debe ser previamente secada en una estufa a una temperatura de 60°C durante 2 horas)

Equipo:

- Plancha de calentamiento Thermo Scientific™ modelo 2200
- Balanza analítica Ohaus™ modelo Voyager
- Titulador Metrohm™ modelo Dosimat

Fundamento:

- La materia orgánica (C_{org}) se analiza utilizando un procedimiento volumétrico en el que el sedimento se trata con una mezcla de $K_2Cr_2O_7 + Ag_2SO_4 + H_2SO_4$ (El Rayis, 1985) y el exceso de la mezcla oxidante se titula con $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ (Loring y Rantala, 1992).

Procedimiento (Walkley-Black, 1934):

- En un matraz Erlenmeyer de 500 mL, pesar 5 gramos de muestra.
- Agregar 10 mL de dicromato de potasio 0.5 N y posteriormente 20 mL de nitrato de plata en ácido sulfúrico.
- Calentar la mezcla en una plancha de calentamiento a 140°C durante 30 minutos y dejar enfriar.
- agregar 200 mL de agua milli-Q, 20 mL de ácido fosfórico y 0.2 gramos de fluoruro de sodio.
- Agregar 15 gotas de indicador de Difenilamina y titular con sulfato ferroso amoniacal hasta obtener un vire de color de casi negro a verde brillante (Fig. 1).

- Registrar los mililitros gastados de sulfato ferroso amoniacal.



Fig 1. Titulación de mezcla oxidante en determinaciones de materia orgánica.

- Preparar la curva de calibración utilizando dextrosa ($C_6H_{12}O_{16}$) considerando concentraciones de 0, 2.5, 5, 10 y 20 mg C_{org} . Los estándares de la curva se procesan de la misma manera descrita para las muestras de sedimento.

Preparación de Reactivos:

Dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) 1N

- Pesar 49.1 g de $K_2Cr_2O_7$ y llevar a volumen de 1 litro con agua milli-Q.

Nitrato de plata en ácido sulfúrico (Ag_2NO_3 en H_2SO_4)

- Pesar 2.5 g de Ag_2NO_3 en un matraz de aforo de un litro.
- disolver el Ag_2SO_4 en una pequeña cantidad de agua milli-Q
- llevar a volumen de un litro con H_2SO_4 .

Difenilamina (indicador)

- Disolver 0.5 g la de indicador de difenilamina en 20 mL de agua y 100 mL de H_2SO_4 llevar a volumen de 1 l con H_2SO_4 .

Sulfato ferroso amoniacal ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$) 0.5N

- DISOLVER 196.1 g de $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ CON
- agua milli-Q y 20 mL de H_2SO_4 con ayuda de un agitador magnético. Llevar a volumen de un litro con agua milli-Q.

Método de determinación de carbonatos

La determinación de carbonatos se realizó mediante titulación indirecta con NaOH. El carbonato de calcio contenido en las muestras es disuelto en HCl y el ácido clorhídrico en exceso es titulado con NaOH para determinar la cantidad consumida por el CaCO₃. (Stuardo y Villaruel, 1976)

Material:

- Matraces Erlenmeyer 250 mL
- Pipeta automática de 10 mL Nichipipette EX™
- Espátula
- Tubos de centrifuga

Reactivos:

- Ácido clorhídrico (HCl) 1N
- Hidróxido de sodio (NaOH) 0.5N

Equipo:

- Balanza analítica Ohaus™ modelo Voyager
- Centrifuga marca Hermle™ modelo Z 200A
- Titulador Metrohm™ modelo Dosimat

Fundamento de la determinación:

- La concentración de carbonatos (CO₃)²⁻ se determina utilizando el método volumétrico propuesto por Stuardo y Villaruel (1976), en donde las muestras de sedimento son tratadas con HCl y el exceso de ácido se titula con NaOH.

Procedimiento:

- Pesar y transferir 0.250 g de sedimento, seco y molido, a un tubo de centrifuga de 50 mL.
- Agregar exactamente 10 mL de ácido clorhídrico (HCl) 1N.
- Centrifugar la muestra durante 10 minutos a 3500 revoluciones por minuto (rpm).
- Transferir el sobrenadante a un matraz Erlenmeyer de 250 mL y agregar 10 mL de agua milli-Q al tubo de centrifuga que contiene el residuo.
- Centrifugar nuevamente por 10 minutos a 3500 rpm.
- Añadir el sobrenadante al matraz Erlenmeyer.
- Añadir 3 gotas de fenolftaleína como indicador y titular con hidróxido de sodio (NaOH) 0.5N hasta que la muestra vire de incolora a rosa.

- Preparar la curva de calibración con carbonato de calcio (CaCO_3) previamente secado en la estufa durante dos horas, utilizando 0, 0.005, 0.01, 0.025, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3 y 0.4 g de CaCO_3 . utilizando la misma técnica descrita para las muestras de núcleo de sedimento.

Preparación de los reactivos para análisis de carbonatos de calcio:

Ácido clorhídrico (HCl) 1N

- Agregar 83 mL de HCl en un matraz de aforo y llevar a volumen de un litro con agua milli-Q.

Fenolftaleína (indicador)

- Pesar un gramo de fenolftaleína.
- Disolver y llevar a volumen de 100 mL con alcohol etílico.

Hidróxido de sodio (NaOH) 0.5N

- Pesar 20 g de NaOH, disolver y llevar a volumen de 1 L con agua milli-Q.

Determinación de elementos mayoritarios y metales traza por espectrometría de fluorescencia de rayos X

Material:

- Celdas de polietileno de baja densidad de 32 mm de diámetro interno.
- Película de fluorescencia de rayos X (XRF, por sus siglas en inglés) de Prolene™ o Mylar™

Equipo:

- Balanza analítica Ohaus™ modelo Voyager
- Espectrómetro de XRF Spectro™ modelo Xepos.

Fundamento de la determinación:

- Los átomos de la muestra son excitados por rayos X, a lo que emiten radiación. Esta radiación se mide por un detector semiconductor. Para lograr una sensibilidad más alta, la radiación excitante puede ser optimizada mediante la utilización de objetivos. El aparato se entrega dotado de un método de análisis preparado. El aparato ya contiene datos almacenados así como información de materiales de referencia. Los valores medidos se comparan con estos datos. Después de efectuado la medición de una muestra desconocida, los resultados se indican en la pantalla. El material de prueba a analizar puede ser sólido, líquido o pulverulento.

4 - Sample tray with samples

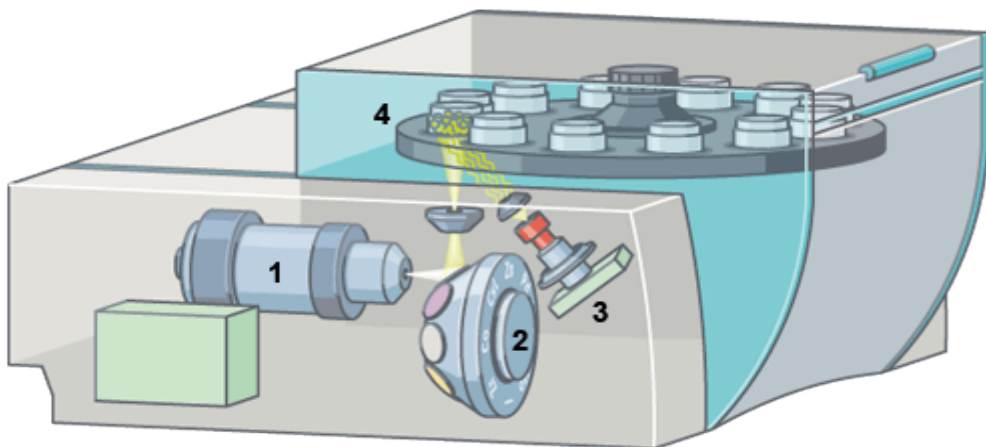


Fig. 1. Diagrama de espectrómetro de rayos X *Spectro™ Xepos*. 1) Tubo de Rayos X. 2) Cambiador de objetivos*. 3). Detector de Sílice. 4) Disco cambiador de muestras.

*Los objetivos entregan radiación cuando estos son excitados por otra fuente de radiación. Como objetivos se usan típicamente, molibdeno, corindón (Al_2O_3) y un cristal HOPG (forma especial de grafito; grafito pirolítico altamente ordenado, por sus siglas en inglés).

Procedimiento:

Para insertar la lámina (Fig. 2) se deben realizar los pasos siguientes:

1. Ponga los elementos de las celdas de polietileno así como la película de XRF en una superficie limpia seca.
2. Ponga la película sobre el extremo estrecho de la celda para muestras.
3. Coloque el anillo fijador sobre la lámina.
4. Presione hacia abajo el anillo fijador, hasta que la celda y el anillo fijador se encuentren a la misma altura.
5. Asegúrese de que no haya pliegues en la lámina.

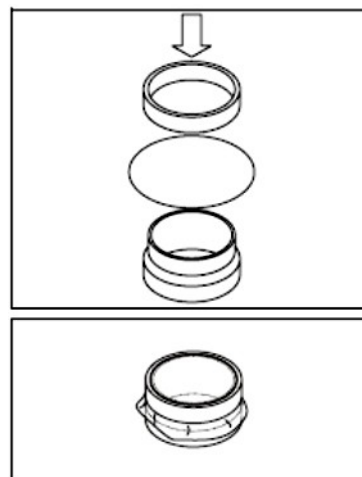


Fig. 2. Inserción de la lámina de XRF en la celda contenedora de muestra.

Para activar el equipo se deben realizar los pasos siguientes:

1. Ponga el interruptor llave en la posición horizontal.
2. Pulse el botón ON/OFF.
3. Conecte el ordenador. El sistema operativo arrancará.
4. Inicie el diálogo de rutina del programa de medición X-LabPro, haciendo clic en la pantalla sobre el botón "Diálogo de rutina" (Fig. 3).
5. Regístrese en el software cuando es solicitado para hacerlo.
6. Al cabo de 20 minutos aproximadamente, el aparato estará listo para medir.



Método de Digestión Total

Material:

Contenedor de teflón (PFA) marca Savillex™ con tapa de cierre hermético
Tubo de centrifuga - de 50 mL

Equipo:

Plancha de calentamiento
Balanza analítica Ohaus™ modelo Voyager

Reactivos:

Ácido nítrico concentrado (70% v/v)
Ácido clorhídrico concentrado (36% v/v)
Ácido fluorhídrico concentrado (% v/v)
Ácido bórico (4% m/v)

Procedimiento:

- Pesar 0.25 g de muestra homogenizada y seca en un vaso Savillex. Añadir 4.5 mL de HNO₃, 1.5 mL HCl y 1.5 mL HF. Nota: volumen total de muestra en mezcla de ácidos: 7.5 mL. Una vez añadida la mezcla de ácidos cerrar y pesar los vasos.
- Colocar los vasos sobre la plancha a 120-130° durante 14 h para su digestión.
- Dejar enfriar a temperatura ambiente y pesar cada vaso tapado para asegurarse de que no hubo pérdidas de peso debido a posibles fugas.
- Transferir el contenido de los vasos Savillex a tubos de centrifuga de peso conocido. Enjuagar el vaso Savillex con H₃BO₃ al 4% sin exceder de un volumen total de 20 mL (7.5 mL muestra con mezcla de ácidos + 13.5 mL H₃BO₃). El ácido bórico se utiliza para neutralizar el excedente de ácido fluorhídrico, favoreciendo la formación de ácido fluobórico HBF₄, el cual provee estabilidad a lodos y arcillas.
- Llevar a volumen de 30 mL, con agua milli-Q, tapar, pesar y determinar la densidad de cada muestra en solución.
- Centrifugar a 3500 rpm durante 10 minutos.
- Los tubos de centrifuga utilizados para la digestión de la muestra, son lavados minuciosamente utilizando agua y jabón, se dejan sumergidos en una solución de HNO₃ 2 M por 3 días, se enjuagan copiosamente con agua milli-Q y se dejan secar al aire. Los contenedores de teflón se lavan con agua y jabón, se les depositan 2 mL de HNO₃ concentrado, se cierran herméticamente, se dejan en plancha caliente por un mínimo de 4 h y luego de enfriarse a temperatura ambiente, se enjuagan abundantemente con agua milli-Q y se dejan secar al aire.

Análisis de mercurio total por espectrometría de absorción atómica con vapor frío

Material:

- Matracas volumétricos Clase A
- Pipeta automática 1000 μL
Nichipipette EX™
- Pipeta automática 10 mL
Nichipipette EX™
- Viales de vidrio 20 mL

Equipo:

- Espectrofotómetro de Absorción Atómica marca Varian™, modelo SpectrAA-220.
- Separador líquido-gas Varian™.
- Celda de absorción de vapor frío Varian™.
- Lámpara de cátodo hueco de Hg Varian™.
- Balanza analítica

Reactivos:

- Solución estándar de Hg 1000 $\mu\text{g/mL}$
- Agua milli-Q
- Ácido nítrico conc.
- Ácido fluorhídrico conc.
- Ácido clorhídrico conc.
- Ácido nítrico (50% v.v.)
- Dicromato de potasio (1% p/v)
- Cloruro estano (25% p/v en HCl).

Fundamento de la determinación:

- Las muestras acidificadas se diluyen con agua y se reduce el mercurio presente en la muestra a mercurio elemental por la acción del cloruro de estaño (II). El vapor de mercurio generado se arrastra hasta la celda de medida con la ayuda de una corriente de aire, y allí se determina el contenido en mercurio por espectrofotometría de absorción atómica sin llama (método del vapor frío) a 253,7 nm. La cuantificación se efectúa frente a una curva de estándares con concentración conocida.

Preparación de estándares:

- Solución A (1 $\mu\text{g/mL}$): Transferir 100 μL de la solución stock de Hg 1000 $\mu\text{g/mL}$ a un matraz volumétrico de 100 mL medianamente lleno con agua milli-Q y llevar al aforo con la misma.
- Estándar 1 (2.5 ng/mL): Tomar 250 μL de la solución A (1 $\mu\text{g/mL}$) y transferirlos a un matraz volumétrico de 100 mL medianamente lleno con agua milli-Q. Añadir 10 mL de HNO_3 (50%) y 1 mL de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (1%). Llevar al aforo con agua milli-Q.

- Estándar 2 (5 ng/mL): Tomar 500 µL de la solución A (1µg/mL) y transferirlos a un matraz volumétrico de 100 mL medianamente lleno con agua milli-Q. Añadir 10 mL de HNO₃ (50%) y 1 mL de K₂Cr₂O₇ (1%). Llevar al aforo con agua milli-Q.
- Estándar 3 (10 ng/mL): Tomar 1 mL de la solución A (1µg/mL) y transferirlos a un matraz volumétrico de 100 mL medianamente lleno con agua milli-Q. Añadir 10 mL de HNO₃ (50%) y 1 mL de K₂Cr₂O₇ (1%). Llevar al aforo con agua milli-Q.
- Cal_{cero} (0 ng/mL): Tomar 10 mL de HNO₃ (50%) y transferirlos a un matraz volumétrico de 100 mL medianamente lleno con agua milli-Q. Añadir 1 mL de K₂Cr₂O₇ (1%) y llevar al aforo con agua milli-Q.
- Los estándares tienen una fecha de expiración igual a los 7 días posteriores a la fecha de su preparación.

Preparación de muestras

- Todas las muestras son digeridas previamente conforme a lo indicado en el método de digestión total descrito por Loring y Rantala (1992), en el cual 0.250 g de muestra triturada y seca son digeridos durante 15 horas a 120 °C en una mezcla ácida correspondiente a 4.5 HNO₃:1.5 mL HF: 1.5 mL HCl.
- Transferir 7 mL del sobrenadante del digerido a un vial limpio y seco. Añadir 0.9 mL de HNO₃ (50%) y 0.1 mL de K₂Cr₂O₇ (1%) para obtener un volumen total de 8 mL.

Calibración y Operación del Equipo

- Encender el espectrofotómetro, computadora y lámpara y permitir que la lámpara y celda se calienten aproximadamente durante un lapso de tiempo entre 15 y 30 minutos.
- En el menú principal del software SpectrAA seleccionar 'Worksheet', y seleccionar la opción 'New form' para crear un nuevo archivo e introducir la fecha del análisis, nombre y elemento a analizar (Hg) en el nombre del archivo.
- Para ajustar los parámetros del equipo hacer click en el menú 'Develop' y seleccionar 'Edit methods' y corroborar los parámetros listados en la tabla 2.
- Ajustar el separador de gas-líquido a la bomba peristáltica y al equipo como se indica en el manual de instrucciones del espectrofotómetro SpectrAA 220. Ajustar todas las mangueras a la bomba peristáltica conforme a lo indicado por el mismo manual.
- Abrir la llave de flujo de N₂ y verificar que la presión del tanque supere 50 psi. Permitir que el sistema opere de 10 a 15 minutos para estabilizar la presión de N₂. Verificar la presión de nuevo y ajustar a 50 psi si es necesario.
- Encender la bomba peristáltica y ajustar los flujos de las mangueras correspondientes como se indica en la Tabla 3. Se recomienda dejar la bomba corriendo de 20 a 30 minutos antes de comenzar el análisis. Esto permite que se establezca un equilibrio dentro de la celda de absorción.

- Para comenzar el análisis, seleccionar el icono 'start' en el software y correr la curva de calibración con los respectivos estándares. Una vez lista la curva de calibración, puede comenzar el análisis de las muestras.

Tabla 2. Parámetros instrumentales para el espectrofotómetro Varian SpectrAA-220

Parámetro	Valor
Element	Hg
Matrix	Sediment
Units	µg/L
Sampling Mode	Manual
Vapor Mode	Cold Vapor
Measurement Mode	Integration
Calibration Mode	Concentration
Minimum Reading	0.0000
Smoothing	3 point
Standard Replicates	3
Sample Replicates	3
Measurement Time (sec.)	5
Read Delay (sec.)	45
Standard Precision	1.0
Sample Precision	1.0
Lamp Position	1, 2 o 3 (corroborar posición)
Lamp Current (mA)	4.0
Wavelength (nm)	253.7
Slit Width (nm)	0.5
Background Correction	BC Off
Standard 1 (µg/L)	2.500
Standard 1 (µg/L)	5.000
Standard 1 (µg/L)	10.00
Calibration Slope Test (%)	20.0 – 150.0
Reslope Slope Test (%)	70.0 – 125.0
Inst. Zero Rate	5
Cal. Zero Rate	0
Recalibration Rate	100
Reslope Rate	100
Reslope Standard No.	1
Expansion Factor	1.0
Conc. Decimal Places	3
Calb. Algorithm	New Rational

Tabla 3. Flujos de bomba peristáltica.

Manguera	Flujo
Agua Milli-Q	1 mL/min
Muestra	8 mL/min
SnCl₂	1 mL/min

Determinación de Isótopos Estables de Carbono y Nitrógeno

Material:	Equipo:
Micropipeta automática de 100 µL	Balanza microanalítica AND™ modelo BM20
Nichipipette™	
Cápsulas prensadas de plata 3.3x4 mm.	Analizador Elemental Carlo Erba™ NA1500 Series 2 acoplado a un Espectrómetro de Masas Finnigan™ Delta Plus (Fig. 1).
Cucharilla o Espátula	
Lana de cuarzo	

Fundamento de la determinación:

El análisis está basado en la oxidación completa e instantánea de la muestra a través de una combustión instantánea que convierte todos los compuestos orgánicos e inorgánicos en productos de combustión (CO_2 , N_xO_x , SO_2 y H_2O). Los gases de interés (CO_2 , N_2 y N_xO_x) resultantes de la combustión son posteriormente reducidos y transportados a través de una columna con cobre metálico. El exceso de oxígeno es removido y los óxidos de nitrógeno son reducidos a nitrógeno elemental, el cual pasa junto con el CO_2 a través de una columna con perclorato de magnesio, la cual remueve el agua. Posteriormente, un flujo de helio transporta los gases a través de una columna cromatográfica para separar el N y el C y continúa el arrastre hasta un detector de conductividad térmica, el cual genera una señal eléctrica proporcional a las concentraciones de C y N contenidas en la muestra. Por último, el espectrómetro de masas mide razones carga/masa de iones que permite determinar la proporción del isótopo deseado en la muestra.

Procedimiento:

1. Pesar exactamente entre 12.000 y 20.000 mg de muestra directamente en cápsulas prensadas de plata.
2. Añadir poco a poco H_2SO_3 al 6% a cada una de las muestras. Se sugiere añadir alícuotas de entre 50 y 75 µL de ácido, continuar la adición hasta dejar de observar efervescencia para asegurar la completa eliminación de carbonatos.*
3. Secar las muestras en horno a una temperatura no mayor de 40° C. Una vez secas, cerrar las cápsulas doblando los extremos hacia el centro de forma simétrica. Aplanar y verificar que no exista fuga de muestra.



Fig. 1 Analizador elemental Carlo Erba™ NA1500 Series 2 acoplado a un Espectrómetro de Masas Finnigan™ Delta Plus.

Operación del analizador elemental

1. Antes de colocar las muestras, desconectar y cambiar la línea de acero inoxidable que sale del analizador elemental de Vent-M a Vent-R. (Fig. 2)
2. Cambiar la columna de cuarzo del reactor de combustión del analizador elemental:
 - a. Aflojar la válvula encima del carrusel (Fig. 2).
 - b. Posteriormente desenroscar el conector que une al carrusel y la columna del reactor de combustión así como la línea de helio. Desmontar el carrusel y colocarlo a un lado de manera que no obstruya al extraer la columna (Fig. 2).
 - c. Sacar y retirar cuidadosamente la columna de cuarzo del fondo. Tomar la debida precaución ya que la columna se encuentra a 1020°C (Fig. 3).
 - d. Tomar una nueva columna de cuarzo y colocar un tapón de lana de cuarzo en el extremo inferior (Fig. 3).
 - e. Añadir un poco de lana de cuarzo al fondo de la columna del reactor (aproximadamente 7 mm).
 - f. Deslizar con cuidado la columna de cuarzo dentro del reactor hasta que tope con el fondo (no forzar ni presionar la columna). La columna de cuarzo debe sobresalir aproximadamente 5mm por encima de la columna del reactor, de lo contrario, añadir o remover un poco más de lana de cuarzo.

- g. Una vez en la posición correcta, presionar levemente hacia abajo hasta que la columna de cuarzo quede al ras de la columna del reactor.
 - h. Reposicionar el carrusel y apretar el conector enroscándolo a favor de las manecillas del reloj.
3. Una vez colocado el carrusel, aflojar los tornillos sujetadores y abrir la tapa hacia un lado. (Fig. 4)
4. Utilizando unas pinzas, colocar las muestras en el carrusel del analizador. (Fig. 4)
5. Una vez colocadas, cerrar la tapa y apretar los tornillos. (Fig. 4)
6. Permitir al carrusel que se purgue antes de cerrar la válvula encima del mismo.
7. Revisar que no existan fugas de gas y que la trampa de agua (columna con perclorato de magnesio, Fig 5.) se encuentre en buen estado. Cambiar en caso de que los gránulos de perclorato de magnesio formen grumos por humedad.
8. Seleccionar la dilución de helio deseada. Registre esta dilución junto con las presiones de gases de referencia (N_2 y CO_2).
9. Introducir los datos de las muestras en la interfaz gráfica del analizador.
10. Una vez que el nivel basal de voltaje se encuentre estable entre 660 y 725 μ V, regresar la línea de acero inoxidable de la posición Vent-R a Vent-M.
11. Desde la interfaz gráfica, hacer clic en MEASURE para comenzar el análisis.



Fig 2. Cambio de la línea de acero inoxidable del analizador elemental de la posición Vent-M (izquierda) a la posición Vent-R (derecha).

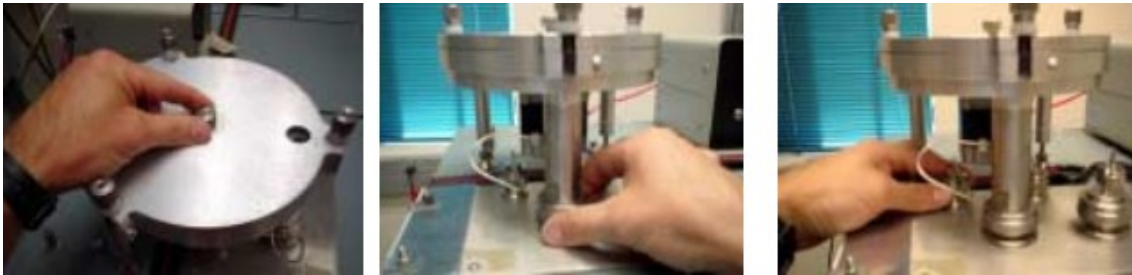


Fig. 3. Desmontaje del carrusel de la columna del reactor de combustión. Paso 1: aflojar la válvula superior (izquierda), paso 2 (en medio): desenroscar la conexión entre el carrusel y el reactor, paso 3 (derecha): desenroscar y desconectar la línea de helio. Posteriormente mover el carrusel.



Fig. 4. Reemplazo de la columna de cuarzo. Un marcador indeleble puede ser una buena herramienta para retirar la columna (izquierda). Una vez que se enfríe lo suficiente, la columna puede ser manipulada con la mano (en medio). Una nueva columna de cuarzo con un tapón de lana de cuarzo al fondo (derecha).



Fig. 5. Trampa de agua (columna con perclorato de magnesio).

Anexo 2 Resultados

Tabla 1. Distribución de tamaño de grano, susceptibilidad magnética, y concentración de carbonatos y carbono orgánico con respecto a profundidad en el núcleo EUI.

Profundidad (cm)	Arcillas (%)	Limos (%)	Arenas (%)	S.M. (x 10 ⁻⁵ SI)	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)
0.5	2.55	82.01	15.44	3.50	2.28	11.40
1.5	2.59	87.09	10.32	3.00	2.69	11.45
2.5	2.41	84.27	13.32	3.50	2.75	12.63
3.5	2.20	81.25	16.54	4.00	2.87	11.47
4.5	2.44	79.65	17.91	3.50	5.98	11.94
5.5	2.54	80.39	17.07	3.50	4.12	11.62
6.5	2.18	74.88	22.94	3.80	5.84	11.86
7.5	2.54	82.28	15.18	4.50	4.41	12.51
8.5	2.47	76.95	20.58	4.00	4.24	12.10
9.5	2.43	75.46	22.11	4.50	5.47	12.67
10.5	2.04	70.53	27.43	4.50	4.10	12.33
11.5	3.85	93.12	3.02	4.00	6.33	13.36
12.5	2.83	76.97	20.20	4.00	9.15	12.10
13.5	2.43	73.11	24.46	4.50	4.72	13.30
14.5	2.32	71.76	25.92	4.30	4.92	13.59
15.5	2.16	67.74	30.10	4.30	7.55	13.76
16.5	3.14	77.57	19.29	5.50	3.59	12.33
17.5	2.96	81.36	15.68	6.10	3.91	11.81
18.5	2.62	76.28	21.09	5.60	4.57	11.12
19.5	2.34	83.43	14.23	4.90	3.92	11.60
20.5	2.66	84.12	13.22	6.00	6.03	11.53
21.5	1.79	77.13	21.08	6.00	4.83	9.33
22.5	1.86	76.93	21.21	5.80	6.36	11.65
23.5	2.25	81.98	15.77	7.50	3.96	10.17
24.5	1.94	81.05	17.01	5.50	5.61	11.66
25.5	14.42	79.25	6.33	4.20	6.02	15.67
26.5	16.51	77.16	6.33	6.50	4.12	10.62
27.5	13.37	56.58	30.05	3.50	8.17	15.57
28.5	17.14	80.04	2.82	3.80	9.04	15.32
29.5	15.56	84.44	0.00	4.50	7.91	15.30
30.5	17.28	82.72	0.00	4.80	8.38	14.37
31.5	14.31	85.69	0.00	4.50	6.39	14.27
32.5	17.39	81.52	1.08	5.80	3.93	11.79
33.5	23.76	68.98	7.25	5.50	5.45	11.74
34.5	22.55	67.66	9.79	4.60	5.19	14.34
35.5	22.35	70.64	7.02	4.30	7.14	14.70
36.5	21.70	67.89	10.41	5.40	5.32	13.97
37.5	20.32	72.77	6.91	4.00	5.44	14.99
38.5	19.34	73.72	6.94	4.50	5.73	14.78
39.5	22.71	71.16	6.13	4.60	4.09	14.91
40.5	21.37	71.37	7.26	3.50	5.54	16.10
41.5	20.55	79.45	0.00	4.60	5.19	15.57
42.5	22.86	69.41	7.72	3.80	4.93	15.70
43.5	23.32	68.56	8.12	4.60	4.43	14.87
44.5	22.53	68.45	9.03	4.20	6.86	15.61
45.5	21.12	70.74	8.14	3.50	8.18	18.20
46.5	21.73	66.95	11.31	3.10	5.46	18.76

Tabla 2. Distribución de tamaño de grano, susceptibilidad magnética, y concentración de carbonatos y carbono orgánico con respecto a profundidad en el núcleo EU11.

Profundidad (cm)	Arcillas (%)	Limos (%)	Arenas (%)	S.M. ($\times 10^{-5}$ SI)	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)
0.5	9.53	44.68	45.79	5.80	4.79	0.48
1.5	7.57	43.65	48.78	8.10	3.87	0.39
2.5	6.52	37.12	56.37	8.50	3.78	0.38
3.5	7.52	56.77	35.71	6.80	3.02	0.30
4.5	9.55	46.20	44.25	9.80	2.61	0.26
5.5	9.24	50.25	40.50	8.20	3.81	0.38
6.5	9.38	53.03	37.58	8.50	3.92	0.39
7.5	10.72	58.57	30.71	10.00	3.43	0.34
8.5	10.48	57.03	32.49	8.80	4.40	0.44
9.5	14.31	61.10	24.59	10.50	2.29	0.23
10.5	8.78	49.15	42.07	12.30	2.09	0.21
11.5	8.98	48.12	42.91	12.10	2.94	0.29
12.5	7.80	42.01	50.19	10.30	2.63	0.26
13.5	9.59	50.82	39.59	13.30	3.35	0.34
14.5	9.65	50.71	39.64	14.10	3.52	0.35
15.5	9.28	48.25	42.47	12.30	3.12	0.31
16.5	10.03	50.79	39.18	14.00	2.17	0.22
17.5	8.82	47.32	43.86	12.30	2.92	0.29
18.5	8.44	45.67	45.89	17.30	2.30	0.23
19.5	8.02	43.03	48.95	15.70	2.52	0.25
20.5	7.99	45.83	46.18	16.30	2.01	0.20
21.5	8.13	45.85	46.01	19.50	2.21	0.22
22.5	8.84	47.95	43.21	22.00	2.55	0.26
23.5	8.18	46.04	45.78	18.80	2.46	0.25
24.5	7.66	43.19	49.15	25.80	2.57	0.26
25.5	7.85	48.20	43.94	17.50	1.58	0.16
26.5	10.44	55.99	33.58	16.00	1.00	0.10
27.5	7.31	61.05	31.65	14.50	1.65	0.17
28.5	8.24	48.64	43.12	16.00	1.62	0.16
29.5	7.86	47.02	45.12	18.10	0.72	0.07
30.5	8.17	48.36	43.47	14.70	1.68	0.17
31.5	8.04	51.73	40.23	17.00	3.15	0.32
32.5	7.31	39.63	53.06	12.50	2.42	0.24
33.5	7.94	42.78	49.28	14.50	1.51	0.15
34.5	6.78	37.18	56.04	14.50	1.11	0.11
35.5	6.89	35.81	57.30	15.50	2.11	0.21
36.5	7.40	38.67	53.93	13.50	0.25	0.03
37.5	6.37	37.17	56.46	16.00	1.92	0.19
38.5	9.41	47.50	43.09	16.50	0.45	0.05
39.5	6.52	35.14	58.34	14.80	1.11	0.11
40.5	6.98	39.73	53.30	14.00	1.29	0.13
41.5	6.24	34.11	59.65	12.50	1.05	0.11
42.5	6.37	34.04	59.59	14.00	1.56	0.16
43.5	8.20	41.44	50.36	15.50	1.81	0.18
44.5	11.01	45.61	43.38	14.00	1.75	0.18
45.5	12.93	47.63	39.44	14.00	3.17	0.32
46.5	15.93	49.78	34.29	15.00	2.64	0.26
47.5	13.66	49.52	36.82	16.00	2.91	0.29
48.5	14.09	55.92	29.99	13.50	3.79	0.38
49.5	11.00	45.43	43.57	18.10	2.85	0.29

Tabla 3. Distribución de tamaño de grano, susceptibilidad magnética, y concentración de carbonatos y carbono orgánico con respecto a profundidad en el núcleo EUIII.

Profundidad (cm)	Arcillas (%)	Limos (%)	Arenas (%)	S.M. ($\times 10^{-5}$ SI)	CaCO₃ (%)	M.O. (%)
0.5	14.12	60.97	24.91	5.50	5.96	17.07
1.5	13.05	73.36	13.60	5.00	5.31	15.83
2.5	11.74	81.37	6.89	4.00	5.60	15.80
3.5	10.83	77.39	11.79	3.50	5.25	18.08
4.5	9.13	61.93	28.94	3.00	3.89	16.21
5.5	7.43	46.48	46.09	3.50	4.03	18.32
6.5	11.81	88.19	0.00	3.90	4.74	15.04
7.5	11.81	86.00	7.16	3.50	5.09	15.77
8.5	11.81	88.71	6.85	3.00	3.94	16.60
9.5	11.81	87.64	4.39	2.50	3.83	15.40
10.5	11.81	72.05	11.63	3.50	5.06	13.51
11.5	11.81	81.88	12.51	3.00	4.86	14.68
12.5	11.81	57.87	30.69	3.80	3.86	15.40
13.5	11.81	75.67	12.03	4.30	3.90	14.12
14.5	11.81	61.38	21.16	4.00	4.23	15.75
15.5	11.81	68.07	18.72	3.50	5.51	14.95
16.5	11.81	70.84	12.31	3.50	4.91	14.88
17.5	11.81	70.21	17.49	2.30	4.18	15.74
18.5	11.81	61.27	25.05	4.30	4.72	15.32
19.5	11.81	53.80	35.72	3.60	4.28	14.40
20.5	11.81	84.74	10.38	3.50	4.68	14.07
21.5	13.26	81.07	9.13	3.50	5.20	14.22
22.5	14.71	77.40	7.89	4.10	5.47	13.38
23.5	10.53	80.09	9.38	3.80	6.33	12.55
24.5	16.99	66.22	16.79	3.80	6.49	12.40
25.5	9.02	87.28	3.70	2.50	5.15	15.37
26.5	17.63	70.69	11.68	3.30	6.36	14.71
27.5	11.85	82.74	5.41	3.80	5.82	14.64
28.5	9.26	83.70	7.03	3.50	6.72	14.01
29.5	8.92	85.70	5.38	3.30	6.24	13.43
30.5	12.87	69.83	17.31	3.00	8.12	13.71
31.5	6.93	93.07	0.00	3.40	5.75	13.78
32.5	8.54	91.46	0.00	2.50	6.09	14.02
33.5	12.08	81.83	6.09	3.50	7.29	14.81
34.5	6.50	93.03	0.47	3.20	6.37	15.17
35.5	9.20	90.52	0.28	3.50	6.48	13.84
36.5	7.84	86.21	5.96	3.80	6.28	13.86
37.5	6.37	88.94	4.69	3.50	6.18	15.02
38.5	7.55	87.69	4.77	3.60	6.47	14.63
39.5	6.92	87.12	5.96	3.30	5.09	13.04
40.5	6.90	87.69	5.42	4.40	6.55	13.24
41.5	6.87	88.25	4.87	4.50	6.68	13.08
42.5	9.34	90.66	0.00	3.30	6.52	12.40
43.5	8.58	81.52	9.90	3.50	6.08	12.52
44.5	6.42	84.73	8.86	3.60	6.59	12.53
45.5	7.86	84.37	7.77	4.50	6.48	13.03
46.5	6.48	88.45	5.07	4.20	6.41	11.99
47.5	11.40	77.75	10.86	4.50	6.37	12.12
48.5	12.83	82.57	4.60	3.80	6.45	12.73

Tabla 4. Concentraciones de Al, Si, K, Ti, P y Cl con respecto a la profundidad en el núcleo EUI.

Profundidad (cm)	Al (%)	Si (%)	K (%)	Ti (%)	P (%)	Cl (%)
0.5	3.27	8.23	1.19	0.21	0.11	20.91
1.5	4.05	10.13	1.35	0.25	0.13	17.38
2.5	3.87	9.82	1.34	0.26	0.12	16.01
3.5	3.95	10.19	1.39	0.27	0.13	15.11
4.5	4.29	11.26	1.48	0.29	0.13	12.11
5.5	4.19	10.68	1.45	0.28	0.13	12.77
6.5	4.41	11.04	1.45	0.28	0.13	11.85
7.5	4.29	11.09	1.50	0.30	0.14	10.94
8.5	4.42	11.42	1.51	0.30	0.14	10.27
9.5	4.42	11.16	1.48	0.30	0.13	10.73
10.5	4.42	10.95	1.49	0.30	0.13	10.40
11.5	4.27	10.84	1.52	0.31	0.13	9.74
12.5	4.08	10.18	1.44	0.29	0.13	9.45
13.5	4.22	10.55	1.46	0.29	0.13	9.89
14.5	3.95	9.81	1.43	0.29	0.13	10.55
15.5	4.39	10.66	1.50	0.29	0.13	9.69
16.5	4.64	11.33	1.62	0.31	0.13	8.84
17.5	4.80	11.84	1.67	0.33	0.14	6.73
18.5	4.82	11.91	1.63	0.33	0.13	7.86
19.5	4.66	11.53	1.60	0.32	0.13	6.20
20.5	4.68	12.03	1.68	0.33	0.13	6.40
21.5	4.68	12.05	1.67	0.34	0.13	5.59
22.5	4.35	10.97	1.49	0.30	0.12	6.79
23.5	4.86	12.34	1.67	0.34	0.13	5.94
24.5	4.01	10.47	1.48	0.30	0.12	7.19
25.5	3.95	10.12	1.49	0.29	0.12	7.84
26.5	4.34	10.81	1.57	0.33	0.13	6.66
27.5	3.24	8.23	1.21	0.23	0.11	9.11
28.5	3.13	8.36	1.20	0.22	0.12	7.81
29.5	3.31	8.92	1.25	0.23	0.12	8.51
30.5	3.81	9.73	1.38	0.27	0.12	9.08
31.5	3.66	9.39	1.33	0.26	0.12	8.88
32.5	4.35	11.03	1.51	0.29	0.13	7.93
33.5	4.62	11.92	1.62	0.33	0.13	7.24
34.5	3.96	9.79	1.40	0.28	0.12	9.61
35.5	4.68	11.64	1.61	0.32	0.13	9.19
36.5	4.33	10.58	1.54	0.30	0.13	8.55
37.5	4.04	9.81	1.44	0.29	0.12	9.47
38.5	3.96	9.58	1.45	0.28	0.12	9.91
39.5	4.10	9.86	1.50	0.29	0.12	9.94
40.5	4.18	10.09	1.49	0.29	0.12	10.53
41.5	4.06	9.58	1.43	0.28	0.12	10.79
42.5	4.37	10.32	1.51	0.29	0.12	11.16
43.5	4.33	10.22	1.53	0.30	0.12	10.04
44.5	4.20	9.67	1.47	0.28	0.12	10.54
45.5	3.84	8.71	1.33	0.26	0.11	11.96
46.5	3.77	8.68	1.35	0.27	0.11	12.63

Tabla 5. Concentraciones de Al, Si, K, Ti, P y Cl con respecto a la profundidad en el núcleo EU11.

Profundidad (cm)	Al (%)	Si (%)	K (%)	Ti (%)	P (%)	Cl (%)
0.5	3.68	10.15	1.21	0.19	0.03	28.12
1.5	3.89	11.01	1.24	0.22	0.04	24.80
2.5	5.06	14.00	1.46	0.25	0.02	18.91
3.5	5.51	15.20	1.50	0.29	0.03	12.90
4.5	5.14	14.02	1.50	0.30	0.02	11.61
5.5	5.88	16.02	1.62	0.32	0.02	11.17
6.5	5.83	16.06	1.67	0.33	0.02	9.84
7.5	6.70	19.38	1.85	0.38	0.02	6.86
8.5	6.53	18.85	1.81	0.36	0.02	6.23
9.5	5.94	17.47	1.76	0.36	0.02	6.13
10.5	5.84	17.31	1.74	0.34	0.02	6.28
11.5	5.92	18.29	1.77	0.36	0.02	6.26
12.5	5.67	19.19	1.83	0.36	0.02	4.41
13.5	5.65	18.22	1.80	0.37	0.02	4.60
14.5	6.16	20.75	1.93	0.39	0.02	4.19
15.5	5.47	17.97	1.80	0.39	0.02	3.40
16.5	5.38	17.93	1.84	0.35	0.02	3.19
17.5	6.19	20.64	1.85	0.37	0.01	3.52
18.5	5.48	18.74	1.86	0.36	0.02	2.14
19.5	5.39	19.33	1.91	0.36	0.02	2.24
20.5	5.68	20.77	1.96	0.37	0.03	2.33
21.5	5.87	20.68	1.99	0.40	0.02	2.10
22.5	5.47	19.32	1.95	0.37	0.02	2.02
23.5	5.70	21.25	2.07	0.40	0.02	2.08
24.5	5.89	22.04	2.10	0.38	0.02	1.79
25.5	6.28	23.38	2.19	0.41	0.01	1.79
26.5	6.17	23.64	2.15	0.39	0.02	1.82
27.5	6.18	22.87	2.20	0.40	0.02	1.70
28.5	5.80	22.62	2.14	0.41	0.02	1.78
29.5	5.93	22.73	2.16	0.39	0.03	1.81
30.5	5.85	22.14	2.09	0.40	0.02	1.98
31.5	5.57	20.48	2.04	0.38	0.02	2.04
32.5	5.51	19.97	1.94	0.36	0.01	2.16
33.5	5.67	20.09	1.95	0.40	0.01	2.40
34.5	5.21	18.43	1.90	0.38	0.02	2.51
35.5	5.33	19.54	1.82	0.35	0.01	2.72
36.5	4.75	16.86	1.70	0.33	0.02	2.83
37.5	4.79	18.97	1.73	0.37	0.02	2.69
38.5	4.98	19.53	1.76	0.37	0.01	2.86
39.5	4.85	19.12	1.75	0.38	0.02	2.87
40.5	5.21	20.44	1.81	0.39	0.01	2.91
41.5	5.00	19.37	1.73	0.37	0.02	2.95
42.5	5.23	20.58	1.75	0.41	0.01	3.46
43.5	5.05	19.65	1.81	0.38	0.02	2.89
44.5	5.73	20.86	1.68	0.44	0.01	2.59
45.5	6.62	22.17	1.67	0.47	0.01	2.48
46.5	6.64	21.37	1.57	0.47	0.01	1.97
47.5	6.49	21.41	1.61	0.48	0.01	1.62
48.5	6.43	20.24	1.56	0.49	0.01	1.69
49.5	6.53	21.84	1.63	0.50	0.01	1.91

Tabla 6. Concentraciones de Al, Si, K, Ti, P y Cl con respecto a la profundidad en el núcleo EUIII.

Profundidad (cm)	Al (%)	Si (%)	K (%)	Ti (%)	P (%)	Cl (%)
0.5	5.54	12.57	1.53	0.29	0.07	12.20
1.5	5.62	12.19	1.51	0.29	0.04	12.76
2.5	5.20	10.49	1.29	0.23	0.03	14.22
3.5	5.98	12.01	1.38	0.27	0.03	12.14
4.5	6.03	12.43	1.37	0.28	0.03	14.18
5.5	5.03	10.37	1.22	0.26	0.02	17.13
6.5	5.31	10.82	1.26	0.25	0.02	16.84
7.5	5.59	11.27	1.31	0.24	0.03	16.54
8.5	5.11	10.65	1.24	0.25	0.02	18.57
9.5	4.23	8.83	1.11	0.22	0.02	22.91
10.5	5.01	10.53	1.21	0.23	0.02	19.16
11.5	5.40	10.96	1.28	0.23	0.03	16.19
12.5	5.24	10.78	1.28	0.23	0.03	16.57
13.5	5.08	10.60	1.28	0.23	0.03	16.95
14.5	5.11	10.66	1.22	0.24	0.02	17.97
15.5	5.04	10.90	1.25	0.24	0.02	19.53
16.5	4.52	9.37	1.19	0.20	0.02	20.68
17.5	5.49	11.56	1.31	0.25	0.02	18.50
18.5	5.22	10.89	1.21	0.23	0.02	22.28
19.5	4.76	9.90	1.15	0.21	0.02	22.51
20.5	4.33	8.57	1.06	0.16	0.02	22.33
21.5	4.38	9.01	1.07	0.20	0.02	22.96
22.5	2.36	4.71	0.69	0.11	0.02	30.09
23.5	5.27	11.31	1.33	0.24	0.02	17.94
24.5	4.41	9.56	1.08	0.20	0.02	20.38
25.5	4.43	10.01	1.17	0.22	0.02	18.15
26.5	4.75	10.55	1.20	0.22	0.02	17.99
27.5	5.32	11.97	1.29	0.24	0.02	16.82
28.5	5.08	11.09	1.25	0.23	0.01	18.12
29.5	4.83	10.59	1.26	0.23	0.02	16.51
30.5	4.57	10.08	1.27	0.24	0.02	14.90
31.5	5.08	11.32	1.30	0.24	0.02	17.52
32.5	4.86	10.85	1.28	0.24	0.01	17.25
33.5	4.08	8.95	1.11	0.21	0.02	15.69
34.5	4.53	10.08	1.18	0.21	0.02	18.72
35.5	4.74	10.53	1.21	0.22	0.02	17.39
36.5	4.45	9.63	1.14	0.20	0.02	20.07
37.5	4.24	9.47	1.14	0.20	0.02	19.98
38.5	4.79	10.78	1.26	0.24	0.02	16.37
39.5	4.83	11.00	1.29	0.25	0.02	17.38
40.5	4.96	11.22	1.27	0.24	0.02	16.60
41.5	5.33	12.35	1.40	0.27	0.02	15.93
42.5	4.98	11.26	1.33	0.26	0.02	16.31
43.5	5.29	12.13	1.37	0.26	0.02	16.28
44.5	4.91	11.53	1.33	0.25	0.01	16.22
45.5	5.21	11.94	1.30	0.25	0.02	16.49
46.5	5.13	12.09	1.38	0.27	0.02	15.48
47.5	5.50	12.56	1.37	0.26	0.02	14.48
48.5	5.55	13.03	1.43	0.28	0.02	14.08

Tabla 7. Concentraciones de Mg, S, Ca, Fe y Mn con respecto a la profundidad en el núcleo EUI.

Profundidad (cm)	Mg (%)	S (%)	Ca (%)	Mn ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Fe (%)
0.5	0.14	1.18	0.44	197.6	1.11
1.5	0.51	1.31	0.44	230.3	1.53
2.5	0.21	1.25	0.45	241.2	1.49
3.5	0.24	1.24	0.47	255.5	1.58
4.5	0.44	1.33	0.47	268.8	1.77
5.5	0.27	1.28	0.47	271.6	1.66
6.5	0.53	1.50	0.48	271.9	1.81
7.5	0.55	1.37	0.49	284.5	1.91
8.5	0.49	1.41	0.48	286.0	1.93
9.5	0.50	1.47	0.50	280.8	1.86
10.5	0.54	1.38	0.48	279.9	1.91
11.5	0.48	1.44	0.50	286.9	1.97
12.5	0.51	1.45	0.50	278.6	1.96
13.5	0.61	1.65	0.50	283.1	1.97
14.5	0.54	1.69	0.51	284.2	1.90
15.5	0.55	1.63	0.54	297.4	1.94
16.5	0.59	1.74	0.51	322.8	2.20
17.5	0.61	1.72	0.51	311.1	2.35
18.5	0.66	2.01	0.51	308.1	2.42
19.5	0.66	2.06	0.47	289.8	2.45
20.5	0.60	1.97	0.49	287.1	2.56
21.5	0.67	2.18	0.47	272.7	2.65
22.5	0.79	2.75	0.41	238.1	2.72
23.5	0.66	2.15	0.44	277.6	2.67
24.5	0.86	3.37	0.38	238.4	2.96
25.5	0.81	3.17	0.36	247.0	3.02
26.5	0.78	2.99	0.40	277.3	2.94
27.5	1.27	4.43	0.27	208.0	3.68
28.5	1.67	5.87	0.19	210.6	5.00
29.5	1.14	5.10	0.25	222.1	4.17
30.5	1.01	3.48	0.36	253.2	3.41
31.5	0.92	3.14	0.39	250.6	3.00
32.5	0.84	2.60	0.43	284.7	2.84
33.5	0.66	2.18	0.47	304.7	2.66
34.5	0.93	2.91	0.45	300.0	2.62
35.5	0.78	2.56	0.52	325.4	2.57
36.5	0.78	2.34	0.48	309.6	2.44
37.5	0.80	2.41	0.48	291.5	2.30
38.5	0.89	2.63	0.48	299.9	2.39
39.5	0.82	2.52	0.50	299.6	2.33
40.5	0.86	2.43	0.49	306.8	2.38
41.5	0.89	2.46	0.47	309.8	2.25
42.5	0.89	2.42	0.50	312.0	2.34
43.5	0.75	2.36	0.50	341.2	2.33
44.5	0.88	2.59	0.48	314.8	2.22
45.5	1.00	2.77	0.47	278.3	2.10
46.5	0.97	3.01	0.49	328.9	2.13

Tabla 8. Concentraciones de Mg, S, Ca, Fe y Mn con respecto a la profundidad en el núcleo EU11.

Profundidad (cm)	Mg (%)	S (%)	Ca (%)	Mn ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Fe (%)
0.5	1.43	0.83	0.62	135.5	0.75
1.5	1.14	0.72	0.57	142.2	0.76
2.5	1.10	0.85	0.49	155.4	0.97
3.5	0.93	0.82	0.46	174.3	1.18
4.5	0.75	0.67	0.43	175.0	1.14
5.5	0.85	0.82	0.46	178.4	1.30
6.5	0.78	0.86	0.47	181.7	1.35
7.5	0.87	0.95	0.50	198.3	1.61
8.5	0.83	0.91	0.48	197.8	1.70
9.5	0.71	0.89	0.47	195.1	1.57
10.5	0.71	0.80	0.45	194.0	1.54
11.5	0.82	0.93	0.46	202.8	1.56
12.5	0.63	0.85	0.47	193.2	1.48
13.5	0.65	0.78	0.45	200.9	1.52
14.5	0.70	0.89	0.48	202.8	1.72
15.5	0.56	0.85	0.43	205.6	1.68
16.5	0.56	0.81	0.42	205.3	1.65
17.5	0.77	0.92	0.45	205.3	1.74
18.5	0.51	0.55	0.44	189.4	1.48
19.5	0.51	0.80	0.44	197.4	1.65
20.5	0.65	1.04	0.46	209.7	2.10
21.5	0.56	0.79	0.48	206.6	1.74
22.5	0.56	0.78	0.43	200.0	1.73
23.5	0.55	0.79	0.49	204.8	1.76
24.5	0.53	0.62	0.51	195.8	1.70
25.5	0.60	0.55	0.51	198.5	1.82
26.5	0.71	0.61	0.51	190.6	2.10
27.5	0.56	0.46	0.52	200.3	1.71
28.5	0.55	0.60	0.52	195.2	1.93
29.5	0.53	0.48	0.51	203.2	1.78
30.5	0.51	0.65	0.49	196.7	1.63
31.5	0.52	0.77	0.49	195.3	1.60
32.5	0.55	0.98	0.45	188.8	1.55
33.5	0.65	1.24	0.43	195.1	1.63
34.5	0.51	1.05	0.44	196.2	1.51
35.5	0.65	1.29	0.39	183.1	1.56
36.5	0.58	1.36	0.38	181.8	1.51
37.5	0.55	1.29	0.35	195.8	1.33
38.5	0.57	1.15	0.38	195.4	1.28
39.5	0.52	1.16	0.36	212.5	1.34
40.5	0.55	1.03	0.38	206.5	1.21
41.5	0.52	0.98	0.37	198.1	1.21
42.5	0.59	1.27	0.41	223.8	1.32
43.5	0.48	0.85	0.41	212.5	1.16
44.5	0.52	0.91	0.39	219.3	1.41
45.5	0.57	0.90	0.39	223.0	1.74
46.5	0.52	1.11	0.38	220.6	1.84
47.5	0.50	0.77	0.36	234.6	1.79
48.5	0.47	0.80	0.34	231.9	1.80
49.5	0.49	0.88	0.38	242.3	1.80

Tabla 9. Concentraciones de Mg, S, Ca, Fe y Mn con respecto a la profundidad en el núcleo EUIII.

Profundidad (cm)	Mg (%)	S (%)	Ca (%)	Mn ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Fe (%)
0.50	1.32	1.82	0.86	269.80	2.28
1.50	1.11	1.66	0.46	233.90	2.08
2.50	1.17	1.76	0.48	166.60	1.45
3.50	1.12	1.58	0.45	180.60	1.58
4.50	1.12	1.71	0.42	178.30	1.59
5.50	1.22	1.69	0.38	157.50	1.40
6.50	1.35	1.69	0.38	160.00	1.43
7.50	1.48	1.69	0.37	162.50	1.46
8.50	1.28	1.84	0.35	162.00	1.48
9.50	1.01	1.98	0.33	160.20	1.39
10.50	1.44	2.10	0.36	169.60	1.57
11.50	1.50	1.87	0.35	174.80	1.73
12.50	1.40	1.91	0.37	171.70	1.73
13.50	1.31	1.96	0.39	168.60	1.73
14.50	1.55	2.10	0.36	176.50	1.79
15.50	1.23	2.32	0.38	185.50	1.64
16.50	1.57	2.80	0.46	170.20	1.46
17.50	1.63	2.39	0.39	206.50	1.84
18.50	1.77	2.83	0.36	203.80	1.64
19.50	1.64	2.79	0.35	193.50	1.58
20.50	2.02	3.24	0.33	175.60	1.45
21.50	1.77	2.92	0.33	202.80	1.60
22.50	2.18	3.68	0.39	153.40	0.92
23.50	1.67	2.51	0.38	271.30	1.89
24.50	1.69	3.57	0.31	191.60	2.18
25.50	1.72	3.63	0.32	204.10	2.43
26.50	1.97	3.65	0.34	201.20	2.53
27.50	1.80	3.29	0.36	226.60	2.39
28.50	2.00	3.15	0.36	210.40	2.10
29.50	1.64	2.79	0.38	212.40	2.00
30.50	1.27	2.44	0.39	214.40	1.91
31.50	1.88	2.99	0.38	219.40	2.18
32.50	1.82	2.94	0.37	213.30	2.16
33.50	1.47	2.65	0.42	193.10	1.96
34.50	1.85	2.96	0.37	199.90	1.92
35.50	2.07	3.27	0.37	210.50	2.14
36.50	1.84	3.27	0.36	207.50	1.80
37.50	1.77	3.07	0.37	208.30	1.62
38.50	1.71	2.86	0.41	229.50	1.86
39.50	1.87	2.95	0.41	243.10	1.89
40.50	1.89	2.99	0.41	233.60	1.79
41.50	1.80	2.92	0.45	256.60	1.98
42.50	1.79	2.72	0.43	250.70	1.86
43.50	2.10	3.02	0.45	244.60	1.91
44.50	1.84	2.88	0.43	238.10	1.85
45.50	2.09	3.14	0.43	248.10	1.86
46.50	1.80	3.04	0.44	269.40	1.90
47.50	2.00	3.14	0.44	263.50	1.98
48.50	1.92	3.17	0.45	279.80	2.05

Tabla 10. Concentraciones de Br, Rb, Sr, Zr, Ba, Th y U con respecto a la profundidad en el núcleo EUI.

Profundidad (cm)	Br ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Rb ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Sr ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Zr ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Ba ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Th ($\mu\text{g g}^{-1}$)	U ($\mu\text{g g}^{-1}$)
0.5	389.0	61.8	144.0	75.1	225.7	13.8	5.6
1.5	372.7	75.9	142.3	92.4	246.4	13.4	6.0
2.5	357.0	79.6	141.4	97.2	304.5	12.7	5.3
3.5	349.0	83.3	146.0	100.7	285.2	13.6	6.9
4.5	334.8	86.6	144.3	105.9	289.7	13.8	6.5
5.5	311.8	84.5	142.5	101.2	282.5	14.1	6.5
6.5	301.0	85.6	139.9	109.5	315.6	13.3	5.8
7.5	310.4	90.3	148.2	109.0	294.2	13.8	6.6
8.5	298.9	92.8	150.3	114.7	287.5	13.8	6.3
9.5	295.5	89.0	152.1	111.3	299.3	13.6	6.4
10.5	266.1	88.3	141.4	101.3	265.4	14.0	7.1
11.5	279.9	96.1	152.2	118.1	295.4	13.6	6.5
12.5	268.9	95.7	151.7	123.2	312.7	14.3	7.0
13.5	270.3	92.3	151.7	112.8	293.1	13.3	6.8
14.5	269.4	93.8	157.3	120.1	294.2	13.5	6.2
15.5	244.5	90.5	157.1	118.7	319.9	12.7	7.1
16.5	229.6	107.0	159.0	138.1	381.9	15.0	6.7
17.5	213.6	109.3	156.0	145.1	376.9	13.9	7.1
18.5	210.5	110.8	159.8	141.3	411.8	14.4	7.5
19.5	209.0	102.1	151.7	136.3	350.5	13.2	8.7
20.5	214.3	108.6	157.8	144.0	417.6	14.2	9.0
21.5	201.1	110.2	155.4	139.3	404.3	13.9	7.6
22.5	187.0	101.4	145.1	135.9	399.4	13.1	9.0
23.5	175.8	111.0	145.9	145.8	406.6	13.4	8.0
24.5	239.5	103.8	154.7	135.3	390.1	13.1	9.6
25.5	242.6	92.0	144.1	112.9	330.8	12.3	11.0
26.5	218.4	112.8	150.9	142.6	383.1	13.9	8.6
27.5	270.2	82.7	143.8	100.0	311.8	12.1	10.7
28.5	293.1	78.5	147.4	103.5	262.7	11.3	11.6
29.5	283.5	81.8	149.6	106.6	300.8	11.1	11.3
30.5	254.2	86.3	148.4	110.3	313.6	12.3	10.4
31.5	252.8	89.9	153.9	118.8	334.3	12.9	9.9
32.5	223.6	96.0	149.9	115.7	362.5	12.7	8.9
33.5	223.1	105.1	157.2	136.7	388.3	13.8	8.9
34.5	259.6	93.9	164.7	115.9	354.3	13.1	11.3
35.5	244.8	96.0	168.4	130.1	332.1	13.5	11.6
36.5	231.5	94.3	161.6	127.9	321.3	13.5	10.6
37.5	223.9	92.7	162.7	119.0	331.9	13.6	10.9
38.5	270.4	92.1	169.8	124.4	320.9	13.3	13.1
39.5	268.9	90.5	170.6	114.0	324.9	13.6	13.5
40.5	272.3	87.9	166.4	111.0	303.3	12.6	13.0
41.5	270.2	90.7	160.9	110.5	310.8	13.0	11.3
42.5	279.0	94.1	167.1	118.5	331.4	13.2	12.7
43.5	264.6	96.3	165.6	114.1	345.2	13.7	11.9
44.5	273.4	86.7	164.5	106.0	300.1	13.0	14.6
45.5	286.9	78.9	163.9	97.1	265.6	12.7	15.9
46.5	303.3	80.3	181.7	105.4	257.7	12.6	21.1

Tabla 11. Concentraciones de Br, Rb, Sr, Zr, Ba, Th y U con respecto a la profundidad en el núcleo EU11.

Profundidad (cm)	Br ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Rb ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Sr ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Zr ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Ba ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Th ($\mu\text{g g}^{-1}$)	U ($\mu\text{g g}^{-1}$)
0.5	312.0	54.7	162.6	146.6	449.1	10.3	4.4
1.5	276.6	59.0	154.5	177.9	515.4	9.9	5.7
2.5	245.4	71.6	144.5	214.3	640.2	10.9	6.1
3.5	222.8	80.4	141.9	238.7	475.2	11.3	8.1
4.5	211.9	79.8	139.9	224.2	532.2	10.7	7.2
5.5	202.3	86.2	141.0	247.5	620.9	10.9	7.7
6.5	196.5	90.5	145.0	230.9	592.0	11.5	7.2
7.5	173.7	97.5	147.2	260.9	653.5	12.1	7.3
8.5	182.5	96.5	147.9	263.1	633.0	11.7	7.2
9.5	150.0	94.2	148.5	324.9	675.2	10.9	5.8
10.5	140.5	92.8	153.1	292.9	627.5	11.4	5.6
11.5	137.9	92.1	152.3	316.2	676.5	10.0	5.2
12.5	94.7	92.3	148.3	355.5	764.8	9.4	4.6
13.5	127.6	90.8	150.0	373.1	759.5	10.2	5.0
14.5	104.9	95.9	152.5	329.7	792.9	9.7	4.9
15.5	84.8	94.0	154.6	357.1	764.2	9.5	4.8
16.5	76.6	95.6	155.9	426.9	802.4	9.1	4.9
17.5	83.1	92.2	153.0	356.6	726.2	9.2	4.5
18.5	50.9	94.0	150.4	382.6	854.0	8.3	3.6
19.5	56.2	95.4	157.8	414.2	806.1	9.0	4.1
20.5	64.6	95.8	153.9	391.4	780.3	9.1	4.2
21.5	57.2	96.4	156.8	391.1	783.3	8.5	4.4
22.5	51.9	95.3	153.3	357.1	810.6	8.5	4.2
23.5	56.1	97.0	161.4	398.9	812.3	9.8	3.9
24.5	51.3	97.3	156.7	422.4	841.0	8.7	4.1
25.5	53.1	98.9	159.0	423.1	810.4	9.2	4.1
26.5	58.9	97.8	160.4	360.2	798.8	10.0	4.6
27.5	54.1	97.4	158.3	390.8	833.2	9.4	4.2
28.5	64.3	100.4	159.7	365.8	813.4	9.4	3.9
29.5	61.0	98.8	158.4	382.0	786.6	9.7	3.8
30.5	62.8	98.0	154.1	365.9	828.3	8.9	5.0
31.5	61.2	97.5	157.1	364.8	838.2	8.5	5.1
32.5	65.1	95.6	148.4	327.8	823.3	8.8	5.3
33.5	72.9	96.0	154.1	383.0	941.2	9.5	5.7
34.5	70.0	96.6	149.9	365.3	788.2	9.3	5.6
35.5	64.4	92.8	151.4	387.4	830.5	8.2	5.1
36.5	71.5	90.3	152.8	372.2	811.9	8.8	4.9
37.5	51.6	86.7	144.2	446.2	857.1	8.2	4.6
38.5	51.8	86.2	146.0	406.0	874.0	7.9	4.0
39.5	55.3	87.9	140.4	416.9	850.5	7.9	4.3
40.5	47.4	87.3	138.7	440.4	886.8	6.9	4.2
41.5	52.3	86.3	140.0	461.7	850.2	8.5	4.4
42.5	57.9	86.8	147.5	444.4	876.3	7.9	4.5
43.5	50.5	89.2	147.2	482.2	832.9	8.1	4.2
44.5	54.8	88.9	150.2	384.2	856.6	9.0	3.6
45.5	59.0	90.0	159.0	372.1	807.2	10.9	4.2
46.5	52.2	91.9	176.4	349.6	934.6	11.5	4.6
47.5	46.5	91.7	156.3	374.3	710.7	11.0	4.2
48.5	45.1	93.8	137.4	340.6	722.9	10.9	3.8
49.5	49.7	91.3	145.3	370.5	737.0	10.4	4.0

Tabla 12. Concentraciones Br, Rb, Sr, Zr, Ba, Th y U con respecto a la profundidad en el núcleo EUIII.

Profundidad (cm)	Br ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Rb ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Sr ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Zr ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Ba ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Th ($\mu\text{g g}^{-1}$)	U ($\mu\text{g g}^{-1}$)
0.5	335.8	76.0	166.5	74.3	184.4	11.8	10.3
1.5	339.2	88.7	141.5	98.5	307.0	13.4	11.6
2.5	387.0	53.6	141.7	55.0	160.0	11.4	11.1
3.5	376.4	71.8	131.1	79.0	231.1	13.0	10.1
4.5	381.7	76.0	130.9	83.1	240.9	14.2	9.1
5.5	394.8	74.1	128.2	87.0	249.6	13.6	8.8
6.5	395.1	69.2	123.9	81.0	266.3	13.3	8.5
7.5	395.3	64.2	119.6	75.0	283.0	13.0	8.1
8.5	399.2	63.8	121.4	69.8	216.6	12.6	8.4
9.5	380.0	64.0	121.3	75.5	236.2	12.5	7.1
10.5	392.9	59.6	123.9	68.7	214.5	12.2	8.9
11.5	337.3	64.5	114.0	84.5	264.0	11.1	7.8
12.5	342.8	64.4	120.3	82.9	275.0	11.3	7.8
13.5	348.3	64.3	126.6	81.3	286.0	11.4	7.8
14.5	352.2	65.9	120.9	87.6	223.6	11.9	7.6
15.5	401.9	62.4	133.0	78.9	229.8	12.0	9.1
16.5	382.2	56.6	149.7	86.8	267.0	11.8	9.5
17.5	369.8	70.3	130.6	98.4	273.2	12.6	8.8
18.5	404.0	62.2	132.6	81.6	251.1	12.8	10.1
19.5	431.3	53.1	132.0	66.0	237.3	12.3	8.3
20.5	418.8	41.9	126.5	57.9	219.0	11.1	7.7
21.5	422.9	48.9	122.7	60.7	185.3	11.4	8.0
22.5	409.5	16.2	130.9	22.1	36.6	8.6	14.6
23.5	380.9	67.1	133.6	90.8	297.0	12.7	8.9
24.5	431.0	52.5	129.2	75.2	216.0	11.5	10.0
25.5	402.5	59.2	135.9	82.8	278.3	11.7	10.0
26.5	383.5	62.0	141.0	90.5	286.6	11.9	9.5
27.5	370.9	65.2	136.2	90.7	297.6	12.4	9.8
28.5	388.7	58.7	135.7	85.0	233.5	11.9	8.7
29.5	390.1	58.6	139.4	88.0	235.6	12.0	9.2
30.5	391.5	58.4	143.0	90.9	237.6	12.0	9.7
31.5	372.7	63.7	140.5	97.2	266.6	12.6	7.0
32.5	377.5	60.6	139.2	86.7	254.1	11.5	8.6
33.5	345.7	51.8	131.0	82.6	206.3	10.7	10.8
34.5	380.6	52.9	137.6	80.2	206.1	10.9	9.0
35.5	344.0	57.3	140.6	88.3	233.6	11.7	9.9
36.5	373.6	50.8	141.3	78.1	196.7	10.9	9.6
37.5	367.9	46.1	145.5	83.3	200.0	10.9	10.9
38.5	332.6	61.6	148.3	115.0	257.3	12.2	10.7
39.5	334.9	66.7	153.8	103.6	292.4	12.8	10.0
40.5	325.1	60.2	152.2	104.9	228.9	11.6	13.1
41.5	331.2	72.9	162.0	116.3	311.4	13.0	10.6
42.5	339.7	66.2	157.2	113.8	257.4	12.6	10.8
43.5	321.8	66.4	161.2	124.9	289.6	12.9	11.1
44.5	321.0	66.5	161.6	122.0	292.4	11.8	11.1
45.5	315.8	61.5	155.3	112.2	274.7	11.7	13.5
46.5	308.6	71.6	163.7	129.8	310.4	12.3	10.4
47.5	297.6	67.6	157.7	117.1	293.0	11.5	11.6
48.5	300.6	72.5	162.7	129.2	309.3	12.8	11.6

Tabla 13. Concentraciones de V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Pb y Hg con respecto a la profundidad en el núcleo EUI.

Profundidad (cm)	V ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Cr ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Co ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Ni ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Cu ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$)	As ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Pb ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Hg (ng g^{-1})
0.5	116.6	22.6	8.6	47.8	44.6	69.7	4.3	26.4	96.43
1.5	132.2	25.2	8.4	54.1	49.6	85.4	5.7	30.8	95.36
2.5	141.0	26.0	9.4	56.6	51.2	89.0	6.1	31.4	106.53
3.5	145.7	27.4	11.0	57.9	52.8	92.0	5.8	32.4	111.99
4.5	154.0	25.1	9.4	60.2	50.9	95.8	6.6	33.2	108.91
5.5	152.0	28.0	10.2	59.5	51.8	94.2	5.7	32.6	113.97
6.5	158.2	34.4	10.2	62.7	52.2	95.7	6.5	31.9	119.25
7.5	168.0	26.2	11.6	64.2	52.3	101.2	7.3	34.2	113.37
8.5	170.6	27.1	9.0	62.6	51.6	102.0	6.9	35.0	119.11
9.5	172.7	26.5	8.3	61.0	51.2	97.9	6.7	34.0	112.71
10.5	177.9	25.8	9.5	64.7	50.5	96.5	6.8	34.0	124.11
11.5	186.0	25.7	8.4	69.3	53.3	101.0	7.3	36.8	94.90
12.5	188.1	25.3	14.2	64.5	53.3	99.8	8.2	35.6	101.94
13.5	199.3	26.8	9.0	62.1	50.7	97.8	7.7	35.4	119.27
14.5	199.6	27.7	12.9	62.9	51.9	94.4	7.8	36.0	119.85
15.5	204.9	33.1	10.3	56.5	48.3	92.6	8.0	35.1	134.64
16.5	178.7	36.2	9.8	52.6	51.5	102.0	10.6	40.2	134.99
17.5	152.3	29.0	8.2	46.1	46.0	103.1	11.2	41.1	135.06
18.5	150.1	29.1	10.9	42.9	44.7	100.7	12.2	41.4	121.31
19.5	122.0	29.9	12.5	39.9	40.5	90.9	16.9	38.1	126.97
20.5	102.2	30.4	11.7	36.8	41.7	91.5	18.1	42.2	120.96
21.5	86.2	31.8	8.4	33.3	37.8	90.3	17.9	37.1	126.30
22.5	78.7	32.5	10.6	29.9	36.7	80.6	20.1	32.9	109.17
23.5	69.4	32.2	9.9	29.1	39.0	90.8	15.8	36.0	108.25
24.5	80.5	31.4	11.6	32.5	37.0	83.5	20.9	33.6	88.23
25.5	84.5	40.6	11.3	33.5	38.0	80.4	25.6	30.2	93.99
26.5	75.4	33.4	9.2	32.9	41.1	94.0	14.6	36.5	93.06
27.5	86.7	38.3	8.3	35.8	32.9	72.9	23.7	23.2	68.38
28.5	91.0	41.6	7.8	38.3	32.7	79.9	34.8	20.8	58.54
29.5	76.2	34.5	14.7	36.3	34.7	79.3	28.7	23.8	66.07
30.5	76.6	34.8	7.7	30.9	35.2	80.5	23.3	24.9	65.58
31.5	76.9	31.4	7.9	31.3	37.0	78.6	25.3	25.2	61.29
32.5	81.7	36.3	7.7	28.8	36.1	84.8	24.0	27.2	99.12
33.5	68.8	32.7	8.2	29.2	38.1	89.5	20.7	32.5	80.59
34.5	87.6	35.7	12.1	30.8	41.1	84.3	22.3	28.4	46.74
35.5	72.8	32.1	13.8	27.4	39.8	87.6	21.2	30.3	50.67
36.5	63.6	31.3	12.2	28.1	39.4	85.3	18.9	29.4	34.80
37.5	64.8	30.7	7.7	29.3	38.4	80.2	16.2	28.7	21.32
38.5	75.9	28.3	7.1	30.0	40.8	82.1	17.4	29.1	21.06
39.5	73.7	30.5	11.3	29.2	39.9	83.0	15.8	28.9	27.86
40.5	72.2	29.9	10.7	27.7	40.3	83.5	17.6	29.0	25.80
41.5	74.5	28.1	6.8	29.0	40.7	83.0	11.9	31.2	16.91
42.5	84.3	37.2	10.7	29.4	41.4	83.8	14.8	30.3	24.39
43.5	75.1	31.3	10.8	31.0	42.2	86.2	16.7	29.5	29.74
44.5	75.8	28.5	10.1	28.7	41.5	82.4	14.4	29.6	23.87
45.5	74.8	30.0	9.9	28.6	43.5	74.3	13.4	25.6	18.80
46.5	87.9	27.2	8.2	31.8	43.6	79.4	16.8	28.3	17.52

Tabla 14. Concentraciones de V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Pb y Hg con respecto a la profundidad en el núcleo EU11.

Profundidad (cm)	V ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Cr ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Co ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Ni ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Cu ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$)	As ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Pb ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Hg (ng g^{-1})
0.5	79.5	16.8	n.d.	32.9	33.0	37.8	2.2	17.9	66.45
1.5	92.4	24.4	n.d.	34.3	34.8	38.2	2.4	18.5	58.00
2.5	97.8	19.1	3.7	26.1	33.3	40.1	3.0	19.9	86.43
3.5	100.1	25.2	4.2	25.9	34.2	44.2	3.2	23.1	76.00
4.5	101.2	24.0	4.0	29.1	32.7	44.5	3.8	23.5	75.59
5.5	101.4	27.3	4.7	23.3	30.1	46.6	4.2	25.0	91.07
6.5	87.3	26.7	3.7	20.9	30.3	46.4	4.7	25.8	92.71
7.5	64.1	24.6	3.7	15.8	27.3	49.9	5.7	25.6	79.41
8.5	81.0	29.8	3.6	18.7	29.4	53.3	6.1	27.4	97.56
9.5	88.4	22.6	3.0	22.2	29.8	48.9	7.1	25.2	72.60
10.5	107.3	20.9	3.3	27.7	30.6	52.4	7.6	25.8	80.64
11.5	98.1	22.1	4.3	26.3	28.8	49.7	8.3	24.9	72.40
12.5	59.4	24.3	4.5	17.1	28.3	41.0	9.1	23.3	64.82
13.5	71.4	23.7	4.3	18.9	29.0	44.3	9.6	22.9	65.66
14.5	71.9	22.0	4.8	18.1	27.3	46.4	11.3	24.0	60.22
15.5	61.1	28.7	3.9	20.3	27.5	45.4	11.6	23.9	60.09
16.5	70.8	35.9	4.1	19.1	27.7	44.1	10.7	22.4	41.82
17.5	84.8	29.6	3.1	22.6	27.4	45.4	10.2	20.9	63.98
18.5	48.3	27.0	5.0	15.1	26.1	36.4	9.3	20.0	48.65
19.5	54.3	26.3	3.7	17.0	26.2	39.3	11.8	19.8	46.05
20.5	59.8	31.0	6.1	16.2	25.3	42.6	21.1	24.9	43.64
21.5	51.6	27.8	n.d.	14.3	24.2	39.0	13.6	19.9	35.22
22.5	47.6	30.0	n.d.	15.7	23.5	36.7	14.1	20.5	45.17
23.5	40.7	26.7	3.9	13.7	24.3	37.5	15.3	20.5	42.89
24.5	48.6	25.3	n.d.	12.1	23.5	37.0	16.5	20.4	36.18
25.5	41.0	24.2	3.8	12.1	24.2	38.8	18.4	20.2	41.02
26.5	49.1	32.1	5.2	12.9	23.7	41.5	24.5	23.0	40.88
27.5	46.8	24.4	4.0	12.2	22.7	39.1	17.3	22.1	48.60
28.5	46.1	22.1	4.3	13.5	23.2	41.3	18.2	23.4	39.81
29.5	43.2	27.7	n.d.	13.2	26.8	38.9	14.7	27.4	49.33
30.5	39.6	21.8	4.3	13.2	26.4	38.3	16.8	20.9	13.40
31.5	43.9	23.1	3.5	15.7	26.0	38.8	15.2	20.6	20.57
32.5	43.2	23.4	6.7	14.7	23.7	38.8	15.1	18.7	16.40
33.5	51.2	26.6	3.2	14.9	26.1	39.6	14.5	19.5	20.84
34.5	47.1	23.6	3.6	16.9	25.8	37.6	14.5	19.7	19.43
35.5	49.0	31.7	n.d.	15.5	24.0	34.9	12.5	19.1	13.78
36.5	65.9	22.8	4.2	17.1	26.8	34.3	12.6	19.2	57.93
37.5	40.1	22.0	n.d.	14.3	24.4	27.1	9.7	16.6	5.85
38.5	46.5	25.9	3.7	13.2	24.0	26.9	9.1	15.8	14.57
39.5	42.7	31.6	n.d.	14.8	24.3	28.4	9.5	16.5	10.14
40.5	41.0	29.7	n.d.	12.7	24.2	26.6	7.6	16.4	14.42
41.5	47.3	25.5	n.d.	12.5	23.3	27.1	7.5	17.0	10.15
42.5	44.9	24.2	3.2	12.4	24.5	28.7	9.2	17.1	10.72
43.5	43.2	26.2	n.d.	12.5	24.6	27.1	7.2	16.1	13.89
44.5	48.7	24.4	3.9	12.2	25.5	31.0	7.6	21.9	8.93
45.5	59.6	24.7	4.8	12.9	24.6	38.3	7.6	26.9	7.36
46.5	67.6	25.7	5.8	14.2	27.1	40.9	8.6	29.4	12.53
47.5	57.0	26.8	5.7	14.2	25.2	39.6	8.1	25.0	3.89
48.5	64.4	32.5	5.3	15.8	26.4	40.9	9.1	24.6	3.96
49.5	57.3	26.9	6.2	14.3	24.8	39.5	9.3	26.0	9.73

n.d. valor no detectable

Tabla 15. Concentraciones de V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Pb y Hg con respecto a la profundidad en el núcleo EUIII.

Profundidad (cm)	V ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Cr ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Co ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Ni ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Cu ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$)	As ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Pb ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Hg (ng g^{-1})
0.5	312.8	31.5	6.8	89.3	66.5	124.1	15.7	32.9	83.44
1.5	329.9	30.1	5.6	93.6	68.3	135.0	13.5	48.1	104.08
2.5	272.6	23.8	4.7	66.6	60.5	93.6	13.1	37.5	117.21
3.5	228.0	24.1	5.7	63.7	47.8	70.7	8.5	26.8	128.93
4.5	204.6	23.8	3.3	52.0	44.0	68.8	8.4	28.8	116.18
5.5	159.2	24.8	4.5	48.6	43.0	60.7	7.0	25.4	98.24
6.5	156.7	24.3	4.5	44.0	43.3	63.1	7.6	26.9	128.24
7.5	154.1	23.8	n.d.	39.4	43.5	65.4	8.1	28.4	121.51
8.5	134.2	24.6	3.5	39.0	41.9	63.5	7.0	28.9	130.32
9.5	115.2	21.4	4.1	42.2	39.8	65.1	7.7	30.1	161.73
10.5	114.9	23.5	5.2	36.7	41.2	65.2	10.1	29.6	132.14
11.5	104.6	24.9	3.3	31.7	41.2	65.0	7.7	27.1	145.74
12.5	85.3	26.0	3.7	28.7	38.7	61.4	8.9	28.5	154.61
13.5	66.0	27.1	4.1	25.6	36.2	57.8	10.0	29.8	172.31
14.5	82.5	24.8	4.6	31.7	40.7	62.7	7.2	28.4	177.51
15.5	82.2	24.4	6.9	31.0	39.0	61.0	11.3	28.6	177.20
16.5	53.9	25.1	n.d.	20.1	37.9	52.9	9.1	29.2	175.11
17.5	68.4	28.3	4.5	26.0	38.6	63.7	6.6	27.7	197.72
18.5	63.5	23.8	3.2	25.7	38.3	56.2	9.5	28.2	194.60
19.5	62.0	23.3	5.1	31.6	36.1	51.9	11.1	26.8	167.28
20.5	54.6	19.7	n.d.	26.0	36.9	43.6	13.8	22.9	187.77
21.5	60.1	19.8	3.8	27.3	35.1	51.5	12.6	24.4	168.54
22.5	75.1	14.2	5.1	28.1	35.5	35.3	7.6	24.0	178.10
23.5	82.0	27.2	n.d.	25.1	41.3	68.3	9.3	30.8	190.46
24.5	57.8	27.7	3.8	27.2	33.6	51.2	12.7	26.5	175.93
25.5	64.8	30.1	4.8	30.0	34.4	54.0	11.9	23.9	146.20
26.5	58.9	28.3	5.0	26.6	32.8	55.0	10.3	24.2	133.25
27.5	59.6	27.8	4.8	24.9	36.5	59.6	9.9	26.9	113.49
28.5	50.3	24.4	n.d.	23.9	35.3	53.4	8.7	23.7	126.65
29.5	50.1	25.5	3.5	24.5	35.9	53.7	10.1	24.1	137.60
30.5	49.8	26.5	3.5	25.0	36.4	54.0	11.4	24.4	112.01
31.5	47.3	25.1	6.1	23.2	34.2	56.3	7.8	23.7	121.31
32.5	47.1	25.9	3.7	22.0	35.5	55.5	8.3	24.1	127.93
33.5	45.4	25.3	4.1	23.6	32.3	69.3	10.0	20.5	98.21
34.5	49.5	28.7	4.0	22.3	34.9	49.8	8.8	21.0	113.74
35.5	46.1	24.2	3.2	24.1	35.6	52.2	11.2	20.4	100.69
36.5	47.3	24.6	5.5	20.3	35.2	46.2	11.1	18.3	91.46
37.5	47.5	20.9	4.5	21.7	34.1	43.7	11.0	16.6	74.76
38.5	46.8	24.6	4.1	22.8	36.6	53.6	10.7	20.6	79.03
39.5	51.2	26.0	4.7	22.8	37.3	56.1	10.4	22.0	92.42
40.5	47.6	24.2	4.2	21.8	35.4	52.9	11.9	19.9	76.30
41.5	53.3	27.7	5.1	21.2	34.3	58.1	11.0	23.4	49.17
42.5	56.4	27.1	n.d.	22.8	35.5	56.1	10.5	21.7	68.07
43.5	52.9	27.2	3.1	23.8	36.6	55.5	10.0	21.5	47.99
44.5	52.4	31.4	3.4	21.0	35.6	54.5	9.4	21.3	45.65
45.5	55.9	24.4	4.6	20.3	35.4	52.6	10.1	19.7	27.28
46.5	60.0	27.7	3.9	19.7	37.3	54.8	10.1	22.6	26.23
47.5	57.2	25.6	3.6	21.5	35.6	55.3	10.3	20.9	33.43
48.5	57.0	23.5	5.5	21.7	36.8	58.3	11.4	21.3	25.53

n.d. valor no detectable.

Tabla 16. Concentraciones de Ga, Y, Nb, Mo, W y Bi con respecto a la profundidad en el núcleo EUI.

Profundidad (cm)	Ga ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Y ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Nb ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Mo ($\mu\text{g g}^{-1}$)	W ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Bi ($\mu\text{g g}^{-1}$)
0.5	14.5	14.7	7.8	5.3	5.8	2.3
1.5	16.3	18.3	9.1	5.2	7.0	3.3
2.5	16.4	19.4	9.5	5.2	6.6	3.5
3.5	16.9	19.7	9.0	5.4	7.0	3.2
4.5	17.2	20.0	9.3	5.5	7.1	2.8
5.5	17.4	20.0	9.1	5.7	7.0	3.5
6.5	17.1	20.5	8.7	5.6	7.0	3.3
7.5	18.4	21.6	9.4	5.7	7.3	3.1
8.5	17.9	21.7	9.7	5.8	7.4	2.9
9.5	17.7	21.4	10.4	5.2	6.9	3.1
10.5	17.8	21.4	8.9	5.2	7.2	3.5
11.5	18.5	23.1	9.3	5.6	7.3	3.2
12.5	18.1	22.7	9.7	5.6	7.4	3.1
13.5	17.6	22.7	10.6	5.6	7.4	3.4
14.5	18.6	23.2	8.9	5.2	7.1	3.2
15.5	17.7	23.9	8.8	5.3	7.0	3.2
16.5	19.7	27.5	10.0	4.9	7.5	3.0
17.5	19.2	26.4	9.5	5.3	7.5	2.9
18.5	19.3	27.6	11.8	5.4	7.4	2.6
19.5	18.4	25.4	9.7	7.3	6.8	3.0
20.5	19.1	26.3	10.2	6.9	6.7	3.0
21.5	18.6	26.1	11.4	7.0	6.6	2.6
22.5	17.7	23.9	10.3	7.3	5.8	2.6
23.5	19.0	23.9	10.4	6.8	6.8	2.4
24.5	17.2	23.9	10.8	8.5	6.1	3.4
25.5	16.6	21.8	8.6	10.9	5.8	2.7
26.5	18.4	24.9	11.4	7.3	7.0	1.9
27.5	15.0	20.5	7.4	12.3	5.1	3.1
28.5	14.2	20.0	8.0	21.8	5.2	2.6
29.5	13.9	21.1	7.6	18.3	5.0	2.9
30.5	15.3	23.5	8.3	13.3	5.7	2.6
31.5	15.6	22.3	9.3	12.2	6.1	2.7
32.5	17.0	21.6	9.6	10.0	6.2	2.7
33.5	18.4	24.2	11.3	7.9	6.7	2.8
34.5	17.1	25.4	10.8	9.6	6.5	3.0
35.5	17.4	24.8	9.8	9.5	6.7	2.7
36.5	17.5	23.8	9.3	8.6	6.8	2.0
37.5	17.0	24.3	9.8	7.9	6.3	3.6
38.5	17.0	24.7	9.7	10.3	6.3	3.4
39.5	17.1	25.2	10.9	10.6	6.5	2.9
40.5	16.3	23.9	9.1	12.8	6.2	3.6
41.5	16.7	23.2	9.0	9.3	6.3	2.8
42.5	17.7	24.3	9.2	11.5	6.7	3.4
43.5	17.3	24.6	9.7	11.6	6.5	3.0
44.5	16.8	22.4	8.4	11.6	6.6	3.2
45.5	15.7	22.3	8.8	10.6	6.2	3.9
46.5	16.3	24.7	8.7	13.5	6.5	3.4

Tabla 17. Concentraciones de Ga, Y, Nb, Mo, W y Bi con respecto a la profundidad en el núcleo EU11.

Profundidad (cm)	Ga ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Y ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Nb ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Mo ($\mu\text{g g}^{-1}$)	W ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Bi ($\mu\text{g g}^{-1}$)
0.5	10.50	9.60	6.80	3.10	3.90	2.90
1.5	10.60	9.70	6.40	3.00	4.00	2.70
2.5	11.40	12.40	6.70	2.90	4.00	3.10
3.5	12.80	14.70	8.60	2.80	4.30	2.90
4.5	12.70	15.30	8.20	2.50	4.40	3.30
5.5	13.40	15.30	9.60	3.30	4.50	3.20
6.5	13.70	15.80	10.10	2.40	4.30	2.10
7.5	14.20	17.20	10.40	3.30	4.70	2.80
8.5	14.50	18.10	10.40	2.80	4.90	2.40
9.5	14.00	16.80	10.20	2.80	4.50	3.00
10.5	13.40	15.60	9.00	3.40	4.90	2.60
11.5	13.40	15.10	9.00	3.20	4.60	3.00
12.5	13.30	14.50	8.70	2.90	4.00	2.90
13.5	12.90	14.10	9.10	2.00	4.40	2.50
14.5	13.80	15.20	10.30	3.00	4.70	2.80
15.5	13.20	14.80	8.90	3.20	4.10	3.20
16.5	13.30	13.10	6.50	3.00	4.30	2.30
17.5	13.00	14.30	9.50	3.80	4.20	3.10
18.5	12.60	13.00	9.40	2.30	3.70	3.00
19.5	13.40	13.60	8.60	2.50	4.00	3.00
20.5	13.20	16.10	7.40	2.80	4.10	2.30
21.5	13.60	14.60	8.20	2.70	3.80	3.00
22.5	12.90	15.50	8.10	3.20	3.90	2.90
23.5	13.40	13.80	8.10	3.20	3.90	2.00
24.5	13.10	13.70	7.80	2.40	3.70	2.40
25.5	13.60	13.70	7.80	2.00	4.00	2.80
26.5	13.60	15.10	8.70	2.00	3.90	2.70
27.5	13.60	13.80	8.30	2.20	3.70	3.30
28.5	13.40	15.40	9.70	1.80	3.90	2.60
29.5	13.70	16.50	7.90	2.40	4.20	2.50
30.5	13.30	14.50	8.40	2.40	3.80	2.80
31.5	13.30	14.80	8.50	2.70	3.80	3.00
32.5	12.90	14.20	8.40	3.40	3.70	3.00
33.5	12.80	13.30	8.00	4.20	3.60	2.80
34.5	12.80	14.20	8.50	3.30	3.70	2.70
35.5	12.20	11.70	7.70	5.10	3.50	3.00
36.5	12.50	13.50	7.90	3.90	3.80	2.60
37.5	11.50	9.70	6.10	4.50	3.10	2.30
38.5	12.00	10.10	6.90	3.60	3.10	3.00
39.5	12.20	9.90	6.70	4.30	3.40	2.80
40.5	12.00	8.20	7.60	4.10	3.20	2.90
41.5	11.60	8.30	6.60	4.20	3.40	2.80
42.5	12.00	9.30	7.50	4.50	3.20	2.90
43.5	12.10	9.80	6.40	2.00	3.10	2.80
44.5	12.70	14.00	8.00	2.90	3.60	2.50
45.5	14.00	16.60	9.20	3.80	4.20	2.10
46.5	14.40	21.10	10.60	3.00	4.10	2.00
47.5	14.10	17.70	9.80	4.80	4.20	2.70
48.5	14.20	20.00	10.50	3.60	4.10	2.60
49.5	14.20	17.80	10.30	4.50	4.10	2.30

Tabla 18. Concentraciones de Ga, Y, Nb, Mo, W y Bi con respecto a la profundidad en el núcleo EUIII.

Profundidad (cm)	Ga ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Y ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Nb ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Mo ($\mu\text{g g}^{-1}$)	W ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Bi ($\mu\text{g g}^{-1}$)
0.5	15.70	17.00	6.30	14.40	8.30	3.50
1.5	15.40	22.10	9.70	16.20	8.90	2.80
2.5	12.50	17.70	6.50	11.30	7.10	3.40
3.5	14.20	20.60	8.70	4.00	5.80	3.20
4.5	14.30	21.00	8.80	4.10	5.90	2.40
5.5	13.60	20.80	8.90	4.10	5.20	3.20
6.5	13.20	18.65	8.50	5.45	5.35	3.10
7.5	12.80	16.50	8.10	6.80	5.50	3.00
8.5	12.60	16.60	8.30	5.20	5.60	3.00
9.5	12.40	17.80	8.00	5.30	5.20	2.30
10.5	12.10	17.80	7.70	7.10	5.90	2.70
11.5	12.50	16.70	7.00	5.70	5.50	3.30
12.5	12.25	16.85	6.95	6.75	5.20	3.05
13.5	12.00	17.00	6.90	7.80	4.90	2.80
14.5	12.50	17.90	7.40	5.10	5.40	3.10
15.5	12.20	17.40	8.40	8.60	5.20	2.70
16.5	11.10	18.00	6.60	9.50	5.00	2.90
17.5	12.50	19.10	8.80	5.20	5.60	2.60
18.5	11.70	18.90	8.80	6.40	5.10	2.60
19.5	10.80	16.90	7.70	6.20	4.60	3.30
20.5	10.20	14.50	5.50	8.60	4.40	2.80
21.5	10.60	15.10	6.70	7.70	4.70	2.50
22.5	8.50	12.70	3.30	5.30	4.50	3.80
23.5	12.00	19.80	8.40	7.60	5.60	2.20
24.5	10.50	18.00	7.10	10.80	4.50	2.60
25.5	11.20	17.40	7.40	11.50	4.50	2.10
26.5	11.30	16.90	7.30	10.70	4.50	3.30
27.5	12.00	17.60	7.30	9.20	4.70	2.80
28.5	11.00	16.50	6.90	7.70	4.50	3.10
29.5	11.25	17.20	7.70	8.50	4.80	3.05
30.5	11.50	17.90	8.50	9.30	5.10	3.00
31.5	11.60	17.50	7.70	6.80	4.80	2.60
32.5	11.20	17.70	7.70	7.50	4.90	2.90
33.5	10.60	16.10	6.80	7.90	5.70	3.20
34.5	10.90	17.30	6.80	8.00	4.40	2.90
35.5	10.60	16.10	7.30	9.00	5.00	2.80
36.5	10.30	17.10	7.80	7.80	4.60	2.60
37.5	10.40	16.00	6.10	7.50	4.50	2.50
38.5	11.70	16.60	6.70	7.10	4.80	3.60
39.5	11.70	18.10	8.20	7.20	4.70	3.40
40.5	11.40	17.50	8.30	8.40	5.00	3.20
41.5	12.20	18.90	9.60	6.70	5.10	3.30
42.5	11.90	19.40	8.70	6.60	5.20	3.50
43.5	11.80	18.00	8.10	7.60	5.10	3.10
44.5	11.50	18.00	7.50	6.80	5.00	3.10
45.5	11.40	18.80	7.10	8.10	5.00	3.00
46.5	12.10	18.40	9.00	7.20	5.20	3.00
47.5	12.10	19.60	8.10	6.60	4.90	2.70
48.5	12.40	20.10	9.50	7.20	5.30	2.90

Tabla 19. Variaciones de $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, Norg y proporciones C:N con respecto a la profundidad en el núcleo EUI.

Profundidad (cm)	$\delta^{13}\text{C}$ ‰	$\delta^{15}\text{N}$ ‰	N %	C:N
0.5	-24.10	5.38	0.68	13.66
1.5	-24.30	5.59	0.70	15.83
2.5	-24.56	5.78	0.64	16.48
3.5	-24.59	5.74	0.64	16.72
4.5	-24.92	5.77	0.62	18.34
5.5	-24.88	5.85	0.60	17.99
6.5	-24.94	5.90	0.61	18.03
7.5	-24.96	6.07	0.61	18.83
8.5	-25.22	5.71	0.61	19.53
9.5	-25.80	6.20	0.60	22.09
10.5	-25.39	5.67	0.60	20.48
11.5	-25.46	6.18	0.60	21.78
12.5	-25.31	5.81	0.58	21.40
13.5	-25.64	6.16	0.62	22.99
14.5	-25.96	5.68	0.61	25.43
15.5	-26.00	5.52	0.55	27.78
16.5	-25.86	4.93	0.47	25.48
17.5	-25.60	4.61	0.42	24.70
18.5	-25.67	5.01	0.40	24.09
19.5	-25.54	4.43	0.40	26.55
20.5	-25.47	4.36	0.40	25.74
21.5	-25.13	4.18	0.33	23.41
22.5	-25.33	3.97	0.35	25.87
23.5	-25.24	4.25	0.32	24.35
24.5	-25.27	3.89	0.38	26.72
25.5	-24.96	4.07	0.41	33.72
26.5	-25.06	3.91	0.34	23.72
27.5	-25.29	4.22	0.41	28.52
28.5	-25.51	4.04	0.48	30.48
29.5	-25.46	4.29	0.44	30.97
30.5	-25.55	3.98	0.43	30.20
31.5	-25.36	4.27	0.40	29.54
32.5	-25.35	4.41	0.37	28.86
33.5	-25.34	4.54	0.43	28.18
34.5	-25.52	4.53	0.34	30.64
35.5	-25.31	4.73	0.41	26.20
36.5	-25.67	4.95	0.41	30.98
37.5	-25.72	4.75	0.42	31.33
38.5	-25.77	4.64	0.42	31.66
39.5	-25.48	4.77	0.44	35.94
40.5	-25.85	4.75	0.43	33.26
41.5	-25.87	4.69	0.43	30.62
42.5	-25.73	4.57	0.43	31.86
43.5	-25.73	4.76	0.43	32.05
44.5	-25.77	4.56	0.50	37.55
45.5	n.a.	4.47	n.a.	n.a.
46.5	n.a.	4.39	n.a.	n.a.

n.a. valor no disponible.

Tabla 20. Variaciones de $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, Norg y proporciones C:N con respecto a la profundidad en el núcleo EU11.

Profundidad (cm)	$\delta^{13}\text{C}$ ‰	$\delta^{15}\text{N}$ ‰	N %	C:N
0.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
1.5	-23.43	5.42	0.30	13.65
2.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3.5	-25.78	5.61	0.20	21.61
4.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5.5	-25.74	5.21	0.21	20.25
6.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7.5	-25.66	3.90	0.18	22.76
8.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
9.5	-25.76	5.35	0.16	22.08
10.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
11.5	-25.56	5.80	0.14	22.65
12.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
13.5	-25.52	5.15	0.11	19.47
14.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
15.5	-25.59	4.78	0.09	18.93
16.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
17.5	-25.36	5.67	0.09	19.57
18.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
19.5	-25.05	5.26	0.07	20.72
20.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
21.5	-24.73	3.96	0.05	18.66
22.5	-24.56	4.00	0.05	19.46
23.5	-24.79	4.27	0.05	23.78
24.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
25.5	-24.64	6.44	0.04	20.98
26.5	-24.29	4.56	0.05	19.87
27.5	-24.46	4.66	0.03	20.38
28.5	-24.58	3.78	0.04	21.16
29.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
30.5	-24.41	4.13	0.04	21.83
31.5	-24.40	3.66	0.05	22.57
32.5	-24.54	3.49	0.05	24.17
33.5	-24.50	4.63	0.07	25.72
34.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
35.5	-24.47	1.88	0.05	23.63
36.5	-24.48	4.01	0.04	25.44
37.5	-24.53	2.92	0.04	24.11
38.5	-24.54	3.19	0.04	25.31
39.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
40.5	-24.48	1.19	0.03	25.03
41.5	-24.50	1.35	0.03	23.30
42.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
43.5	-24.56	3.73	0.03	23.44
44.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
45.5	-24.70	3.40	0.03	25.38
46.5	-24.44	0.20	0.04	20.74
47.5	-24.53	3.01	0.03	24.26
48.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
49.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

n.a. valor no disponible.

Tabla 21. Variaciones de $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, Norg y proporciones C:N con respecto a la profundidad en el núcleo EUIII.

Profundidad (cm)	$\delta^{13}\text{C}$ ‰	$\delta^{15}\text{N}$ ‰	N %	C:N
0.5	-20.30	4.93	1.72	10.20
1.5	-23.89	6.50	1.01	14.91
2.5	-25.38	7.33	0.75	22.94
3.5	-25.92	7.49	0.74	22.96
4.5	-26.05	7.51	0.66	24.13
5.5	-26.15	7.35	0.63	22.81
6.5	-25.89	7.48	0.62	24.67
7.5	-26.16	6.94	0.60	23.14
8.5	-25.87	6.89	0.59	24.79
9.5	-25.92	6.02	0.54	27.63
10.5	-25.77	6.71	0.52	23.04
11.5	-25.82	5.89	0.52	24.99
12.5	-25.38	5.90	0.53	29.39
13.5	-25.39	4.58	0.48	27.44
14.5	-25.23	5.20	0.44	24.64
15.5	-25.45	4.81	0.48	27.45
16.5	-25.57	3.54	0.51	38.10
17.5	-25.51	4.39	0.45	27.67
18.5	-25.31	4.69	0.46	27.73
19.5	-25.52	4.37	0.46	27.32
20.5	-25.42	5.08	0.49	28.45
21.5	-25.79	4.00	0.45	38.55
22.5	-25.50	4.51	0.51	30.85
23.5	-25.80	4.83	0.42	27.12
24.5	-25.45	4.48	0.44	26.81
25.5	-25.68	4.40	0.44	31.11
26.5	-25.55	4.31	0.44	29.97
27.5	-25.71	3.99	0.42	32.48
28.5	-25.22	5.69	0.41	28.01
29.5	-25.64	4.15	0.43	29.93
30.5	-25.64	3.87	0.43	31.07
31.5	-25.87	3.59	0.42	30.42
32.5	-25.41	2.42	0.44	30.62
33.5	-25.93	3.75	0.42	30.38
34.5	-25.56	2.36	0.43	38.02
35.5	-25.88	3.72	0.41	30.86
36.5	-25.63	5.10	0.41	31.43
37.5	-25.95	3.80	0.41	35.40
38.5	-25.74	4.08	0.40	33.75
39.5	-25.93	3.85	0.40	35.80
40.5	-25.67	4.04	0.38	32.98
41.5	-25.97	3.72	0.36	33.32
42.5	-25.74	4.29	0.37	33.16
43.5	-25.91	3.81	0.35	33.25
44.5	-25.67	4.13	0.35	34.21
45.5	-26.35	3.63	0.36	40.58
46.5	-25.77	4.43	0.34	35.39
47.5	-25.88	4.06	0.35	36.24
48.5	-25.84	4.41	0.35	35.57

Tabla 22. Intervalo de concentraciones¹ de variables geoquímicas de los núcleos EUI, EUII y EUIII recolectados en zonas de marismas del Estero de Urías, Mazatlán, Sin.

Elemento	EU I			EU II			EU III			Corteza Terrestre ²	Valores de referencia ³
	Max	Min	NCL	Max	Min	NCL	Max	Min	NCL		
O.M.%	18.76	9.33	16.86	5.38	1.09	3.25	18.32	11.99	12.28	n.a.	n.a.
S.M. (S.I.)	7.50	3.00	3.85	25.80	5.80	15.65	5.50	2.30	4.17	n.a.	n.a.
δ ¹⁵ N ‰	6.20	3.89	4.54	6.44	0.20	3.01	7.51	2.36	4.30	n.a.	n.a.
δ ¹³ C ‰	-24.10	-26.00	-25.75	-23.43	-25.78	-24.53	-20.30	-26.35	-25.83	n.a.	n.a.
C:N	37.55	13.66	34.80	25.72	13.65	24.26	40.58	10.20	35.73	n.a.	n.a.
CO ₃ %	9.15	2.28	6.23	4.79	0.25	3.05	8.12	3.83	6.41	n.a.	n.a.
Na %	17.9	5.4	9.83	29.7	2.9	3.15	27.1	11.7	17.27	n.a.	n.a.
Mg %	1.7	0.1	0.95	1.4	0.5	0.49	2.2	1.0	1.91	n.a.	n.a.
Al %	4.9	3.1	3.94	6.7	3.7	6.48	6.0	2.4	5.40	8.2	0.26, 4.7*
Si %	12.3	8.2	9.02	23.6	10.2	21.16	12.6	4.7	12.56	28.2	n.a.
P %	0.1	0.1	0.11	0.0	0.0	0.01	0.1	0.0	0.02	1050.0	n.a.
S %	5.9	1.2	2.79	1.4	0.5	0.82	3.7	i	3.12	0.03	0.12*
Cl %	20.9	5.6	11.71	28.1	1.7	1.74	30.1	12.1	14.68	0.01	n.a.
K %	1.7	1.2	1.38	2.2	1.2	1.60	1.5	0.7	1.39	2.1	n.a.
Ca %	0.5	0.2	0.48	0.6	0.4	0.36	0.9	0.3	0.44	4.2	n.a.
Ti %	0.3	0.2	0.27	0.5	0.2	0.49	0.3	0.1	0.27	0.6	0.224*
V	204.9	63.6	79.50	107.3	39.6	59.57	329.9	45.4	58.07	135.0	50, 58*
Cr	41.6	22.6	28.57	35.9	16.8	28.73	31.5	14.2	25.60	100.0	7.0 - 13.0
Mn	341.2	197.6	307.33	223.8	135.5	236.27	271.3	153.4	270.90	950.0	400
Fe %	5.0	1.1	2.15	2.1	0.7	1.80	2.5	0.9	1.98	5.6	0.99 - 1.8
Ni	69.3	27.4	29.70	34.3	12.1	14.77	93.6	19.7	20.97	75.0	9.9
Cu	53.3	32.7	42.87	34.8	22.7	25.47	68.3	32.3	36.57	55.0	10.0 - 25.0
Zn	103.1	69.7	78.70	53.3	26.6	40.00	135.0	35.3	56.13	70.0	7.0 - 38.0, 48*
Ga	19.7	13.9	16.5	14.5	10.5	14.2	15.7	8.5	12.2	15.0	n.a.
As	34.8	4.3	14.87	24.5	2.2	8.83	15.7	6.6	10.60	1.8	1.1
Br	389.0	175.8	287.87	312.0	47.4	47.10	431.3	308.6	302.27	2.5	0.56*
Rb	112.8	61.8	81.97	100.4	54.7	92.27	88.7	16.2	70.57	90.0	n.a.
Sr	181.7	139.9	170.03	176.4	138.7	146.33	166.5	114.0	161.37	375.0	49
Y	27.6	14.7	23.5	21.1	8.2	19.2	22.1	12.7	19.4	33.0	n.a.
Zr	145.8	75.1	102.83	482.2	146.6	361.80	129.8	22.1	125.37	165.0	n.a.
Nb	11.8	7.4	8.9	10.6	6.1	10.3	9.7	3.3	8.9	20.0	n.a.
Mo	21.8	4.9	11.8	5.1	1.8	4.0	16.2	4.0	7.0	1.5	0.59*
Ba	417.6	225.7	274.47	941.2	449.1	723.53	311.4	36.6	304.23	425.0	0.7, 440*
W	7.5	5.0	6.5	4.9	3.1	4.1	8.9	4.4	5.1	1.5	n.a.
Hg (ng g ⁻¹)	135.1	16.9	22.7	97.6	3.9	9.7	197.7	25.5	28.1	80.0	4.0 - 51.0, 58*
Pb	42.2	20.8	27.83	29.4	15.8	25.20	48.1	16.6	21.60	12.5	4.0 - 17.0
Bi	3.9	1.9	3.4	3.3	2.0	2.4	3.8	2.1	2.9	0.17	n.a.
Th	15.0	11.1	12.77	12.1	6.9	10.77	14.2	8.6	12.20	9.6	n.a.
U	21.1	5.3	17.20	8.1	3.6	4.00	14.6	7.0	11.20	2.7	2.3*

¹ Valores en µg g⁻¹ a menos que se indique otra unidad.

² Valores promedio para la Corteza terrestre (Taylor, 1964)

³ Valores de fondo en sedimentos de agua dulce. NOAA SQuirTs (Buchman, 2008)

* Valores de referencia para suelos NOAA SQuirTs (Buchman, 2008)

n.a. Valor no disponible

Tabla 23. Factores de Enriquecimiento de V, Ni, Cu, Zn, As, Hg y Pb en el núcleo EUI.

Profundidad (cm)	V	Ni	Cu	Zn	As	Pb	Hg
0.5	2.0	2.1	1.4	1.1	0.4	1.1	5.2
1.5	1.7	1.8	1.1	1.1	0.4	1.1	4.8
2.5	1.6	1.7	1.1	1.1	0.4	1.1	5.9
3.5	2.0	2.1	1.4	1.2	0.4	1.2	5.0
4.5	1.8	1.9	1.0	1.2	0.4	1.2	5.2
5.5	1.6	1.7	1.1	1.1	0.3	1.0	5.9
6.5	2.0	2.1	1.2	1.1	0.4	1.0	4.8
7.5	2.0	2.0	1.1	1.2	0.5	1.2	5.4
8.5	1.7	1.7	1.0	1.1	0.4	1.1	5.8
9.5	2.2	2.0	1.2	1.1	0.4	1.1	4.5
10.5	2.1	2.0	1.0	1.1	0.4	1.2	5.7
11.5	1.9	1.9	1.1	1.1	0.4	1.1	4.8
12.5	2.6	2.3	1.3	1.2	0.6	1.2	4.4
13.5	2.4	2.0	1.1	1.2	0.5	1.3	5.8
14.5	2.2	1.9	1.1	1.1	0.4	1.2	6.5
15.5	2.6	1.9	1.1	1.1	0.5	1.1	5.4
16.5	2.0	1.5	1.0	1.1	0.7	1.3	5.9
17.5	1.4	1.1	0.8	1.0	0.5	1.1	6.1
18.5	1.7	1.3	0.9	1.1	0.7	1.2	4.4
19.5	1.3	1.1	0.8	1.0	1.0	1.2	5.6
20.5	0.9	0.9	0.8	0.9	0.9	1.2	5.6
21.5	1.0	1.0	0.8	1.0	1.1	1.1	4.7
22.5	0.9	0.9	0.7	1.0	1.3	1.1	5.1
23.5	0.6	0.7	0.7	0.9	0.7	1.0	4.8
24.5	1.1	1.2	0.9	1.1	1.5	1.2	3.9
25.5	1.1	1.1	0.8	1.1	1.9	1.1	4.9
26.5	0.7	0.9	0.8	1.0	0.8	1.1	4.6
27.5	1.5	1.6	1.0	1.1	2.1	1.0	3.7
28.5	1.5	1.6	0.9	1.3	3.2	1.0	3.8
29.5	1.0	1.3	0.9	1.1	1.9	1.0	4.3
30.5	1.1	1.2	0.9	1.1	1.8	0.9	3.0
31.5	1.1	1.1	0.9	1.1	2.0	1.0	3.4
32.5	0.8	0.8	0.7	0.9	1.2	0.8	4.9
33.5	0.8	0.9	0.8	1.0	1.3	1.0	3.1
34.5	1.1	1.0	0.9	1.1	1.6	1.1	2.4
35.5	0.7	0.7	0.7	0.9	1.0	0.9	2.3
36.5	0.8	0.9	0.9	1.0	1.3	1.0	1.4
37.5	0.8	1.0	0.8	1.0	1.1	1.1	1.1
38.5	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1
39.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.0	1.2
40.5	0.9	0.9	0.9	1.0	1.2	1.0	1.3
41.5	0.8	0.8	0.9	1.0	0.7	1.0	0.9
42.5	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
43.5	0.9	1.0	0.9	1.0	1.1	1.0	1.4
44.5	0.8	0.8	0.9	0.9	0.8	0.9	1.2
45.5	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9
46.5	1.2	1.1	1.0	1.1	1.3	1.1	0.9

Tabla 24. Factores de Enriquecimiento de V, Ni, Cu, Zn, As, Hg y Pb en el núcleo EU11.

Profundidad (cm)	V	Ni	Cu	Zn	As	Pb	Hg
0.5	2.54	4.20	2.02	1.90	0.45	1.27	11.59
1.5	2.64	4.52	2.41	1.70	0.54	1.17	13.41
2.5	1.90	2.41	1.61	1.29	0.46	0.89	9.05
3.5	2.14	2.21	1.39	1.48	0.44	1.10	8.85
4.5	2.19	2.91	1.71	1.50	0.64	1.13	13.23
5.5	1.69	1.85	1.25	1.29	0.55	0.96	8.21
6.5	1.76	1.68	1.17	1.47	0.61	1.16	10.20
7.5	1.06	1.21	1.10	1.29	0.74	0.94	10.66
8.5	1.22	1.34	1.10	1.33	0.72	0.95	7.92
9.5	1.75	1.76	1.13	1.52	0.90	1.11	7.84
10.5	2.04	2.43	1.41	1.55	1.13	1.09	12.42
11.5	1.63	2.08	1.19	1.36	1.08	0.95	6.48
12.5	1.23	1.42	1.12	1.34	1.21	1.08	7.34
13.5	1.40	1.72	1.38	1.36	1.48	1.00	10.45
14.5	1.15	1.37	1.09	1.22	1.42	0.88	5.18
15.5	1.31	1.74	1.13	1.53	1.60	1.14	7.05
16.5	1.46	1.82	1.39	1.42	1.73	1.02	6.99
17.5	1.35	1.71	1.08	1.19	1.27	0.76	5.48
18.5	1.04	1.29	1.07	1.23	1.28	0.95	5.70
19.5	1.12	1.62	1.31	1.26	1.91	0.90	7.68
20.5	1.03	1.33	1.09	1.22	2.87	0.99	4.07
21.5	1.03	1.14	0.93	1.23	1.75	0.89	3.85
22.5	0.97	1.47	1.16	1.16	2.25	0.92	7.43
23.5	0.70	1.12	1.04	1.07	2.07	0.81	3.99
24.5	0.97	0.96	0.90	1.16	2.11	0.91	3.94
25.5	0.73	0.99	1.04	1.07	2.55	0.79	5.88
26.5	0.78	0.98	0.94	1.09	3.07	0.84	3.51
27.5	0.89	0.93	0.83	1.17	2.11	0.94	5.05
28.5	0.88	1.19	1.08	1.23	2.73	0.99	6.17
29.5	0.72	1.04	1.11	1.06	1.91	1.04	4.41
30.5	0.80	1.06	1.01	1.21	2.17	0.93	1.47
31.5	0.88	1.45	1.26	1.20	2.38	0.91	3.32
32.5	0.77	1.25	1.05	1.14	2.12	0.77	1.58
33.5	1.06	1.23	1.03	1.29	1.93	0.90	2.36
34.5	1.00	1.66	1.33	1.25	2.42	0.93	3.35
35.5	0.90	1.36	1.10	1.06	1.81	0.81	1.37
36.5	1.63	1.69	1.27	1.33	2.00	1.06	7.83
37.5	0.93	1.53	1.37	0.98	1.76	0.85	1.10
38.5	0.92	1.24	1.18	0.88	1.41	0.72	1.55
39.5	1.04	1.43	1.13	1.08	1.48	0.89	1.34
40.5	0.87	1.25	1.25	0.88	1.27	0.77	2.49
41.5	0.93	1.17	1.14	0.88	1.16	0.77	1.08
42.5	1.01	1.11	1.05	1.01	1.33	0.86	1.32
43.5	0.95	1.27	1.31	0.93	1.24	0.78	2.47
44.5	0.83	1.00	1.09	0.88	1.02	0.86	0.83
45.5	1.06	0.92	0.84	1.07	0.87	1.06	0.71
46.5	1.13	1.10	1.10	1.06	1.13	1.09	1.70
47.5	0.86	1.02	0.95	0.99	0.96	0.87	0.32
48.5	1.18	1.15	0.92	1.18	1.07	1.00	0.40
49.5	0.97	1.12	1.02	1.05	1.24	0.98	1.34

Tabla 25. Factores de Enriquecimiento de V, Ni, Cu, Zn, As, Hg y Pb en el núcleo EUIII.

Profundidad (cm)	V	Ni	Cu	Zn	As	Pb	Hg
0.5	5.29	6.98	3.07	3.74	2.74	2.54	3.00
1.5	5.47	5.25	2.20	2.92	1.52	2.78	4.35
2.5	4.48	7.98	3.83	4.03	3.06	3.92	10.55
3.5	3.57	4.68	2.07	2.00	1.40	1.94	4.36
4.5	3.16	3.46	1.68	1.77	1.12	1.97	5.75
5.5	2.71	3.68	1.72	1.65	1.03	1.68	5.59
6.5	2.76	3.16	1.83	1.74	1.21	1.90	4.23
7.5	2.57	2.90	1.84	1.86	1.20	2.16	6.66
8.5	2.25	3.68	2.09	2.15	1.29	2.38	9.24
9.5	2.55	3.25	1.81	1.93	1.32	2.28	5.72
10.5	2.14	2.95	1.90	2.02	1.63	2.45	7.91
11.5	1.66	2.47	1.70	1.82	1.17	1.84	8.53
12.5	1.53	2.01	1.60	1.66	1.39	1.97	4.98
13.5	1.21	1.74	1.41	1.52	1.37	2.09	8.72
14.5	1.38	2.38	1.62	1.70	1.06	1.86	10.03
15.5	1.53	2.28	1.69	1.73	1.86	2.08	6.00
16.5	1.11	1.28	1.38	1.30	1.16	1.92	8.30
17.5	1.07	1.74	1.37	1.53	0.86	1.62	9.94
18.5	1.14	1.83	1.61	1.54	1.51	1.98	6.37
19.5	1.21	2.65	1.73	1.68	1.87	2.31	10.42
20.5	1.08	2.96	2.22	1.78	3.06	2.27	16.05
21.5	1.29	2.61	1.98	1.90	2.69	2.30	7.42
22.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
23.5	1.33	1.82	1.58	1.78	1.32	1.95	10.38
24.5	1.23	2.10	1.53	1.52	2.19	2.02	6.25
25.5	1.36	2.00	1.32	1.39	1.60	1.64	7.26
26.5	1.06	1.94	1.26	1.44	1.46	1.54	7.29
27.5	1.05	1.59	1.38	1.47	1.42	1.70	3.34
28.5	0.92	1.55	1.32	1.34	1.14	1.59	6.13
29.5	0.89	1.83	1.42	1.45	1.47	1.57	7.74
30.5	1.02	1.60	1.37	1.33	1.63	1.54	3.29
31.5	0.87	1.32	1.12	1.24	0.89	1.39	5.13
32.5	0.83	1.67	1.42	1.52	1.23	1.60	7.30
33.5	1.04	1.66	1.34	1.88	1.57	1.42	3.18
34.5	1.02	1.54	1.38	1.32	1.22	1.49	5.83
35.5	0.83	1.80	1.40	1.40	1.63	1.33	5.64
36.5	1.00	1.51	1.54	1.32	1.84	1.34	3.13
37.5	1.04	1.44	1.30	1.12	1.47	1.13	3.69
38.5	0.84	1.31	1.11	1.10	1.20	1.03	3.40
39.5	0.99	1.28	1.23	1.21	1.30	1.22	2.38
40.5	0.89	1.15	1.07	1.08	1.26	1.08	2.99
41.5	0.86	1.20	1.03	1.18	1.22	1.16	2.09
42.5	1.06	1.16	1.07	1.10	1.20	1.09	1.60
43.5	0.93	1.05	0.93	0.95	0.89	0.98	1.58
44.5	0.91	1.13	1.02	1.06	0.99	1.00	1.85
45.5	1.01	1.05	1.08	1.05	1.17	1.01	0.65
46.5	1.09	0.84	0.91	0.90	0.86	0.99	0.83
47.5	0.89	1.21	1.06	1.12	1.13	1.03	1.41
48.5	0.96	0.98	0.98	1.01	1.15	0.94	0.53

n.a. Valor no disponible

Perfiles de distribución con respecto a la profundidad del núcleo EUI

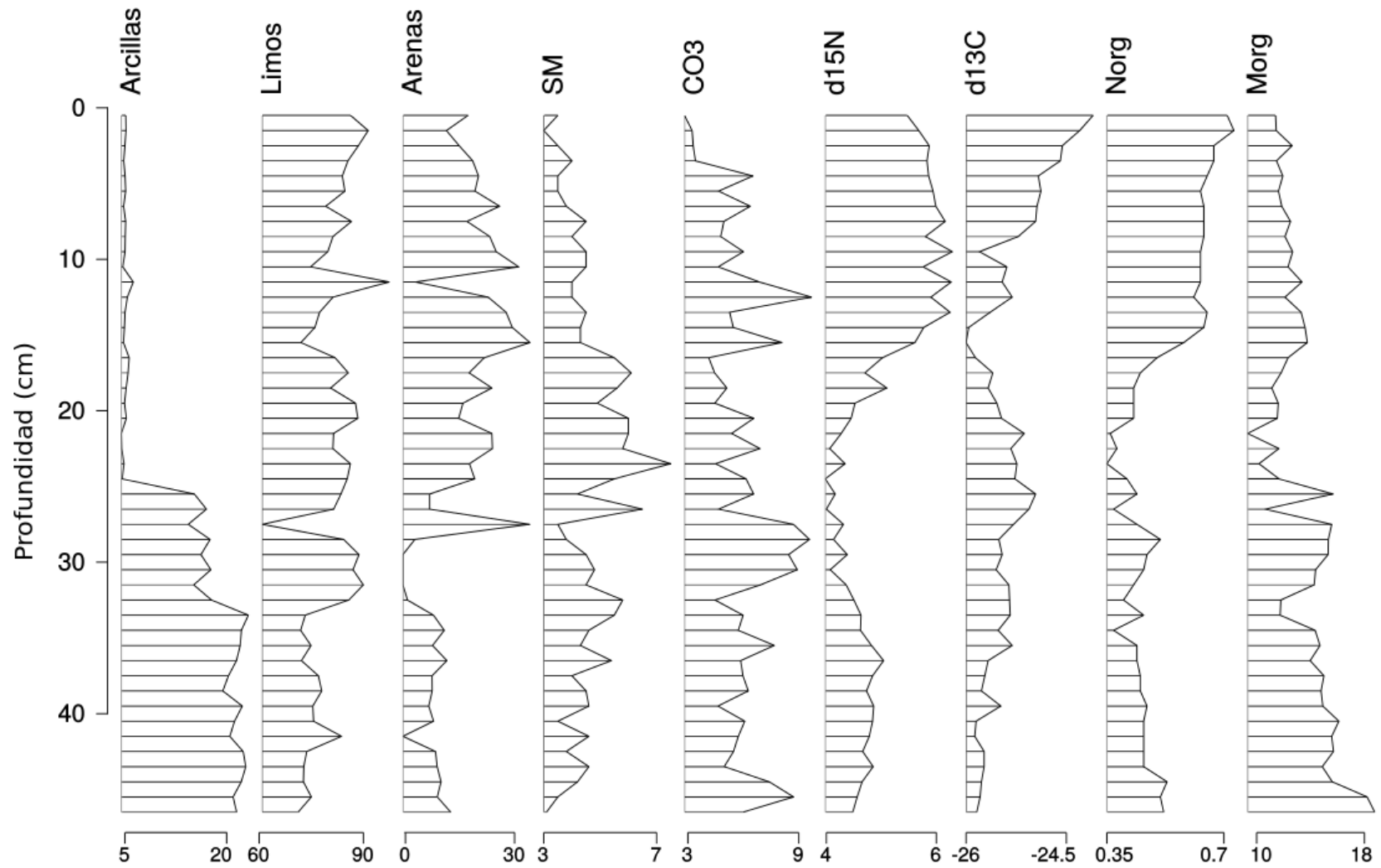


Figura 1. Distribución con respecto a profundidad de: tamaño de grano (%), susceptibilidad magnética (S.I.), contenido de carbonatos (%), $\delta^{13}\text{C}$ (‰), $\delta^{15}\text{N}$ (‰), Norg (%) y contenido de materia orgánica (%) del núcleo EUI.

Perfiles de distribución con respecto a la profundidad del núcleo EUI

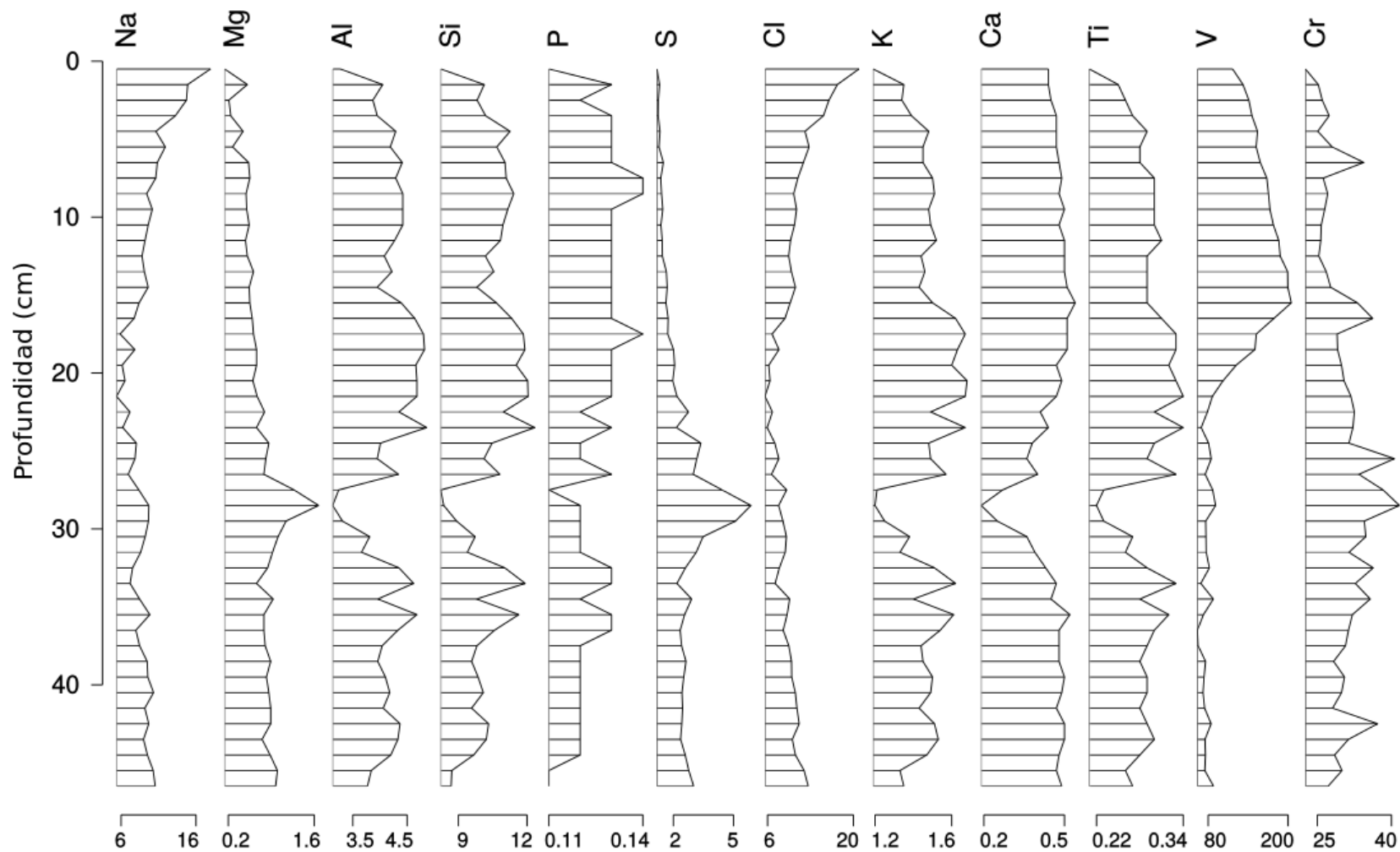


Figura 2. Distribución con respecto a profundidad de: Na (%), Mg (%), Al, (%), Si (%), P (%), S (%), Cl (%), K (%), Ca (%), Ti (%), V y Cr del núcleo EUI. *Todas las unidades se encuentran en ppm, exceptuando los elementos para los se especifica una unidad distinta.

Perfiles de distribución con respecto a la profundidad del núcleo EUI

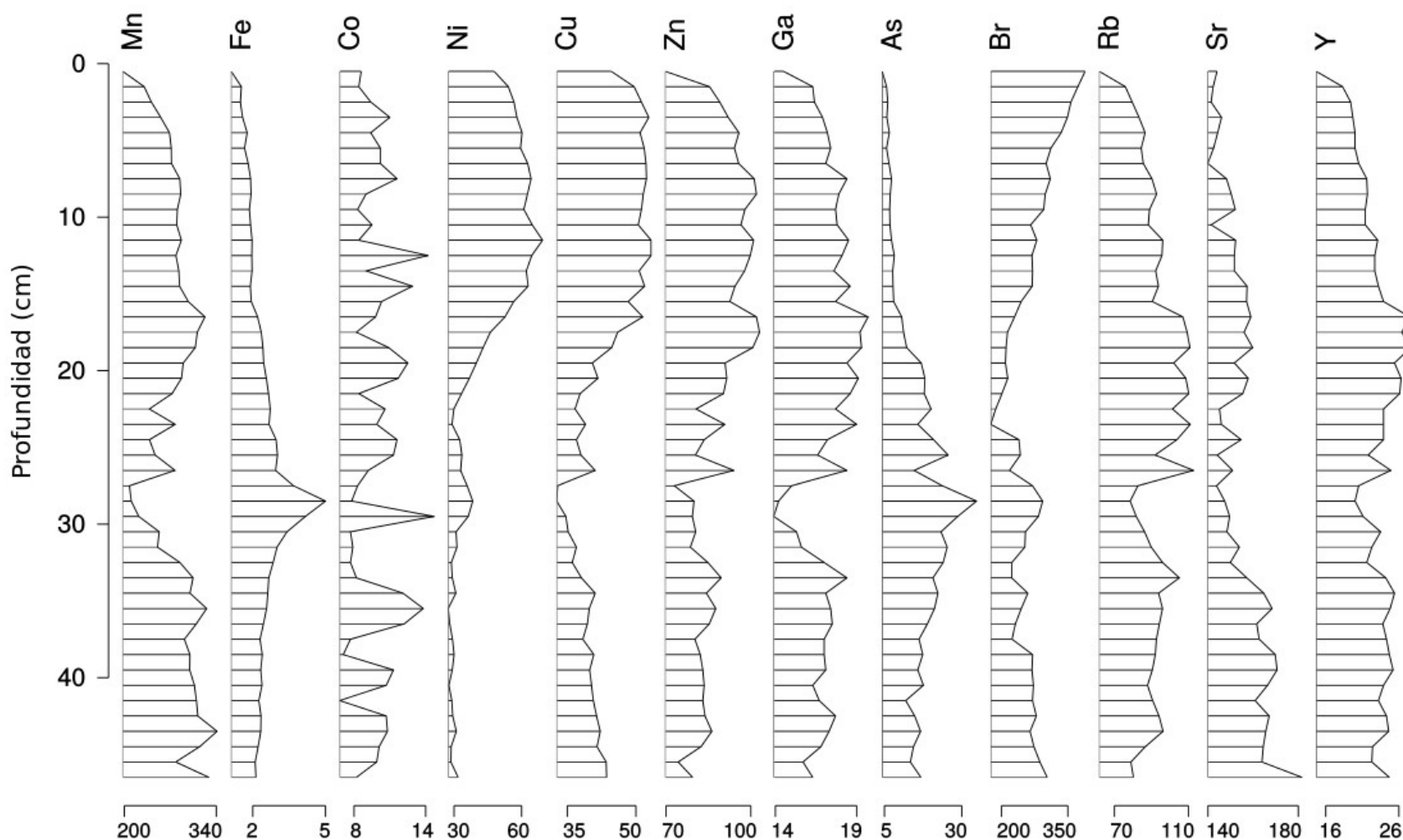


Figura 3. Distribución con respecto a profundidad de: Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Br, Rb, Sr e Y del núcleo EUI. *Todas las unidades se encuentran en ppm, exceptuando los elementos para los se especifica una unidad distinta.

Perfiles de distribución con respecto a la profundidad del núcleo EUI

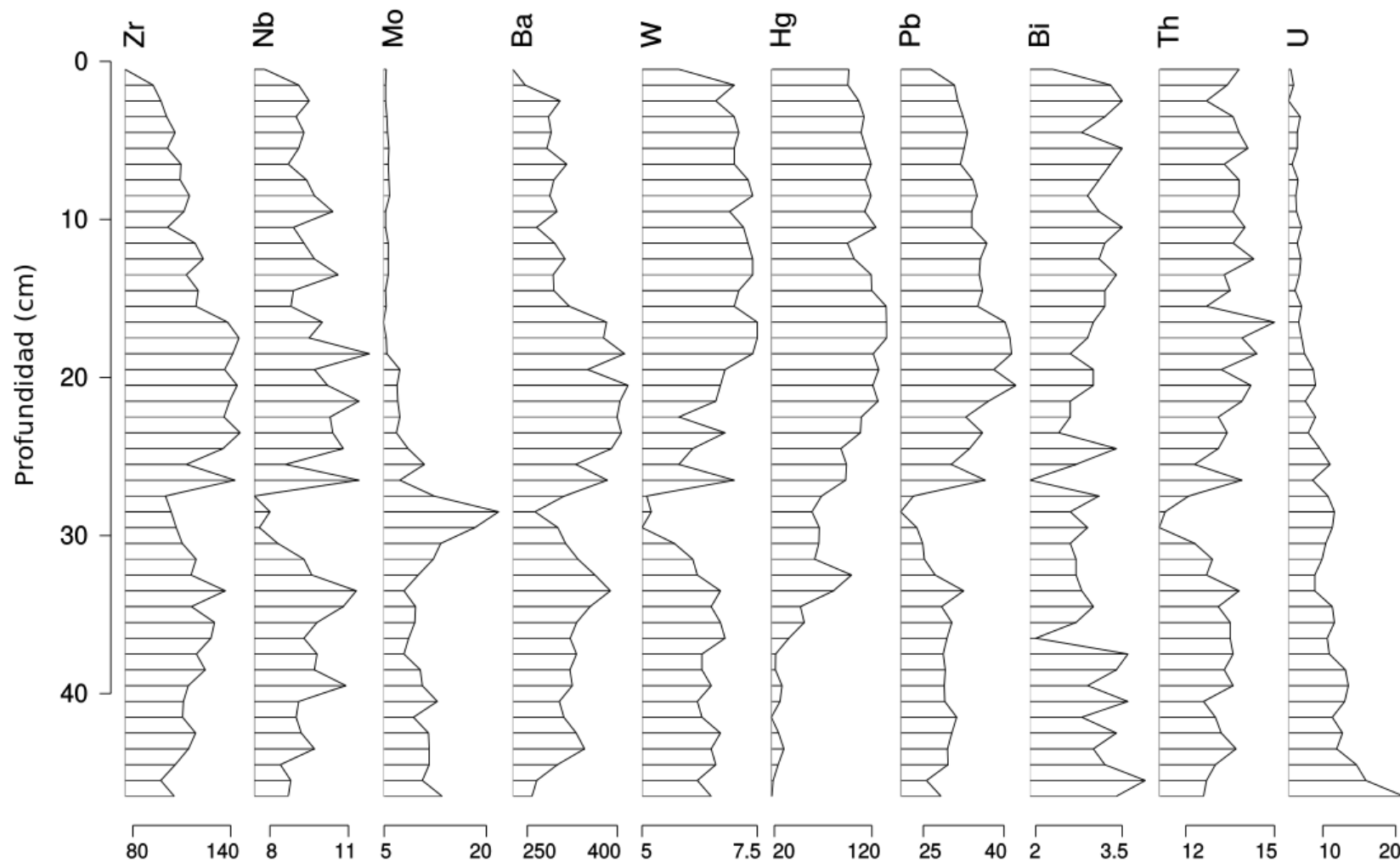


Figura 4. Distribución con respecto a profundidad de: Zr, Nb, Mo, Ba, W, Hg (ng g^{-1}), Pb, Bi, Th y U del núcleo EUI. *Todas las unidades se encuentran en ppm, exceptuando los elementos para los se especifica una unidad distinta.

Perfiles de distribución con respecto a la profundidad del núcleo EU11

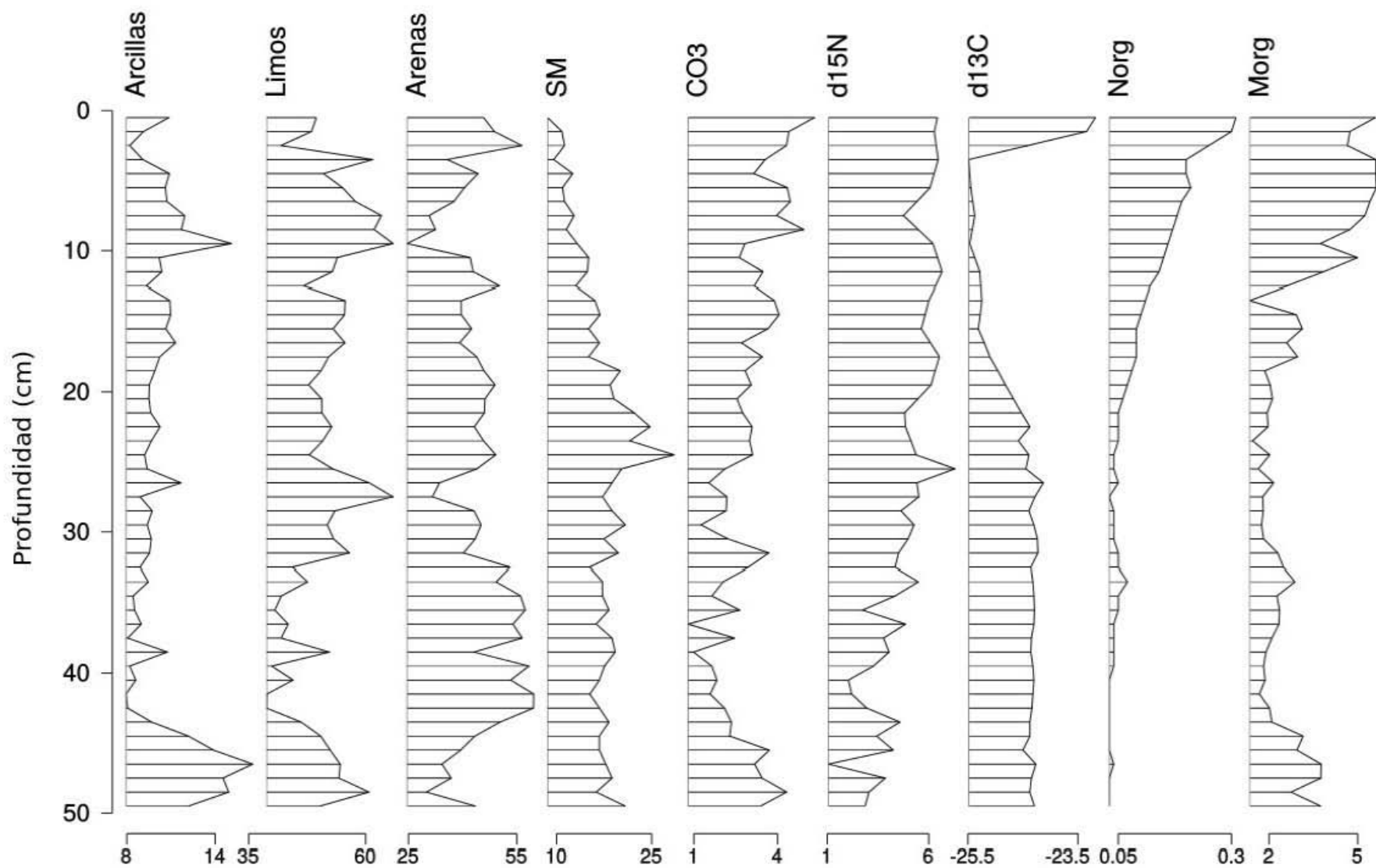


Figura 5. Distribución con respecto a profundidad de: tamaño de grano (%), susceptibilidad magnética (S.I.), contenido de carbonatos (%), $\delta^{13}\text{C}$ (%), $\delta^{15}\text{N}$ (%), Norg (%) y contenido de materia orgánica (%) del núcleo EU11.

Perfiles de distribución con respecto a la profundidad del núcleo EU11

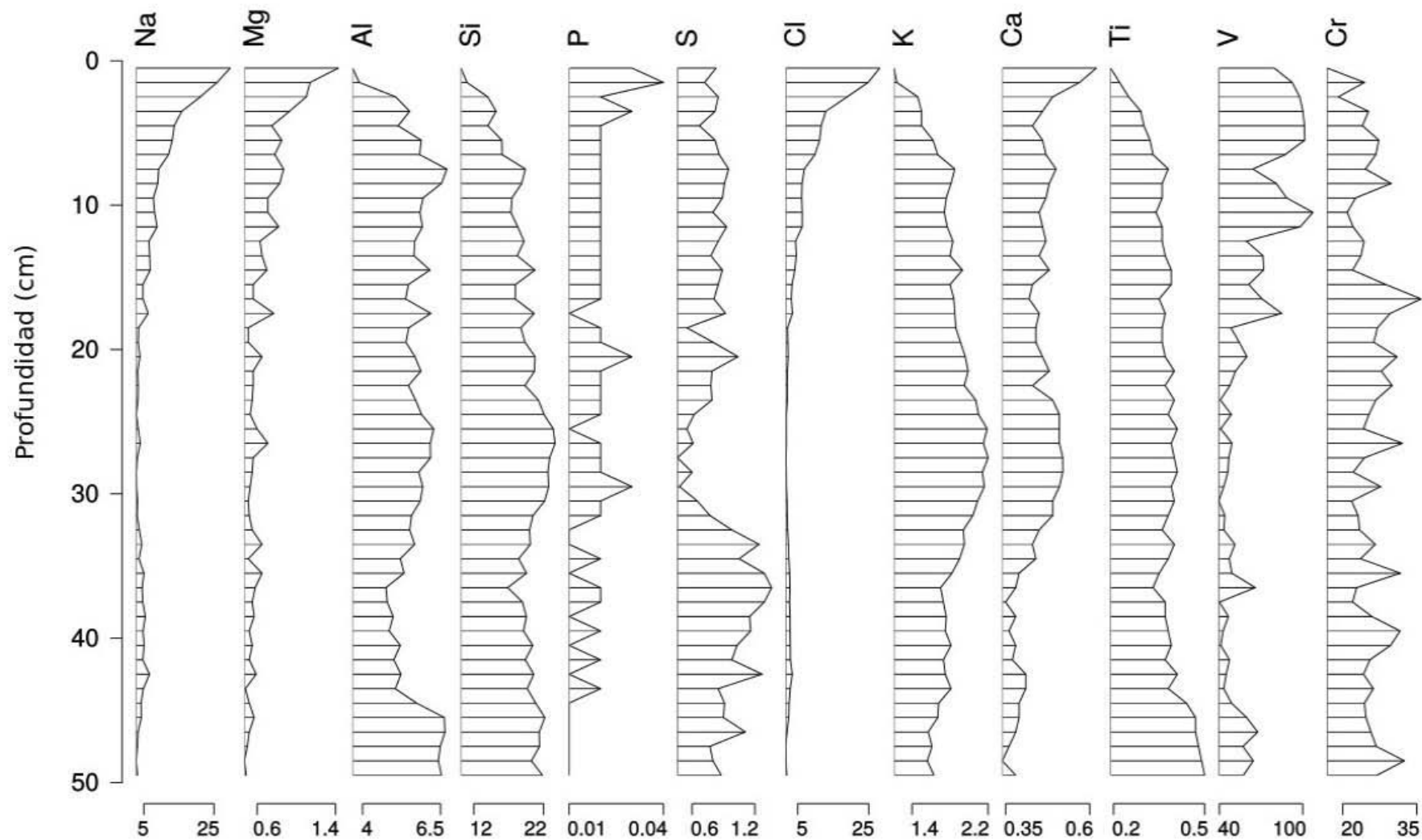


Figura 6. Distribución con respecto a profundidad de: Na (%), Mg (%), Al (%), Si (%), P (%), S (%), Cl (%), K (%), Ca (%), Ti (%), V y Cr del núcleo EU11.
*Todas las unidades se encuentran en ppm, exceptuando los elementos para los se especifica una unidad distinta.

Perfiles de distribución con respecto a la profundidad del núcleo EU11

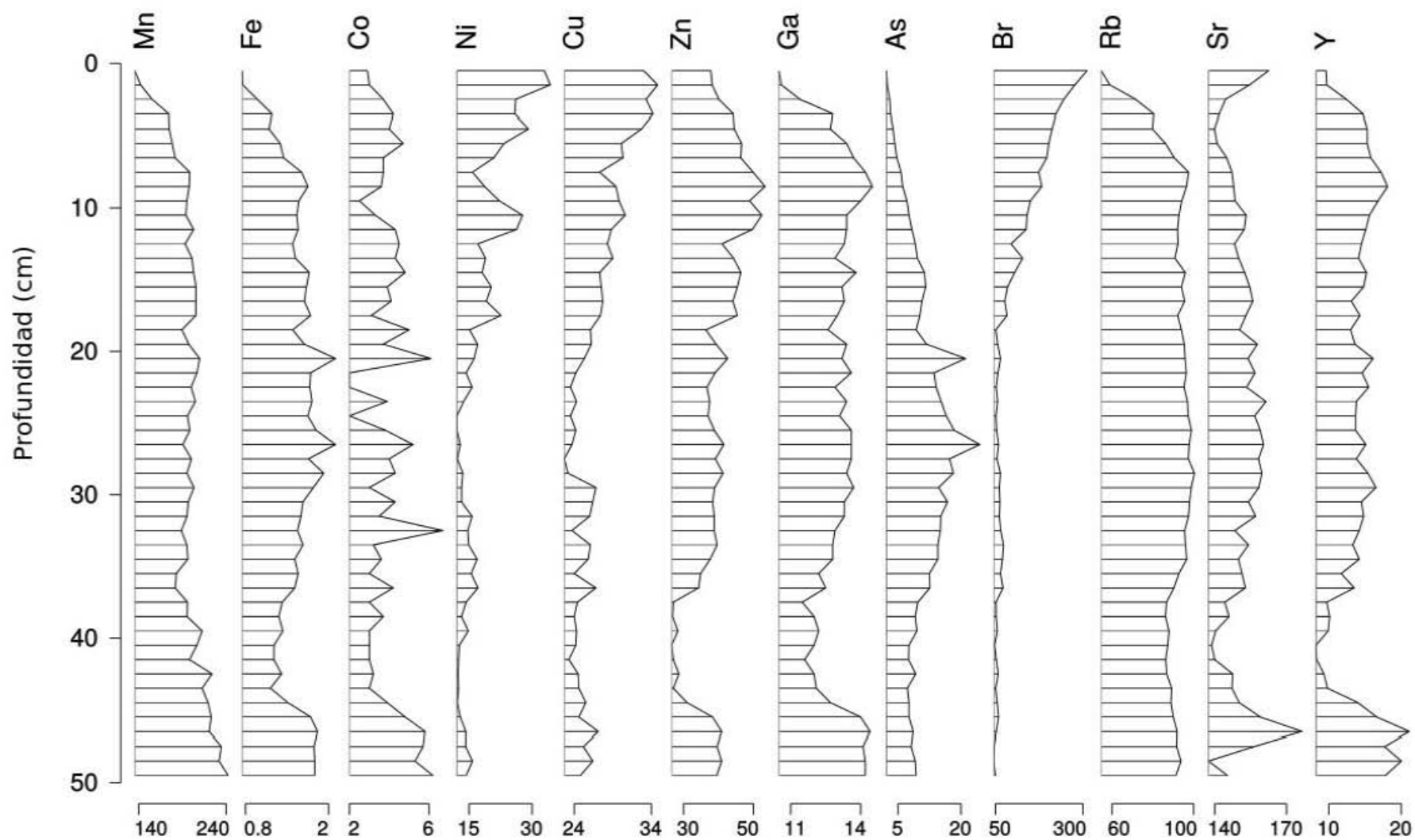


Figura 7. Distribución con respecto a profundidad de: Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Br, Rb, Sr e Y del núcleo EU11. *Todas las unidades se encuentran en ppm, exceptuando los elementos para los se especifica una unidad distinta.

Perfiles de distribución con respecto a la profundidad del núcleo EU11

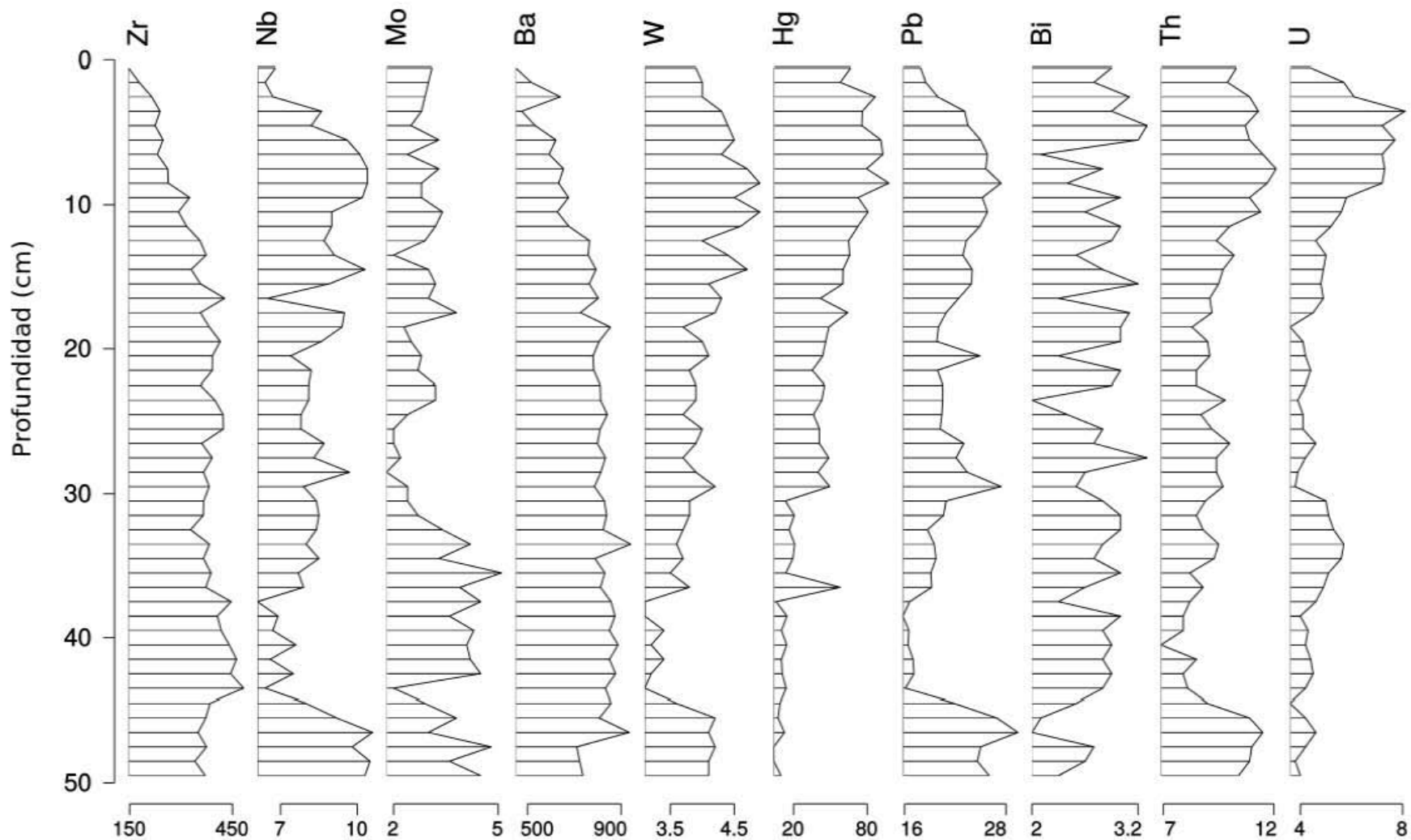


Figura 8. Distribución con respecto a profundidad de: Zr, Nb, Mo, Ba, W, Hg (ng g^{-1}), Pb, Bi, Th y U del núcleo EU11. *Todas las unidades se encuentran en ppm, exceptuando los elementos para los se especifica una unidad distinta.

Perfiles de distribución con respecto a la profundidad del núcleo EUIII

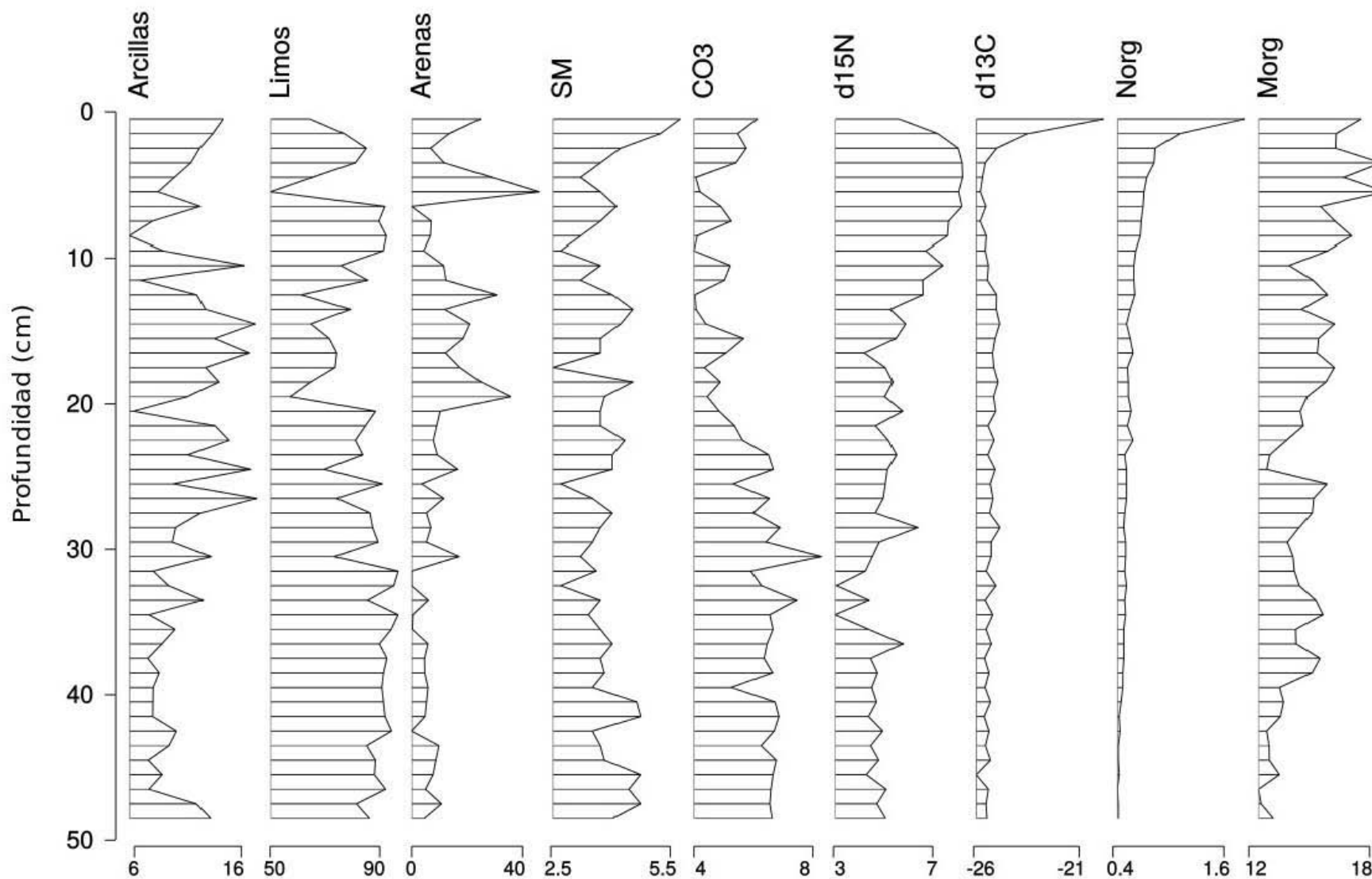


Figura 9. Distribución con respecto a profundidad de: tamaño de grano (%), susceptibilidad magnética (S.I.), contenido de carbonatos (%), $\delta^{13}\text{C}$ (‰), $\delta^{15}\text{N}$ (‰), Norg (%) y contenido de materia orgánica (%) del núcleo EUIII.

Perfiles de distribución con respecto a la profundidad del núcleo EUIII

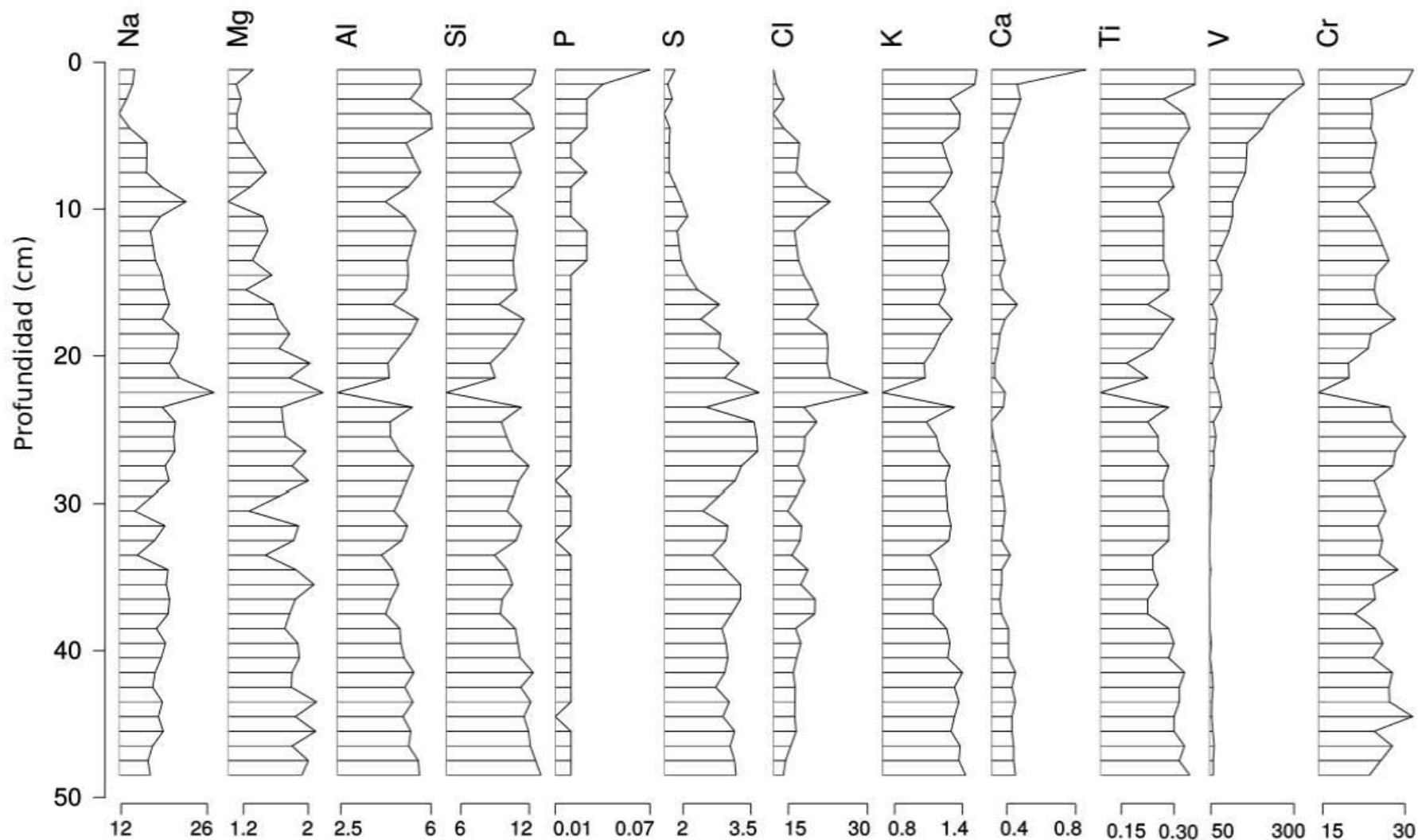


Figura 10. Distribución con respecto a profundidad de: Na (%), Mg (%), Al, (%), Si (%), P (%), S (%), Cl (%), K (%), Ca (%), Ti (%), V y Cr del núcleo EUIII. *Todas las unidades se encuentran en ppm, exceptuando los elementos para los se especifica una unidad distinta.

Perfiles de distribución con respecto a la profundidad del núcleo EUIII

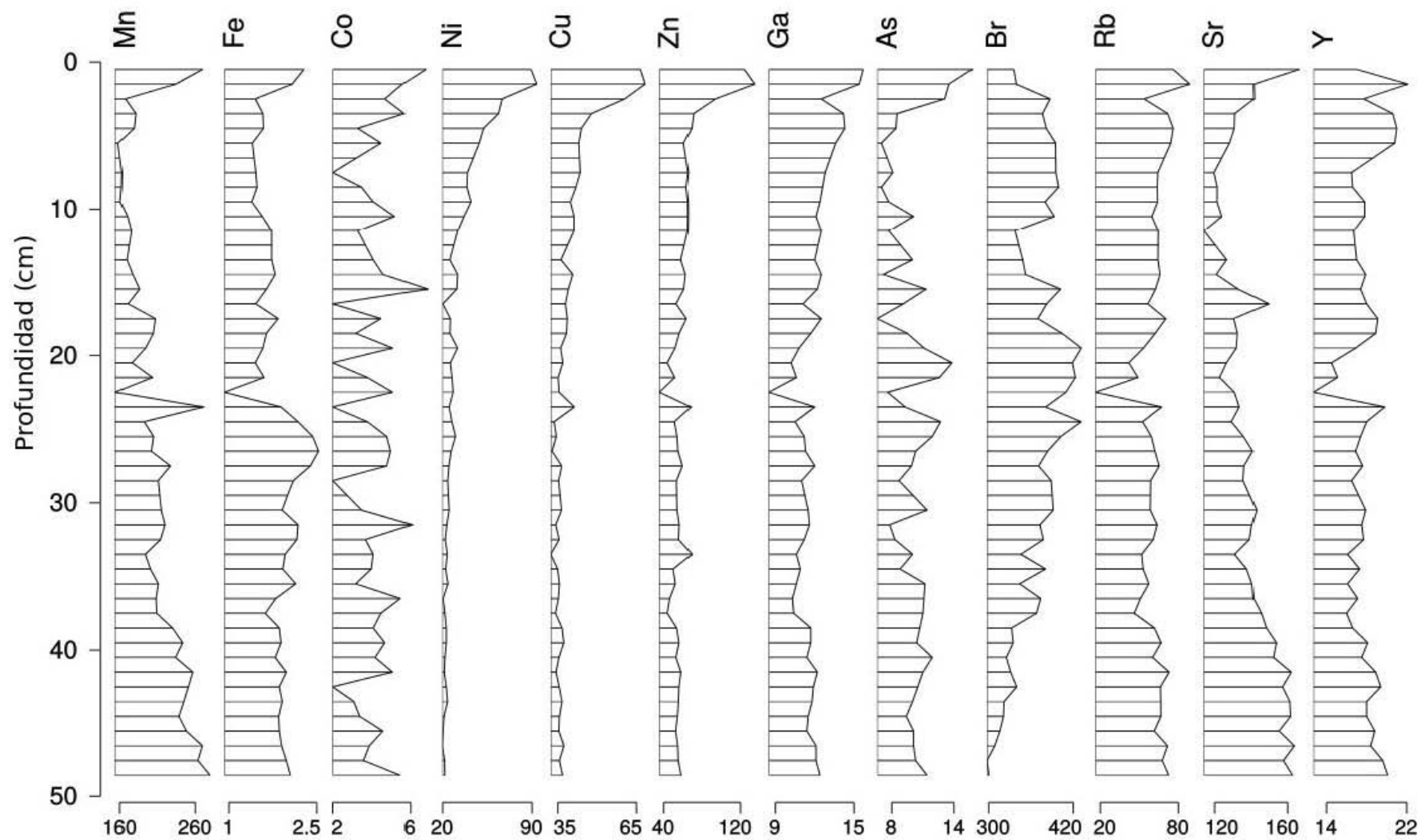


Figura 11. Distribución con respecto a profundidad de: Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Br, Rb, Sr e Y del núcleo EUIII. *Todas las unidades se encuentran en ppm, exceptuando los elementos para los se especifica una unidad distinta.

Perfiles de distribución con respecto a la profundidad del núcleo EUIII

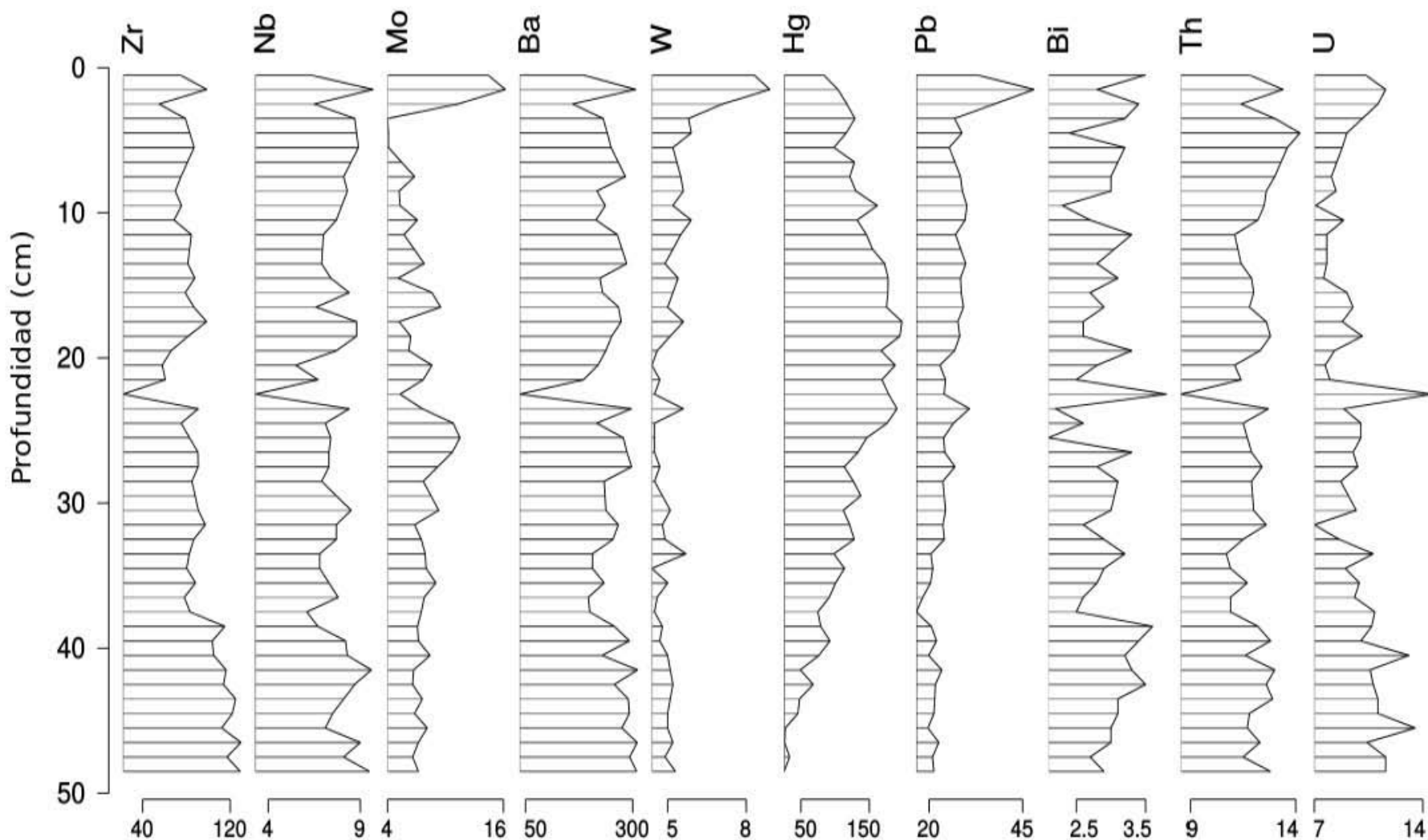


Figura 12. Distribución con respecto a profundidad de: Zr, Nb, Mo, Ba, W, Hg (ng g^{-1}), Pb, Bi, Th y U del núcleo EUIII. *Todas las unidades se encuentran en ppm, exceptuando los elementos para los se especifica una unidad distinta.

Anexo 3 Análisis Estadísticos

Tabla 1. Matriz de correlaciones de Pearson del núcleo EUI

	Arcillas	Limos	Arenas	SM	CO3	δ15N	δ13C	N	C.N	MO
Arcillas	1.00									
Limos	-0.47	1.00								
Arenas	-0.69	-0.31	1.00							
SM	-0.12	0.15	0.00	1.00						
CO3	0.30	-0.23	-0.14	-0.16	1.00					
δ15N	-0.51	0.13	0.45	-0.43	-0.28	1.00				
δ13C	-0.40	0.45	0.07	-0.18	-0.41	0.23	1.00			
N	-0.48	0.20	0.35	-0.64	-0.22	0.87	0.41	1.00		
C.N	0.80	-0.46	-0.48	0.08	0.46	-0.66	-0.71	-0.65	1.00	
MO	0.72	-0.46	-0.40	-0.52	0.48	-0.23	-0.51	-0.11	0.73	1.00
Na	-0.11	0.15	-0.01	-0.72	-0.28	0.51	0.57	0.75	-0.45	0.11
Mg	0.64	-0.31	-0.43	0.04	0.63	-0.71	-0.48	-0.60	0.76	0.60
Al	-0.26	0.03	0.25	0.58	-0.34	0.13	-0.19	-0.20	-0.15	-0.50
Si	-0.42	0.21	0.28	0.62	-0.32	0.15	0.00	-0.16	-0.33	-0.68
P	-0.52	0.31	0.30	0.38	-0.30	0.46	0.08	0.21	-0.50	-0.65
S	0.54	-0.17	-0.44	0.05	0.59	-0.74	-0.27	-0.56	0.63	0.49
Cl	-0.11	0.07	0.06	-0.72	-0.35	0.55	0.52	0.76	-0.44	0.11
K	-0.16	0.04	0.14	0.69	-0.27	-0.05	-0.25	-0.37	-0.01	-0.46
Ca	-0.16	-0.15	0.29	0.04	-0.40	0.51	-0.21	0.23	-0.16	-0.15
Ti	-0.17	0.02	0.17	0.69	-0.23	-0.04	-0.27	-0.38	-0.02	-0.46
V	-0.74	0.18	0.65	-0.21	-0.18	0.82	0.08	0.73	-0.64	-0.36
Cr	0.41	-0.24	-0.24	0.24	0.39	-0.65	-0.24	-0.62	0.52	0.23
Mn	0.34	-0.36	-0.07	0.20	-0.13	0.07	-0.62	-0.23	0.37	0.19
Fe	0.39	-0.04	-0.39	0.28	0.57	-0.73	-0.27	-0.63	0.52	0.25
Co	-0.07	-0.08	0.14	0.04	0.15	0.05	-0.02	-0.05	0.03	-0.02
Ni	-0.75	0.29	0.57	-0.32	-0.20	0.88	0.30	0.84	-0.76	-0.39
Cu	-0.60	0.18	0.50	-0.31	-0.36	0.90	0.21	0.80	-0.66	-0.29
Zn	-0.59	0.23	0.44	0.26	-0.27	0.60	-0.04	0.32	-0.52	-0.55
Ga	-0.38	0.04	0.38	0.57	-0.36	0.22	-0.21	-0.12	-0.22	-0.53
As	0.58	-0.12	-0.53	0.25	0.50	-0.83	-0.27	-0.75	0.68	0.36
Br	-0.12	0.14	0.01	-0.80	-0.19	0.57	0.52	0.82	-0.44	0.16
Rb	-0.12	0.04	0.10	0.84	-0.10	-0.31	-0.33	-0.61	0.11	-0.45
Sr	0.65	-0.47	-0.31	0.00	0.13	-0.29	-0.67	-0.40	0.70	0.58
Y	0.22	-0.23	-0.05	0.58	0.08	-0.40	-0.68	-0.68	0.49	0.03
Zr	-0.08	0.04	0.05	0.83	0.00	-0.39	-0.37	-0.66	0.17	-0.39
Nb	-0.10	0.02	0.10	0.61	-0.33	-0.06	-0.10	-0.37	-0.07	-0.49
Mo	0.69	-0.17	-0.60	-0.16	0.55	-0.63	-0.30	-0.42	0.70	0.66
Ba	-0.04	0.03	0.02	0.85	-0.05	-0.50	-0.23	-0.75	0.18	-0.42
W	-0.45	0.09	0.42	0.14	-0.44	0.64	-0.02	0.38	-0.46	-0.45
Hg	-0.90	0.41	0.63	0.30	-0.31	0.40	0.36	0.32	-0.73	-0.79
Pb	-0.62	0.23	0.48	0.49	-0.39	0.30	-0.06	0.05	-0.41	-0.63
Bi	-0.05	-0.16	0.19	-0.56	0.05	0.35	-0.19	0.38	0.04	0.37
Th	-0.39	0.06	0.38	0.29	-0.50	0.41	0.11	0.17	-0.46	-0.57
U	0.80	-0.46	-0.49	-0.17	0.38	-0.58	-0.49	-0.47	0.85	0.82

Se muestran marcadas en rojo las correlaciones significativas para un $\alpha = 0.05/0.1936$. p-valores corregidos por el método de Bonferroni.

Tabla 2. Matriz de correlaciones de Pearson del núcleo EUI (cont.)

	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu
Na	1.00																
Mg	-0.39	1.00															
Al	-0.50	-0.40	1.00														
Si	-0.50	-0.44	0.94	1.00													
P	-0.28	-0.48	0.69	0.80	1.00												
S	-0.28	0.93	-0.55	-0.50	-0.53	1.00											
Cl	0.97	-0.47	-0.42	-0.47	-0.26	-0.40	1.00										
K	-0.64	-0.28	0.95	0.91	0.64	-0.40	-0.58	1.00									
Ca	0.00	-0.63	0.68	0.50	0.41	-0.82	0.15	0.58	1.00								
Ti	-0.68	-0.27	0.92	0.89	0.62	-0.38	-0.62	0.97	0.56	1.00							
V	0.21	-0.61	0.21	0.26	0.56	-0.62	0.25	0.07	0.39	0.08	1.00						
Cr	-0.47	0.68	-0.13	-0.09	-0.23	0.71	-0.53	-0.01	-0.56	-0.05	-0.45	1.00					
Mn	-0.38	-0.07	0.65	0.42	0.28	-0.31	-0.26	0.65	0.74	0.63	0.01	-0.10	1.00				
Fe	-0.48	0.87	-0.33	-0.22	-0.26	0.94	-0.62	-0.17	-0.80	-0.15	-0.53	0.77	-0.28	1.00			
Co	-0.08	-0.09	0.12	0.14	0.15	0.00	-0.14	0.15	0.09	0.14	0.09	0.04	0.09	0.01	1.00		
Ni	0.37	-0.65	0.08	0.18	0.53	-0.61	0.38	-0.06	0.27	-0.04	0.95	-0.51	-0.15	-0.54	0.06	1.00	
Cu	0.41	-0.77	0.27	0.25	0.51	-0.81	0.48	0.10	0.60	0.12	0.87	-0.65	0.18	-0.79	0.09	0.89	1.00
Zn	-0.23	-0.54	0.67	0.73	0.88	-0.61	-0.19	0.60	0.52	0.62	0.75	-0.33	0.38	-0.38	0.14	0.69	0.72
Ga	-0.51	-0.45	0.89	0.84	0.71	-0.58	-0.42	0.89	0.68	0.90	0.39	-0.19	0.59	-0.37	0.15	0.25	0.41
As	-0.46	0.85	-0.30	-0.24	-0.40	0.89	-0.57	-0.13	-0.67	-0.13	-0.73	0.76	-0.15	0.91	0.05	-0.75	-0.91
Br	0.93	-0.32	-0.54	-0.51	-0.19	-0.24	0.92	-0.66	-0.04	-0.69	0.30	-0.45	-0.36	-0.43	-0.10	0.48	0.48
Rb	-0.84	0.00	0.76	0.76	0.50	-0.07	-0.81	0.87	0.27	0.90	-0.05	0.21	0.46	0.17	0.14	-0.20	-0.13
Sr	-0.24	0.34	0.12	-0.11	-0.28	0.15	-0.17	0.21	0.39	0.21	-0.37	0.03	0.72	0.02	0.07	-0.52	-0.23
Y	-0.79	0.24	0.59	0.47	0.19	0.09	-0.73	0.71	0.35	0.73	-0.18	0.26	0.69	0.21	0.16	-0.39	-0.23
Zr	-0.84	0.07	0.70	0.70	0.44	0.01	-0.82	0.82	0.22	0.84	-0.12	0.25	0.42	0.24	0.18	-0.28	-0.22
Nb	-0.46	-0.21	0.66	0.66	0.39	-0.27	-0.44	0.69	0.41	0.75	-0.02	-0.08	0.40	-0.12	0.04	-0.12	0.03
Mo	-0.10	0.88	-0.58	-0.58	-0.58	0.91	-0.21	-0.45	-0.68	-0.47	-0.64	0.58	-0.16	0.80	-0.02	-0.61	-0.73
Ba	-0.77	0.08	0.61	0.64	0.26	0.08	-0.76	0.72	0.09	0.72	-0.27	0.38	0.28	0.29	0.13	-0.41	-0.36
W	-0.06	-0.67	0.71	0.65	0.75	-0.81	0.05	0.60	0.80	0.61	0.67	-0.52	0.55	-0.68	0.09	0.59	0.79
Hg	-0.09	-0.58	0.40	0.58	0.67	-0.48	-0.09	0.33	0.13	0.33	0.71	-0.17	-0.24	-0.25	0.09	0.68	0.50
Pb	-0.37	-0.58	0.80	0.80	0.70	-0.63	-0.29	0.78	0.61	0.79	0.54	-0.33	0.39	-0.42	0.17	0.41	0.51
Bi	0.27	-0.10	-0.10	-0.21	-0.17	-0.21	0.32	-0.20	0.27	-0.19	0.28	-0.26	0.13	-0.35	-0.01	0.27	0.37
Th	-0.08	-0.67	0.66	0.62	0.54	-0.76	0.03	0.62	0.72	0.61	0.41	-0.48	0.44	-0.63	0.05	0.36	0.56
U	-0.14	0.68	-0.29	-0.48	-0.65	0.58	-0.13	-0.19	-0.15	-0.18	-0.68	0.29	0.31	0.36	-0.02	-0.72	-0.56

Se muestran marcadas en rojo las correlaciones significativas para un $\alpha = 0.05/0.1936$
p-values corregidos por el método de Bonferroni.

Tabla 3. Matriz de correlaciones de Pearson del núcleo EUI (cont.)

	Zn	Ga	As	Br	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Ba	W	Hg	Pb	Bi	Th	U
Zn	1.00																
Ga	0.78	1.00															
As	-0.57	-0.40	1.00														
Br	-0.12	-0.51	-0.46	1.00													
Rb	0.49	0.81	0.14	-0.85	1.00												
Sr	-0.19	0.12	0.22	-0.24	0.18	1.00											
Y	0.27	0.62	0.26	-0.79	0.81	0.63	1.00										
Zr	0.40	0.73	0.24	-0.87	0.96	0.25	0.83	1.00									
Nb	0.43	0.69	-0.07	-0.51	0.75	0.23	0.61	0.69	1.00								
Mo	-0.65	-0.68	0.82	-0.05	-0.27	0.30	0.00	-0.18	-0.40	1.00							
Ba	0.21	0.60	0.33	-0.84	0.90	0.14	0.74	0.90	0.69	-0.13	1.00						
W	0.87	0.80	-0.74	-0.01	0.39	0.03	0.26	0.30	0.46	-0.78	0.10	1.00					
Hg	0.67	0.49	-0.43	-0.07	0.30	-0.66	-0.09	0.24	0.21	-0.66	0.22	0.48	1.00				
Pb	0.81	0.91	-0.51	-0.36	0.70	-0.06	0.48	0.63	0.58	-0.75	0.50	0.79	0.67	1.00			
Bi	0.03	-0.07	-0.32	0.34	-0.32	0.16	-0.09	-0.36	-0.20	-0.07	-0.36	0.13	-0.14	-0.04	1.00		
Th	0.64	0.78	-0.62	-0.12	0.46	0.05	0.29	0.38	0.57	-0.78	0.29	0.79	0.40	0.74	-0.06	1.00	
U	-0.62	-0.37	0.55	-0.13	-0.14	0.74	0.29	-0.07	-0.17	0.71	-0.08	-0.47	-0.84	-0.52	0.16	-0.45	1.00

Se muestran marcadas en rojo las correlaciones significativas para un $\alpha = 0.05/0.1936$ p-values corregidos por el método de Bonferroni.

Tabla 4. Matriz de correlaciones de Pearson del núcleo EU11

	Arcillas	Limos	Arenas	SM	CO3	δ15N	δ13C	N	C.N	MO
Arcillas	1.00									
Limos	0.60	1.00								
Arenas	-0.75	-0.98	1.00							
SM	-0.08	-0.17	0.16	1.00						
CO3	0.35	0.36	-0.38	-0.48	1.00					
δ15N	-0.16	0.34	-0.24	-0.28	0.31	1.00				
δ13C	-0.17	-0.42	0.39	0.28	-0.25	-0.40	1.00			
N	0.02	0.21	-0.18	-0.77	0.67	0.57	-0.23	1.00		
C.N	0.01	-0.20	0.16	0.25	-0.52	-0.52	-0.08	-0.62	1.00	
MO	0.31	0.32	-0.35	-0.73	0.65	0.29	-0.33	0.82	-0.30	1.00
Na	-0.08	0.01	0.01	-0.73	0.58	0.40	0.08	0.93	-0.61	0.73
Mg	-0.05	0.14	-0.10	-0.71	0.59	0.49	0.01	0.92	-0.62	0.72
Al	0.56	0.58	-0.62	0.24	0.12	-0.08	-0.42	-0.33	0.27	0.00
Si	0.12	0.11	-0.12	0.71	-0.48	-0.36	0.07	-0.86	0.48	-0.67
P	-0.30	0.12	-0.02	-0.27	0.20	0.49	0.02	0.56	-0.61	0.24
S	-0.11	-0.51	0.44	-0.13	-0.20	-0.49	0.07	-0.14	0.48	-0.01
Cl	-0.07	0.01	0.01	-0.70	0.58	0.40	0.13	0.92	-0.64	0.71
K	-0.26	0.14	-0.04	0.65	-0.50	0.07	-0.07	-0.62	0.24	-0.69
Ca	-0.19	0.32	-0.22	-0.20	0.33	0.65	0.09	0.55	-0.68	0.23
Ti	0.44	0.14	-0.23	0.56	-0.28	-0.55	0.00	-0.80	0.57	-0.45
V	0.25	0.33	-0.34	-0.70	0.58	0.50	-0.50	0.81	-0.41	0.83
Cr	0.12	0.10	-0.11	0.28	-0.15	-0.24	-0.12	-0.35	0.13	-0.26
Mn	0.39	0.08	-0.17	0.51	-0.26	-0.52	-0.12	-0.76	0.56	-0.42
Fe	0.34	0.37	-0.40	0.57	-0.21	-0.08	-0.17	-0.60	0.22	-0.42
Co	0.39	0.19	-0.26	-0.11	0.12	-0.11	-0.09	-0.14	0.11	0.08
Ni	0.01	0.12	-0.11	-0.70	0.57	0.56	-0.20	0.90	-0.59	0.75
Cu	0.11	0.22	-0.21	-0.77	0.60	0.53	-0.30	0.91	-0.52	0.80
Zn	0.39	0.67	-0.65	-0.38	0.56	0.58	-0.65	0.50	-0.33	0.56
Ga	0.59	0.65	-0.69	0.21	0.12	0.01	-0.49	-0.28	0.23	0.03
As	-0.20	0.03	0.03	0.68	-0.53	-0.02	0.23	-0.64	0.13	-0.71
Br	0.01	0.21	-0.17	-0.79	0.65	0.51	-0.18	0.98	-0.57	0.83
Rb	0.10	0.26	-0.24	0.58	-0.38	-0.11	-0.35	-0.69	0.47	-0.52
Sr	0.26	0.19	-0.22	0.33	-0.02	0.10	0.30	-0.15	-0.30	-0.19
Y	0.71	0.64	-0.71	0.04	0.33	0.06	-0.38	-0.03	0.02	0.28
Zr	-0.19	-0.34	0.32	0.72	-0.69	-0.44	0.15	-0.90	0.53	-0.86
Nb	0.65	0.62	-0.68	-0.10	0.39	0.01	-0.49	0.02	0.08	0.30
Mo	-0.03	-0.47	0.39	-0.02	-0.10	-0.55	0.19	-0.19	0.47	0.03
Ba	-0.12	-0.34	0.31	0.70	-0.65	-0.53	0.26	-0.88	0.51	-0.83
W	0.46	0.63	-0.64	-0.38	0.57	0.51	-0.63	0.51	-0.31	0.59
Hg	-0.02	0.43	-0.34	-0.55	0.49	0.75	-0.60	0.77	-0.50	0.60
Pb	0.67	0.65	-0.71	-0.16	0.39	0.14	-0.49	0.16	-0.08	0.43
Bi	-0.32	-0.04	0.11	-0.24	-0.03	0.29	-0.10	0.21	-0.18	0.07
Th	0.60	0.61	-0.66	-0.51	0.61	0.28	-0.40	0.55	-0.20	0.75
U	-0.01	0.29	-0.24	-0.68	0.42	0.33	-0.53	0.68	-0.09	0.75

Se muestran marcadas en rojo las correlaciones significativas para un $\alpha = 0.05/0.1936$ p-valores corregidos por el método de Bonferroni.

Tabla 5. Matriz de correlaciones de Pearson del núcleo EU11 (cont.)

	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu
Na	1.00																
Mg	0.95	1.00															
Al	-0.53	-0.37	1.00														
Si	-0.87	-0.76	0.67	1.00													
P	0.53	0.50	-0.45	-0.52	1.00												
S	-0.04	-0.04	-0.26	-0.13	-0.33	1.00											
Cl	1.00	0.93	-0.54	-0.88	0.56	-0.08	1.00										
K	-0.73	-0.58	0.41	0.78	-0.14	-0.30	-0.72	1.00									
Ca	0.50	0.60	-0.12	-0.24	0.61	-0.57	0.52	0.16	1.00								
Ti	-0.82	-0.79	0.72	0.84	-0.66	0.02	-0.82	0.42	-0.53	1.00							
V	0.67	0.68	-0.02	-0.68	0.32	-0.06	0.65	-0.61	0.22	-0.52	1.00						
Cr	-0.41	-0.37	0.24	0.31	-0.17	0.04	-0.42	0.21	-0.37	0.33	-0.21	1.00					
Mn	-0.78	-0.77	0.64	0.75	-0.60	0.11	-0.79	0.33	-0.62	0.94	-0.43	0.41	1.00				
Fe	-0.75	-0.56	0.76	0.80	-0.31	-0.19	-0.74	0.69	-0.09	0.71	-0.34	0.41	0.63	1.00			
Co	-0.18	-0.16	0.40	0.22	-0.23	-0.04	-0.18	-0.06	-0.19	0.36	0.04	0.07	0.30	0.37	1.00		
Ni	0.85	0.82	-0.41	-0.87	0.53	-0.08	0.85	-0.66	0.40	-0.77	0.87	-0.32	-0.68	-0.56	-0.12	1.00	
Cu	0.83	0.78	-0.27	-0.83	0.52	-0.11	0.83	-0.68	0.37	-0.69	0.87	-0.33	-0.63	-0.56	-0.04	0.91	1.00
Zn	0.21	0.37	0.49	-0.17	0.21	-0.33	0.20	-0.01	0.41	-0.13	0.68	-0.04	-0.13	0.31	0.23	0.49	0.52
Ga	-0.53	-0.39	0.92	0.56	-0.29	-0.29	-0.53	0.42	-0.07	0.64	0.02	0.27	0.59	0.79	0.40	-0.32	-0.20
As	-0.66	-0.52	0.27	0.72	-0.11	-0.19	-0.64	0.86	0.13	0.40	-0.63	0.25	0.28	0.74	0.14	-0.60	-0.68
Br	0.94	0.93	-0.34	-0.85	0.55	-0.11	0.93	-0.64	0.54	-0.79	0.80	-0.40	-0.76	-0.63	-0.14	0.88	0.91
Rb	-0.89	-0.75	0.70	0.81	-0.38	-0.12	-0.89	0.84	-0.20	0.68	-0.45	0.36	0.63	0.85	0.17	-0.69	-0.64
Sr	-0.14	-0.03	0.20	0.29	0.06	-0.25	-0.10	0.31	0.40	0.15	-0.18	-0.11	0.02	0.44	0.08	-0.12	-0.16
Y	-0.25	-0.14	0.79	0.28	-0.14	-0.27	-0.24	0.11	0.00	0.45	0.26	0.13	0.37	0.65	0.49	-0.03	0.09
Zr	-0.83	-0.84	0.13	0.73	-0.43	0.18	-0.83	0.59	-0.52	0.62	-0.77	0.35	0.66	0.41	-0.07	-0.82	-0.84
Nb	-0.20	-0.09	0.77	0.24	-0.27	-0.19	-0.21	0.07	-0.01	0.43	0.27	0.03	0.35	0.50	0.43	-0.02	0.08
Mo	-0.07	-0.09	-0.11	-0.03	-0.43	0.73	-0.09	-0.34	-0.62	0.19	-0.09	0.16	0.26	-0.13	0.00	-0.08	-0.18
Ba	-0.81	-0.80	0.17	0.74	-0.53	0.26	-0.81	0.60	-0.45	0.63	-0.80	0.26	0.56	0.45	0.03	-0.85	-0.84
W	0.24	0.37	0.49	-0.20	0.24	-0.33	0.24	-0.12	0.32	-0.10	0.71	-0.06	-0.07	0.25	0.24	0.50	0.56
Hg	0.55	0.65	0.01	-0.53	0.50	-0.29	0.53	-0.16	0.56	-0.61	0.76	-0.20	-0.56	-0.18	-0.12	0.67	0.71
Pb	-0.06	0.04	0.73	0.15	0.03	-0.31	-0.06	-0.01	0.10	0.30	0.44	0.08	0.27	0.50	0.44	0.13	0.27
Bi	0.20	0.20	-0.25	-0.24	0.02	-0.12	0.19	0.00	0.16	-0.35	0.13	-0.15	-0.33	-0.31	-0.22	0.26	0.13
Th	0.38	0.45	0.45	-0.27	0.15	-0.23	0.38	-0.37	0.24	-0.06	0.68	-0.18	-0.11	0.08	0.31	0.46	0.60
U	0.51	0.53	0.02	-0.54	0.27	0.09	0.48	-0.34	0.20	-0.48	0.68	-0.14	-0.46	-0.33	-0.03	0.55	0.67

Se muestran marcadas en rojo las correlaciones significativas para un $\alpha = 0.05/0.1936$ p-values corregidos por el método de Bonferroni.

Tabla 6. Matriz de correlaciones de Pearson del núcleo EU11 (cont.)

	Zn	Ga	As	Br	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Ba	W	Hg	Pb	Bi	Th	U
Zn	1.00																
Ga	0.59	1.00															
As	-0.09	0.29	1.00														
Br	0.47	-0.30	-0.66	1.00													
Rb	0.18	0.74	0.68	-0.72	1.00												
Sr	0.16	0.25	0.45	-0.17	0.19	1.00											
Y	0.69	0.87	0.13	-0.04	0.46	0.28	1.00										
Zr	-0.59	0.08	0.53	-0.91	0.58	0.06	-0.25	1.00									
Nb	0.66	0.80	-0.03	0.01	0.42	0.10	0.82	-0.26	1.00								
Mo	-0.33	-0.21	-0.24	-0.18	-0.16	-0.30	-0.21	0.17	-0.12	1.00							
Ba	-0.55	0.10	0.59	-0.89	0.59	0.22	-0.15	0.87	-0.15	0.16	1.00						
W	0.94	0.58	-0.22	0.48	0.10	0.12	0.69	-0.59	0.65	-0.26	-0.60	1.00					
Hg	0.74	0.11	-0.33	0.74	-0.19	-0.07	0.21	-0.69	0.27	-0.43	-0.70	0.71	1.00				
Pb	0.77	0.79	-0.05	0.16	0.30	0.26	0.89	-0.35	0.76	-0.23	-0.30	0.81	0.39	1.00			
Bi	0.00	-0.28	-0.10	0.19	-0.16	-0.30	-0.29	-0.15	-0.12	-0.03	-0.16	-0.10	0.20	-0.35	1.00		
Th	0.77	0.49	-0.39	0.57	-0.12	0.09	0.69	-0.69	0.62	-0.17	-0.65	0.81	0.56	0.79	-0.24	1.00	
U	0.55	0.07	-0.47	0.71	-0.22	-0.36	0.18	-0.67	0.23	-0.06	-0.64	0.51	0.64	0.28	0.18	0.58	1.00

Se muestran marcadas en rojo las correlaciones significativas para un $\alpha = 0.05/0.1936$
p-valores corregidos por el método de Bonferroni.

Tabla 7. Matriz de correlaciones de Pearson del núcleo EUIII

	Arcillas	Limos	Arenas	SM	CO3	δ15N	δ13C	N	C.N	MO
Arcillas	1.00									
Limos	-0.55	1.00								
Arenas	0.28	-0.96	1.00							
SM	0.23	-0.20	0.14	1.00						
CO3	-0.03	0.41	-0.47	0.18	1.00					
δ15N	0.03	-0.32	0.36	0.04	-0.54	1.00				
δ13C	0.30	-0.30	0.24	0.50	0.01	0.02	1.00			
N	0.21	-0.35	0.33	0.41	-0.23	0.43	0.85	1.00		
C.N	-0.22	0.45	-0.43	-0.21	0.38	-0.69	-0.59	-0.79	1.00	
MO	0.06	-0.42	0.46	-0.11	-0.56	0.57	0.27	0.59	-0.60	1.00
Na	0.08	0.10	-0.13	-0.17	-0.11	-0.40	-0.19	-0.41	0.41	-0.32
Mg	-0.15	0.39	-0.40	0.07	0.46	-0.67	-0.20	-0.53	0.65	-0.67
Al	-0.09	-0.16	0.21	0.17	-0.16	0.38	0.12	0.26	-0.34	0.23
Si	-0.15	0.00	0.04	0.24	0.12	0.09	0.14	0.15	-0.13	-0.02
P	0.18	-0.33	0.31	0.51	-0.19	0.32	0.79	0.90	-0.66	0.45
S	0.00	0.34	-0.38	-0.05	0.53	-0.74	-0.20	-0.55	0.68	-0.64
Cl	0.12	-0.04	0.01	-0.22	-0.26	-0.19	-0.21	-0.31	0.25	-0.13
K	-0.13	-0.01	0.05	0.28	0.11	0.13	0.30	0.32	-0.25	0.06
Ca	0.12	-0.15	0.12	0.57	0.19	0.01	0.77	0.74	-0.35	0.15
Ti	-0.12	-0.08	0.13	0.21	0.04	0.23	0.20	0.29	-0.27	0.14
V	0.14	-0.31	0.30	0.34	-0.32	0.71	0.54	0.86	-0.80	0.63
Cr	0.02	-0.04	0.03	0.11	0.23	-0.17	0.35	0.20	-0.15	-0.02
Mn	-0.14	0.27	-0.26	0.36	0.62	-0.51	0.22	-0.07	0.31	-0.55
Fe	0.09	0.16	-0.22	0.04	0.50	-0.47	0.26	-0.02	0.08	-0.24
Co	0.23	-0.20	0.15	0.27	-0.02	0.00	0.34	0.35	-0.23	0.25
Ni	0.19	-0.34	0.33	0.33	-0.31	0.64	0.61	0.89	-0.83	0.65
Cu	0.17	-0.28	0.26	0.43	-0.24	0.57	0.65	0.87	-0.77	0.53
Zn	0.21	-0.25	0.21	0.42	-0.12	0.42	0.68	0.82	-0.74	0.44
Ga	0.05	-0.32	0.34	0.26	-0.31	0.58	0.44	0.68	-0.67	0.54
As	0.15	-0.01	-0.04	0.47	0.38	-0.20	0.50	0.33	-0.08	-0.20
Br	0.22	-0.26	0.23	-0.37	-0.32	0.25	-0.07	0.06	-0.25	0.34
Rb	-0.06	-0.16	0.20	0.16	-0.13	0.29	0.20	0.30	-0.34	0.22
Sr	-0.13	0.25	-0.25	0.39	0.61	-0.49	0.22	-0.01	0.37	-0.47
Y	0.06	-0.24	0.25	0.12	-0.06	0.28	-0.03	0.12	-0.20	0.13
Zr	-0.25	0.23	-0.19	0.11	0.40	-0.33	-0.16	-0.32	0.39	-0.43
Nb	-0.13	-0.06	0.11	-0.04	-0.01	0.21	-0.17	-0.07	-0.12	0.02
Mo	0.29	0.01	-0.12	0.39	0.35	-0.20	0.60	0.44	-0.22	-0.05
Ba	-0.18	0.08	-0.04	-0.01	0.03	-0.10	-0.19	-0.24	0.16	-0.21
W	0.21	-0.25	0.21	0.43	-0.12	0.46	0.63	0.80	-0.73	0.41
Hg	0.39	-0.36	0.29	-0.31	-0.54	0.18	0.05	0.08	-0.32	0.33
Pb	0.38	-0.40	0.32	0.23	-0.45	0.55	0.44	0.62	-0.73	0.45
Bi	0.00	-0.04	0.04	0.30	0.18	0.01	0.20	0.18	-0.07	0.02
Th	-0.11	-0.17	0.23	-0.06	-0.24	0.41	-0.08	0.14	-0.29	0.24
U	0.07	0.14	-0.19	0.46	0.51	-0.24	0.05	-0.03	0.27	-0.33

Se muestran marcadas en rojo las correlaciones significativas para un $\alpha = 0.05/0.1936$ p-valores corregidos por el método de Bonferroni.

Tabla 8. Matriz de correlaciones de Pearson del núcleo EUIII (cont.)

	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu
Na	1.00																
Mg	0.55	1.00															
Al	-0.70	-0.34	1.00														
Si	-0.62	-0.10	0.92	1.00													
P	-0.45	-0.45	0.33	0.25	1.00												
S	0.63	0.87	-0.53	-0.26	-0.50	1.00											
Cl	0.90	0.31	-0.77	-0.82	-0.40	0.40	1.00										
K	-0.73	-0.26	0.89	0.95	0.40	-0.40	-0.88	1.00									
Ca	-0.46	-0.16	0.31	0.39	0.76	-0.26	-0.50	0.53	1.00								
Ti	-0.71	-0.34	0.87	0.92	0.33	-0.46	-0.84	0.94	0.47	1.00							
V	-0.58	-0.68	0.43	0.25	0.75	-0.72	-0.42	0.40	0.54	0.42	1.00						
Cr	-0.40	-0.11	0.49	0.63	0.25	-0.07	-0.63	0.67	0.35	0.61	0.14	1.00					
Mn	-0.14	0.46	0.28	0.58	0.06	0.40	-0.42	0.56	0.43	0.49	-0.18	0.46	1.00				
Fe	-0.14	0.30	0.26	0.49	0.06	0.41	-0.46	0.44	0.15	0.37	-0.17	0.71	0.60	1.00			
Co	-0.05	-0.18	0.02	0.09	0.35	-0.04	-0.10	0.10	0.32	0.17	0.29	0.09	0.09	0.17	1.00		
Ni	-0.52	-0.67	0.36	0.20	0.77	-0.67	-0.38	0.36	0.54	0.38	0.98	0.15	-0.17	-0.11	0.35	1.00	
Cu	-0.55	-0.60	0.42	0.28	0.78	-0.67	-0.43	0.46	0.62	0.43	0.96	0.21	-0.03	-0.10	0.28	0.95	1.00
Zn	-0.60	-0.59	0.48	0.41	0.77	-0.61	-0.55	0.59	0.63	0.55	0.87	0.42	0.12	0.16	0.32	0.89	0.93
Ga	-0.72	-0.67	0.78	0.67	0.66	-0.77	-0.70	0.77	0.54	0.82	0.80	0.44	0.10	0.08	0.25	0.77	0.77
As	-0.13	0.09	-0.04	0.08	0.41	0.24	-0.17	0.16	0.41	0.02	0.18	0.18	0.40	0.33	0.24	0.25	0.30
Br	0.34	-0.22	-0.36	-0.58	-0.14	-0.03	0.59	-0.59	-0.44	-0.55	0.05	-0.37	-0.65	-0.32	-0.09	0.09	-0.05
Rb	-0.64	-0.42	0.86	0.87	0.33	-0.51	-0.77	0.90	0.35	0.95	0.43	0.65	0.37	0.36	0.12	0.41	0.44
Sr	-0.15	0.42	0.12	0.44	0.07	0.40	-0.38	0.46	0.58	0.39	-0.11	0.39	0.82	0.40	0.15	-0.12	0.00
Y	-0.56	-0.36	0.71	0.70	0.12	-0.38	-0.61	0.70	0.20	0.78	0.38	0.48	0.33	0.19	0.09	0.34	0.35
Zr	-0.29	0.26	0.48	0.73	-0.18	0.17	-0.58	0.67	0.18	0.67	-0.26	0.55	0.74	0.49	-0.06	-0.29	-0.19
Nb	-0.46	-0.30	0.69	0.71	-0.05	-0.32	-0.53	0.68	0.01	0.79	0.15	0.43	0.34	0.22	0.05	0.12	0.14
Mo	-0.12	0.00	-0.03	0.09	0.45	0.17	-0.24	0.22	0.38	0.06	0.31	0.45	0.30	0.53	0.22	0.38	0.44
Ba	-0.30	0.02	0.64	0.73	-0.11	-0.05	-0.53	0.69	-0.04	0.65	-0.13	0.61	0.46	0.48	-0.16	-0.16	-0.09
W	-0.62	-0.58	0.46	0.37	0.75	-0.65	-0.53	0.55	0.66	0.53	0.88	0.31	0.10	0.02	0.29	0.87	0.93
Hg	0.36	-0.28	-0.25	-0.51	-0.02	-0.16	0.56	-0.49	-0.40	-0.51	0.02	-0.27	-0.64	-0.29	-0.13	0.06	0.01
Pb	-0.31	-0.67	0.33	0.13	0.53	-0.64	-0.17	0.28	0.23	0.25	0.77	0.19	-0.26	-0.12	0.15	0.77	0.80
Bi	-0.15	0.10	-0.10	-0.06	0.18	-0.07	-0.13	0.01	0.38	0.01	0.12	-0.06	0.02	-0.14	0.09	0.12	0.15
Th	-0.46	-0.39	0.75	0.68	0.09	-0.45	-0.49	0.66	0.09	0.77	0.34	0.34	0.17	0.11	-0.05	0.31	0.29
U	0.02	0.38	-0.20	0.00	0.02	0.38	-0.08	-0.01	0.34	0.00	0.02	-0.04	0.44	0.03	0.19	0.00	0.04

Se muestran marcadas en rojo las correlaciones significativas para un $\alpha = 0.05/0.1936$
p-valores corregidos por el método de Bonferroni.

Tabla 9. Matriz de correlaciones de Pearson del núcleo EUIII (cont.)

	Zn	Ga	As	Br	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Ba	W	Hg	Pb	Bi	Th	U
Zn	1.00																
Ga	0.81	1.00															
As	0.33	0.01	1.00														
Br	-0.18	-0.26	-0.07	1.00													
Rb	0.59	0.85	-0.04	-0.47	1.00												
Sr	0.07	0.04	0.43	-0.65	0.23	1.00											
Y	0.43	0.68	-0.09	-0.32	0.82	0.25	1.00										
Zr	-0.01	0.22	0.01	-0.78	0.62	0.68	0.54	1.00									
Nb	0.26	0.56	-0.11	-0.26	0.80	0.19	0.82	0.60	1.00								
Mo	0.54	0.12	0.77	-0.04	0.08	0.31	-0.02	-0.01	-0.12	1.00							
Ba	0.10	0.36	-0.07	-0.47	0.75	0.29	0.59	0.78	0.68	0.04	1.00						
W	0.97	0.78	0.29	-0.21	0.53	0.09	0.42	-0.02	0.25	0.45	0.01	1.00					
Hg	-0.06	-0.16	-0.20	0.75	-0.33	-0.77	-0.28	-0.70	-0.29	-0.07	-0.32	-0.09	1.00				
Pb	0.79	0.62	0.10	0.21	0.39	-0.31	0.34	-0.30	0.18	0.39	0.03	0.77	0.40	1.00			
Bi	0.08	0.03	0.01	-0.25	-0.10	0.26	-0.21	0.02	-0.23	-0.04	-0.23	0.12	-0.28	-0.08	1.00		
Th	0.34	0.69	-0.16	-0.09	0.82	0.08	0.76	0.44	0.83	-0.15	0.63	0.31	-0.16	0.31	-0.18	1.00	
U	0.02	-0.14	0.31	-0.42	-0.16	0.62	0.07	0.23	-0.11	0.24	-0.18	0.12	-0.54	-0.21	0.35	-0.26	1.00

Se muestran marcadas en rojo las correlaciones significativas para un $\alpha = 0.05/0.1936$
p-values corregidos por el método de Bonferroni.

Tabla 10. Análisis de Redundancias del núcleo EUI

Importancia de componentes RDA de matriz constreñida						
	RDA1	RDA2	RDA3	RDA4	RDA5	RDA6
Eigenvalue	11.513	9.4252	2.333	0.9647	0.313	0.1815
Proportion Explained	0.462	0.3782	0.0936	0.0387	0.0126	0.0073
Cumulative Proportion	0.462	0.8403	0.9339	0.9726	0.9852	0.9924

Cargas de Variables Condicionantes						
	RDA1	RDA2	RDA3	RDA4	RDA5	RDA6
Arcillas	-0.71	0.2773	0.5179	-0.274	-0.249	0.0069
Limos	0.2355	-0.147	-0.515	-0.059	-0.189	-0.383
Arenas	0.5718	-0.178	-0.135	0.3445	0.4252	0.3089
SM	0.3529	0.8229	-0.261	-0.156	-0.03	-0.111
CO3	-0.533	0.1697	-0.148	0.6231	-0.42	0.2379
d15N	0.6412	-0.679	0.2039	0.1266	-0.198	0.121
d13C	0.0995	-0.524	-0.615	-0.553	0.0821	0.0934
N	0.3319	-0.921	0.0201	0.1187	-0.123	-0.075
MO	-0.747	-0.114	0.5645	0.28	-0.031	0.1

Importancia de componentes RDA de matriz de respuesta						
	RDA1	RDA2	RDA3	RDA4	RDA5	RDA6
Eigenvalue	11.513	9.4252	2.333	0.9647	0.313	0.1815
Proportion Explained	0.3386	0.2772	0.0686	0.0284	0.0092	0.0053
Cumulative Proportion	0.3386	0.6158	0.6845	0.7128	0.722	0.7274

Cargas de Variables de Respuesta						
	RDA1	RDA2	RDA3	RDA4	RDA5	RDA6
Na	-0.093	-0.951	0.029	-0.266	0.006	-0.041
Mg	-0.792	0.465	0.082	0.240	-0.073	-0.015
Al	0.702	0.479	0.118	-0.099	-0.008	0.024
Si	0.763	0.445	-0.151	-0.111	-0.063	0.020
P	0.835	0.090	-0.116	-0.022	-0.280	-0.049
S	-0.824	0.391	-0.151	0.160	-0.044	-0.027
Cl	-0.031	-0.946	0.132	-0.267	0.094	-0.053
K	0.592	0.636	0.083	-0.115	-0.020	-0.001
Ca	0.632	-0.042	0.547	-0.039	0.010	0.059
Ti	0.597	0.656	0.070	-0.067	-0.024	0.028
V	0.751	-0.512	-0.014	0.466	0.001	-0.026
Cr	-0.512	0.536	-0.129	0.032	0.068	0.062
Mn	0.249	0.391	0.780	-0.011	-0.122	-0.010
Fe	-0.607	0.561	-0.291	0.173	-0.133	-0.062
Co	0.072	0.067	-0.054	0.107	-0.066	0.387
Ni	0.695	-0.681	-0.128	0.329	-0.083	0.007
Cu	0.722	-0.651	0.154	0.172	-0.061	0.014
Zn	0.896	-0.001	0.024	0.197	-0.176	-0.035
Ga	0.800	0.428	0.110	0.030	0.073	-0.024
As	-0.733	0.612	-0.155	-0.005	-0.064	-0.008
Br	-0.104	-1.007	0.050	-0.144	-0.044	-0.051
Rb	0.447	0.876	-0.084	0.001	0.032	-0.041
Sr	-0.315	0.380	0.749	0.052	0.016	-0.055
Y	0.125	0.855	0.325	0.181	0.099	-0.032
Zr	0.347	0.900	-0.123	0.065	0.014	-0.045
Nb	0.528	0.579	0.036	-0.279	0.023	-0.005
Mo	-0.901	0.208	0.079	0.101	-0.145	-0.111
Ba	0.256	0.928	-0.224	-0.106	0.130	0.020
W	0.851	-0.115	0.245	0.009	-0.078	-0.038
Hg	0.782	-0.101	-0.565	0.176	0.181	-0.061
Pb	0.846	0.245	-0.090	0.142	0.160	-0.090
Bi	-0.034	-0.447	0.405	0.389	0.219	0.033
Th	0.772	0.056	0.085	-0.232	0.024	0.000
U	-0.836	0.256	0.456	0.056	0.082	-0.006

Las cargas consideradas como significativas ($-0.65 > \text{carga} > 0.65$) se muestran marcadas en rojo.

Tabla 11. Resultados del ACP para la ordenación de muestras (observaciones).
Contribuciones de las observaciones a los componentes principales del núcleo EUI

	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5	Comp.6
1	5.310	9.132	-0.295	4.440	1.073	-0.206
2	0.985	6.520	-0.442	1.283	-0.373	-0.373
3	0.710	5.999	-0.549	1.150	0.228	1.284
4	-0.677	5.380	-0.417	0.336	0.895	-0.106
5	-1.979	3.875	-0.866	0.468	-0.185	-1.019
6	-1.653	4.554	-0.499	-0.057	0.123	0.202
7	-1.529	3.371	-1.467	-0.732	-0.062	-0.039
8	-3.236	3.180	-0.710	-1.219	0.515	-1.042
9	-3.576	2.643	-0.951	-0.751	-0.785	-1.375
10	-2.751	2.799	-0.333	-0.073	-1.024	-0.181
11	-2.570	3.413	-0.708	-1.046	-0.778	0.195
12	-3.520	2.451	-0.210	-1.249	-1.223	-0.039
13	-3.255	2.326	-0.368	-1.620	1.744	0.434
14	-2.721	2.430	-0.343	-1.307	-1.082	0.607
15	-2.455	2.562	-0.223	-1.938	1.151	0.656
16	-2.444	1.332	-0.330	-1.715	-0.199	0.469
17	-5.759	-1.200	-0.134	-1.138	-0.481	0.457
18	-5.969	-2.045	-0.743	-0.789	-1.352	-0.384
19	-5.926	-2.771	-0.107	0.286	0.304	0.291
20	-3.045	-2.476	-0.891	-0.583	1.007	0.549
21	-4.419	-3.530	-0.420	0.364	0.899	1.015
22	-3.785	-4.273	-1.205	1.622	-0.763	0.434
23	0.075	-3.375	-2.059	1.822	0.611	1.480
24	-3.613	-4.235	-1.767	1.737	0.078	-0.230
25	0.762	-2.978	-1.070	0.437	0.792	2.319
26	3.124	-2.211	-2.262	-0.015	0.853	0.161
27	-2.528	-3.884	-1.695	1.535	-0.255	-0.953
28	8.452	-0.795	-2.712	-0.386	-0.925	1.413
29	10.713	-2.334	-4.053	-2.301	-1.412	-1.474
30	8.642	-1.496	-2.931	-2.112	2.434	-0.166
31	4.918	-1.685	-1.418	0.327	-0.960	-0.688
32	4.109	-1.401	-0.767	0.890	-0.777	-0.027
33	1.044	-2.545	-1.410	0.917	-1.061	-0.826
34	-2.524	-3.683	0.062	1.581	-0.788	-0.357
35	1.588	-2.223	1.295	-0.333	1.038	0.425
36	-1.080	-2.817	1.914	-0.012	2.182	-1.662
37	-0.161	-2.397	0.941	0.859	1.492	-2.327
38	1.320	-1.395	2.230	0.791	-1.203	1.251
39	1.823	-1.199	2.889	0.272	-1.407	0.473
40	1.038	-1.588	2.888	0.533	0.868	-0.198
41	2.245	-0.825	2.850	-0.584	0.362	0.120
42	1.880	-0.357	2.107	0.937	-1.445	-0.643
43	0.951	-1.470	2.673	-0.586	0.323	-0.019
44	0.262	-1.697	2.760	0.107	0.516	-0.613
45	2.178	-0.291	2.905	-0.359	0.080	-0.625
46	4.777	1.063	3.444	-0.535	-0.159	1.425
47	4.269	0.144	5.396	-1.255	-0.869	-0.086

Tabla 12. Análisis de Redundancias del núcleo EUII

Importancia de componentes RDA de matriz constreñida

	RDA1	RDA2	RDA3	RDA4	RDA5	RDA6
Eigenvalue	14.135	6.3018	2.7229	1.1243	0.2993	0.2427
Proportion Explained	0.565	0.2519	0.1088	0.0449	0.012	0.0097
Cumulative Proportion	0.565	0.8169	0.9257	0.9707	0.9826	0.9923

Importancia de componentes RDA de matriz de respuesta

	RDA1	RDA2	RDA3	RDA4	RDA5	RDA6
Eigenvalue	14.135	6.3018	2.7229	1.1243	0.2993	0.2427
Proportion Explained	0.4157	0.1853	0.0801	0.0331	0.0088	0.0071
Cumulative Proportion	0.4157	0.6011	0.6812	0.7142	0.723	0.7302

Cargas de Variables Condicionantes

	RDA1	RDA2	RDA3	RDA4	RDA5	RDA6
Arcillas	0.0500	0.7293	0.3178	-0.489	-0.02	-0.223
Limos	-0.1257	0.8239	-0.356	-0.108	-0.196	0.1401
Arenas	0.08982	-0.868	0.2075	0.2174	0.1665	-0.056
SM	0.78805	-0.103	-0.319	-0.159	-0.125	-0.273
CO3	-0.6073	0.4397	0.1091	-0.24	-0.113	0.0037
d15N	-0.5323	0.2437	-0.65	0.1356	0.4002	-0.045
d13C	0.14311	-0.663	-0.014	-0.688	-0.161	0.1755
N	-0.9912	0.0996	-0.038	0.0121	-0.019	-0.059
MO	-0.8091	0.4039	0.3208	-0.012	-0.106	0.1235

Cargas de Variables de Respuesta

	RDA1	RDA2	RDA3	RDA4	RDA5	RDA6
Na	-1.045	-0.168	0.048	-0.172	-0.039	0.044
Mg	-1.023	-0.052	-0.071	-0.160	0.000	0.087
Al	0.448	0.835	0.030	-0.004	-0.048	0.090
Si	0.965	0.184	-0.154	-0.035	-0.021	0.126
P	-0.615	-0.190	-0.498	0.060	-0.141	-0.065
S	0.094	-0.349	0.669	0.214	0.014	-0.048
Cl	-1.038	-0.182	0.023	-0.226	-0.056	0.028
K	0.711	0.041	-0.641	0.249	-0.005	0.075
Ca	-0.585	-0.020	-0.717	-0.194	-0.096	0.088
Ti	0.914	0.383	0.252	-0.170	-0.049	0.045
V	-0.853	0.448	0.148	0.149	0.159	-0.076
Cr	0.416	0.168	0.025	0.117	-0.164	-0.108
Mn	0.872	0.385	0.312	-0.022	0.025	-0.012
Fe	0.722	0.516	-0.252	-0.081	0.050	-0.020
Co	0.162	0.372	0.290	-0.190	0.253	0.243
Ni	-0.989	0.084	0.002	-0.014	0.164	-0.059
Cu	-0.989	0.201	0.068	0.041	0.108	-0.063
Zn	-0.467	0.803	-0.188	0.128	0.108	-0.022
Ga	0.404	0.892	-0.043	0.022	-0.063	0.006
As	0.711	-0.109	-0.572	-0.074	0.059	0.111
Br	-1.077	0.085	0.007	-0.001	-0.069	0.024
Rb	0.815	0.421	-0.250	0.316	0.002	-0.010
Sr	0.181	0.104	-0.335	-0.573	0.068	-0.112
Y	0.118	0.884	0.074	-0.207	-0.055	-0.038
Zr	0.976	-0.260	-0.046	0.155	0.114	-0.106
Nb	0.061	0.861	0.170	-0.026	-0.098	-0.001
Mo	0.151	-0.264	0.694	0.012	-0.022	0.085
Ba	0.945	-0.294	0.019	0.023	0.058	-0.107
W	-0.472	0.801	-0.083	0.078	0.101	-0.104
Hg	-0.789	0.393	-0.330	0.376	0.086	-0.094
Pb	-0.093	0.875	0.113	-0.072	-0.021	-0.042
Bi	-0.257	-0.149	-0.197	0.263	0.198	0.209
Th	-0.553	0.740	0.182	-0.157	-0.049	0.049
U	-0.729	0.330	0.147	0.467	-0.211	0.162

Las cargas consideradas como significativas ($-0.65 > \text{carga} > 0.65$) se muestran marcadas en rojo.

Tabla 13. Resultados del ACP para la ordenación de muestras (observaciones).
Contribuciones de las observaciones a los componentes principales del núcleo EUII

	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5	Comp.6
1	-12.684	4.307	1.955	-3.674	0.955	0.813
2	-11.576	3.826	1.397	-2.217	-1.295	-1.024
3	-8.609	1.819	-0.182	-0.147	1.327	0.241
4	-7.352	-1.376	-1.023	1.087	-0.449	-0.925
5	-6.733	-0.926	-1.065	1.731	0.861	-1.434
6	-5.274	-2.474	-1.476	2.121	0.424	-0.228
7	-4.443	-3.181	-0.911	0.369	-1.095	-0.280
8	-2.196	-4.420	-0.721	1.296	0.430	1.151
9	-2.655	-5.435	-0.776	1.332	-1.420	0.454
10	-2.513	-3.025	-0.250	1.438	0.473	0.493
11	-3.553	-3.362	-0.506	0.371	-0.307	0.748
12	-2.577	-2.430	-0.378	0.592	0.457	0.777
13	-0.394	-0.533	0.374	0.417	0.535	-0.283
14	-1.036	-1.428	0.448	-0.106	-0.050	-0.643
15	-0.008	-2.840	0.385	0.174	0.859	0.852
16	0.191	-0.979	0.104	1.011	-0.239	-0.119
17	0.788	-0.168	0.143	0.208	-3.286	-0.938
18	-0.041	-1.082	-0.558	1.454	0.129	0.892
19	1.303	0.875	1.297	0.349	1.001	-1.738
20	1.375	0.272	1.374	0.459	0.084	-0.228
21	2.086	-1.434	1.281	-1.011	-2.789	0.113
22	2.220	0.229	1.843	0.915	-0.145	0.014
23	1.885	0.806	1.225	1.022	-0.941	-0.120
24	2.732	-0.319	1.684	-1.609	-1.306	0.423
25	2.767	0.527	3.050	-0.145	-0.474	-0.073
26	3.282	-0.767	3.127	-0.047	1.282	0.113
27	2.918	-2.220	3.340	-0.371	-0.712	0.036
28	2.759	-0.774	3.534	0.596	1.709	-0.446
29	2.749	-1.800	3.307	-0.900	0.972	0.145
30	2.139	-1.986	3.236	-0.555	-1.249	-1.243
31	2.344	-0.191	2.255	-0.189	1.228	-0.099
32	1.803	0.278	2.034	0.348	0.866	0.495
33	1.846	0.815	-0.141	0.162	1.757	0.974
34	2.030	1.286	-0.787	0.596	-0.179	2.509
35	1.129	1.099	0.115	0.355	-0.083	0.845
36	1.719	3.207	-1.609	1.172	-0.941	2.049
37	-0.084	2.211	-1.053	-0.119	-0.936	1.875
38	1.686	5.657	-1.693	-0.627	-0.933	0.824
39	1.872	5.031	-1.172	0.337	0.820	0.151
40	2.014	4.812	-1.748	0.989	-1.414	-0.657
41	2.518	5.225	-1.624	1.335	0.284	-0.703
42	1.559	5.228	-1.268	0.610	-0.145	-0.769
43	2.356	4.587	-1.943	0.101	0.812	0.968
44	1.967	4.628	0.574	0.244	0.191	-1.986
45	2.561	1.471	-1.417	-1.350	0.915	-1.014
46	2.839	-2.386	-2.410	-2.642	0.275	-0.023
47	2.996	-4.360	-2.460	-4.070	-0.105	1.099
48	3.015	-2.574	-3.315	-1.604	1.015	-0.659
49	2.866	-2.965	-3.852	-0.172	0.195	-2.380
50	3.411	-2.764	-3.742	-1.635	0.639	-1.041

Tabla 14. Análisis de Redundancias del núcleo EUIII

Importancia de componentes RDA de matriz constreñida						
	RDA1	RDA2	RDA3	RDA4	RDA5	RDA6
Eigenvalue	8.4363	4.4044	1.594	0.4109	0.3526	0.2725
Proportion Explained	0.5337	0.2786	0.1008	0.026	0.0223	0.0172
Cumulative Proportion	0.5337	0.8123	0.9131	0.9391	0.9614	0.9787

Importancia de componentes RDA de matriz de respuesta						
	RDA1	RDA2	RDA3	RDA4	RDA5	RDA6
Eigenvalue	8.4363	4.4044	1.594	0.4109	0.3526	0.2725
Proportion Explained	0.2481	0.1295	0.0469	0.0121	0.0104	0.008
Cumulative Proportion	0.2481	0.3777	0.4246	0.4366	0.447	0.455

Cargas de Variables Condicionantes						
	RDA1	RDA2	RDA3	RDA4	RDA5	RDA6
Arcillas	-0.180	-0.100	0.5843	0.0192	-0.434	0.3928
Limos	0.3774	0.2922	-0.114	-0.015	-0.083	-0.401
Arenas	-0.3651	-0.31	-0.057	-0.003	0.2351	0.2865
SM	-0.424	0.5743	-0.018	-0.517	-0.141	0.1866
CO3	0.2743	0.7966	-0.092	0.3692	-0.327	-0.146
d15N	-0.6572	-0.555	-0.382	-0.04	-0.022	-0.112
d13C	-0.6803	0.4117	0.5141	0.0452	0.2932	0.0313
N	-0.9484	0.1106	0.2538	0.0242	0.1038	-0.027
MO	-0.6318	-0.514	0.0419	0.2938	0.0103	0.111

Cargas de Variables de Respuesta						
	RDA1	RDA2	RDA3	RDA4	RDA5	RDA6
Na	0.563	-0.111	0.360	-0.243	0.158	0.070
Mg	0.684	0.491	0.079	-0.164	0.042	-0.025
Al	-0.377	-0.060	-0.273	-0.045	0.098	0.003
Si	-0.199	0.255	-0.242	-0.019	0.119	0.003
P	-0.926	0.220	0.233	-0.130	0.104	0.026
S	0.732	0.457	0.203	0.033	-0.049	0.034
Cl	0.399	-0.318	0.305	-0.227	0.072	0.028
K	-0.369	0.307	-0.185	0.013	0.144	-0.023
Ca	-0.709	0.596	0.190	-0.043	0.072	0.051
Ti	-0.370	0.161	-0.244	0.043	0.083	-0.036
V	-1.024	-0.121	-0.050	-0.031	-0.080	-0.063
Cr	-0.134	0.374	0.107	0.268	0.236	0.144
Mn	0.188	0.817	0.011	-0.075	0.082	-0.138
Fe	0.167	0.520	0.283	0.355	0.060	0.044
Co	-0.327	0.132	0.211	0.008	-0.105	0.223
Ni	-1.021	-0.091	0.052	0.015	-0.042	-0.055
Cu	-0.982	0.037	0.061	-0.064	0.016	-0.039
Zn	-0.890	0.148	0.154	0.004	0.004	-0.013
Ga	-0.817	-0.110	-0.113	-0.010	0.089	0.020
As	-0.252	0.606	0.257	-0.089	-0.053	-0.224
Br	-0.075	-0.547	0.207	0.212	-0.079	-0.103
Rb	-0.383	0.002	-0.181	-0.006	0.146	0.047
Sr	0.095	0.833	-0.060	-0.046	0.010	0.041
Y	-0.258	-0.053	-0.328	0.011	-0.104	0.208
Zr	0.350	0.435	-0.281	-0.011	0.091	0.049
Nb	-0.030	-0.087	-0.356	0.056	0.014	-0.017
Mo	-0.349	0.559	0.418	0.094	-0.087	0.006
Ba	0.225	0.064	-0.231	-0.109	0.153	0.120
W	-0.895	0.139	0.083	-0.036	-0.040	-0.016
Hg	-0.036	-0.638	0.471	0.036	0.106	0.157
Pb	-0.721	-0.281	0.215	-0.155	-0.006	0.125
Bi	-0.216	0.311	-0.135	0.027	-0.025	0.121
Th	-0.268	-0.270	-0.332	-0.001	0.042	-0.025
U	-0.001	0.609	-0.190	-0.107	-0.357	0.173

Las cargas consideradas como significativas ($-0.65 > \text{carga} > 0.65$) se muestran marcadas en rojo.

Tabla 15. Resultados del ACP para la ordenación de muestras (observaciones).
Contribuciones de las observaciones a los componentes principales del núcleo EUIII

	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5	Comp.6
1	10.145	4.439	-8.240	0.512	-1.720	-1.458
2	11.348	4.415	-2.550	2.639	2.375	1.527
3	3.136	5.901	-3.370	-0.969	-0.127	1.347
4	4.963	2.807	1.665	-2.572	0.337	-1.205
5	4.816	2.152	3.416	-1.273	0.786	0.450
6	2.022	2.012	3.243	-2.262	1.118	-0.568
7	1.544	2.210	3.045	-1.451	-0.092	0.442
8	1.328	2.431	2.527	-0.811	-1.459	1.313
9	0.062	2.755	2.556	-1.076	-0.187	-0.093
10	-1.836	3.505	2.973	0.165	1.569	-0.388
11	-0.320	2.593	0.987	0.090	0.821	-0.551
12	0.377	1.680	1.513	-1.062	-2.606	-0.334
13	0.213	1.479	1.338	-0.189	-2.251	-0.457
14	0.024	1.310	1.184	0.738	-1.903	-0.576
15	-0.171	1.514	2.012	-0.577	-0.799	-1.169
16	-0.115	1.776	0.653	1.061	1.323	-1.811
17	-2.202	0.707	0.083	0.351	-0.299	1.960
18	1.253	-0.165	2.774	0.605	0.367	-0.826
19	-1.166	0.367	1.909	0.944	1.790	0.901
20	-2.983	1.463	0.648	0.455	0.791	-0.701
21	-6.212	1.969	-0.747	1.298	-1.031	1.926
22	-4.924	1.991	-0.117	1.408	0.496	0.263
23	-13.304	4.931	-5.272	-3.593	1.862	-0.183
24	1.345	-0.496	1.988	2.182	0.563	1.864
25	-3.383	0.390	-0.651	3.405	0.549	0.317
26	-1.700	-1.054	-0.587	4.192	0.511	-0.647
27	-1.424	-1.796	-0.941	2.329	-0.625	-1.143
28	0.473	-1.856	0.098	2.017	-0.280	-0.818
29	-2.119	-1.319	0.682	0.534	-1.208	0.978
30	-0.932	-0.627	0.252	0.545	-1.027	0.711
31	0.213	-0.358	-0.004	0.346	-0.584	0.563
32	-0.279	-1.550	1.227	1.112	-0.028	-2.232
33	-0.997	-1.397	0.813	0.675	-0.723	-0.188
34	-2.057	0.247	-1.733	-0.931	-1.543	-0.294
35	-2.730	-0.655	-0.428	0.548	-0.931	-0.631
36	-1.944	-1.768	-1.133	0.742	-0.651	0.472
37	-3.399	-0.845	-1.127	0.456	0.819	-1.143
38	-4.184	-0.730	-1.658	-0.673	0.557	-0.175
39	-0.323	-2.188	-1.199	-1.580	-0.854	-0.097
40	0.500	-2.692	-0.419	-0.623	0.351	-0.419
41	-0.266	-2.674	-1.919	-1.253	0.713	0.390
42	2.828	-4.011	-0.200	-0.730	0.785	-0.616
43	1.397	-3.080	-0.223	-1.478	-0.189	1.544
44	1.595	-4.078	-0.671	-0.899	0.040	0.884
45	0.869	-3.973	-0.580	-0.914	-0.453	0.493
46	0.395	-3.851	-1.918	-1.480	0.923	0.148
47	2.541	-4.434	-0.458	-0.893	0.259	0.255
48	1.997	-4.467	-0.727	-1.033	0.196	0.468
49	3.589	-4.983	-0.716	-1.025	1.666	-0.493