



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA**

**METALES PESADOS Y NUTRIENTES EN LOS SEDIMENTOS DEL  
LAGO DE SANTA MARÍA DEL ORO, NAYARIT.**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:  
**MAESTRA EN CIENCIAS**  
(Química Acuática)

PRESENTA:  
**DONAJI MARIBEL HERNÁNDEZ RIVERA**

**TUTOR(A) PRINCIPAL:**  
DRA. ANA CAROLINA RUIZ FERNÁNDEZ  
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNAM

**COMITÉ TUTOR:**  
DRA. MARGARITA E. CABALLERO MIRANDA  
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNAM  
DR. FEDERICO PÁEZ OSUNA  
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNAM  
DR. JORGE FELICIANO ONTIVEROS CUADRAS  
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNAM  
DR. JOSÉ GILBERTO CARDOSO MOHEDANO  
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNAM

**ASESOR(A) EXTERNO(A):**  
DR. MAARTEN BLAAUW  
QUEEN'S UNIVERSITY BELFAST  
**MAZATLÁN, SINALOA, JUNIO, 2023**



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.



## **METALES PESADOS Y NUTRIENTES EN LOS SEDIMENTOS DEL LAGO DE SANTA MARÍA DEL ORO, NAYARIT.**

### **TESIS**

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:  
**MAESTRA EN CIENCIAS**  
(Química Acuática)

PRESENTA:  
**DONAJI MARIBEL HERNÁNDEZ RIVERA**

**TUTOR(A) PRINCIPAL:**  
DRA. ANA CAROLINA RUIZ FERNÁNDEZ  
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNAM

**COMITÉ TUTOR:**  
DRA. MARGARITA E. CABALLERO MIRANDA  
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNAM  
DR. FEDERICO PÁEZ OSUNA  
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNAM  
DR. JORGE FELICIANO ONTIVEROS CUADRAS  
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNAM  
DR. JOSÉ GILBERTO CARDOSO MOHEDANO  
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNAM

**ASESOR(A) EXTERNO(A):**  
DR. MAARTEN BLAAUW  
QUEEN'S UNIVERSITY BELFAST  
**MAZATLÁN, SINALOA, JUNIO, 2023**

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México, por aceptarme como estudiante en el programa de maestría; al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca de maestría otorgada y el apoyo económico durante mis estudios.

Esta investigación fue financiada por el proyecto UNAM DGAPA-PAPIIT/104718 “Tendencias recientes del cambio global (contaminación y cambio climático) en el lago cráter de Santa María del Oro, Nayarit” y por la beca Newton Mobility Grant NMG\R2\170126.

A mi directora de tesis la Dra. Ana Carolina Ruiz Fernández, a quien admiro y estimo, por permitirme trabajar en su laboratorio, facilitarme los materiales y equipos, por su tiempo en las asesorías y sus consejos para el desarrollo de esta investigación.

A los integrantes del comité tutorial: Dra. Margarita E. Caballero Miranda, Dr. Federico Páez Osuna, Dr. Jorge Feliciano Ontiveros Cuadras, Dr. José Gilberto Cardoso Mohedano y Dr. Maarten Blaauw, por sus comentarios, sugerencias y apoyo para mejorar mi trabajo de tesis.

Al Dr. Joan Albert Sánchez Cabeza por su apoyo en la obtención de fechados y desarrollo de modelo de degradación de materia orgánica en programa estadístico. A Carlos Suárez Gutiérrez, León Felipe Álvarez y M en C. Carlos Alberto Herrera Becerril por su apoyo cuestiones informáticas.

A la M. en C. Libia Hascibe Pérez Bernal por su apoyo técnico (coordinación de análisis de laboratorio) y paciencia. A la M. en C. Perla Guadalupe López Mendoza, la Dra. Tomasa Cuellar Martínez, Eric Ramírez Macías, Jessica Sánchez Rivas, José Miguel J.L. y García Arvizu por el apoyo en la realización de análisis radiométricos y geoquímicos. Al Q. Humberto Bojórquez Leyva y M en C. Martín Rangel García por su apoyo con los análisis de Hg. A todos mis compañeros y amigos del laboratorio de Geoquímica Isotópica y geocronología, por su apoyo constante.

*A mis padres.*

# ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	8
2.	MARCO TEÓRICO.....	9
2.1	Importancia de los lagos .....	9
2.2	Sedimentos .....	10
2.3	Metales pesados.....	10
2.4	Nutrientes.....	13
2.5	Características del sedimento que influyen en las concentraciones de metales pesados .....	15
2.6	Radiocronología.....	18
3.	ANTECEDENTES .....	24
4.	JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA.....	28
5.	ÁREA DE ESTUDIO.....	29
6.	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN E HIPÓTESIS .....	32
7.	OBJETIVOS .....	32
7.1	Objetivo general:.....	32
7.2	Objetivos específicos: .....	32
8.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	33
8.1	Muestreo .....	33
8.2	Procesamiento de muestras .....	33
8.3	Tratamiento de datos .....	40
9.	RESULTADOS.....	45
9.1	Control de calidad .....	45

9.2	Actividades de $^{210}\text{Pb}$ .....	46
9.3	Actividades $^{137}\text{Cs}$ .....	46
9.4	Actividades $^{239+240}\text{Pu}$ .....	47
9.5	Fecha con $^{210}\text{Pb}$ .....	47
9.6	Fecha con $^{14}\text{C}$ .....	49
9.7	Caracterización del sedimento.....	49
9.8	Composición elemental.....	50
9.9	Carbono y nutrientes.....	59
9.10	Procesos que regulan la presencia de metales pesados en los sedimentos.....	64
10.	DISCUSIÓN .....	65
10.1	Fecha con $^{210}\text{Pb}$ .....	65
10.2	Fecha con $^{14}\text{C}$ .....	70
10.3	Caracterización del sedimento.....	72
10.4	Concentraciones elementales de referencia (pre-1900).....	72
10.5	Concentraciones de metales pesados.....	73
10.6	Carbono y nutrientes .....	78
11.	CONCLUSIONES.....	81
12.	BIBLIOGRAFÍA .....	83
13.	ANEXOS .....	110

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Lago Santa María del Oro, Nayarit, México. ....	299
Figura 2.	Perfiles de $^{210}\text{Pb}_{\text{tot}}$ , $^{210}\text{Pb}_{\text{sop}}$ , $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$ , $^{137}\text{Cs}$ y $^{239+240}\text{Pu}$ en los sedimentos del lago Santa María del Oro, Nayarit, México. ....	46
Figura 3.	Tasas de acumulación másica (TAM) y sedimentaria (TAS) en los sedimentos del lago Santa María del Oro, Nayarit. ....	48
Figura 4.	Izquierda: valores de fracción moderna de $^{14}\text{C}$ ( $F^{14}\text{C}$ ) y actividades de $^{137}\text{Cs}$ ; derecha: edades no calibradas de $^{14}\text{C}$ (BP), en núcleo SAMO 14-2 del lago Santa María del Oro, Nayarit, México. ....	49
Figura 5.	Perfiles de concentración de tamaño de grano y susceptibilidad magnética (SM) de los núcleos sedimentarios del lago Santa María del Oro, México. ....	50
Figura 6.	Perfiles de concentración de elementos indicadores de aporte terrígeno (Al, Ti, Rb y Zr) de los núcleos sedimentarios del lago Santa María del Oro, México. ....	51
Figura 7.	Perfiles de concentración de elementos indicadores redox-sensibles (Fe y Mn) de los núcleos sedimentarios del lago Santa María del Oro, México. ....	52
Figura 8.	Perfiles de concentración de metales pesados (As, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, V y Zn) y valores PEL (línea continua) y TEL (línea punteada) de los metales en el eje superior (color intenso) y en el eje inferior (color desvanecido) de los núcleos sedimentarios del lago Santa María del Oro, México. <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	4
Figura 9.	Perfiles respecto a la profundidad de los factores de enriquecimiento en los núcleos sedimentarios del lago Santa María del Oro, México. ....	56
Figura 10.	Perfiles respecto a la profundidad de los flujos de metales pesados en los núcleos sedimentarios del lago Santa María del Oro, México. ....	577



Figura 11. Perfiles respecto a la profundidad de la proporción de flujos de metales pesados en los núcleos sedimentarios del lago Santa María del Oro, México....	588
Figura 12. Perfiles de concentración de nutrientes (C, N y P) de los núcleos sedimentarios del lago Santa María del Oro, México. ....	61
Figura 13. Perfiles respecto a la profundidad de las relaciones molares de C:N:P de los núcleos sedimentarios del lago Santa María del Oro, México. ....	622
Figura 14. Perfiles de concentración y flujo de $C_{org}$ a partir del modelo de Middelburg de los núcleos sedimentarios del lago Santa María del Oro, Nayarit, México.....	633
Figura 15. Gráfico del análisis de factores de los cuatro núcleos sedimentarios del lago Santa María del Oro, Nayarit, México.....	644
Figura 16. Variación temporal de variables meteorológicas de la estación Cerro Blanco (SMN, 2020), Nayarit. Los datos de 2010 a 2012 no están disponibles. A = evaporación y precipitación acumulada anual; B = temperatura media anual. La línea roja es una media móvil de 5 años. Entre el inicio del registro y antes del quiebre (2010-2012) las tendencias decrecientes son significativas ( $p < 0,05$ ) para la evaporación ( $r = 0,61$ ) y la precipitación ( $r = -0,48$ ).....	80

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Metales pesados emitidos al ambiente por actividades antropogénicas.....	12
Tabla 2. Información de muestreo de núcleos de sedimentos del lago Santa María del Oro, México. ....	33
Tabla 3. Intervalos de $^{210}Pb_{exc}$ , flujo de $^{210}Pb_{exc}$ , TAM, TAS y $^{137}Cs$ reportados para sistemas lacustres a nivel nacional e internacional.....	6969
Tabla 4. Concentraciones de metales pesados ( $\mu g g^{-1}$ ) en sedimentos de lagos a nivel nacional e internacional. ....	7575



## 1. INTRODUCCIÓN

El término cambio global describe los cambios observados en la estructura y funcionamiento del sistema Tierra ocasionado por las actividades antrópicas y el rápido crecimiento de la población humana (Vitousek, 1994). Las manifestaciones más conspicuas del cambio global son el incremento de la erosión continental por el cambio en el uso del suelo, el deterioro de los ecosistemas por la contaminación derivada de la urbanización, industrialización y quema de combustibles fósiles, cuya emisión de gases efecto invernadero es la principal causa del calentamiento global (Camill, 2010).

La presencia de elementos contaminantes de origen antrópico, tales como metales y metaloides (e.g. As, Cu, Hg, Ni, Pb, V y Zn) y nutrientes (C, N y P) en un cuerpo de agua, de acuerdo con su concentración y el tiempo de exposición, puede ser perjudicial para la flora, la fauna, la salud humana y el desarrollo económico (Lijun *et al.*, 2017). Entre los metales y metaloides potencialmente tóxicos se encuentran: el plomo que en plantas puede afectar el crecimiento, ocasionar estrés oxidativo y poca absorción de nutrientes; el mercurio que en animales puede afectar la reproducción y el sistema nervioso, que en especies acuáticas es absorbido con facilidad como metilmercurio y a través de la cadena trófica puede llegar a otras especies y a humanos; y el arsénico que en humanos puede ocasionar problemas digestivos, cardíacos y cáncer de piel (EPA, 2018; ATSDR, 2016). El suministro excesivo de nutrientes (como nitrógeno y fósforo) en ecosistemas acuáticos puede ocasionar eutrofización, lo que exagera la producción de biomasa acuática y generalmente resulta en el agotamiento del oxígeno disuelto, necesario para la supervivencia de la fauna (Ansari *et al.*, 2011).

Los sedimentos que cubren los fondos de los ecosistemas acuáticos, mezcla de minerales y materia orgánica, representan el destino final de los contaminantes que alcanzan los sistemas acuáticos. El depósito constante de las partículas sedimentarias permite la formación de capas que se acumulan sucesivamente, hasta conformar un registro que puede brindar información acerca de la calidad ambiental de un sistema acuático a través del tiempo. Entonces, la reconstrucción

histórica de las características ambientales de un sistema acuático se puede realizar por medio del análisis de registros sedimentarios inalterados (i.e. que no han sido mezclados o erosionados) para los cuales se cuenta con una cronología confiable. El fechado con  $^{210}\text{Pb}$  ( $t_{1/2} = 22.23 \pm 0.12$  años; DDEP, 2012a) es el método más ampliamente utilizado para determinar la edad de los sedimentos recientes (i.e. 100-150 años); sin embargo, para conocer edades más antiguas, es necesario utilizar otros radionúclidos, tales como  $^{14}\text{C}$  ( $t_{1/2} = 5,700 \pm 30$  años, DDEP, 2012b), el cual permite fechar sedimentos de hasta 30,000 años. La combinación de  $^{210}\text{Pb}$  y  $^{14}\text{C}$  podría ser útil para establecer una cronología de largo plazo para los sedimentos, que permita determinar los valores pre-antropogénicos de los indicadores de interés, los cuales pueden servir como valores de referencia para programas de restauración y manejo ambiental.

El propósito de este proyecto es hacer una reconstrucción histórica de la contaminación por metales pesados y nutrientes en el lago de Santa María del Oro (SAMO), con base en el análisis de núcleos sedimentarios fechados con  $^{210}\text{Pb}$  y  $^{14}\text{C}$ . La información sobre los niveles de base y las tendencias temporales de estos elementos es importante para evaluar la calidad ambiental de los ecosistemas acuáticos, y esta información puede ser de utilidad para sustentar iniciativas de manejo de los lagos, que ayuden a prevenir y controlar los cambios perjudiciales y, por lo tanto, garantizar servicios ecosistémicos sostenibles.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Importancia de los lagos**

Un lago es un sistema acuático léntico epicontinental. No tiene extensión y profundidad específica, pero por su batimetría se pueden identificar 3 zonas: litoral, talud y zona profunda, y el agua presenta una dinámica vertical de acuerdo con los procesos de estratificación y mezcla. Los lagos se forman cuando el agua llena una depresión en el terreno, y pueden ser alimentados por ríos, escorrentía difusa, agua subterránea o precipitación (Rafferty, 2011).

Los lagos proveen una amplia gama de servicios ecosistémicos, entre los cuales destacan el suministro de agua para beber, para el riego de campos agrícolas y la producción de energía eléctrica (Doherty *et al.*, 2014; Dudgeon *et al.*, 2006; Wilson *et al.*, 1999). Permiten la reducción de daños por inundación, el reciclaje de nutrientes y control de la calidad del agua, conservación de la biodiversidad y beneficios no materiales (e.g. experiencias recreativas y estéticas) (Schallenberg *et al.*, 2013; Cichón, 2017; Allan *et al.*, 2015). Sin embargo, estos valiosos ecosistemas pueden ser impactados por cambios ambientales, ya sea por procesos naturales o antropogénicos, lo que puede causar la acumulación de elementos potencialmente tóxicos, eutrofización y florecimientos algales nocivos, entre otros (Heathwaite, 2010; Ormerod *et al.*, 2010); pero si se identifican las causas de los cambios, las prácticas de gestión de los lagos pueden controlar, o incluso revertir, dichos cambios negativos (Garn *et al.*, 2003).

## **2.2 Sedimentos**

Los sedimentos son partículas inorgánicas u orgánicas que provienen del intemperismo y erosión de las rocas, precipitación química, o son derivadas de la actividad biológica. Estas partículas pueden ser transportadas por agua o aire y se acumulan en forma no consolidada en el fondo de los sistemas acuáticos, donde actúan como sumideros y transportadores de contaminantes (Libes, 2009; Zhang *et al.*, 2017).

## **2.3 Metales pesados**

Los metales pesados son el grupo de metales que tienen una masa atómica relativamente alta y densidad mayor a  $5 \text{ g cm}^{-3}$ , como el Hg y el Pb, que pueden causar problemas de toxicidad (Alloway, 2013 y referencias contenidas). Sin embargo, este término ha sido usado comúnmente en la literatura para referirse a metales y metaloides asociados con la contaminación ambiental, la toxicidad y los efectos adversos sobre la biota (e.g. Goher *et al.*, 2019; Hussain y Kecili, 2019; Zhou *et al.*, 2020; Xu *et al.*, 2020). La aplicación del término ha generado controversia entre la comunidad científica debido a la diversidad de definiciones, la inclusión del

metaloide As y el no-metal Se, y la asociación directa con contaminación y toxicidad (Hazrat y Ezzat, 2018). No obstante, en ausencia de un término adecuado que englobe a metales y metaloides, “metal pesado” será utilizado en este trabajo.

La importancia de los metales en la naturaleza está relacionada con su papel como nutrientes esenciales y también como posibles compuestos nocivos, debido a su toxicidad y características acumulativas (Vigneri *et al.*, 2017; Tsakovski *et al.*, 2012). Los metales pesados son componentes naturales de la corteza terrestre y, debido al intemperismo de las rocas, se liberan de manera natural al ambiente, donde persisten indefinidamente debido a que no se degradan ni se destruyen.

Las rocas y los suelos son las principales fuentes naturales de metales pesados en el ambiente. Los detritos de rocas y partículas de suelo se transportan a través de las cuencas hidrográficas, debido a la acción del viento, o la escorrentía, para finalmente ser depositados en los sistemas acuáticos. De esa forma, los metales pesados presentes y transportados en los detritos pueden llegar a los cuerpos de agua y posteriormente acumularse en la columna sedimentaria (Goher, 2019; Zhou, 2020).

La industrialización y urbanización han llevado a la acumulación de metales en el suelo, los sedimentos y el polvo (Yang *et al.*, 2014). Los metales pesados pueden alcanzar los ecosistemas acuáticos a través de fuentes puntuales como la emisión a la atmósfera o la descarga directa de desechos industriales, urbanos y domésticos (Zahra *et al.*, 2014). Las actividades antropogénicas más importantes, mediante las cuales se introducen metales pesados en el medio ambiente, son la minería, producción de energía, la combustión de carbón, la agricultura y la eliminación de desechos (Bradl, 2005) (tabla 1). Estas actividades emiten metales pesados que se distribuyen entre la fase acuosa y el sedimento de los sistemas acuáticos. Los iones metálicos se encuentran presentes en el agua asociados a diferentes ligandos como óxidos de Fe y Mn, sulfatos, hidróxidos, carbonatos y materia orgánica (Warren y Haack, 2001). Además, pueden encontrarse retenidos como partículas suspendidas por distintos mecanismos como el intercambio iónico, la formación de complejos y adsorción (Paul, 2017).

Tabla 1. Metales pesados emitidos al ambiente por actividades antropogénicas.

Actividad antropogénica	Fuente emisora	Metal(es)	Referencia
Minería	Extracción y fundición de metales y minerales, metalurgia, Revestimientos.	Ag, Al, As, Au, Cd, Cu, Fe, Hg, Pb.	Bradl, 2005.
Energía	Hidroeléctrica, termoeléctrica, baterías.	Cd, Co, Cr, Hg, Li, Ni, Pb, Zn	Zuk <i>et al.</i> , 2006; Castro y Diaz, 2004.
Agricultura	Fertilizantes, pesticidas, riego con aguas contaminadas,	As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb, Zn	Singh <i>et al.</i> , 2010; Chen <i>et al.</i> , 2013
Descargas	Vertederos químicos y aguas residuales, plantas de tratamiento.	As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Zn,	Kumar <i>et al.</i> , 2017.
Combustión	Centrales energéticas, instalaciones de cogeneración, quema de combustibles fósiles por calderas, turbinas de gas y motores fijos, basureros municipales.	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn	CE, 2006.

Según Jackson *et al.* (1978) la interacción de los iones metálicos con material orgánico soluble, coloidal o particulado es un mecanismo de atracción por el cual son adsorbidos y puede variar desde fuerzas débiles que dejan al ion fácilmente reemplazable (adsorción física) hasta fuerzas fuertes indistinguibles de los enlaces químicos (quimisorción o adsorción específica). Los iones metálicos asociados a los ligandos o partículas pueden precipitar al fondo del sistema acuático para formar parte de los sedimentos. De acuerdo con Peng y colaboradores (2009), aproximadamente el 99% de los metales pesados en los sistemas acuáticos se transfieren eventualmente al sedimento.

Los metales pesados (MP) presentes en los sedimentos pueden encontrarse ya sea como parte de los minerales que constituyen al detrito de las rocas, adsorbidos sobre las partículas o bien, disueltos en el agua intersticial (Salomons *et al.*, 1984).

La concentración y disponibilidad de los metales en los sedimentos depende de diferentes procesos: (1) movilización de MP al agua intersticial y su especiación química, (2) transformación (e.g. metilación) de MP como As, Hg, Pb y Sn, (3) el control ejercido por los principales componentes del sedimento (e.g. óxidos de Fe y compuestos orgánicos) a los que se unen preferentemente los MP, (4) competencia entre los MP (e.g. Cu y Ag; Zn y Cd) por los sitios de absorción en los organismos, y (5) la influencia de la bioturbación, la salinidad, el redox o el pH en estos procesos (Bryan y Langston, 1992).

Los MP pueden ser liberados a la columna de agua desde el sedimento, pero requieren de circunstancias y condiciones como el contenido de oxígeno, el potencial redox, el valor de pH, la temperatura, el contenido orgánico y de carbonatos, la textura, la capacidad de intercambio catiónico y la actividad microbiana, además del fraccionamiento químico de los metales (Goher *et al.*, 2014; Rajeshkumar *et al.*, 2018). La presencia de MP en los sedimentos amenaza a los organismos bentónicos que se alimentan del material del fondo, exponiéndolos a la bioacumulación de los MP, y, en consecuencia, podría causar biomagnificación en la cadena trófica (Pulatsü y Topçu, 2015). Por lo tanto, se han desarrollado varios enfoques de directrices e índices de calidad de sedimentos para evaluar su calidad y los ambientes acuáticos (Goher *et al.*, 2019).

En el monitoreo de sedimentos en ambientes lacustres relacionados con contaminantes provenientes de fuentes antropogénicas es habitual encontrar metales pesados tales como arsénico (As), cobre (Cu), mercurio (Hg), níquel (Ni) plomo (Pb), vanadio (V) y zinc (Zn), debido a su persistencia ambiental, toxicidad y capacidad para incorporarse a las cadenas alimentarias (Förstner y Wittman, 1983).

## **2.4 Nutrientes**

En ambientes acuáticos, los organismos fotosintetizadores requieren de nutrientes (N, P, S, Si), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y agua (H<sub>2</sub>O) para llevar a cabo la fotosíntesis, mediante la cual producen biomasa y oxígeno. Las fuentes principales de nutrientes al agua incluyen a la atmósfera (N<sub>2</sub>), mediante la fijación de N<sub>2</sub> por



microorganismos (e.g. cianobacterias); la degradación bacteriana de la materia orgánica (e.g.  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^{2+}$ ,  $\text{NH}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3+}$ ), las descargas de aguas residuales industriales y domésticas, así como el suministro por escorrentía debido al uso de fertilizantes (Stoddard, 1991; Olausson *et al.*, 1980).

La materia orgánica (MO) constituye una pequeña, pero importante fracción de los sedimentos lacustres. Se forma esencialmente de carbono orgánico ( $\text{C}_{\text{org}}$ ) y nutrientes, a partir de mezclas complejas de lípidos, carbohidratos, proteínas. La fuente de materia orgánica a los sedimentos lacustres puede ser (a) autóctona, resultado de la producción primaria, en su mayoría de plantas no vasculares que contienen poca celulosa como fitoplancton; o (b) alóctona, transportada desde el continente, como residuos de plantas vasculares (e.g. pastos, arbustos, árboles en la tierra) descargas de aguas residuales y escorrentía (Meyers y Teranes, 2001).

Una vez que la MO es enterrada en los sedimentos se degrada por acción bacteriana y participa en una serie de reacciones de óxido-reducción (Chester, 2000): 1) diagénesis óxica (consumo de  $\text{O}_2$  disuelto), 2) diagénesis sub-óxica (denitrificación o reducción de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NO}_2^-$ , reducción de  $\text{MnO}_2$  y  $\text{FeO}_2$ ) y 3) diagénesis anóxica (reducción de  $\text{SO}_4^{=}$ , formación de  $\text{CH}_4$ ). Durante la diagénesis temprana, la materia orgánica es mineralizada por los microorganismos aeróbicos presentes en el sedimento, mediante una secuencia de reacciones que involucra una serie sucesiva de oxidantes, lo que provoca la disminución del potencial redox en los sedimentos con la profundidad.

Es probable que las concentraciones de  $\text{C}_{\text{org}}$  y nutrientes en los lagos se vean alteradas por el crecimiento y la distribución del fitoplancton, que depende de la incidencia de luz, disponibilidad de nutrientes, cambios en la estructura térmica, índices de crecimiento e interacciones entre especies (Riley y Chester, 1971; Jeppesen *et al.*, 2005; Wilhelm y Adrian, 2008); o bien, por cambios en el aporte de sedimentos, que pueden estar influenciados por tasas de meteorización, precipitación, escorrentía (Sommaruga-Wögrath *et al.*, 1997; Rogora *et al.*, 2003; Bergström y Jansson, 2006), frecuencia de incendios (Kelly *et al.*, 2006; Westerling *et al.*, 2006), deforestación y agricultura (Boisvenue y Running, 2006).

El cálculo de las proporciones molares C:N:P propuestas por Redfield *et al.* (1963), describe la composición elemental de los organismos planctónicos y tiene como valores teóricos 106C:16N:1P. Los valores C:N:P de los sedimentos pueden ser utilizados para inferir cambios en las condiciones del lago (como presencia o ausencia de oxígeno, disponibilidad de nutrientes) o en las fuentes de materia orgánica, mediante la proporción de contribución relativa de fuentes autóctonas y alóctonas (Meyers *et al.*, 1993; Meyers, 1994; Tang *et al.*, 2020). La materia orgánica fresca del fitoplancton tiene valores de C:N que comúnmente están entre 4 y 10, las plantas vasculares terrestres (ricas en celulosa y pobres en proteínas) tienen relaciones C:N de 20 o más (Meyers y Teranes, 2001; Prahl *et al.*, 1980) y las macroalgas tienen valores de C:P de 40 y N:P de 7 (Goñi y Hedges, 1995).

## **2.5 Características del sedimento que influyen en las concentraciones de metales pesados**

Tamaño de grano. La habilidad que poseen los sedimentos de absorber y adsorber contaminantes orgánicos e inorgánicos depende en gran medida de la distribución del tamaño de grano (Horowitz, 1991). Generalmente, las concentraciones de oligoelementos (Loring y Rantala, 1992) y materia orgánica (Dickens *et al.*, 2006) se incrementan en los tamaños de grano más finos (arcillas y limos) de los sedimentos debido a que, en comparación los granos gruesos, la relación área superficial/volumen es mayor, lo que favorece los procesos de adsorción.

Carbono orgánico e inorgánico. En los sedimentos el contenido de carbono total se divide en dos fracciones: 1) el carbono orgánico ( $C_{org}$ ) que es una mezcla del detritus de la biota que habita el sistema acuático (material autóctono) y el particulado orgánico que es acarreado por escorrentía (material alóctono); y 2) el carbono inorgánico ( $C_{inorg}$ ) compuesto por minerales biogénicos y no-biogénicos (precipitados autigénicos o restos de rocas) de carbonatos (i.e.  $CaCO_3$ ). Las partículas finas favorecen la adsorción selectiva que fija a los iones metálicos en disolución junto a componentes orgánicos (Jackson *et al.*, 1978) que tienen la capacidad de preservarse en la columna sedimentaria, por tal motivo el contenido de carbono orgánico ( $C_{org}$ ) proporciona información relacionada al transporte,

depósito y retención de metales y otros contaminantes en los sedimentos (Loring y Rantala, 1992). Por otro lado, el carbono inorgánico ( $C_{inorg}$ ) que puede actuar como diluyente (algunas veces acarreador) de las concentraciones de algunos metales pesados (Horowitz, 1991).

Susceptibilidad magnética. Es la medida de la cantidad de materiales magnetizables que componen una muestra de sedimento (Stoner y St-Onge, 2007), y se relaciona directamente con la cantidad de materiales ferromagnéticos. La susceptibilidad magnética es una manifestación del aporte de material detrítico hacia los sedimentos, por lo que sus variaciones pueden indicar cambios en el tamaño de grano, la composición mineralógica o las fuentes de suministro de sedimentos a lo largo del tiempo (Thompson *et al.*, 1980; Caitcheon, 1993; Stone y St-Onge, 2007).

Composición elemental. La presencia de algunos elementos en los sedimentos, puede ofrecer información valiosa sobre la procedencia de las partículas. Se consideran indicadores terrígenos a los elementos que abundan en la corteza terrestre en comparación a otros ambientes, tales como Al, Ti, Rb y Zr en minerales como silicatos, feldespatos y piroxenos (Salminen *et al.*, 2005). Los indicadores redox-sensibles son los elementos presentes en dos o más estados de oxidación como Fe y Mn, que tienen la capacidad de oxidarse o reducirse según el ambiente que predomine en la columna de agua (condiciones de hipoxia en el hipolimnion) o en el sedimento, así como participar en procesos diagenéticos (Kristensen, 2000).

Los perfiles de metales en sedimento pueden ser resultado de la diagénesis temprana, es decir, la serie de procesos que ocurren en los sedimentos después de su enterramiento hasta antes del metamorfismo. Estos procesos pueden ser físicos (e. g. la pérdida de agua en lodos arcillosos), biogeoquímicos (e.g. la descomposición de la materia orgánica) o biológicos (e.g. la ingestión de sedimentos por la infauna) (Libes, 2009; Sánchez-Cabeza y Ruiz-Fernández, 2012).

Uno de los efectos más relevantes de la diagénesis temprana es la reducción y disolución de los óxidos de Fe y Mn. Estos son utilizados como oxidantes secundarios y provocan el desplazamiento de las especies reducidas de ambos

metales en fase disuelta (en el agua intersticial) hacia la superficie de la columna sedimentaria, en la cual, si existen condiciones óxicas, pueden volver a oxidarse y reprecipitar como óxidos de Fe y Mn (Tessier *et al.*, 1996; Prajith *et al.*, 2016). En su forma oxigenada ambos elementos tienen la capacidad de capturar metales de transición no detríticos tales como Cr, Cu y Pb (en oxihidróxidos de Fe) y Cd, Pb y Zn (en oxihidróxidos de Mn) (Santschi *et al.*, 1990).

La captura de metales, por coprecipitación y/o adsorción sobre los óxidos de Fe y Mn puede causar altas concentraciones de metales pesados cerca de la interface agua-sedimento, debido a la acumulación de los precipitados autigénicos. La zona de reducción de Fe aparece usualmente a mayor profundidad que la de Mn porque los óxidos de Fe se utilizan como agente oxidante cuando los otros aceptores de electrones ( $O_2$ ,  $NO_3^-$ , óxidos de Mn) se han consumido (Presley *et al.*, 1980; Sánchez-Cabeza y Ruiz-Fernández, 2009). Por tanto, para evaluar el grado de contaminación de un metal en la columna sedimentaria, es importante verificar si las concentraciones no han sido afectadas por la diagénesis temprana.

Calidad del sedimento y riesgos ecológicos. La calidad del sedimento es un indicador de la contaminación del agua, y representa la capacidad del material del fondo para mantener un ecosistema bentónico saludable (Birch, 2017). Los metales se adsorben a los materiales orgánicos e inorgánicos del material particulado y se encuentran disponibles a las comunidades microbianas (meiofauna y macrofauna) que residen en el sedimento y procesan la materia orgánica, las cuales sirven como fuentes de alimento para niveles tróficos superiores y pueden afectar a la biota de hábitos bentónicos, ya sea por ingestión directa o por absorción cutánea y respiratoria (branquias) (Förstner *et al.*, 1989; Burton *et al.*, 2002).

La evaluación de riesgo a la biota, comprende la relación entre la concentración de metales pesados en los sedimentos, y la ocurrencia de efectos biológicos adversos. Se lleva a cabo mediante el uso de guías de calidad de los sedimentos, las cuales son herramientas científicas que sintetizan información y proporcionan valores de referencia (CCME, 2001). El valor denominado nivel de efecto umbral (TEL, por sus siglas en inglés), representa la concentración del metal en sedimento, por debajo

de la cual se espera que ocurran efectos biológicos adversos en raras ocasiones; y el valor denominado nivel de efecto probable (PEL), define el nivel de concentración del metal en sedimentos por encima del cual se espera que los efectos biológicos adversos ocurran con frecuencia (Buchman *et al.*, 2008).

Reconstrucción histórica de la contaminación mediante núcleos sedimentarios. El análisis de metales en sedimento es ventajoso en comparación con el análisis en agua debido a: las bajas concentraciones de metales disueltos, la dinámica y variabilidad de la columna de agua a corto y largo plazo (Rodríguez, 2004; Birch y Olmos, 2008) y los sedimentos tienen la capacidad de registrar e integrar en el tiempo los eventos ambientales, con lo que se obtiene información útil a nivel espacial y temporal (Birch, 2007; Birch *et al.*, 2008).

La columna sedimentaria permite hacer reconstrucciones históricas (e.g. contaminación por metales), con base en el principio de superposición, que establece que las capas sedimentarias se depositan en una secuencia de tiempo, donde las unidades superiores de estratificación son más jóvenes y las inferiores son más antiguas (Harris, 1979). Un componente importante en la formación de dichas capas es el enterramiento de la materia orgánica.

## **2.6 Radiocronología**

### **2.6.1 Fechado con $^{210}\text{Pb}$**

$^{210}\text{Pb}$  es un radionúclido natural, integrante de la serie radiactiva del  $^{238}\text{U}$  ( $t_{1/2}=4.5\times 10^9\pm 0.5\times 10^9$  años; DDEP, 2006) y se forma debido a la desintegración radioactiva de su progenitor,  $^{222}\text{Rn}$  ( $t_{1/2}=3.8\pm 0.8$  días; DDEP, 2011). La actividad total de  $^{210}\text{Pb}$  ( $^{210}\text{Pb}_{\text{tot}}$ ) en los sedimentos se compone de una fracción de origen principalmente atmosférico (resultado de la desintegración del gas  $^{222}\text{Rn}$ , que emana de los suelos), conocida como  $^{210}\text{Pb}$  en exceso ( $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$ ) y una fracción formada *in situ* (resultado de la desintegración de  $^{222}\text{Rn}$  atrapado al interior de los sedimentos), conocida como  $^{210}\text{Pb}$  soportado ( $^{210}\text{Pb}_{\text{sop}}$ ) (Appleby y Oldfield, 1992).  $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$  precipita por depósito seco o por vía húmeda desde la atmósfera y llega a la columna de agua de los sistemas acuáticos, donde se adhiere a las partículas

que sedimentarán en el fondo de lagos y mares. La diferencia del  $^{210}\text{Pb}_{\text{tot}}$  y  $^{210}\text{Pb}_{\text{sop}}$  se denomina  $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$  y es el parámetro fundamental para el fechado de los núcleos sedimentarios (Sánchez-Cabeza *et al.*, 2012).

Una vez que el  $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$  se deposita en la superficie de los sedimentos, su actividad disminuirá gradualmente con el paso del tiempo (hasta alcanzar el equilibrio donde  $^{210}\text{Pb}_{\text{tot}} = ^{210}\text{Pb}_{\text{sop}}$  y la actividad de  $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}} \sim 0$ ), conforme a la ley de desintegración radiactiva:

$$A = A_0 e^{-\lambda t} \quad \text{ecuación 1}$$

Donde  $A_0$  es la actividad inicial,  $\lambda$  ( $\sim 0.03118 \pm 0.00017$  años $^{-1}$ ) es la constante de desintegración de  $^{210}\text{Pb}$  y  $t$  es el tiempo.

El  $^{210}\text{Pb}_{\text{sop}}$  presente en los sedimentos puede ser medido por espectrometría gamma (como  $^{226}\text{Ra}$  por equilibrio secular) o estimado como el promedio de las concentraciones de  $^{210}\text{Pb}$  en el fondo del núcleo (donde la actividad de  $^{210}\text{Pb}$  es constante). Normalmente, la actividad de  $^{210}\text{Pb}$  puede ser detectado hasta 5 veces su período de semidesintegración, por lo que los perfiles de  $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$  pueden ser utilizados para fechar los últimos 100-150 años, aunque dependerá de las técnicas analíticas utilizadas y la precisión del análisis.

La comparación de la actividad de  $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$  presente en la superficie de un núcleo sedimentario con las concentraciones remanentes en los estratos subsecuentes, permite establecer las edades de cada estrato, así como la tasa de acumulación sedimentaria (TAS en  $\text{cm y}^{-1}$ : incremento anual del espesor de la columna sedimentaria) y la tasa de acumulación másica (TAM en  $\text{g cm}^{-2} \text{y}^{-1}$ : incremento anual de la masa de sedimento por unidad de área) (Ruiz-Fernández *et al.*, 2014 y referencias incluidas). Si la tasa de acumulación del sedimento y el flujo de  $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$  son constantes y no hay procesos de redistribución postdeposicional de  $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$  en el sedimento, el perfil de actividades de  $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$  debería mostrar una tendencia de tipo exponencial. Sin embargo, la actividad de  $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$  en los sedimentos es directamente proporcional al flujo de  $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$  e inversamente proporcional a la carga

sedimentaria (e.g TAM), tal como lo describe en la ecuación propuesta por Krishnaswami *et al.* (1971):

$${}^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}(\text{Bq kg}^{-1}) = \frac{\text{flujo de } {}^{210}\text{Pb}_{\text{exc}} (\text{Bq cm}^2 \text{ año}^{-1})}{\text{TAM (g cm año}^{-1})} \quad \text{ecuación 2}$$

Esta es la expresión fundamental en la que se basan los modelos de fechado más convencionales (Sánchez-Cabeza y Ruiz-Fernández, 2012); y demuestra que, cuando la mezcla de sedimentos es insignificante, la variación de la carga de sedimento afectará las actividades de  ${}^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$  (que serán menores como resultado de la dilución por un aumento en la TAM, o mayores si la TAM se reduce). En consecuencia, no se debe esperar que el perfil  ${}^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$  muestre una tendencia de disminución exponencial cuando la tasa de acumulación del sedimento es variable.

Los modelos de fechado son utilizados para obtener un modelo de edad (es decir, la edad de cada capa o sección en función de la profundidad) y calcular tasas de acumulación. Se basan en hipótesis sobre el flujo de  ${}^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$  a la superficie del sedimento y la concentración inicial de  ${}^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$  en los sedimentos superficiales (Sánchez-Cabeza y Ruiz-Fernández, 2012). De acuerdo con Sánchez-Cabeza *et al* (2012), el modelo más utilizado para fechar sedimentos es el CF (Constant Flux — Flujo Constante; Robbins, 1978), comúnmente conocido como CRS (Constant Rate of Supply; Goldberg, 1963), cuya hipótesis fundamental es que el flujo de  ${}^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$  a la superficie del sedimento es constante. En el modelo CF, la edad de los sedimentos y la TAM se calculan a partir del inventario total de  ${}^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$  en los sedimentos, que es la actividad acumulada por unidad de área desde la superficie hasta la profundidad de equilibrio. Este modelo permite trabajar con perfiles que no siguen el típico decaimiento exponencial, debido a que las desviaciones en el perfil son interpretadas como cambios en la TAM (ecuación 2). Si el flujo de  ${}^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$  es constante, el inventario total de  ${}^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$  en el perfil sedimentario es el balance entre el flujo de  ${}^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$  y su desintegración radiactiva. Entonces, cuando la capa superficial es enterrada, la diferencia entre el inventario total y el inventario por debajo de esta capa se relaciona con el tiempo transcurrido (ecuación 3):

$$A(i) = A(0)e^{-\lambda t} \quad \text{ecuación 3}$$

donde A(0) es el inventario total, A(i) es el inventario por debajo de la capa que se quiere fechar o capa (i),  $\lambda$  es la constante de desintegración radiactiva ( $0.03118 \pm 0.00017$  años<sup>-1</sup>) y t es el tiempo transcurrido desde que la capa i dejó de ser la superficie del perfil sedimentario. La edad de la capa (i) se obtiene mediante la ecuación 4:

$$t(i) = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{A(0)}{A(i)} \quad \text{ecuación 4}$$

Para estimar el flujo de <sup>210</sup>Pb<sub>exc</sub> a la superficie del sedimento se multiplica el inventario total A(0) y la constante de desintegración radiactiva  $\lambda$  (ecuación 5):

$$\text{Flujo de } ^{210}\text{Pb} = A(0) * \lambda \quad \text{ecuación 5}$$

Las tasas de acumulación másica (TAM) y sedimentaria (TAS), donde C<sub>i</sub> es la concentración de <sup>210</sup>Pb<sub>exc</sub> en la sección i (Bq kg<sup>-1</sup>) y  $\rho$  es el cociente de la masa (g) y el espesor (cm) de la sección, se calculan con las ecuaciones 6 y 7:

$$TAM = \lambda \frac{A(i)}{C_i} \quad \text{ecuación 6}$$

$$TAS = \frac{TAM}{\rho} \quad \text{ecuación 7}$$

La aplicación del modelo CF requiere el conocimiento del inventario total de <sup>210</sup>Pb<sub>exc</sub>; sin embargo, en ocasiones esta condición no se cumple (e.g., cuando la longitud de un núcleo sedimentario es demasiado corta y la actividad de <sup>210</sup>Pb<sub>tot</sub> no alcanza el equilibrio); por lo tanto, es imprescindible estimar el inventario faltante. Una de las estrategias para calcular el inventario faltante es utilizar una fecha de referencia, para ello se debe conocer con certeza la fecha (t) de una capa (j) y se calcula como (ecuación 8):



$$A(j) = \frac{\delta A}{e^{\lambda t} - 1} \quad \text{ecuación 8}$$

Donde  $A(j)$  es el inventario faltante a partir de la capa de referencia o capa (j) hasta la profundidad de equilibrio,  $\delta A$  es el inventario hasta la capa más profunda del núcleo sedimentario incompleto,  $\lambda$  es la constante de desintegración radiactiva ( $0.03118 \pm 0.00017$  años<sup>-1</sup>) y  $t$  es el tiempo en años de la fecha de referencia. Entonces se calcula el inventario total mediante la ecuación 9:

$$A(0) = \delta A + A(j) \quad \text{ecuación 9}$$

y, posteriormente, aplicar el modelo CF.

Los modelos de fechado son herramientas de interpretación y las fechas obtenidas son estimaciones que deben ser corroboradas mediante indicadores independientes. Los perfiles estratigráficos de <sup>137</sup>Cs ( $t_{1/2} = 30.05 \pm 0.08$  años, DDEP, 2007) y <sup>239+240</sup>Pu ( $t_{1/2} = 24100 \pm 11$  y  $6561 \pm 7$  años respectivamente, DDEP, 2008-2009) son comúnmente usados para corroborar el fechado con <sup>210</sup>Pb, ya que son radionúclidos artificiales que están presentes en el ambiente debido principalmente a la precipitación atmosférica radiactiva a consecuencia de las pruebas de armas termonucleares (1951-1963) (Ruiz-Fernández *et al.*, 2009). La precipitación atmosférica de estos isótopos radiactivos a escala global comenzó a principios de los años 1950s, alcanzó su punto máximo entre los años 1962-1964 y disminuyó rápidamente después, debido a la implementación del tratado internacional de prohibición de pruebas de armas termonucleares de 1963 (Delaune *et al.*, 1978). La historia de la precipitación atmosférica de <sup>137</sup>Cs es frecuentemente conservada en los registros sedimentarios, y donde éste es el caso, el valor máximo de la actividad de <sup>137</sup>Cs en el registro sedimentario puede ser usado para identificar la profundidad correspondiente al periodo máximo de actividad en las pruebas nucleares (i.e. 1962-1964; Walling y He, 1992).

La técnica más común para la determinación de la actividad de <sup>210</sup>Pb en sedimentos es la medida de su descendiente radioactivo <sup>210</sup>Po (bajo la suposición de que ambos

radionúclidos se encuentran en equilibrio secular) mediante espectrometría de partículas alfa ( $\alpha$ ). Esta técnica tiene algunas ventajas: el procesamiento radioquímico de las muestras es relativamente sencillo, los espectrómetros  $\alpha$  permiten un recuento rápido para obtener una estadística aceptable (<10%) y la cantidad de muestra que se requiere es pequeña (de 0.2 a 1 g). Otra técnica que es muy utilizada para medir la actividad de  $^{210}\text{Pb}$  es mediante espectrometría de rayos gama ( $\gamma$ ) con detectores de Ge hiperpuro de alta resolución. Entre sus ventajas se puede mencionar que es una técnica no destructiva (permite la reutilización de las muestras), no necesita de procesos radioquímicos y permite medir simultáneamente otros radionúclidos y de interés (e.g.  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ). No obstante, esta técnica tiene dos desventajas principales: (1) en comparación con el análisis de actividad de  $^{210}\text{Po}$  por espectrometría de partículas alfa, se requiere de mayor cantidad de muestra, que no siempre está disponible; y (2) dado que en la región de bajas energías del espectro de rayos gamma (<140 keV) el ruido de fondo es relativamente alto, las actividades de  $^{210}\text{Pb}$  (que se registran en la región de 46.5 keV) deben ser suficientemente altas para obtener medidas por encima del límite de detección, lo cual frecuentemente es difícil de encontrar en sistemas acuáticos en México, debido a que el flujo atmosférico de  $^{210}\text{Pb}$  es bajo en esta región (Ruiz-Fernández y Hillaire-Marcel, 2009).

### **2.6.2 Fechado con $^{14}\text{C}$**

$^{14}\text{C}$  ( $t_{1/2} = 5,700 \pm 30$  años, DDEP, 2012b) es un radionúclido que se produce en la atmósfera terrestre por la reacción entre  $^{14}\text{N}$  atmosférico y los neutrones provenientes de rayos cósmicos. Una vez producido, el  $^{14}\text{C}$  es rápidamente oxidado para formar dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y entra en el ciclo global del carbono por medio de la fotosíntesis (Lederer *et al.*, 1967; Sonnet, 1984). Las plantas y los animales asimilan el  $^{14}\text{C}$  a partir del dióxido de carbono a lo largo de sus vidas, pero cuando mueren, dejan de intercambiar carbono con la biosfera y su contenido de  $^{14}\text{C}$  comienza a disminuir a una velocidad determinada por la ley de la desintegración radiactiva.

La espectrometría de aceleración de masas (AMS) es un método moderno de fechado por radiocarbono que proporciona buena exactitud y precisión para medir el contenido de  $^{14}\text{C}$  de una muestra. Con este método, se determina el número de átomos de carbono y su proporción respecto los isótopos  $^{12}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$  y  $^{14}\text{C}$  presentes en la muestra (Ramsey *et al.*, 2004). Los resultados se presentan como fracción moderna de  $^{14}\text{C}$  ( $F^{14}\text{C}$ , corregida para  $\delta^{13}\text{C}$  a -25 ‰ PDB) y edades convencionales de  $^{14}\text{C}$  BP (antes del presente, 1950).  $F^{14}\text{C}$  se refiere a la fracción de  $^{14}\text{C}$  medida en comparación con la actividad específica que prevalecía en 1890, antes del inicio del Efecto Suess (Cook *et al.*, 2003); se obtiene a partir de la relación entre la actividad específica de la muestra y la del estándar medido en el mismo año. Las edades de  $^{14}\text{C}$  se calculan como el producto del valor recíproco de la constante de desintegración de  $^{14}\text{C}$  ( $1.24 \times 10^{-4} \text{ año}^{-1}$ ) y el valor logarítmico de  $F^{14}\text{C}$  (edad de  $^{14}\text{C} = -8033 * \ln F^{14}\text{C}$ ).

Es posible obtener edades de  $^{14}\text{C}$  anómalamente antiguas en muestras de sistemas acuáticos, lo que se conoce como efecto reservorio (ER). La causa más común de edades aparentes elevadas en los lagos es la presencia de carbonatos antiguos disueltos y pueden presentar variaciones de edad desde 0 hasta casi 6.000 años (Philippsen, 2013).

### **3. ANTECEDENTES**

El análisis retrospectivo de las variaciones temporales de las concentraciones de metales y nutrientes en núcleos sedimentarios, recolectados en lagos alrededor del mundo, ha sido útil para evidenciar la contaminación provocada por actividades antropogénicas. A continuación, se presentan algunos ejemplos de trabajos realizados en lagos de México y el mundo.

Los núcleos sedimentarios extraídos de la presa Oviáchic en Sonora, fueron fechados con  $^{210}\text{Pb}$  (Ochoa-Contreras *et al.*, 2021), mostraron que los flujos de Hg, As y Cu han aumentado notablemente desde ~2010 debido a una combinación de procesos antropogénicos y naturales, incluida la erosión de la cuenca, la minería de oro (artesanal) y las recientes condiciones de sequía en la región. Las

concentraciones de As y Hg pueden presentar riesgos nocivos para la biota y, en consecuencia, para los humanos a través del consumo de pescado.

El análisis histórico basado en perfiles de  $^{137}\text{Cs}$  en un núcleo sedimentario del lago Balamtetik, en Chiapas (Caballero *et al.*, 2020) permitió inferir altas tasas de sedimentación ( $\sim 7 \text{ mm año}^{-1}$ ) y una serie casi cíclica de eventos de perturbación que pueden estar relacionados con causas antropogénicas como la deforestación y el mayor desarrollo de la agricultura y la urbanización a escala local y regional. Estos eventos de perturbación mostraron una alta erosión local y regional (alto Ca, TIC y Ti), materia orgánica del suelo (relación C/N), eutrofización (alto P y diatomeas) y condiciones anóxicas del agua del fondo (bajo Mn) y, se localizaron a principios y finales de la década de 1950, y desde 1980 hasta el año 2000.

El estudio de núcleos sedimentarios en las presas El Tule y Santa Elena, y el lago Chapala en el Estado de Jalisco (Ontiveros, 2015) demostró que las concentraciones de As, Cr, Cu, Hg y Ni en sedimentos exceden los límites TEL (nivel de umbral de efectos) y PEL (nivel de efectos probables), por lo que pueden resultar tóxicas para la biota. Mediante el uso de análisis factorial, se determinó que la mayoría de los contaminantes presentes en los sedimentos proceden de fuentes naturales y han sido transportados a través de los procesos de intemperismo y erosión.

Davies *et al.* (2005) analizaron núcleos sedimentarios fechados con  $^{210}\text{Pb}$  y  $^{14}\text{C}$  del Lago Zirahuén en Michoacán y concluyeron que, a partir del periodo colonial, las actividades antropogénicas han incrementado el contenido de metales y nutrientes en los sedimentos. Por ejemplo, la fundición de cobre a mediados del siglo XVIII provocó el aumento de los niveles de cobre y plomo; y el rápido aumento de la población de diatomeas en los últimos 20 años sugirió el inicio de síntomas de eutrofización, probablemente como resultado del aumento del suministro de nutrientes al lago, a consecuencia del desarrollo de actividades turísticas y la descarga de aguas residuales tratadas de las ciudades de Santa Clara y Opopeo.

La reconstrucción histórica de la acumulación de nutrientes en el lago de Valle de Bravo, en el Estado de México, a través del análisis de núcleos sedimentarios fechados con los métodos de  $^{210}\text{Pb}$  y  $^{137}\text{Cs}$  (Carnero-Bravo *et al.*, 2015) indicó que los flujos de C, N y P incrementaron significativamente a partir de 1991, debido posiblemente a la urbanización de la zona aledaña al lago, lo cual ha ocasionado problemas de eutrofización. El análisis de núcleos sedimentarios fechados con  $^{210}\text{Pb}$ , recolectados en el lago de Pátzcuaro en Michoacán (Hansen, 2012), indicó que la concentración de Pb en el lago está por debajo del valor PEL y disminuyó con el tiempo, probablemente por la reducción en el uso de gasolina adicionada con tetraetilo de plomo.

El estudio de un núcleo sedimentario fechado con  $^{210}\text{Pb}$  y  $^{137}\text{Cs}$ , recolectado en lago Verde, en la zona de los Tuxtlas, Veracruz (Ruiz-Fernández *et al.*, 2007) permitió conocer que las tasas de acumulación de sedimentos incrementaron con la deforestación del área cercana al lago; que los flujos de Cu, Hg, Pb y Zn han aumentado significativamente desde 1940; y que el contenido de Pb se ha enriquecido hasta 26 veces por encima de los niveles de concentración natural. Dado que el lago está apartado de zonas urbanas o industriales, el aumento de metales podría deberse al transporte eólico de estos elementos desde zonas de procesamiento de petróleo que se encuentra a unos 50 km al sureste del lago, incluida la refinería de petróleo de Minatitlán y los complejos petroquímicos Morelos, Pajaritos y Cangrejera.

Se determinaron niveles base de la concentración de metales pesados y nutrientes en sedimentos lacustres para la evaluación de riesgos y la gestión ambiental en la cuenca del río Yangtze en China (Luo *et al.*, 2022). En este estudio, se recolectaron núcleos sedimentarios de 82 lagos en la cuenca del Yangtze entre 2014 y 2017 y en 62 de los núcleos recolectados se utilizaron  $^{137}\text{Cs}$  y  $^{210}\text{Pb}$  para fechar los sedimentos. Se encontró que las concentraciones de metales y nutrientes en los sedimentos correspondían a niveles no contaminados antes de 1960 y aumentaron significativamente en 2000.

Se llevaron a cabo análisis paleolimnológicos en un núcleo sedimentario fechado con  $^{210}\text{Pb}$  y  $^{14}\text{C}$  del Lac à la Truite (Lago de la trucha) en Quebec, Canadá (Jacques y Pienitz, 2022); la aparición de taxones de diatomeas típicos de aguas ricas en nutrientes (e.g., *Cyclotella meneghiniana*, *Cyclostephanos invisitatus*) y el cambio en los valores de indicadores bioquímicos (e.g., C/N,  $\delta^{13}\text{C}$ ) indicó que la eutrofización se vio favorecida por las entradas de aguas residuales municipales procedentes del drenaje aguas arriba de Lac Noir (Lago Negro). Además, la sedimentación aumentó entre 1955 y 1959 (de 0.6 a 1.3 cm año<sup>-1</sup> y de 0.4 a 1.0 g cm<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup>) y, desde 1960, los sedimentos se mostraron enriquecidos en metales, asociados con relaves de asbesto (Mg, Cr, Ni) provenientes de desechos mineros.

El estudio de sedimentos del lago Bera en Malasia y del suelo cercano (Gharibreza *et al.*, 2013), que utilizó el fechado con  $^{210}\text{Pb}$  y  $^{137}\text{Cs}$ , permitió correlacionar el contenido de nutrientes en los sedimentos del lago con el desarrollo de actividades antropogénicas en los alrededores del lago. La relación C/N incrementó cuatro veces a partir de las plantaciones de palma de aceite (1981), el exceso de nutrientes ha propiciado condiciones de eutrofización que podrían resultar nocivas para el ecosistema.

Matisoff y colaboradores (2017) analizaron los radionúclidos ( $^7\text{Be}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ), metales y nutrientes (carbono orgánico, carbono inorgánico, nitrógeno orgánico total, fósforo total y fósforo biodisponible) en sedimentos del lago Winnipeg en Canadá y en las cuencas cercanas (Norte y Sur) y estimaron la resuspensión del sedimento y las tasas de acumulación másica. Se concluyó que actualmente la mayoría del material suspendido (95-99%) y la proliferación de cianobacterias y diatomeas no proviene de fuentes externas sino del sedimento del fondo, cuya carga interna de nutrientes fue influenciada desde 1970 por la construcción de presas en los principales afluentes del lago.

Se realizó la reconstrucción de las condiciones ambientales durante los últimos 150 años en el Lago Erhai, en China, a través del análisis de sedimentos fechados con  $^{210}\text{Pb}$  y  $^{137}\text{Cs}$  (Li *et al.*, 2017). Mediante el análisis de componentes principales (PCA) y factores de enriquecimiento (EF) se identificó que la concentración de Cr,

Cu y Ni en los sedimentos no fue influenciada por actividades antropogénicas, aunque el contenido de Hg, Pb y Zn se vio afectado por la extracción y fundición de minerales en la región. Begy y colaboradores (2016) utilizaron el método de fechado con  $^{210}\text{Pb}$  para el análisis de la variación temporal de las concentraciones de metales pesados en núcleos sedimentarios del Lago Cruhlig, Rumania. Se determinó que la tasa media de acumulación sedimentaria es de  $0.21 \pm 0.02 \text{ g cm}^{-2}$ ; que la construcción de las represas Iron Gate I y II (1972 y 1985) provocaron una reducción de 58.74% en la sedimentación del lago, que en  $1992 \pm 3$  años el lago recibió gran cantidad de sedimentos ricos en metales pesados; que en  $2006 \pm 2$  años la concentración de As en los sedimentos del lago aumentó hasta 150%; y se concluyó que el lago es sensible a la descarga fluvial.

El análisis núcleos sedimentarios fechados con  $^{210}\text{Pb}$  y  $^{137}\text{Cs}$  sirvió para evaluar los cambios históricos en la concentración de metales al sur del lago Macquarie, en Australia (Schneider *et al.*, 2014). El estudio permitió determinar el enriquecimiento de Cd (casi el doble de los valores de referencia) y evaluar los cambios ocurridos en el suministro de metales pesados antes y después de implementar procedimientos de manejo de cenizas provenientes de plantas de producción eléctrica (basada en la combustión de carbón). Se encontró que las concentraciones de Zn, As, Se, Cd y Pb disminuyeron 10, 37, 20, 38 y 14% respectivamente, después de aplicar las medidas de mitigación.

Con base en los ejemplos anteriores, es evidente que el uso de núcleos sedimentarios fechados es una excelente herramienta para evaluar tanto las condiciones pre-antropogénicas, como las tendencias de la contaminación por metales y nutrientes, así como para evaluar los efectos de las medidas de mitigación de la contaminación que se realicen sobre los sistemas acuáticos lacustres.

#### **4. JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA**

Este estudio aporta conocimiento acerca de los niveles de concentración, tendencias de enriquecimiento y fuentes potenciales de metales pesados y nutrientes, en sedimentos de un lago cráter tropical que pertenece a un área

prioritaria para nuestro país (Arriaga *et al.*, 2000). Este estudio es importante para evaluar el grado de contaminación por metales pesados y nutrientes del lago de Santa María del Oro y dilucidar el origen de estos contaminantes. Esta información podría servir de base para plantear acciones de prevención y/o remediación que permitan conservar el ecosistema, evitar afectaciones a la salud humana y garantizar el desarrollo económico y sustentable de la población que depende de este ecosistema.

## 5. ÁREA DE ESTUDIO

Santa María del Oro, es un municipio del Estado de Nayarit, México, cuenta con un área de 1119,56 km<sup>2</sup> y 23 477 habitantes. Dentro del municipio se encuentra el lago cráter Santa María del Oro (SAMO), localizado en las coordenadas 21°22'58"N, 104°34'48"W, a 750 m s.n.m de altitud. El lago tiene 2.25 km de diámetro, con profundidad máxima de 60 m (Serrano *et al.*, 2002). Tiene una estratificación térmica estable durante la mayor parte del año (termoclina 16-24 m) que puede alcanzar los 40 m de profundidad, lo que indica que es oligomíctico (es decir, se mezcla solo ocasionalmente), con una tasa de calentamiento hipolimnético de  $0.1136 \pm 0.0001$  °C año<sup>-1</sup>, debido a la difusión térmica entre las capas de agua superficiales e inferiores. (Caballero *et al.*, 2013; Cardoso-Mohedano *et al.*, 2019) (figura 1).

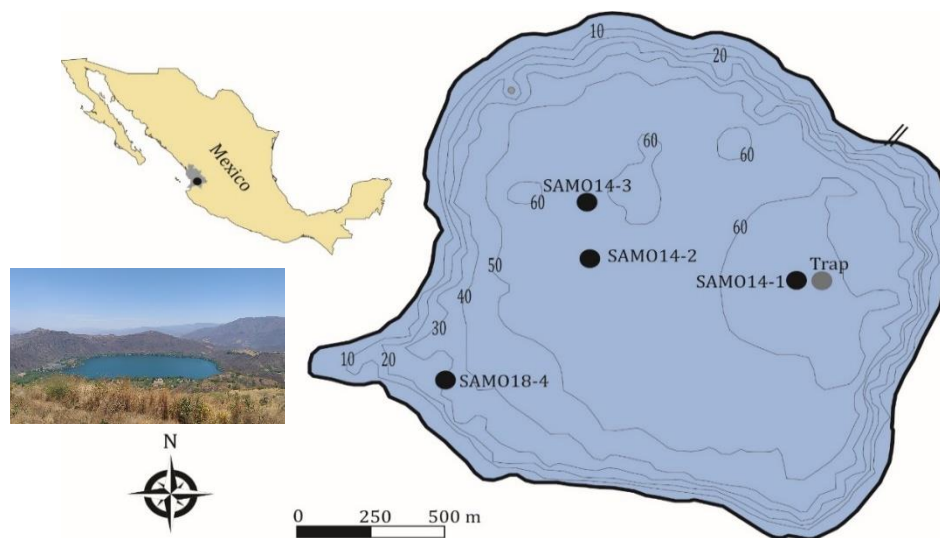


Figura 1. Lago Santa María del Oro, Nayarit, México.



El agua de SAMO tienen un pH básico ( $8.6 \pm 0.3$ ) (Vázquez-Castro *et al.*, 2008). Los sólidos disueltos totales, la conductividad eléctrica y los valores relativamente altos de  $Cl^-$  indican que el lago ha experimentado concentración por evaporación, en el pasado (Caballero *et al.*, 2013) algo que es congruente con el clima de la zona, que se caracteriza por una estación seca muy prolongada durante el ciclo anual (precipitación de  $1214 \text{ mm año}^{-1}$  y evaporación de  $1707 \text{ mm año}^{-1}$ ). SAMO es un lago mesotrófico, con altas concentraciones de fósforo soluble reactivo y de sílice en agua superficial y, durante la mezcla de invierno, se produce floración de diatomeas dominada por *Aulacoseria granulata* y *Nitzschia amphibia* y el nitrógeno inorgánico disuelto tiene niveles altos, pero puede llegar a ser el elemento limitante durante estratificación (Caballero *et al.*, 2013).

De acuerdo con Vázquez-Castro *et al.* (2008), el área que rodea al lago tiene un sótano andesítico del Eoceno cubierto por rocas volcánicas del Mioceno y flujos basálticos del Pleistoceno. El lago está dentro de un cráter posiblemente de edad pleistocena, con sedimentos compuestos principalmente por las fracciones litogénica (minerales como cuarzo, plagioclasa, piroxenos, magnetita y hematita), química (carbonatos autigénicos y biogénicos de calcita, aragonita y siderita) y amorfa (incluye materia orgánica, sílice amorfo de diatomeas y vidrio volcánico).

El borde del cráter es más bajo en el lado noreste (área conocida como El Desagüe), ahora sobre el nivel del lago, donde se formaba un canal artificial hacia el este. SAMO recibe agua de la precipitación pluvial, escorrentía superficial y flujo subterráneo, y pierde agua por evaporación e infiltración (Caballero *et al.*, 2013).

Estudios previos en núcleos sedimentarios del lago SAMO identificaron 21 eventos de sequía, se destacaron seis por su intensidad y/o duración (1365-1384, 1526, 1655-1670, 1818, 1900 y 1930-2000), y sequías recurrentes en periodicidades de 25, 39, 50, 70 y 117 años asociadas a la actividad solar y/o a factores climáticos como El Niño (Sosa-Nájera *et al.*, 2010). Además, se identificaron tres intervalos secos (500 a 1000 d. C., AD 1400 a 1550 y 1690 a 1770) a partir del aumento de carbonato y la presencia de Ostracoda y de la diatomea aerófila *Eolimna minima*, y dos períodos de impacto humano en el pasado (100 a 400 d. y 1100 a 1300 d. C)

mostrados por aumentos en la diatomea *Achnantheidium minutissimum*. (Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2015).

El lago SAMO es considerado un área lacustre prioritaria para México (Arriaga *et al.*, 2002) al mismo tiempo que constituye un relevante atractivo para turistas nacionales e internacionales que visitan la región Sinaloa-Jalisco (GMSMO, 2018). Zarate Del Valle *et al.* (2009) consideran este lago volcánico como un sitio prístino por la ausencia de contaminantes orgánicos en sus sedimentos, sin embargo, no se tiene información disponible sobre los niveles y grado de contaminación por metales pesados.

Las actividades económicas más relevantes en el municipio de Santa María del Oro son la agricultura, ganadería, pesca, explotación forestal, minería, comercio y turismo. Al norte del lago se encuentra una zona de explotación minera de calcita, mientras que al sur de la cuenca es de Au y Ag (SGM, 2018). En los alrededores del lago se cuenta con infraestructura para hospedaje (cabañas, casas habitación, espacios para acampar y bungalows) y restaurantes (Moreno y Barrón, 2015).

Las actividades relacionadas con el turismo han incrementado desde hace al menos 40 años, lo que ha provocado el crecimiento de áreas urbanizadas que, a su vez, aumentan la descarga directa de residuos al lago, así como la proliferación de embarcaciones turísticas a base de combustibles fósiles. Adicionalmente, el lago ha sido utilizado para proyectos de cultivo de peces en jaulas, y recibe escorrentía superficial a través de las zonas agrícolas que lo rodean, principalmente cultivo de caña de azúcar, maíz y agave, este último desde 1999 (González 2008; Ortiz-Caldera 2016). La quema de residuos domésticos y agrícolas (caña de azúcar) es un problema conocido en el municipio de Santa María del Oro, que a menudo también produce incendios forestales recurrentes en los alrededores (SEDATU, 2013). Es probable que estas actividades hayan contribuido a provocar cambios en las condiciones ambientales del sistema, las cuales no han sido evaluadas aún, pues no se cuenta con estudios publicados que muestren el nivel actual de las condiciones de contaminación del lago SAMO.

## **6. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN E HIPÓTESIS**

1. ¿Cuáles son los valores de base y actuales de la concentración de metales y nutrientes en los sedimentos del lago SAMO?

Si el lago de SAMO se encuentra impactado por el desarrollo de actividades humanas como el turismo, la agricultura, la pesca deportiva o el aporte de aguas residuales, entonces las proporciones de concentración de nutrientes (C, N y P) y las concentraciones normalizadas de los metales pesados (As, Cu, Cr, Hg, Pb, Ni, V y Zn) en los sedimentos del lago, mostrarán evidencia de enriquecimiento respecto a los valores de base, desde hace al menos 50 años.

2. ¿Cuál es la tendencia de la contaminación por metales y nutrientes en el lago SAMO y cómo se relaciona con el crecimiento poblacional y las actividades económicas de la zona?

Si la población, la afluencia turística al lago de SAMO y las actividades agrícolas han aumentado con el tiempo, y sus actividades generan desechos enriquecidos en metales y nutrientes, los flujos de estos contaminantes mostraran incrementos que se correlacionen con el crecimiento poblacional.

## **7. OBJETIVOS**

### **7.1 Objetivo general:**

Realizar la reconstrucción histórica de la contaminación por metales y nutrientes en el lago de Santa María de Oro con base en el análisis de núcleos sedimentarios fechados con  $^{210}\text{Pb}$  y  $^{14}\text{C}$ .

### **7.2 Objetivos específicos:**

- Determinar la edad de los núcleos sedimentarios mediante el método de fechado  $^{210}\text{Pb}$ .
- Determinar la edad de las secciones más profundas de los núcleos sedimentarios mediante el método de fechado  $^{14}\text{C}$ .
- Determinar la concentración de metales y nutrientes presentes en los sedimentos.

- Definir la concentración de referencia (previa a 1900) de metales y nutrientes en los sedimentos.
- Estimar los niveles de enriquecimiento de metales y nutrientes en los sedimentos a partir del siglo pasado (1900).
- Evaluar las fuentes potenciales de contaminación mediante métodos quimiométricos.

## 8. MATERIALES Y MÉTODOS

### 8.1 Muestreo

La recolección de núcleos sedimentarios se realizó en el lago SAMO con un nucleador de gravedad marca Uwitec™, con tubos de PVC transparente de 1 m de longitud y 8.5 cm de diámetro (tabla 2). Los núcleos profundos de SAMO se recolectaron debajo de la oxiclina, donde las condiciones anóxicas son casi permanentes.

Tabla 2. Información de muestreo de núcleos de sedimentos del lago Santa María del Oro, México.

Núcleo	Coordenadas	Profundidad (m)	Longitud (cm)	Fecha de recolección
SAMO 14-1	21° 22' 8.7" N 104° 33' 53.1" O	55	84	28 de abril de 2014
SAMO 14-2	21° 22' 11.2" N 104° 34' 20.1" O	48.2	78	28 de abril de 2014
SAMO 14-3	21° 22' 20.2" N 104° 34' 18.1" O	52	91	29 de abril de 2014
SAMO 18-4	21° 22' 15.06" N 104° 34' 37.4" O	30	36	01 de mayo de 2018

### 8.2 Procesamiento de muestras

Los núcleos fueron extrudidos y se cortaron secciones de 1 cm de espesor; se utilizaron espátulas y charolas de plástico previamente lavadas con HCl 1N y HNO<sub>3</sub> 1N (Moody y Lindstrom, 1977). Las secciones de sedimento, se congelaron y liofilizaron (Labconco modelo 7754042) durante 72 horas, a vacío de 36-76 x 10<sup>-3</sup> mbar y temperatura de -40°C. Las muestras secas se molieron en mortero de

porcelana (excepto las que serían analizadas por tamaño de grano) y se almacenaron en bolsas plásticas hasta su análisis.

### **8.2.1 Control de calidad**

La precisión es la proximidad entre los valores medidos obtenidos en mediciones repetidas de una misma muestra, bajo condiciones específicas. La exactitud es la proximidad entre un valor medido y un valor verdadero de un mensurando (VIM, 2012). Según el “Vocabulario de Términos Básicos y Generales de Metrología” (VIM) la incertidumbre de medición es el parámetro asociado con el resultado de la medición que caracteriza la dispersión de los valores que razonablemente pudiera ser atribuida al mensurando (o magnitud). Este parámetro podría ser una desviación estándar o un “intervalo de confianza”.

En el presente estudio, la precisión se obtuvo a partir de la determinación de una serie de réplicas de muestras, de material de referencia certificado (MRC) o de estándares correspondientes a cada análisis. A partir de los valores obtenidos en las réplicas, se calculó el promedio ( $\bar{X}$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ). Posteriormente, para determinar la precisión se calculó el coeficiente de variación ( $CV = \sigma/\bar{X} * 100$ ), el cual debe ser menor al 10%.

Para probar la exactitud, se construyeron cartas control de calidad analítica (CCCA), que constituyen un procedimiento de evaluación rutinaria en los análisis del laboratorio, construidas de la siguiente manera:

1. Se seleccionó un material de referencia certificado (MRC) y se analizó con las muestras.
2. El MRC se analizó repetidamente cada vez que se realizó un análisis de muestras, de manera que se cubriera el intervalo completo de errores aleatorios entre grupos de análisis y dentro de un mismo grupo.
3. Se graficó 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).

### 8.2.2 Fechado con $^{210}\text{Pb}$

La determinación de las actividades de  $^{210}\text{Pb}$  se realizó por medio de espectrometría de partículas alfa ( $\alpha$ ) y rayos gamma ( $\gamma$ ). La espectrometría de partículas  $\alpha$  se utilizó para determinar la actividad de  $^{210}\text{Pb}_{\text{tot}}$  a través de la determinación de  $^{210}\text{Po}$ , presente en una muestra de sedimentos, la cual es previamente sometida a digestión total mediante una mezcla de ácidos concentrados ( $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$  y  $\text{HF}$ ) para aislar el  $^{210}\text{Po}$  por depósito espontáneo en discos de plata. La actividad de  $^{210}\text{Po}$  se determinó mediante detectores de silicio de barrera de superficie (Alpha Ensemble, Ortec-Ametek). El tiempo de medición osciló entre uno y cuatro días de acuerdo con la actividad de cada sección (mayor actividad y menor tiempo de conteo en muestras superficiales) y de la precisión requerida (alrededor de 400 cuentas para obtener incertidumbres de  $\sim 5\%$ ). Para evaluar la calidad de la medición por espectrometría alfa se utilizó el material de referencia certificado IAEA-300 (radionúclidos en sedimentos del mar Báltico).

Para los análisis de espectrometría de rayos  $\gamma$  se utilizó un detector de germanio hiperpuro (HPGe) con configuración de pozo (GWL-120-15-S, Ortec-Ametek). La actividad de  $^{210}\text{Pb}_{\text{sop}}$  se determinó con base en la actividad de  $^{226}\text{Ra}$ . Se colocaron 4 mL de sedimento seco y molido en tubos de polietileno (5.6 cm de largo y 1.1 cm de diámetro interno) que se sellaron con tapón de goma y cinta teflón, y se dejaron transcurrir 21 días para permitir el equilibrio radioactivo entre  $^{222}\text{Rn}$  y el descendiente radioactivo  $^{214}\text{Pb}$ , a través del cual se estimó la actividad de  $^{226}\text{Ra}$ . El vial con la muestra se introdujo en un detector gamma HPGe de pozo marca Ortec™ para su conteo por un mínimo de 48 horas, para así obtener una incertidumbre menor al 10% respecto al número de cuentas (Ruiz-Fernández *et al.*, 2005).

Para evaluar la calidad de la medición por espectrometría gamma se usaron los materiales IAEA-313 (sedimento de río), IAEA-385 (sedimento de Mar de Irlanda) e IAEA-384 (sedimento de Fangataufa). La edad de los sedimentos, así como las tasas de acumulación másica (TAM,  $\text{g cm}^{-2} \text{ a}^{-1}$ ) y sedimentaria (TAS,  $\text{cm a}^{-1}$ ) se estimaron mediante el modelo de flujo constante (CF) de acuerdo con la metodología descrita por Sánchez-Cabeza y Ruiz-Fernández, 2012. Las

incertidumbres del fechado se estimaron mediante la simulación de Monte Carlo (Sánchez-Cabeza *et al.*, 2014).

### **8.2.3 Corroboración de modelo de edad con $^{137}\text{Cs}$**

Las actividades de  $^{137}\text{Cs}$  se determinaron mediante espectrometría de rayos gamma, del mismo modo que se describió anteriormente para la determinación de actividades de  $^{210}\text{Pb}$ .

### **8.2.4 Corroboración de modelo de edad con $^{239+240}\text{Pu}$**

Las actividades de  $^{239+240}\text{Pu}$  se determinaron mediante espectrometría alfa en sistemas Ortec-Ametek 576A. Se digirieron en una mezcla de ácidos concentrados (1:3 HCl + HNO<sub>3</sub>) en una plancha de calentamiento (150 °C, 6 h) ~3 g de sedimento calcinado (600 °C por 8 h), adicionados con un estándar de  $^{242}\text{Pu}$  como trazador de recuperación. Los isótopos de plutonio fueron purificados con una resina de intercambio aniónico (AG 1  $\chi$  8-200, Bio-Rad Laboratories, Inc.; Wong 1971) y se electrodepositaron sobre un disco de plata (0.3 mm de espesor, 2 cm de diámetro; Puphal y Olsen, 1972), se utilizó como solución electrolito una mezcla de HCl y oxalato de amonio + cloruro de amonio (pH = 2), un ánodo de platino (1 mm de espesor) y una fuente de poder Agilent U8001A (corriente de 1 A) (Ruiz-Fernández *et al.*, 2014).

### **8.2.5 Fechado con $^{14}\text{C}$**

Para la determinación de edades por radiocarbono en el núcleo SAMO 14-2 se utilizó la metodología de espectrometría de aceleración de masas. Se sometió una alícuota de sedimento pulverizado (~1 g) a una digestión ácida (80°C) con HCl al 4%, se lavó la muestra con agua des ionizada, se decantó el sobrenadante y el residuo se secó a 55°C en la estufa por 24 horas. Se colocaron ~0.05 g de muestra digerida en un tubo de vidrio con CuO (oxidante) y Ag (purificador). El tubo de vidrio se selló al vacío y luego se quemó a 850 ° C durante 8 horas para extraer el carbono en forma de gas (CO<sub>2</sub> estable).

El CO<sub>2</sub> se separó de otros gases liberados durante la combustión en una línea de separación al vacío (nitrógeno líquido y trampas de hielo seco). Luego se transfirió una alícuota (1 mg) de CO<sub>2</sub> para reducirlo a grafito mediante el uso de Zn (o H para muestras pequeñas), un catalizador de Fe y nitrógeno líquido (para transferir el gas en la línea de separación). La muestra de grafito se presionó a 200 psi en un contenedor de aluminio. El contenedor se cargó en una rueda que contiene 40 muestras (12 estándares conocidos y 28 muestras).

Una vez que se llenó una rueda de muestra, se llevó al AMS (modelo compacto NEC 0.5MV AMS) para su medición en el Centro <sup>14</sup>CHRONO, Queen's University Belfast. En el AMS, las muestras de grafito fueron bombardeadas con Cs para producir iones de carbono. Estos iones se aceleraron mediante imanes a lo largo de una serie de giros. A medida que diferentes isótopos de carbono giraron con diferentes radios, el AMS separó los átomos en sus fracciones isotópicas (<sup>12</sup>C, <sup>13</sup>C y <sup>14</sup>C). La relación de <sup>12</sup>C a <sup>14</sup>C se usó para calcular la edad del radiocarbono.

El efecto del fraccionamiento es una separación parcial de los diferentes isótopos que resulta en el enriquecimiento de un isótopo con relación al otro. La relación <sup>14</sup>C/<sup>12</sup>C fue corregida por blancos (muestras conocidas que tienen > 50,000 años de antigüedad) y se normalizó al estándar HOXII (SRM 4990C; Instituto Nacional de Estándares y Tecnología) para corregir las emisiones de <sup>14</sup>C por efecto de las pruebas nucleares y las emisiones de <sup>12</sup>C por el incremento de la actividad antropogénica de 1950. Se calculó el fraccionamiento y la cantidad de F<sup>14</sup>C corregido por blancos (Reimer *et al.*, 2004) a partir de la ecuación 10:

$$F^{14}C = \left( \frac{R_0}{R_1^2} - \frac{BR_0}{BR_1^2} \right) / \left( \frac{SR_0}{SR_1^2} - \frac{BR_0}{BR_1^2} \right) \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde R<sub>0</sub> es la relación <sup>14</sup>C/<sup>12</sup>C y R<sub>1</sub> es la relación <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C. Un prefijo B o S en las relaciones implica que son valores de los blancos (background) o valores del estándar (standard) respectivamente.



### **8.2.6 Distribución de tamaño de grano**

La determinación de los porcentajes de arena (63 - 2000  $\mu\text{m}$ ), limos (4.0 - 63.0  $\mu\text{m}$ ) y arcilla (0.1 - 4.0  $\mu\text{m}$ ) se llevó al cabo mediante el método de difracción de rayos láser en un equipo Malvern, modelo Mastersizer 2000. Una alícuota de sedimento seco ( $\sim 0.1$  g) sin moler fue sometida a digestión para eliminar la materia orgánica presente en los sedimentos, mediante la reacción con  $\text{H}_2\text{O}_2$  al 30%, sobre plancha de calentamiento a  $\sim 60^\circ\text{C}$ . Antes de que la muestra se seque, se agregaron 20 mL de agua MilliQ y se evaporó de nuevo a la misma temperatura. Esta operación se realizó dos veces más para eliminar cualquier residuo de  $\text{H}_2\text{O}_2$  y la muestra se resuspendió con agua destilada. La muestra en suspensión se sometió a baño sónico durante 3 minutos (para separar conglomerados) previo a la cuantificación relativa del tamaño de partícula. El control de calidad de los análisis se realizó mediante el análisis de réplicas del material de referencia certificado QAS3002 (15 a 150  $\mu\text{m}$ ).

### **8.2.7 Susceptibilidad magnética (SM)**

Para el análisis de susceptibilidad magnética se colocó una alícuota de sedimento pulverizado ( $\sim 1.5$  g) dentro de un tubo de polietileno de 33 mm de largo y 8 mm de diámetro. El tubo se introdujo en un medidor de susceptibilidad magnética Bartington™ MS2 acoplado a un sensor de frecuencia simple MSG2 durante 3 minutos. Este procedimiento se utilizó para la medición de los blancos y el material de referencia certificado Bartington-G039.

### **8.2.8 Concentración de C y N**

La determinación de los porcentajes de carbono total ( $C_{\text{tot}}$ ), carbono orgánico ( $C_{\text{org}}$ ), carbono inorgánico ( $C_{\text{inorg}}$ ), nitrógeno total ( $N_{\text{tot}}$ ) y nitrógeno orgánico ( $N_{\text{org}}$ ) se realizaron en un analizador elemental modelo Elementar Vario MICRO select. Para el análisis de  $C_{\text{tot}}$  y  $N_{\text{tot}}$ , se colocaron alícuotas de  $\sim 20$  mg de sedimento molido y seco en cápsulas de estaño, pesadas con una balanza analítica AND modelo HR-202i (Max 220 mg, Min 1 mg). Para el análisis de la fracción orgánica de ambos elementos, se utilizó sedimento previamente descalcificado.

Para descalcificar el sedimento, se pesó una alícuota ~0.3 g de sedimento y se adicionó de 1 a 3 ml de HCl 1M (hasta que no hubiese efervescencia), posteriormente se agregó 25 mL de agua MilliQ, se centrifugó y decantó el sobrenadante 2 veces (para eliminar cualquier residuo de HCl); por último, las muestras se liofilizaron y se siguió el procedimiento antes descrito para  $C_{tot}$  y  $N_{tot}$ . Las muestras encapsuladas (sin tratamiento previo y descalcificadas) se colocaron en el muestreador automático del analizador elemental y las concentraciones se estimaron con base a una curva de calibración con el intervalo de 0.4 a 23.2 % de carbono. Para determinar la exactitud de las mediciones se utilizó el material de referencia de suelos Leco 502-309 lote 1005 ( $C = 8.92\%$ ,  $S = 0.088\%$ ,  $N = 0.77\%$ ).

### **8.2.9 Composición elemental**

Las concentraciones de elementos mayoritarios, minoritarios y metales pesados se determinaron mediante espectrometría de fluorescencia de rayos X (XRF), con un sistema Spectro™ Xepos. Para la determinación, 4 g de sedimento pulverizado se colocaron en una celda de polietileno de baja densidad (32 mm de diámetro interno), en la cual el fondo es previamente envuelto con una película de Prolene™ (XRF, por sus siglas en inglés). El instrumento realiza mediciones con diferentes objetivos de rayos X (usualmente, molibdeno, corindón y un cristal HOPG), lo cual permite la determinación de concentraciones elementales de los números atómicos entre 13 (Al) y 92 (U). Para evaluar la exactitud de la medición por espectrometría gamma se usaron los materiales LKSD-1, LKSD-2 y LKSD-4 (sedimentos lacustres de Canadá).

### **8.2.10 Concentración de mercurio**

La determinación de mercurio total se realizó por espectrometría de absorción atómica con vapor frío con un espectrofotómetro de absorción atómica Varian™ modelo SpectrAA 220. La digestión total de las muestras de sedimento se realizó de acuerdo con la metodología propuesta por Loring y Rantala (1992), para lo cual se colocaron alícuotas de sedimento pulverizado (~0.5 g) en recipientes de Teflón PFA y se adicionó una mezcla de ácidos concentrados (3:1:1  $HNO_3$ :HF:HCl). Los

recipientes se cerraron herméticamente y se colocaron sobre una placa de calentamiento a 130°C durante 12 h. Se pesaron 0.2 g de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> en tubos de centrifuga de peso conocido, a los cuales se transfirió el digerido y se llevó a volumen de 30 ml con agua Milli Q. La muestra se centrifugó a 3500 rpm durante 10 minutos y se recuperó el sobrenadante. Se transfirieron 8.9 mL del sobrenadante a un vial limpio y seco; se añadieron 1 mL de HNO<sub>3</sub> (50%) y 0.1 mL de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> (1%) para obtener un volumen total de 10 mL. Posteriormente, la muestra se analizó en un espectrofotómetro de absorción atómica y la medición de la absorbancia de Hg fue a una longitud de onda de 253.7 nm. La evaluación de la exactitud de esta técnica se realizó mediante el análisis del material de referencia certificado (MRC) NCS DC 73308 y PACS-2.

### **8.3 Tratamiento de datos**

Para el análisis, los datos se agruparon como: pre-1900, incluidas las secciones más antiguas al periodo fechado con <sup>210</sup>Pb; pre-1950, para los sedimentos acumulados de 1900 a 1950; y post-1950, para los sedimentos acumulados desde 1950. El año 1950 se tomó como referencia debido al inicio de la Gran Aceleración (Steffen *et al.*, 2005).

#### **8.3.1 Evaluación de riesgo a la biota debido a metales pesados y metaloides.**

La evaluación de riesgo ecológico fue realizada a través de la comparación de los valores de concentración de As, Cr, Cu, Ni, Pb, V y Zn, observados en las secciones de los núcleos sedimentarios, con los valores de referencia TEL y PEL para sedimentos de agua dulce, incluidos en las tablas de evaluación rápida de Buchman *et al.* (2008).

#### **8.3.2 Concentración de referencia**

La determinación de las concentraciones de referencia de los elementos analizados es importante ya que son utilizados como valores base, a partir de los cuales, es posible establecer si existe un enriquecimiento o disminución en la concentración de los metales pesados con el paso del tiempo. Los valores de concentración de referencia (definida aquí, como las concentraciones registradas en sedimentos

acumulados antes de 1900, de acuerdo con el fechado con  $^{210}\text{Pb}$ ) se calcularon mediante el promedio de las concentraciones observadas en las capas de sedimento más antiguas, en las cuales las actividades  $^{210}\text{Pb}_{\text{tot}}$  se encuentran en equilibrio con las de  $^{210}\text{Pb}_{\text{sop}}$  ( $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}} \sim 0$ ).

### 8.3.3 Factor de enriquecimiento

El factor de enriquecimiento (FE) se utiliza para distinguir entre las concentraciones antropogénicas y las concentraciones de referencia del elemento de interés en los sedimentos. Para el cálculo de FE las concentraciones del metal de interés son normalizadas por un elemento de referencia, que representa la fuente litogénica, y que no se encuentre significativamente alterado por actividades antropogénicas (Abraham y Parker, 2008). La normalización con un elemento de referencia tiene el propósito de compensar las variaciones del metal de interés por cambios en la mineralogía o en el tamaño de grano (Loring y Rantala, 1992). Para seleccionar el metal de referencia que se utilizó para normalizar las concentraciones de los elementos contaminantes, se evaluó la correlación entre las concentraciones de los elementos de referencia, Al y Ti, y el tamaño de grano del sedimento (arcillas, limos y arenas) para cada núcleo sedimentario. El cálculo del FE se realizó con la ecuación 11 (Buat-Menard y Chesselet, 1979):

$$FE = \frac{(M/M^+)_{C}}{(M/M^+)_{CR}} \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde, M es la concentración del metal de interés,  $M^+$  es la concentración del elemento de referencia (Al), C es la concentración de los elementos en el periodo post-1900, CR es la concentración de referencia de los elementos en el periodo pre-1900.

Para evaluar los niveles de contaminación se utilizó la clasificación de Birch y Davies (2003), donde  $FE \leq 1-2$  indica que no hay enriquecimiento;  $2 < FE \leq 3$  enriquecimiento menor;  $3 < FE \leq 5$  enriquecimiento moderado;  $5 < FE \leq 10$  enriquecimiento moderadamente severo;  $10 < FE \leq 25$  enriquecimiento severo,  $25 < FE \leq 50$  enriquecimiento muy severo y  $FE > 50$  enriquecimiento extremadamente severo.

### 8.3.4 Flujos de metales pesados.

Los flujos de contaminantes hacen referencia a la concentración del elemento por unidad de área en el tiempo (Cochran *et al.*, 1998). El flujo del metal de interés para el periodo de tiempo comprendido en la sección del núcleo sedimentario, se expresa en  $\mu\text{g cm}^{-2} \text{ año}^{-1}$ , excepto para Hg ( $\text{ng cm}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ). Se determinó como el producto de la tasa de acumulación másica (TAM) durante el periodo ( $\text{g cm}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ) y la [M+], es la concentración del elemento contaminante (ecuación 12).

$$F = \text{TAM} * [\text{M}+] \quad \text{Ecuación 12}$$

### 8.3.5 Proporción de flujos

Se calcularon las proporciones de flujo para evaluar los cambios en los flujos de metales pesados a través del tiempo (Heyvaert *et al.*, 2000), mediante la ecuación 13:

$$\text{PF} = F/\text{FR} \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde PF es la proporción de flujo del metal de interés. F es el flujo del metal y FR es el flujo de referencia, que se calculó mediante la multiplicación de la TAM más antigua disponible para cada núcleo por la concentración de referencia del metal pesado de interés. La proporción de flujo es adimensional.

### 8.3.6 Relación molar C:N:P

Para determinar la fuente del depósito de la materia orgánica al sedimento, se calculó la relación C:N, C:P y N:P mediante el cociente de las concentraciones molares de  $C_{\text{org}}$  y  $N_{\text{org}}$ ,  $C_{\text{org}}$  y P,  $N_{\text{org}}$  y P, respectivamente.

### 8.3.7 Degradación de la materia orgánica

La tasa de descomposición de  $C_{\text{org}}$  se calculó a través del modelo de primer orden G de Berner (1980) en la ecuación 14 (Zimmerman y Canuel, 2000):

$$G_i = G_0 e^{-kt} + G_\infty \quad \text{Ecuación 14}$$

Donde  $k$  es la constante de descomposición ( $\text{años}^{-1}$ ),  $G_0$  representa la concentración del carbono orgánico degradable en la superficie del sedimento y  $G_\infty$  es la concentración asintótica del perfil de profundidad que representa la fracción refractaria de la materia orgánica.

### 8.3.8 Variación temporal de los flujos de $C_{\text{org}}$

Para evaluar la variación temporal del suministro de  $C_{\text{org}}$  a los sedimentos se utilizó el modelo de Middelburg (1989) en la ecuación 15, que predice la concentración de  $C_{\text{org}}$  en cualquier tiempo, que asume el aporte constante de material orgánico y condiciones de estado estable para el proceso de diagénesis (Cornwell *et al.*, 1996):

$$G_t = G_0 e^{-3.2t^{0.05}} \quad \text{Ecuación 15}$$

Donde  $G_t$  es el componente orgánico metabolizable de  $C_{\text{org}}$  depositado en el tiempo  $t$  y  $G_0$  representa la concentración del componente orgánico degradable en la interface agua-sedimento, la cual se seleccionó para proveer una correspondencia general entre el modelo y la concentración del componente orgánico no-metabolizable (sección asintótica del perfil vertical de carbono orgánico). Al conocer la fracción de  $C_{\text{org}}$  que ha sido consumida debido a la descomposición bacteriana, es posible estimar la concentración depositada originalmente en la superficie de los sedimentos, así como el porcentaje preservado en la columna de sedimento a lo largo del tiempo. las concentraciones de  $C_{\text{org}}$  corregidas por degradación bacteriana permiten evaluar si hay un enriquecimiento de  $C_{\text{org}}$ .

### 8.3.9 Análisis estadísticos

#### 8.3.9.1 Estadística básica

Se calculó el valor promedio de las variables analizadas, que se obtiene al dividir la suma de varias cantidades por el número de sumandos; la desviación estándar que indica que la dispersión de los datos con respecto a la media; y los intervalos mediante los extremos absolutos, es decir, los valores más grandes (máximos) o más pequeños (mínimos) del conjunto de datos (Moore, 2005).

### 8.3.9.2 Análisis de correlación

Se calculó el coeficiente de correlación para las variables geoquímicas arcillas, limos, arenas y SM, nutrientes C, N y P, elementos terrígenos Al, Fe, Mn, Rb, Ti y Zr, elementos contaminantes As, Ni, Cr, Cu, Pb, V y Zn. El coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ) es una medida de la relación entre dos variables aleatorias que se distribuyen normalmente. El análisis de correlación limita las asociaciones a un rango de -1 a +1. El coeficiente  $r$  indica la dirección e intensidad de la correlación, y el signo de los valores indica un comportamiento directamente (+) o inversamente (-) proporcional entre las dos variables (Mackey y Gass, 2005). La significancia estadística de  $r$  depende del número de muestras ( $n$ ) y del nivel de confianza (95%,  $\alpha = 0.05$ ). El cuadrado del coeficiente de correlación es el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) que mide la proporción de la variabilidad total de la variable dependiente  $Y$  con respecto a la variable independiente  $X$  (Snedecor y Cochran, 1978).

### 8.3.9.3 Análisis de varianza (ANOVA)

Se llevó al cabo el análisis de varianza (ANOVA) para comparar las variables geoquímicas, las concentraciones de nutrientes y metales en todos los núcleos sedimentarios estudiados. El ANOVA permite comparar los valores medios de las poblaciones de datos de las variables analizadas y, mediante una prueba de hipótesis, se establece si existen diferencias entre las medias de dos o más poblaciones. La hipótesis nula establece que todas las medias de la población (medias de los niveles de los factores) son iguales mientras que la hipótesis alternativa establece que al menos una es diferente. Si el valor  $p$  es menor que el nivel de significancia (0.05), entonces se concluye que al menos una media es diferente. Para identificar cuál de las medias de los grupos es diferente se utiliza un método de comparaciones múltiples como el de Tukey (Miller y Miller, 2002), que realiza comparaciones por pares para determinar si existe diferencia significativa entre las dos medias (Hervé y Lynne, 2010).

#### 8.3.9.4 Análisis de factores

Se realizó el AF para identificar cuáles son los procesos que mejor explican la variabilidad de las concentraciones de metales pesados en los núcleos sedimentarios SAMO 14-1, SAMO 14-2, SAMO 14-3 y SAMO 18-4 (individualmente y en conjunto) que incluyó 19 variables: concentración elemental (Al, As, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Rb, Si, Sr, Ti, V, Zn, Zr), concentración de carbono orgánico e inorgánico ( $C_{inorg}$ ,  $C_{org}$ ) y susceptibilidad magnética (SM). Se utilizó el método de extracción de componentes principales con rotación Varimax. El análisis factorial (AF) es una técnica de análisis multivariado que tiene el objetivo de reducir un conjunto de variables cuantitativas aleatorias (interrelacionadas) a un grupo de factores latentes (independientes) en función de la correlación entre las variables, de tal manera que los factores siempre serán, en número, inferiores a las variables iniciales (Schneeweiss y Mathes, 1995). Su capacidad de sintetizar información se obtiene de eliminar del conjunto de variables iniciales aquellas que ofrecen información redundante. A diferencia de la ecuación del modelo de regresión, los factores no son variables simples, sino dimensiones que engloban a un conjunto determinado de variables, y las variables pueden ser explicadas linealmente en función de los factores seleccionados (Rodríguez-Jaume y Mora-Catalá, 2002).

## 9. RESULTADOS

Las tablas de resultados correspondientes, obtenidos para las variables analizadas se presenta en la sección Anexo, al final de este documento.

### 9.1 Control de calidad

Para la mayoría de los elementos analizados (excepto Fe, cuyos valores fueron subestimados), las CCCA mostraron que los resultados corresponden al intervalo de valores certificados de los materiales de referencia, lo que implica que tienen una excelente exactitud y repetibilidad. En las figuras A1, A2 y A3 se muestran las CCCA para la determinación de los elementos mayoritarios (Al, Mn, Si y Fe), oligoelementos (Rb y Zr.), nutrientes (P) y elementos contaminantes (Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn) mediante los MRC IAEA-158, IAEA-433 e IAEA-405.



## 9.2 Actividades de $^{210}\text{Pb}$

Las actividades de  $^{210}\text{Pb}_{\text{sop}}$  en el núcleo SAMO 14-1 fueron comparables con los núcleos SAMO 14-2 y SAMO 18-4 ( $16.3 \pm 2.3$  a  $56.0 \pm 3.4$   $\text{Bq kg}^{-1}$ ), pero significativamente ( $p < 0.05$ ) más bajos en SAMO 14-3 ( $16.2 \pm 2.1$  a  $42.6 \pm 2.8$   $\text{Bq kg}^{-1}$ ) (figura 2, anexo tabla A1 y A10).

Las actividades de  $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$  fueron comparables ( $p > 0.05$ ) entre los núcleos SAMO 14-1 y SAMO 18-4 ( $\text{ND}$ - $194.4$   $\text{Bq kg}^{-1}$ ), pero significativamente ( $p < 0.05$ ) menores que en los núcleos SAMO 14-2 ( $8.4$  –  $290.9$   $\text{Bq kg}^{-1}$ ) y SAMO 14-3 ( $9.6$ - $275.7$   $\text{Bq kg}^{-1}$ ), que son comparables ( $p > 0.05$ ) entre ellos. Los perfiles de actividad de  $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$  mostraron actividades decrecientes con la profundidad (figura 2), aunque en todos los núcleos sedimentarios las actividades de  $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$  en algunas secciones mostraron desviaciones respecto al perfil de decaimiento exponencial.

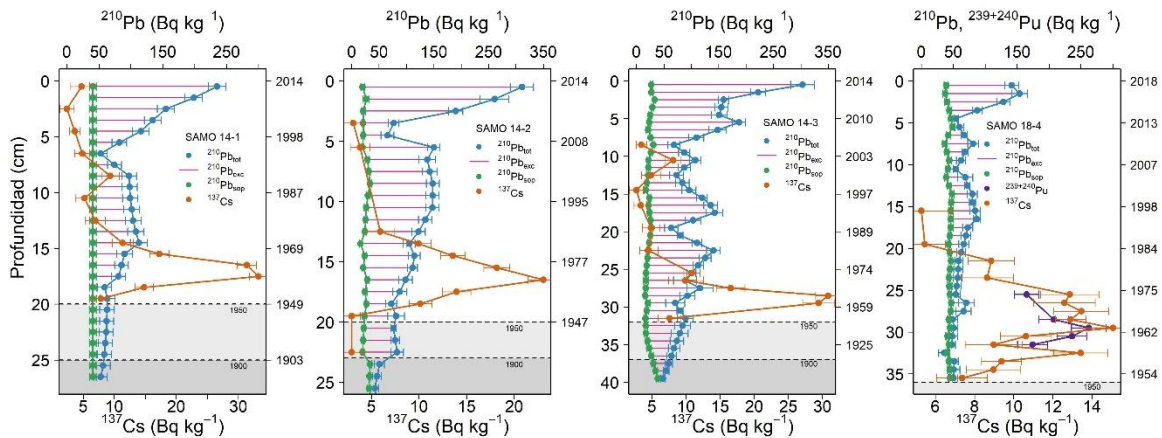


Figura 2. Perfiles de  $^{210}\text{Pb}_{\text{tot}}$ ,  $^{210}\text{Pb}_{\text{sop}}$ ,  $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  y  $^{239+240}\text{Pu}$  en los sedimentos del lago Santa María del Oro, Nayarit, México. El fondo sombreado corresponde al periodo pre1950 (gris tenue) y pre1900 (gris).

## 9.3 Actividades $^{137}\text{Cs}$

Las actividades de  $^{137}\text{Cs}$  fueron comparables entre los núcleos ( $0.0$  –  $33.3$   $\text{Bq kg}^{-1}$ , anexo tabla A10). Los perfiles de actividad de  $^{137}\text{Cs}$  respecto a la profundidad de los cuatro núcleos (figura 2) mostraron un máximo a diferentes profundidades: SAMO 14-1: 17-18 cm, SAMO 14 -2: 16-17 cm, SAMO 14-3: 28-29 cm, y SAMO 18-4: 29-30 cm.

#### 9.4 Actividades $^{239+240}\text{Pu}$

Las actividades de  $^{239+240}\text{Pu}$  oscilaron entre 165 y 262  $\text{mBq kg}^{-1}$  en SAMO 18-4 (Figura 2). El perfil de actividad de  $^{239+240}\text{Pu}$  respecto a la profundidad mostró el valor de actividad máxima en la profundidad de 29-30 cm.

#### 9.5 Fechado con $^{210}\text{Pb}$

El inventario de  $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$  fue menor en SAMO14-1 ( $2922 \pm 164 \text{ Bq m}^{-2}$ ), similar entre SAMO14-2 ( $3631 \pm 112 \text{ Bq m}^{-2}$ ) y SAMO 18-4 ( $3543 \pm 261 \text{ Bq m}^{-2}$ ), y mayor en SAMO14-3 ( $6357 \pm 175 \text{ Bq m}^{-2}$ ). Debido a que en el núcleo SAMO 18-4 (con longitud de 36 cm) no se alcanzó la profundidad de equilibrio ( $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}} \sim 0$ ) se infirió que el inventario de  $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$  estaba incompleto. Ya que el modelo CF requiere conocer el inventario total de  $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$ , fue necesario calcular el inventario faltante; mediante el uso de una fecha de referencia. Se utilizó el máximo de  $^{137}\text{Cs}$  (29-30 cm) bajo la suposición de que corresponde a 1963, año en que la precipitación atmosférica radiactiva fue mayor a consecuencia de las pruebas de armas termonucleares.

Los flujos de  $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$  derivados de los inventarios (Sánchez-Cabeza y Ruiz-Fernández, 2012) fueron comparables entre los núcleos SAMO 14-2 ( $113.2 \pm 3.5 \text{ Bq m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ) y SAMO 18-4 ( $110.5 \pm 8.2 \text{ Bq m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ), más altos que el núcleo SAMO 14-1 ( $90.1 \pm 5.1 \text{ Bq m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ), pero más bajos que SAMO 14-3 ( $198.2 \pm 5.6 \text{ Bq m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ).

Los valores de la tasa de acumulación másica (TAM en  $\text{g cm}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ) fueron comparables ( $0.01 - 0.40 \text{ g cm}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ) entre los núcleos SAMO14-1, SAMO14-2 y SAMO 14-3, pero significativamente ( $p < 0.05$ ) más bajos que en SAMO18-4 ( $0.09 - 1.16 \text{ g cm}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ). Los valores de la tasa de acumulación sedimentaria (TAS en  $\text{cm año}^{-1}$ ) fueron comparables ( $p > 0.05$ ) entre SAMO 14-1 y SAMO 14-2 ( $0.04 - 1.83 \text{ cm año}^{-1}$ ), pero más bajos que SAMO 14-3 ( $0.05 - 3.42 \text{ cm año}^{-1}$ ) y SAMO 18-4 ( $0.21 - 2.84 \text{ cm año}^{-1}$ ) (anexo tabla A1, A10 y figura 3). Se obtuvieron edades  $\sim 114$  años en los núcleos SAMO 14-1 ( $1903 \pm 20$  a 25 cm), SAMO 14-2 ( $1906 \pm 10$  a 23 cm) y SAMO 14-3 ( $1902 \pm$  y a 37 cm), y de los últimos 65 años en SAMO 18-4 ( $1953 \pm 8$  a 36 cm).

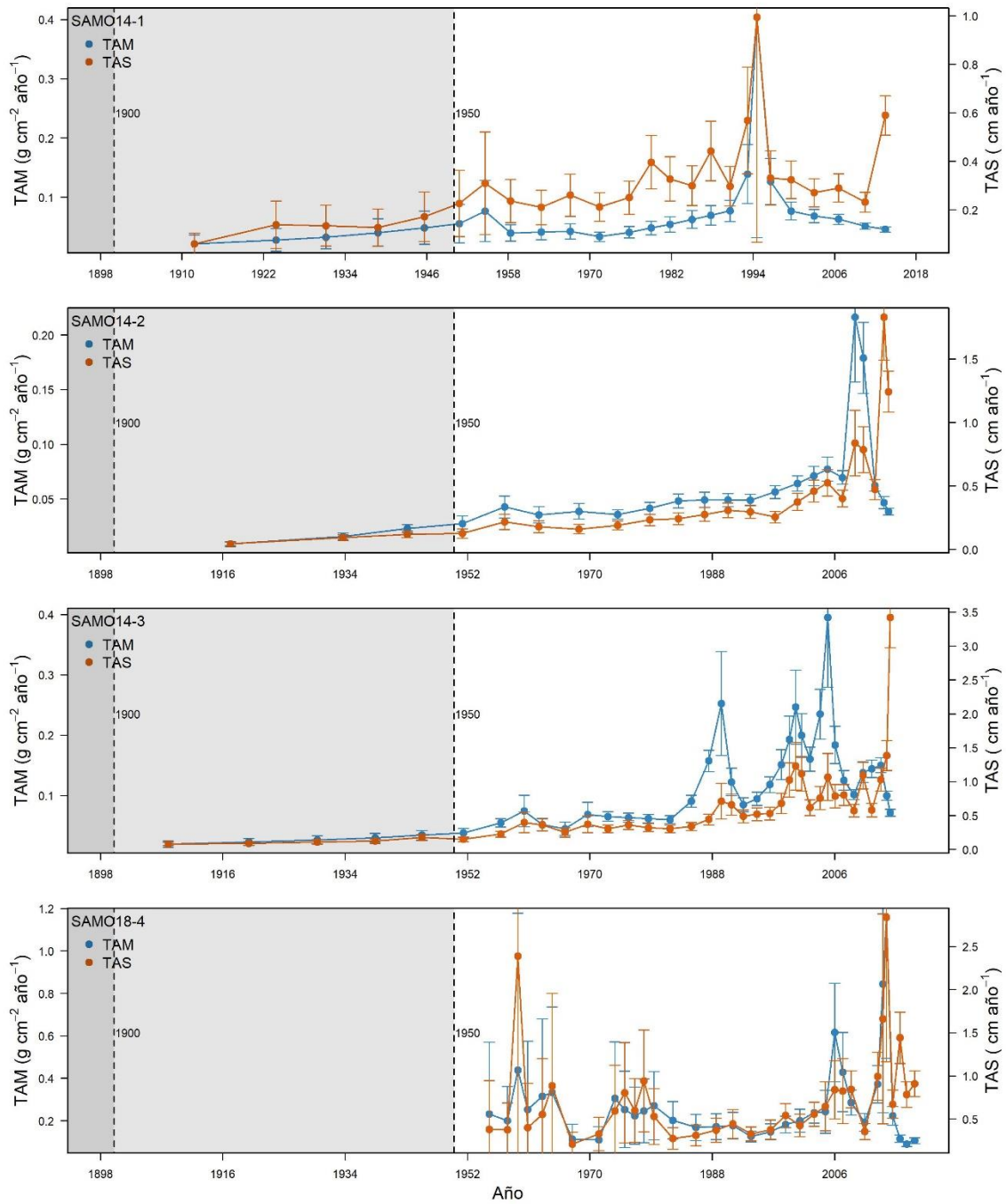


Figura 3. Tasas de acumulación másica (TAM) y sedimentaria (TAS) en los sedimentos del lago Santa María del Oro, Nayarit. El fondo sombreado corresponde al periodo pre1950 (gris tenue) y pre1900 (gris).

## 9.6 Fechado con $^{14}\text{C}$

Los valores de la fracción moderna de  $^{14}\text{C}$  ( $F^{14}\text{C}$ ) estuvieron por debajo de 1.0 en todos los intervalos de profundidad del núcleo sedimentario SAMO14-2. Se observaron valores máximos de  $F^{14}\text{C}$  en el intervalo de profundidad 13-14 cm, 3 cm menos profundo que el isótopo de  $^{137}\text{Cs}$ . Las edades de  $^{14}\text{C}$  aumentaron hacia el fondo del núcleo, entre los 13-21 cm y los 48-78 cm de profundidad, aunque la mayoría de las edades del segmento inferior fueron más jóvenes que en las secciones superficiales del núcleo (anexo tabla A2, figura 4).

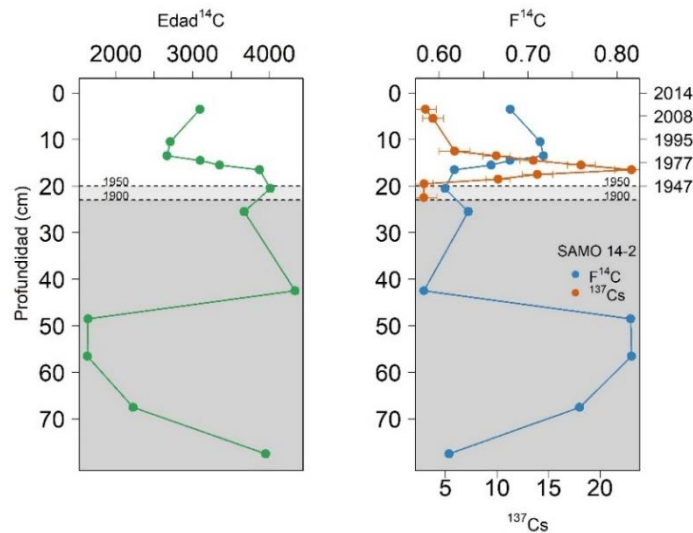


Figura 4. Perfil de edades no calibradas de  $^{14}\text{C}$  (izquierda) y de valores de fracción moderna de  $^{14}\text{C}$  ( $F^{14}\text{C}$ ) y actividades de  $^{137}\text{Cs}$  (derecha) en núcleo SAMO 14-2 del lago Santa María del Oro, Nayarit, México. El fondo sombreado corresponde al periodo pre1950 (gris tenue) y pre1900 (gris).

## 9.7 Caracterización del sedimento

### 9.7.1 Tamaño de grano

Los núcleos sedimentarios del lago Santa María del Oro se caracterizaron por un alto contenido de limos (~80%) y, tanto el contenido de arcillas como de arenas se encontraron por debajo de 30% (anexo tabla A3). La distribución de tamaño de grano no presenta diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los núcleos; y su distribución respecto a la profundidad fue prácticamente uniforme en los cuatro núcleos (figura 5).

## 9.7.2. Susceptibilidad magnética

Los intervalos de valores de susceptibilidad magnética (SM,  $10^{-6}$  SI) de los núcleos sedimentarios SAMO 14-1(29.5-337.0) y SAMO 18-4 (82.2-213.7) fueron significativamente ( $p < 0.05$ ) más altos que los observados en los núcleos SAMO 14-2 (27.3-196.3) y SAMO 14-3 (27.5-204.1), los cuales son comparables ( $p > 0.05$ ) entre ellos (anexo tabla A3 y A10). Los perfiles de SM de todos los núcleos (figura 5) mostraron valores que disminuyen hacia la superficie de los núcleos, aunque a partir de distintas profundidades: SAMO 14-1 (33 cm), SAMO 14-2 (36 cm), SAMO 14-3 (58 cm) en el periodo pre-1900 y SAMO 18-4 (24 cm) a partir de  $1977 \pm 5$ .

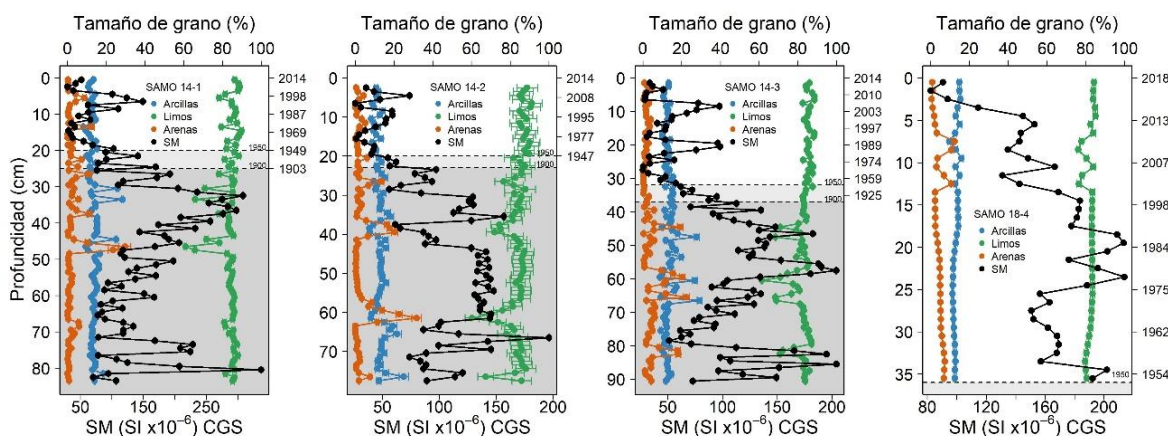


Figura 5. Perfiles de distribución de tamaño de grano (arcilla, limo y arena) y susceptibilidad magnética (SM) de núcleos sedimentarios del lago Santa María del Oro, México. El fondo sombreado corresponde al periodo pre-1950 (gris tenue) y pre-1900 (gris).

## 9.8 Composición elemental

### 9.8.1 Concentraciones de referencia (pre-1900)

Las concentraciones de referencia (anexo tabla A4) de Al, Ti, Rb, V, Zn y Zr fueron comparables entre los núcleos sedimentarios, pero las concentraciones de Pb en SAMO 14-1, As, Mn y Ni en SAMO 14-2 y Cr y Cu en SAMO 14-3 fueron significativamente más altas ( $p < 0.05$ ).

## 9.8.2. Elementos de referencia

### 9.8.2.1 Indicadores terrígenos

Los intervalos de concentración de Zr fueron comparables ( $p>0.05$ ) en todos los núcleos, mientras que los intervalos de concentración de Rb fueron comparables entre los núcleos sedimentarios SAMO 14-1, SAMO 14-2 y SAMO 14-3 pero significativamente ( $p<0.05$ ) más bajos que en SAMO 18-4; los intervalos de concentración de Al y Ti no mostraron diferencias significativas ( $p>0.05$ ) entre los núcleos sedimentarios SAMO 14-1 y SAMO 18-4, pero estos fueron más altos ( $p<0.05$ ) que en los núcleos SAMO 14-2 y SAMO 14-3 (anexo tabla A4 y A10).

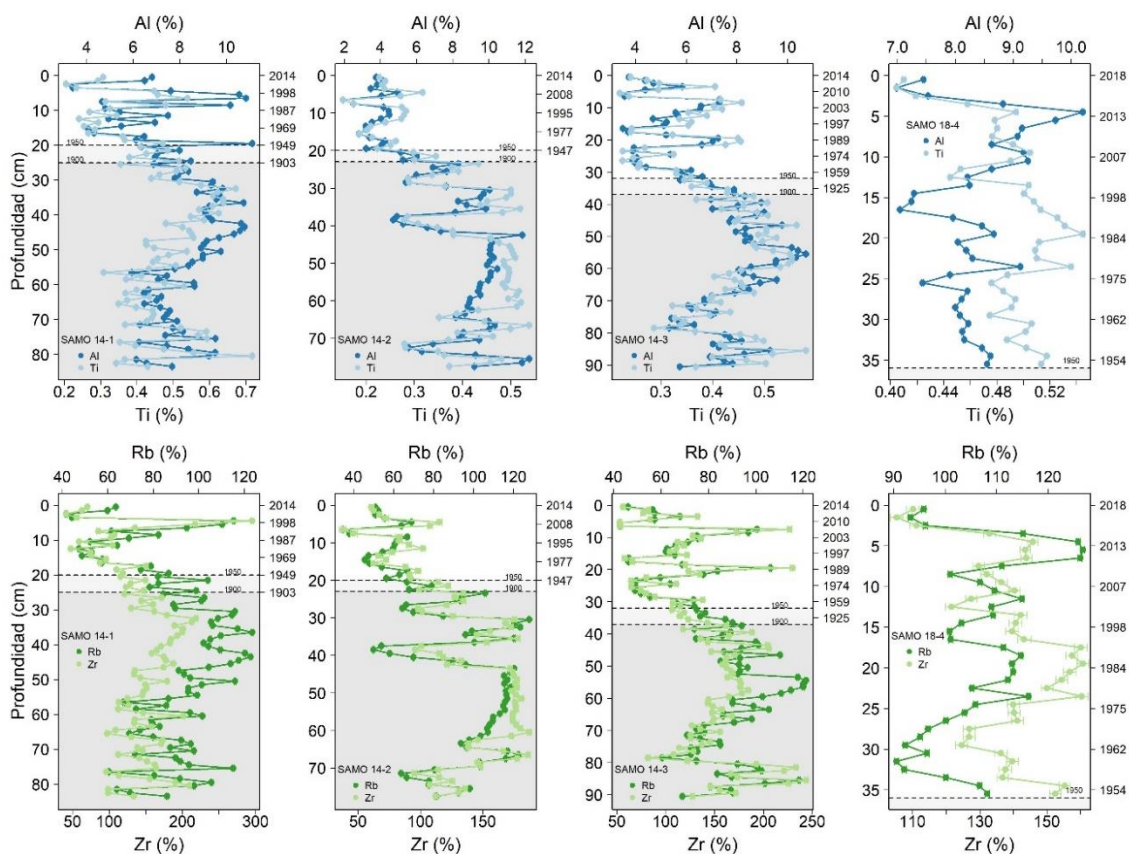


Figura 6. Perfiles de concentración de elementos indicadores de aporte terrígeno (Al, Ti, Rb y Zr) de los núcleos sedimentarios del lago Santa María del Oro, México. El fondo sombreado corresponde al periodo pre1950 (gris tenue) y pre1900 (gris).

En todos los núcleos, los perfiles de Al, Rb, Ti y Zr respecto a la profundidad mostraron patrones muy similares (figura 6), con valores que disminuyen hacia la

superficie en el periodo pre-1950; sin embargo en el periodo post-1950 los valores son más dispersos con máximos sub-superficiales a distintas profundidades (SAMO 14-1: 4-7 cm,  $1994.1 \pm 1.7 - 2001.2 \pm 1.1$ ; SAMO 14-2: 4-5 cm,  $2008.4 \pm 0.4 - 2009.6 \pm 0.3$ ; SAMO 14-3: 7-9 cm,  $2004.5 \pm 0.5 - 2006.7 \pm 0.3$  y 19-20 cm,  $1988.6 \pm 1.0 - 1990.0 \pm 0.9$ ; SAMO 18-4: 4-6 cm,  $2012.8 \pm 0.7 - 2013.8 \pm 0.5$ ).

### 9.8.2.2 Indicadores redox-sensibles

Los intervalos de concentración de Fe fueron comparables ( $p > 0.05$ ) entre los núcleos SAMO 14-1, SAMO 14-2 y SAMO 14-3, pero menores ( $p < 0.05$ ) a los valores observados en SAMO 18-4; mientras que los de Mn fueron comparables ( $p > 0.05$ ) entre SAMO 14-1, SAMO 14-3 y SAMO 18-4 pero más bajos ( $p < 0.05$ ) que en SAMO 14-2 (anexo tabla A4 y A10).

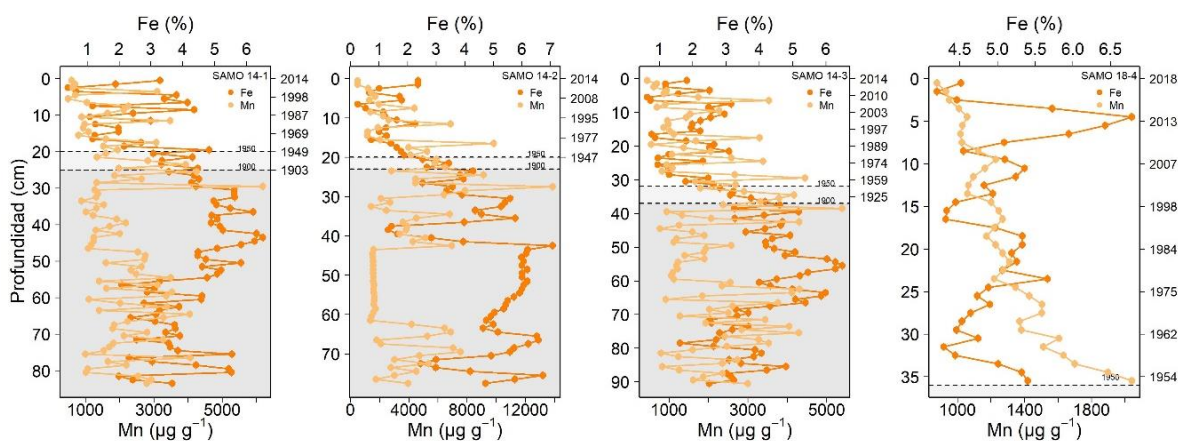


Figura 7. Perfiles de concentración de elementos redox-sensibles (Fe y Mn) de los núcleos sedimentarios del lago Santa María del Oro, México. El fondo sombreado corresponde al periodo pre1950 (gris tenue) y pre1900 (gris).

Los perfiles de concentración de Fe y Mn respecto a la profundidad mostraron valores que disminuyen hacia la superficie, sin embargo, en todos los núcleos, esto ocurre a partir de distintas profundidades para cada elemento: SAMO 14-1 (Fe: 44 cm, Mn: 30 cm), SAMO 14-2 (Fe: 43 cm, Mn: 28 cm) y SAMO 14-3 (Fe: 56 cm, Mn: 39 cm) desde edades más antiguas al periodo fechado con  $^{210}\text{Pb}$ , mientras que en el núcleo SAMO 18-4 las concentraciones de Fe disminuyen sólo en los 5 cm superficiales a partir de  $2013.4 \pm 0.5$  y el Mn desde el fondo hacia la superficie a partir de  $1953.9 \pm 8.5$  (figura 7).

### 9.8.3 Elementos contaminantes

#### 9.8.3.1 Concentraciones y variación temporal de metales pesados

Los intervalos de concentración de metales pesados mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los núcleos (anexo tabla A4 y A10), fueron mayores para As y Ni en SAMO 14-2, Cr y Cu en SAMO 14-3 y, Pb, V y Zn en SAMO 18-4; pero menores para As en SAMO 18-4 y Ni en SAMO 14-1. Las concentraciones de As en SAMO 14-1, SAMO 14-2 y SAMO 14-3, Hg y Ni en SAMO 14-2 y, Pb, V y Zn en SAMO 18-4 en el periodo post-1950 fueron más altas que las concentraciones de referencia; en tanto que, las concentraciones de Cr en SAMO 14-1 y SAMO 18-4 desde el periodo pre-1900, Cr y Pb en SAMO 14-3, V y Zn en SAMO 14-2 en el periodo pre-1950 fueron menores a las concentraciones de referencia.

En todos los núcleos, los perfiles de concentración respecto a la profundidad de As y Cr mostraron patrones erráticos a lo largo del núcleo (figura 8); sin embargo, en el periodo post-1950, los valores de As son más dispersos con mínimos sub-superficiales a distintas profundidades en SAMO 14-1 (3-9 cm,  $1990.6 \pm 1.9 - 2004.9 \pm 0.8$ ), SAMO 14-2 (3-5 cm,  $2008.4 \pm 0.4 - 2010.9 \pm 0.2$ ) y SAMO 14-3 (6-10 cm,  $2003.2 \pm 0.5 - 2008.0 \pm 0.3$ ) y valores máximos hacia la superficie en SAMO 14-1 (0-3 cm,  $2004.9 \pm 0.8 - 2014.3 \pm 0.0$ ) SAMO 14-2 (0-3 cm,  $2010.9 \pm 0.2 - 2014.3 \pm 0.0$ ), SAMO 14-3 (0-3 cm,  $2012.3 \pm 0.1 - 2014.3 \pm 0.0$ ) y SAMO 18-4 (0-1 cm,  $2017.2 \pm 0.1 - 2018.3 \pm 0.0$ ).

En todos los núcleos, los perfiles de concentración respecto a la profundidad de Cu, Ni, Pb, V y Zn mostraron patrones muy similares, con valores que disminuyen hacia la superficie en el periodo pre-1950 (figura 8); sin embargo, en el periodo post-1950 los valores son más dispersos con máximos sub-superficiales a distintas profundidades (SAMO 14-1: Cu, Ni, Pb y Zn, 4-5 cm,  $1998.1 \pm 1.3 - 2001.2 \pm 1.1$ ; SAMO 14-2: Cr y Ni, 4-5 cm,  $2008.4 \pm 0.4 - 2009.6 \pm 0.3$ ; SAMO 14-3: Pb y Zn, 7-9 cm,  $2004.5 \pm 0.5 - 2006.7 \pm 0.3$  y 19-20 cm,  $1988.6 \pm 1.0 - 1990.0 \pm 0.9$ ; SAMO 18-4: Pb, V y Zn, 4-7 cm,  $2011.8 \pm 0.8 - 2013.8 \pm 0.5$ ).



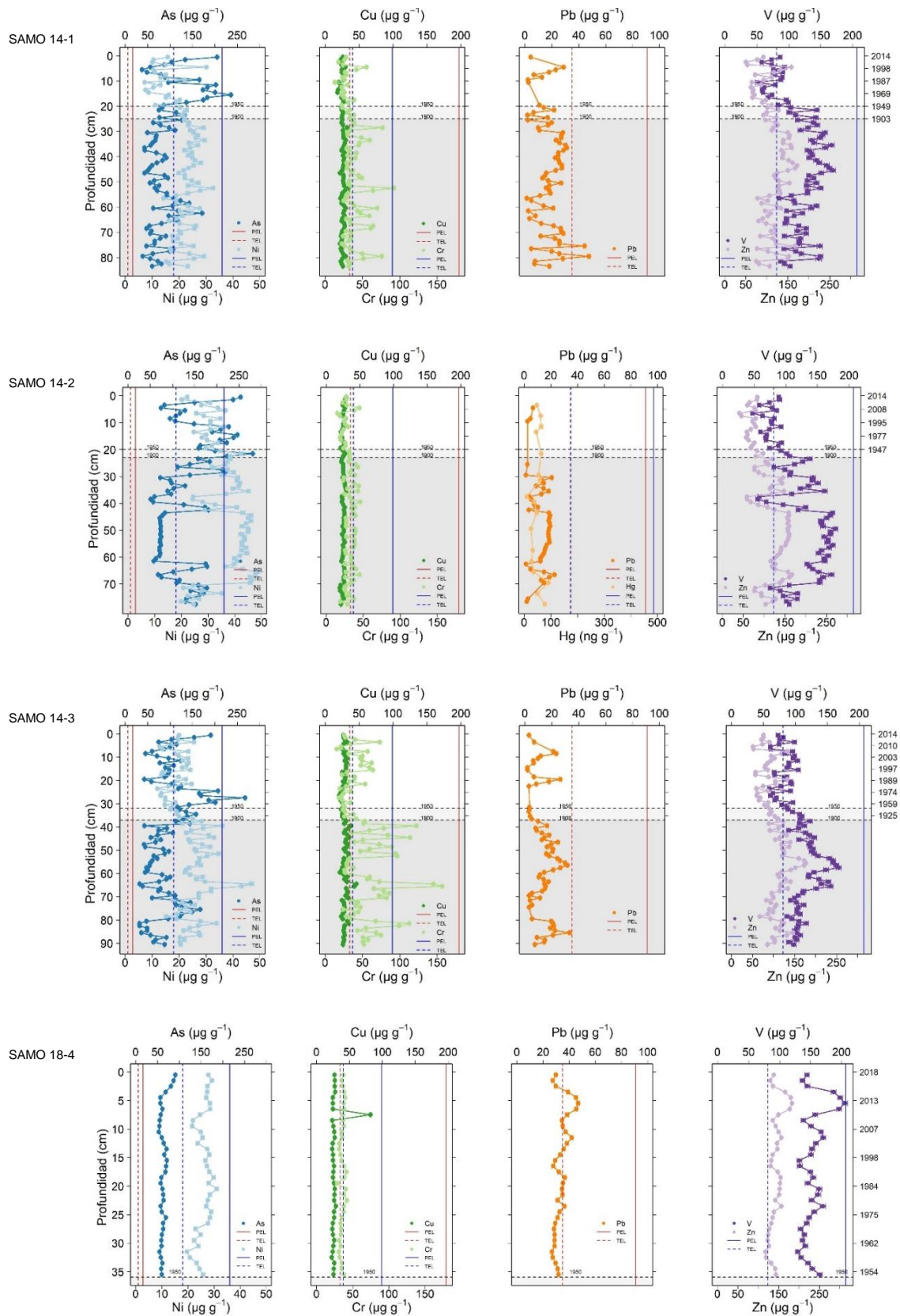


Figura 8. Perfiles de concentración de As, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, V y Zn en núcleos sedimentarios del lago Santa María del Oro, México. Las líneas verticales representan los valores TEL (línea punteada) y PEL (línea continua). El fondo sombreado corresponde al periodo pre1950 (gris tenue) y pre1900 (gris).

#### 9.8.3.2 Análisis de riesgo a la biota debido a metales pesados

Los valores de referencia TEL (anexo tabla A4) fueron excedidos por las concentraciones de Cr y Ni de la mayoría de las secciones a lo largo de todos los núcleos, las concentraciones de Pb en algunas secciones de SAMO 18-4 en el periodo post-1950 y Zn en la mayoría de las secciones del periodo pre-1900 en todos los núcleos (anexo tabla A4 y figura 8).

Los valores de referencia PEL fueron excedidos solo por As a lo largo de todos los núcleos (incluida la concentración de referencia), y en algunas secciones anteriores a 1900 por Ni en SAMO 14-2 y SAMO 14-3, y por Cr en SAMO 14-3 (anexo tabla A4 y figura 8).

#### 9.8.3.3 Factor de enriquecimiento (FE)

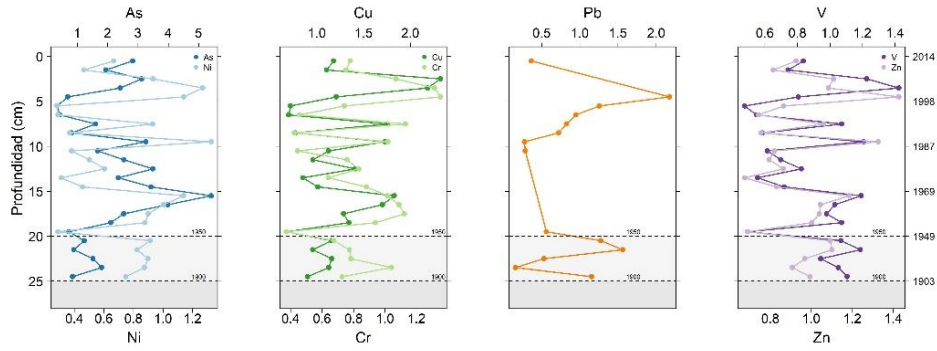
Para el cálculo de los FE se utilizaron las concentraciones de Al para la normalización de las concentraciones de los elementos de interés, ya que se observaron correlaciones estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ , figuras A4a, b, c, d) con el porcentaje de alguna de las fracciones de tamaño de grano en tres de los núcleos analizados (arcillas en el núcleo SAMO14-1 y SAMO14-2, y arenas en SAMO14-1 y SAMO14-3).

Los FE presentaron valores de  $3 < FE \leq 5$  (anexo tabla A5 y figura 9) de algunas secciones pre-1950 y post-1950 para As en los núcleos SAMO 14-1, SAMO 14-2 y SAMO 14-2, y durante 2002-2006 para Cr y Ni en SAMO 14-2. Se observaron valores de As de  $5 < FE \leq 10$  en el periodo post-1950 (anexo tabla A5 y figura 9) en los núcleos SAMO 14-1 (15-16 cm,  $1965.2 \pm 4.6$  -  $1969.1 \pm 4.1$ ), SAMO 14-2 (0-17 cm,  $1965.3 \pm 2.4$ , -  $2014.3 \pm 0.0$ ) y SAMO 14-3 (27-28 cm,  $1964.4 \pm 2.0$  -  $1968.3 \pm 1.8$ ).

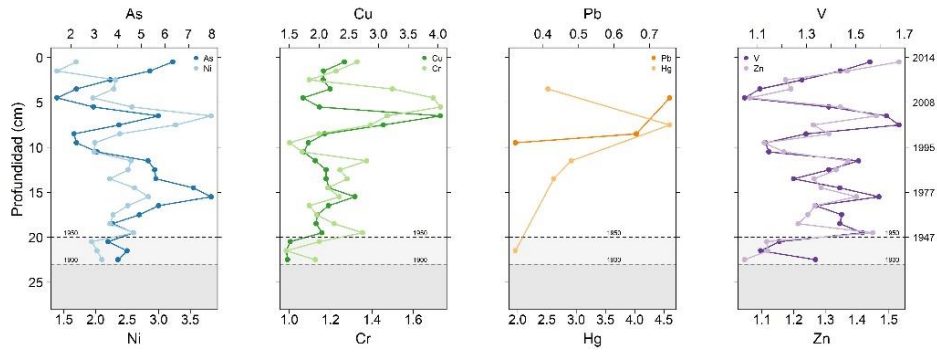
#### 9.8.3.4 Flujo y proporción de flujo de metales pesados

Los valores de flujo de As, Cr, Cu, Ni, Pb, V y Zn (anexo tabla A6) fueron significativamente mayores ( $p < 0.05$ ) en el núcleo SAMO 18-4 que en el resto de los núcleos.

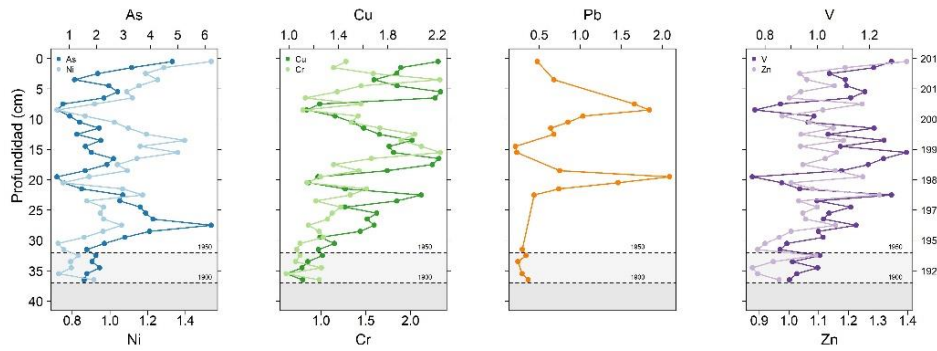
SAMO 14-1



SAMO 14-2



SAMO 14-3



SAMO 18-4

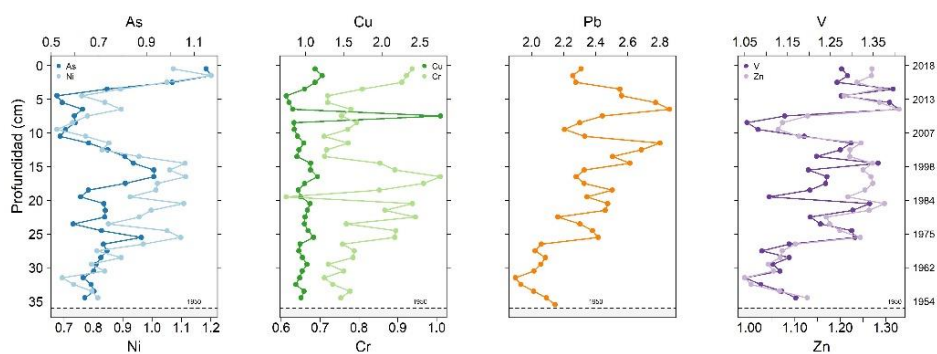


Figura 9. Perfiles respecto a la profundidad de los factores de enriquecimiento en núcleos sedimentarios del lago Santa María del Oro, México. El fondo sombreado indica el periodo pre1950 (gris tenue) y pre1900 (gris).

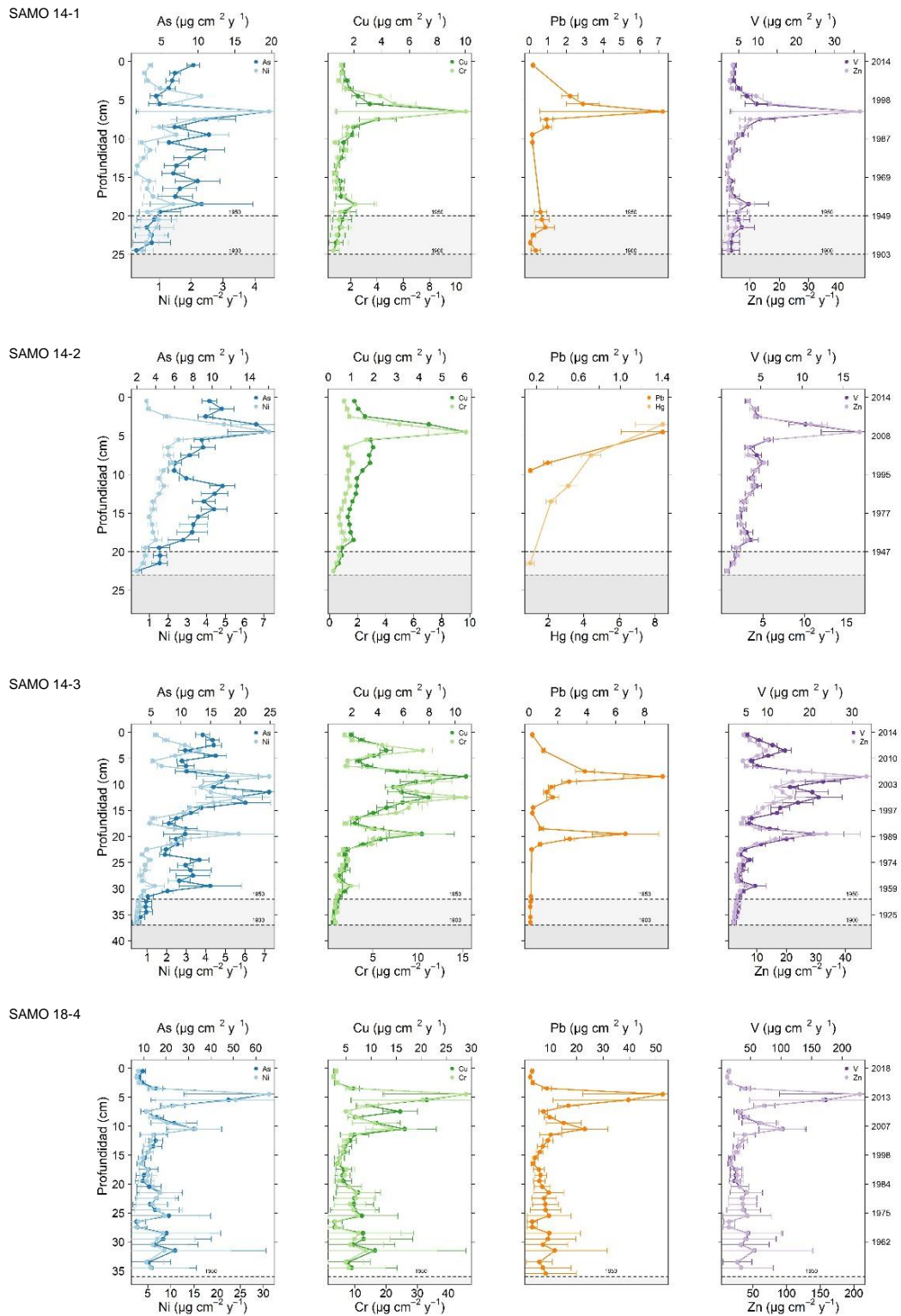


Figura 10. Perfiles respecto a la profundidad de los flujos de metales pesados en núcleos sedimentarios del lago Santa María del Oro, México. El fondo sombreado indica el periodo pre1950 (gris tenue) y pre1900 (gris).

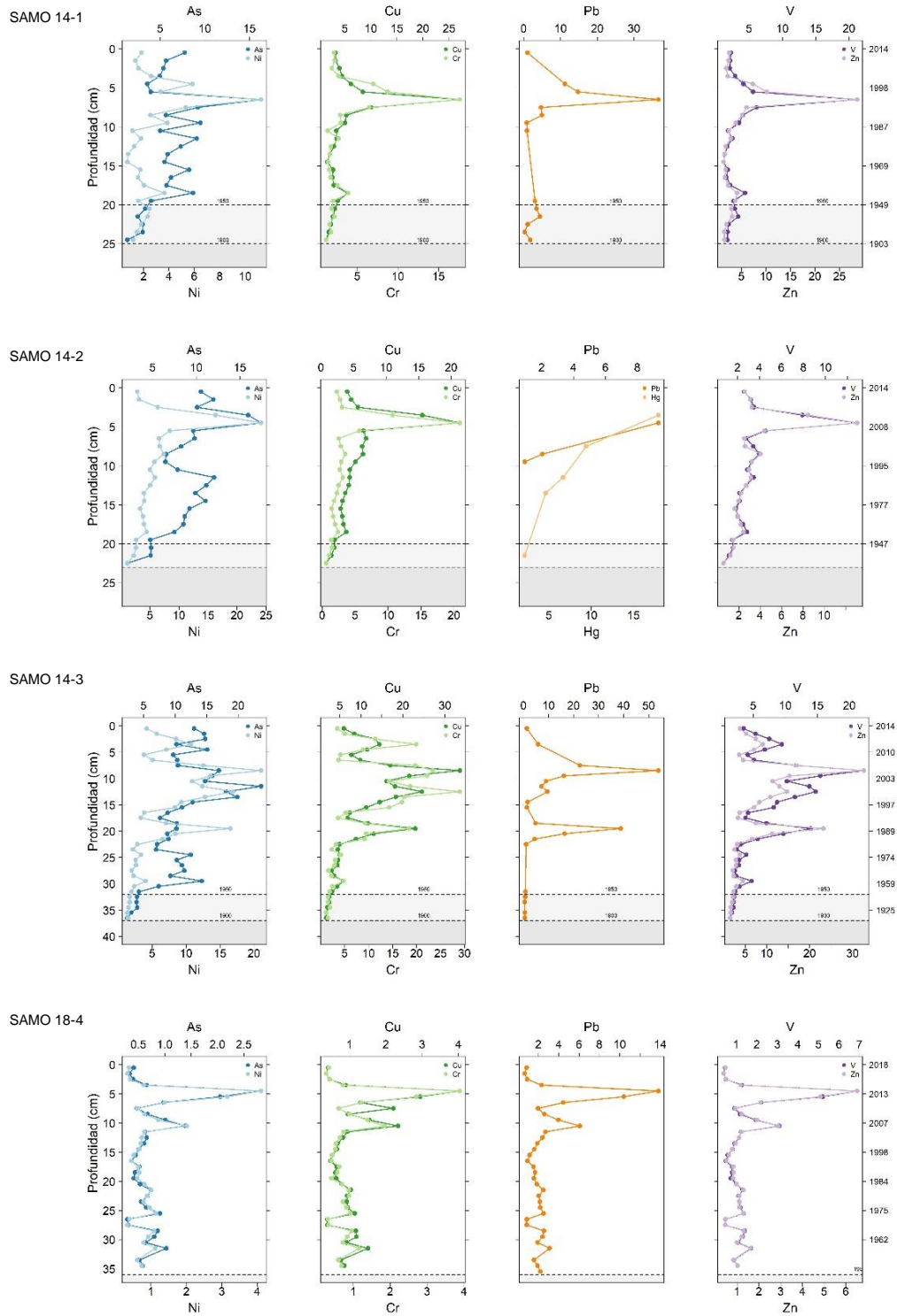


Figura 11. Perfiles respecto a la profundidad de la proporción de flujos de metales pesados en los núcleos sedimentarios del lago Santa María del Oro, México. El fondo sombreado indica el periodo pre1950 (gris tenue) y pre1900 (gris).

Los valores de proporción de flujo (PF) mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) de acuerdo con cada elemento: As y Ni fueron comparables ( $p > 0.05$ ) entre los núcleos SAMO 14-2 y SAMO 14-3 pero mayores a los de los núcleos SAMO 14-1 y SAMO 18-4; Cr, V y Zn en SAMO 18-4 fueron menores ( $p < 0.05$ ) al resto de los núcleos; Cu fue menor en SAMO 18-4, comparable ( $p > 0.05$ ) entre los núcleos SAMO 14-1 y SAMO 14-2 y mayor en SAMO 14-3; Pb fue comparable ( $p > 0.05$ ) entre los cuatro núcleos sedimentarios (anexo tabla A7). Los perfiles de flujo y PF para todos los metales (figura 10 y 11) mostraron máximos sub-superficiales y valores que disminuyen hacia la superficie a partir de distintas profundidades en cada núcleo (figura A9 y A10): SAMO 14-1 (7 cm,  $1994.1 \pm 1.7$ ), SAMO 14-2 (5 cm,  $2008.4 \pm 0.4$ ), SAMO 14-3 (9 cm,  $2004.5 \pm 0.5$ ), SAMO 18-4 (5 cm,  $2013.4 \pm 0.5$ ), y en SAMO 14-3 (20 cm,  $1988.6 \pm 1.0$ ) y SAMO 18-4 (11 cm,  $2005.4 \pm 1.4$ ).

## **9.9 Carbono y nutrientes**

### **9.9.1 Concentración de carbono, nitrógeno y fósforo.**

Las concentraciones de  $C_{tot}$  (1.0-12.7 %) y  $C_{org}$  (0.9-6.5 %) fueron comparables ( $p > 0.05$ ) entre los núcleos SAMO 14-1, SAMO 14-2 y SAMO 14-3, pero mayores que en el núcleo SAMO 18-4 ( $C_{tot}$ : 1.6-6.6 % y  $C_{org}$ : 1.2-4.1 %); en tanto que, las concentraciones de  $C_{inorg}$  (0.2-7.2 %),  $N_{tot}$  (0.1-1.1 %),  $N_{org}$  (0.1-0.5 %) y  $N_{inorg}$  (0.0-0.6%), fueron comparables ( $p > 0.05$ ) entre los cuatro núcleos. Los intervalos de concentración de P fueron significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ) en todos los núcleos (anexo tabla A8). En SAMO 14-1, SAMO 14-2 y SAMO 14-3, los perfiles de concentración respecto a la profundidad de  $C_{tot}$ ,  $C_{org}$ ,  $C_{inorg}$ ,  $N_{tot}$ ,  $N_{org}$  (figura 12) mostraron patrones muy similares, con valores que incrementan hacia la superficie a partir de 1950; sin embargo, en SAMO 14-1 se observó un valor mínimo sub-superficial (5-6 cm,  $1995.1 \pm 1.6 - 1998.1 \pm 1.3$ ); en tanto que, en el núcleo SAMO 18-4 los valores más altos se encuentran en el periodo  $2015.6 \pm 0.3 - 2018.3 \pm 0.1$  y los valores más bajos en el periodo  $2012.8 \pm 0.7 - 2013.8 \pm 0.5$ .

La concentración de  $C_{org}$  representa del 38 al 79% del  $C_{tot}$ , y  $N_{org}$  representa del 47 al 100% del  $N_{tot}$ . Los perfiles de concentración respecto a la profundidad de P fueron

prácticamente constantes en los núcleos SAMO 14-2, SAMO 14-3 y SAMO 18-4 con valores máximos en 2014, mientras que en el núcleo SAMO 14-1 se observó una disminución desde 1900 hacia la superficie.

### **9.9.2 Relación C:N:P**

En todos los núcleos, los valores de la proporción C:N para todos los núcleos oscilaron entre 9 y 15 durante el periodo post-1900. Los perfiles respecto a la profundidad de la proporción C:N fueron prácticamente constantes en los núcleos SAMO 14-1, SAMO 14-2 y SAMO14-3, mientras que en SAMO 18-4 se observó una ligera disminución en el periodo  $2015.3 \pm 0.3 - 2018.3 \pm 0.0$ .

Los valores de la proporción C:P fueron mayores a 106 en el periodo post-1950 en los núcleos SAMO 14-1, SAMO 14-2, y SAMO 14-3, y en SAMO 18-4 a partir de  $2015.3 \pm 0.3$ , mientras que los valores de N:P fueron menores a 16 a lo largo de todos los núcleos sedimentarios, excepto en los 2 cm más superficiales del núcleo SAMO 14-2 que corresponde al periodo  $2013.0 \pm 0.1 - 2014.3 \pm 0.0$  con valores de  $N:P \leq 19$  (anexo tabla A8, figura 13).

### **9.9.3 Degradación de $C_{org}$**

Las concentraciones de  $C_{org}$  modelado respecto al tiempo reproducen cercanamente el perfil de concentración de  $C_{org}$  medido en todos los núcleos sedimentarios, aunque se observó que los valores de  $C_{org}$  medido fueron generalmente menores a los valores de  $C_{org}$  modelado a partir de ~1985 hacia la superficie, así como algunas otras divergencias menores (anexo tabla A9, figura 14). Por ejemplo, los valores de  $C_{org}$  medido fueron más altos que los valores de  $C_{org}$  modelado para SAMO 14-1, SAMO 14-3 y SAMO 18-4 en el periodo 1950-1980, y para SAMO14-2 en el periodo pre-1950.

Los intervalos de valores de flujo de  $C_{org}$  modelado, que representan la cantidad de  $C_{org}$  que se depositó en el sedimento cuando estaba en la superficie (anexo tabla A9, anexo figura A4), fueron comparables entre SAMO 14-1 ( $0.9$  a  $8.5 \text{ mg cm}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ) y SAMO 14-3 ( $0.7$  a  $10.6 \text{ mg cm}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ), pero más bajos que SAMO 14-2 ( $1.5$  a  $13.9 \text{ mg cm}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ) y SAMO 18-4 ( $4.1$  a  $23.8 \text{ mg cm}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ).

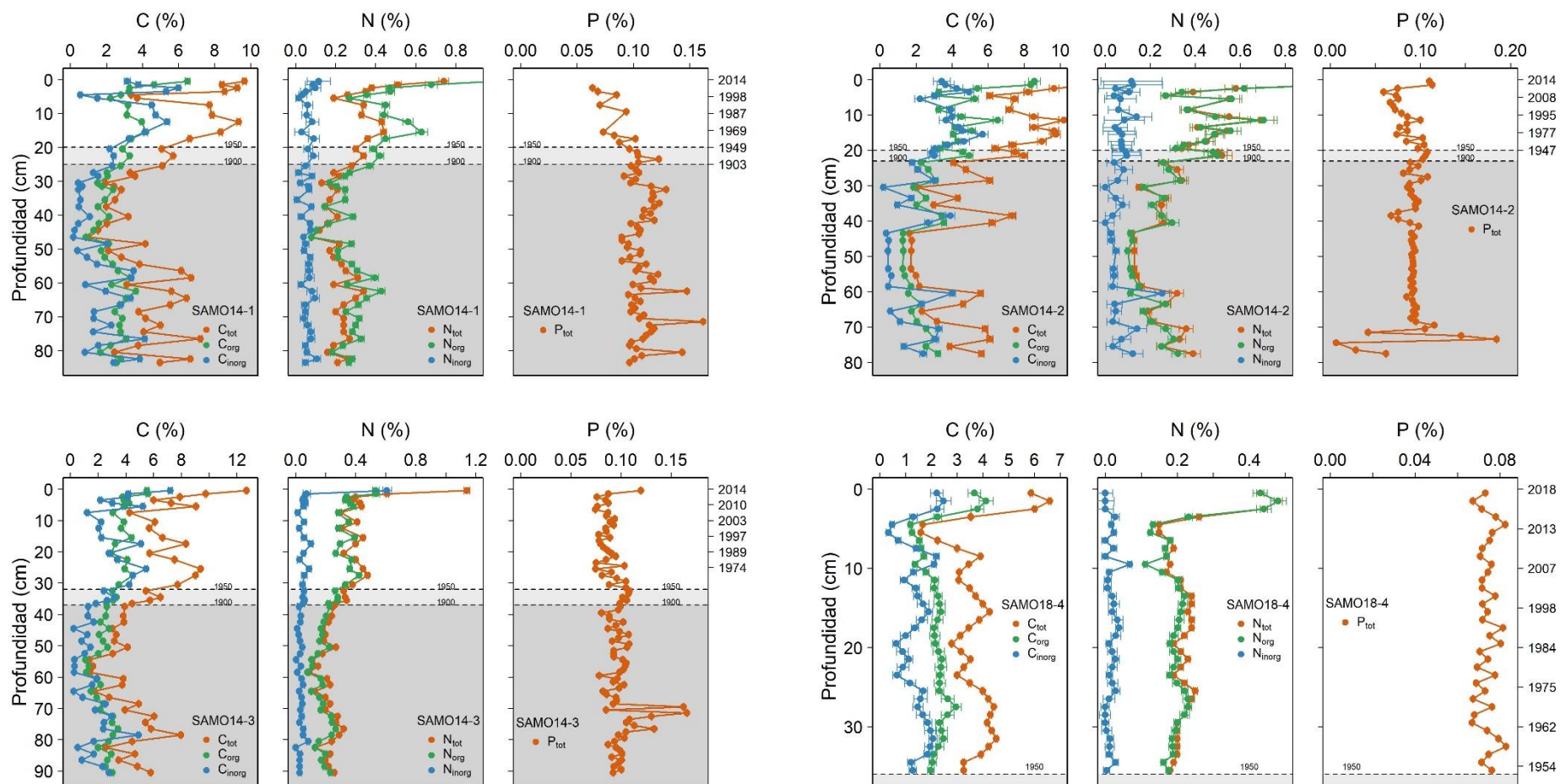


Figura 12. Perfiles de concentración de C, N y P en núcleos sedimentarios del lago Santa María del Oro, México. El fondo sombreado indica el periodo pre1950 (gris tenue) y pre1900 (gris).



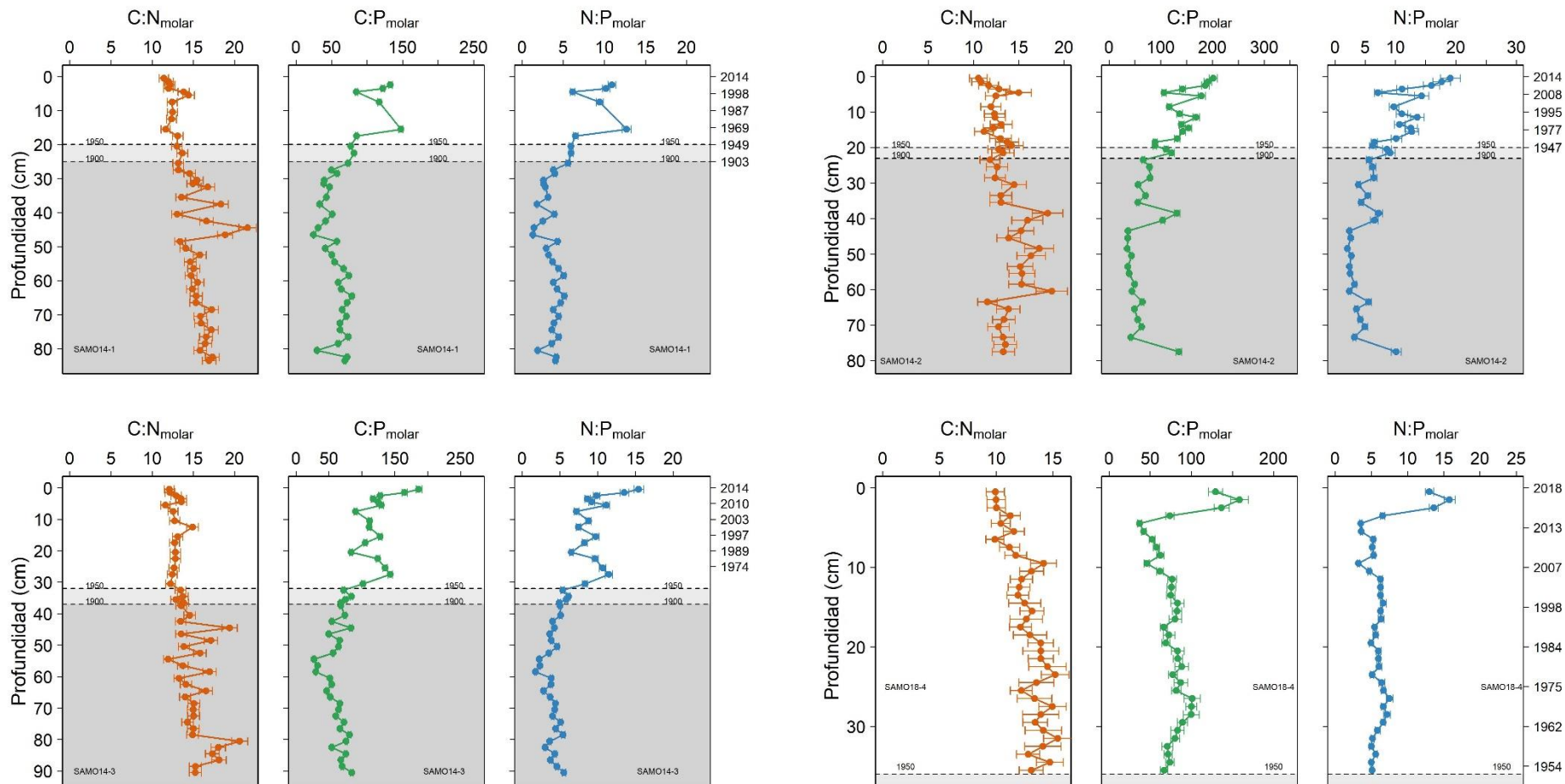


Figura 13. Perfiles respecto a la profundidad de las relaciones molares de C:N:P de núcleos sedimentarios del lago Santa María del Oro, México. El fondo sombreado indica el periodo pre1950 (gris tenue) y pre1900 (gris).

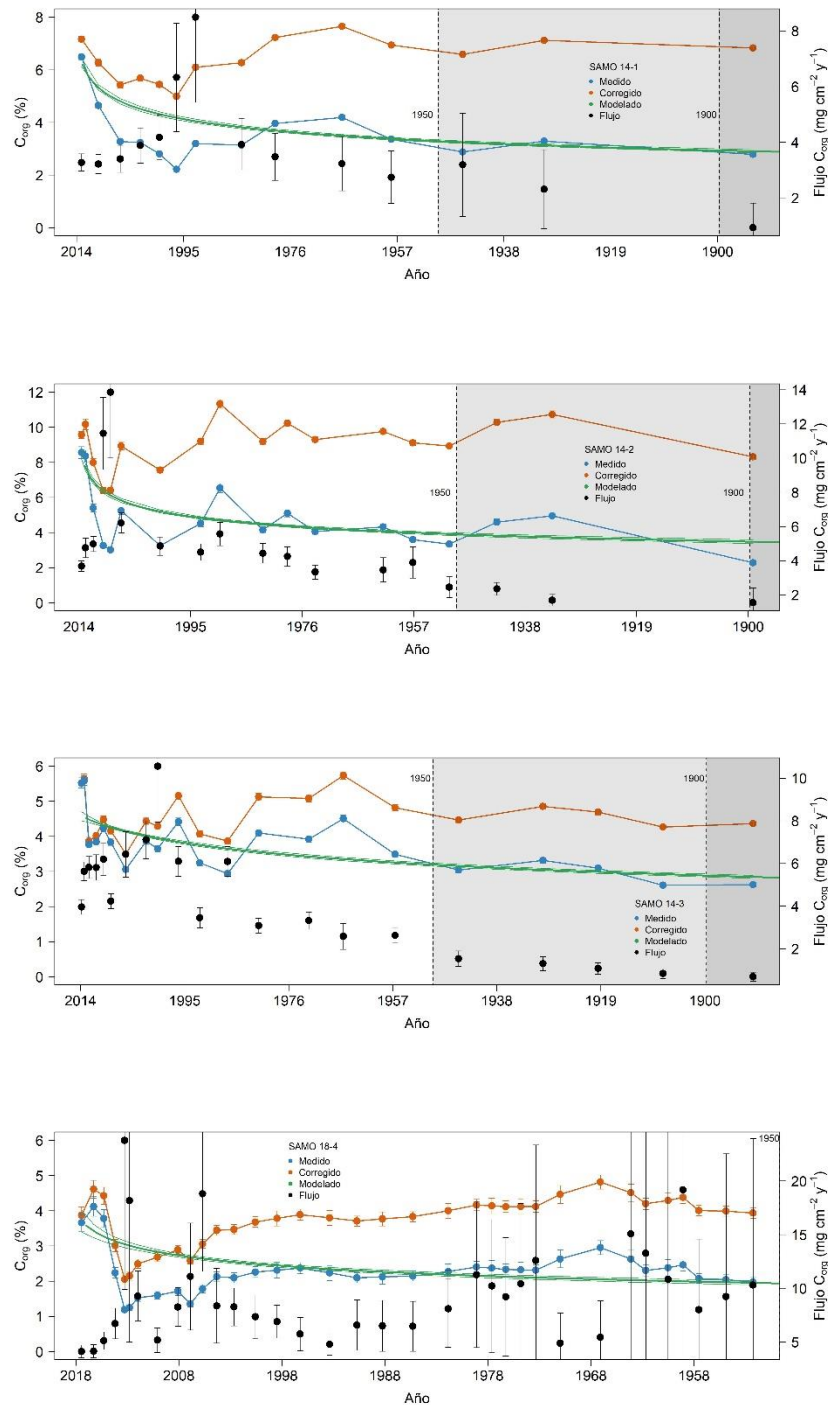


Figura 14. Perfiles de concentración de  $C_{org}$  medido,  $C_{org}$  modelado,  $C_{org}$  corregido y flujo de  $C_{org}$  de núcleos sedimentarios del lago Santa María del Oro, Nayarit, México. El fondo sombreado indica el periodo pre1950 (gris tenue) y pre1900 (gris).

### 9.10 Procesos que regulan la presencia de metales pesados en los sedimentos

El análisis de factores (AF) para los núcleos en conjunto explicó el 60% de la varianza de la base de datos con los 2 primeros factores (anexo tabla A11). El factor 1, que explica el mayor porcentaje (39%) de la varianza, agrupa como variables significativas (cargas  $\geq 0.70$ ) los elementos Al, Co, Fe, Rb, V, Zn y Zr con carga positiva y Ca, C<sub>inorg</sub> y Sr con carga negativa. El factor 2, que explica el 21% de la varianza, agrupa como variables significativas al Pb con carga positiva y al As, Mn y S con carga negativa (figura 15).

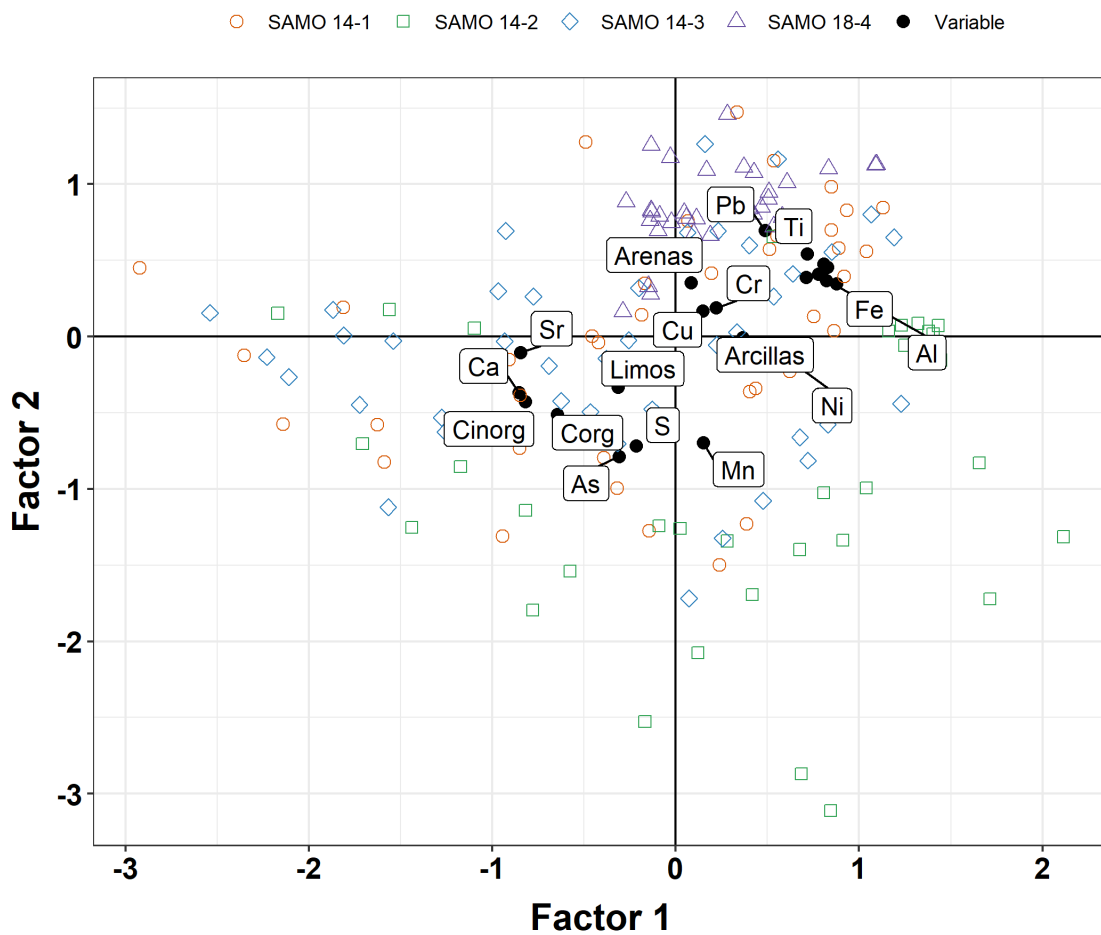


Figura 15. Diagrama de dispersión del análisis de factores de variables geoquímicas en núcleos sedimentarios del lago Santa María del Oro, Nayarit, México.

En el diagrama bidimensional de los factores (figura 15), todas las secciones del núcleo SAMO 18-4 se agrupan en el lado positivo de ambos factores (cuadrantes I y II), mientras que los núcleos SAMO 14-1, SAMO 14-2 y SAMO 14-3 se distribuyen a lo largo del Factor 1, principalmente en el lado negativo del Factor 2 (cuadrantes I y IV). A pesar de no correlacionarse significativamente con F1 o F2, las concentraciones de Ni y Pb mostraron correlaciones positivas significativas ( $p < 0.05$ ) con las de Al, Ti, Rb y Zr y la mayoría de los elementos potencialmente tóxicos (excepto As) mostraron correlaciones negativas significativas ( $p < 0.05$ ) con las concentraciones de Ca. Las concentraciones de As mostraron correlaciones significativas con S ( $r = 0.82$ ), Mn ( $r = 0.62$ ),  $C_{org}$  ( $r = 0.45$ ),  $C_{inorg}$  ( $r = 0.43$ ) y Ca ( $r = 0.39$ ) (figura A13, A14, A15 y A16).

## 10. DISCUSIÓN

### 10.1 Fechado $^{210}\text{Pb}$

En ecosistemas donde prevalece un proceso de sedimentación constante se espera que las actividades de  $^{210}\text{Pb}_{exc}$  disminuyan de acuerdo con la ley de desintegración radiactiva, sin embargo, los perfiles de actividad de  $^{210}\text{Pb}_{exc}$  respecto a la profundidad en los núcleos sedimentarios de SAMO mostraron que algunas secciones no siguen una tendencia exponencial decreciente. Las actividades de  $^{210}\text{Pb}_{exc}$  son resultado del balance entre el flujo de  $^{210}\text{Pb}_{exc}$  que llega a los sedimentos, por escorrentía o que se forma en la columna de agua, y la carga de sedimentos que se acumula (Krishnaswamy *et al.*, 1971), consecuentemente, las actividades de  $^{210}\text{Pb}_{exc}$  pueden ser diluidas o incrementadas debido a variaciones en el aporte de sedimentos, por lo tanto, los cambios en los perfiles de actividad de  $^{210}\text{Pb}_{exc}$  respecto a la profundidad se interpretaron como resultado de la variabilidad en las tasas de acumulación másica de los sedimentos.

Los flujos de  $^{210}\text{Pb}_{exc}$  obtenidos para los núcleos de sedimentos en SAMO ( $90.1 \pm 5.1 - 198.2 \pm 5.6 \text{ Bq m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ) fueron comparables al flujo promedio de  $^{210}\text{Pb}_{exc}$  estimado para América del Norte ( $142 \text{ Bq m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ; Feichter *et al.*, 1991) y para la latitud 10–30 N ( $140 - 185 \text{ Bq m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ; Preiss *et al.*, 1996). Lo anterior indica que

el depósito atmosférico es la vía principal del suministro de  $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$  al lago, y que la erosión o el depósito preferencial de  $^{210}\text{Pb}$  en el área no es importante.

### 10.1.1 Corroboración de fechado

Para corroborar las cronologías de  $^{210}\text{Pb}$ , se utilizaron los perfiles estratigráficos de actividades de  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$  y los valores de la fracción moderna de  $^{14}\text{C}$  ( $F^{14}\text{C}$ ).

#### 10.1.1.1 Actividades de $^{137}\text{Cs}$

El intervalo de actividades de  $^{137}\text{Cs}$  correspondientes a 1963 en los núcleos recolectados en SAMO ( $15.1 \pm 1.5 - 33.3 \pm 1.5 \text{ Bq kg}^{-1}$ ) fue comparable a los valores reportados para los lagos Zirahuén, El Sol y La Luna ( $18 - 66 \text{ Bq kg}^{-1}$ ) en México, pero menor que el reportado para el lago Verde en México ( $107 \text{ Bq kg}^{-1}$ ) y Baengnokdam ( $214 \text{ Bq kg}^{-1}$ ) en Corea (Davies *et al.*, 2004; Alcocer *et al.*, 2020; Ruiz-Fernández *et al.*, 2007; Lefkowitz *et al.*, 2017; Yim *et al.*, 2018). Un factor que puede influir en estas diferencias es la lluvia, ya que el depósito de  $^{137}\text{Cs}$  es mayor en sitios con altos niveles de precipitación pluvial (Basher y Matthews, 1993), o bien, la concentración de  $^{137}\text{Cs}$  puede diluirse o enriquecerse por altas cargas de suelos erosionados (Appleby *et al.*, 2019).

Las actividades máximas de  $^{137}\text{Cs}$  se observaron alrededor del año 1963 en todos los núcleos (figura 2), aunque en SAMO 18-4 se observaron valores máximos de  $^{137}\text{Cs}$  en un periodo más amplio. Esto podría ser resultado del retraso en el suministro de  $^{137}\text{Cs}$  a los sedimentos, por la acumulación de suelos erosionados de la cuenca (Appleby *et al.*, 2019) debido a que el núcleo se recolectó en una zona más somera y cercana al margen del lago; o bien, a la movilidad post-depósito de  $^{137}\text{Cs}$  en los sedimentos (Wang *et al.*, 2017).  $^{137}\text{Cs}$  es altamente móvil y puede difundirse a través de aguas intersticiales, causado por el desplazamiento de intercambio iónico de  $^{137}\text{Cs}$  por cationes como  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Fe}^{+2}$  y  $\text{Mn}^{+2}$  liberados bajo condiciones anaeróbicas (Evans *et al.*, 1983), y según Wang *et al.* (2017), cuando ocurre un proceso de difusión se genera un ensanchamiento la señal de  $^{137}\text{Cs}$ , como se observó en otros ambientes lacustres (Ligero *et al.*, 2002; Ruiz-Fernández *et al.*,

2004; Lan *et al.*, 2020). Los perfiles estratigráficos de las actividades de  $^{137}\text{Cs}$  fueron útiles para corroborar la cronología derivada de  $^{210}\text{Pb}$  de los núcleos sedimentarios SAMO 14-1, SAMO 14-2 y SAMO 14-3.

#### 10.1.1.2 Actividades de $^{239+240}\text{Pu}$

Las actividades de  $^{239+240}\text{Pu}$  en los sedimentos del núcleo SAMO 18-4 (165 y 262  $\text{mBq kg}^{-1}$ ) son comparables a las registradas en otros lagos en México como: lago de Chapala (230 - 900  $\text{mBq kg}^{-1}$ ; Fernex *et al.*, 2001) y la laguna de Alvarado (72 a 182  $\text{mBq kg}^{-1}$ ; Ruiz-Fernández *et al.*, 2014). El perfil de actividades de  $^{239+240}\text{Pu}$  en el núcleo SAMO 18-4 (figura 2) fue consistente con el fechado de  $^{210}\text{Pb}$ , ya que la actividad máxima de  $^{239+240}\text{Pu}$  se encontró en la profundidad de 29-30 cm correspondiente al año  $1963 \pm 8$ , lo que permitió corroborar el fechado con el método de  $^{210}\text{Pb}$ .

#### 10.1.1.3 Fracción moderna de $^{14}\text{C}$

La fracción moderna de  $^{14}\text{C}$  ( $F^{14}\text{C}$ ) representa la actividad de  $^{14}\text{C}$  de una muestra en relación a un material de referencia moderno (Reimer *et al.*, 2004),  $F^{14}\text{C} \leq 1.0$  es indicativo de una atmósfera preindustrial (Schuur *et al.*, 2016); y  $F^{14}\text{C} > 1.0$  indica el periodo posterior a 1950 (Dusek *et al.*, 2013); y de acuerdo con Levin y Kromer (2004), el valor máximo de  $F^{14}\text{C}$  atmosférico en 1964 es  $\sim 1.8$ . Debido a que los valores de  $F^{14}\text{C}$  son  $< 1.0$  en todas las secciones de SAMO 14-2, se puede inferir que el carbono en dichas secciones se formó a partir del  $\text{CO}_2$  atmosférico antes de 1950, y los valores crecientes entre 13 y 17 cm probablemente se deban a la liberación atmosférica de  $^{14}\text{C}$  durante las pruebas de armas nucleares atmosféricas.

De acuerdo con el fechado con  $^{210}\text{Pb}$ , el valor máximo de  $F^{14}\text{C}$  (0.72) durante el periodo post-1900 en SAMO 14-2 (13.5 cm,  $1983.0 \pm 1.4$ ; figura 4) se observó 3 cm por encima del máximo de  $^{137}\text{Cs}$  (16.5 cm,  $1968.4 \pm 2.1$ ), lo que implica un retraso de  $\sim 15$  años del valor máximo de  $F^{14}\text{C}$ , según el fechado con  $^{210}\text{Pb}$ . Esto se debe probablemente a: 1) el proceso biogeoquímico más largo que sigue el  $^{14}\text{C}$  antes de acumularse en los sedimentos. Es decir,  $^{137}\text{Cs}$  se deposita directamente por

precipitación atmosférica, mientras que el  $^{14}\text{C}$  ingresa al ambiente acuático como  $\text{CO}_2$  a través del intercambio aire-agua y la posterior mezcla vertical, se incorpora a la reserva de carbono inorgánico disuelto, se asimila como biomasa por plantas fotosintetizadoras y microbios foto y quimioautótrofos, y se convierte en parte de las partículas que se hunden hasta depositarse como sedimento en la cuenca del lago (McGeehin *et al.*, 2004; Gougoulas *et al.*, 2014).

### **10.1.2 Tasas de acumulación de sedimentos**

Los intervalos de valores de las tasas de acumulación sedimentaria (TAS) y másica (TAM) observados en SAMO para este estudio ( $0.04\text{-}3.42\text{ cm año}^{-1}$  y  $0.01\text{-}1.16\text{ g cm}^{-2}\text{ año}^{-1}$ ) fueron más amplios que los reportados para los últimos 100 años de los lagos cráter incluidos en la tabla 3, en México ( $0.005\text{-}0.42\text{ cm año}^{-1}$  y  $0.003\text{-}0.15\text{ g cm}^{-2}\text{ año}^{-1}$ ) y en todo el mundo ( $0.02\text{-}0.86\text{ cm año}^{-1}$  y  $0.008\text{-}0.59\text{ g cm}^{-2}\text{ año}^{-1}$ ).

Los valores altos de TAS en SAMO podrían estar relacionados con la erosión del suelo, que se ve afectada por eventos de precipitación, acción del viento y degradación del suelo promovida por las actividades agrícolas, especialmente en áreas donde se combinan las tierras de pastoreo con agricultura de secano (Zamudio y Méndez 2011). Como la TAS puede verse afectada por los efectos de la compactación, se utilizó la TAM para evaluar cambios en la sedimentación de SAMO durante los últimos 100 años.

De acuerdo con los resultados, los valores de TAM son mayores hacia la orilla del lago ( $0.09\text{ - }1.16\text{ g cm}^{-2}\text{ año}^{-1}$ ) y menores hacia el centro (intervalo general  $0.01\text{ - }0.40\text{ g cm}^{-2}\text{ año}^{-1}$ ), además de que se observaron mayores fluctuaciones de TAM durante el período posterior a 1950 (más evidente desde la década de 1980) y valores de TAM más bajos en el segmento más reciente de todos los núcleos, lo que implica que la sedimentación en SAMO es heterogénea y variable en el tiempo. El análisis factorial indicó que la entrada de terrígenos y la precipitación de carbonatos son las fuentes de sedimentos dominantes en SAMO.

Tabla 3. Intervalos de  $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$ , flujo de  $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$ , TAM, TAS y  $^{137}\text{Cs}$  reportados para sistemas lacustres a nivel nacional e internacional

Lago cráter	TAS ( $\text{cm yr}^{-1}$ )	TAM ( $\text{g cm}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ )	$^{137}\text{Cs}^*$ ( $\text{Bq kg}^{-1}$ )	Altitud (m a.s.l.)	Precipitación ( $\text{mm año}^{-1}$ )	Estado trófico
Lago Verde, Volcán San Martín, México <sup>1</sup>	0.02-0.37	0.003-0.095	~107	149	2500	Eutrófico
Lago Alchichica, Cuenca Oriental Cinturón Volcánico Transmexicano, México <sup>2</sup>	0.16-0.39	0.06-0.11	ND	2345	<400	Oligotrófico
Lago Zirahuén, campo volcánico Michoacán-Guanajuato, México <sup>3,4</sup>	0.005-0.3	N.D.	~18	2075	1217	Oligo-Mesotrófico
Lago El Sol, Volcán Nevado de Toluca, México <sup>5</sup>	0.02-0.42	0.01-0.14	~42	4200	1244	Oligotrófico
Lago La Luna, Volcán Nevado de Toluca, México <sup>5</sup>	0.05-0.32	0.03-0.15	~66	4200	1244	Ultraoligotrófico
Lago Albano, Alban Hills, Italia <sup>6,7</sup>	0.18-0.26	0.02-0.05	ND	293	1244	Eutrófico
Lago Nemi, Alban Hills, Italia <sup>6,7</sup>	0.15-0.16	0.03-0.05	ND	320	1244	Hipereutrófico
Lago Mbalang, Meseta Adamawa, Camerún <sup>8,9</sup>	0.09	ND	ND	1110	1500	Oligotrófico
Lago Tisong, Meseta Adamawa, Camerún <sup>8,9</sup>	0.15	ND	ND	1154	1500	Oligotrófico
Lago Surprise, Llanuras volcánicas de Victoria, Australia <sup>10</sup>	<0.1	ND	ND	93	798	Oligotrófico
Lago Elingamite, Llanuras volcánicas de Victoria, Australia <sup>10</sup>	0.09	ND	ND	121	781	Oligotrófico
Lagos East y Paulina, Volcán Newberry, EUA <sup>11</sup>	0.15–0.20	0.03-0.04	~11	1930-1945	510-890	Oligotróficos
Lago Karagöl, Montaña Yamanlar, Turquía <sup>12</sup>	0.02-0.06	0.02-0.59	ND	1630-2588	738	Mesotrófico
Lago Baengnokdam, Montaña Halla, Corea <sup>13</sup>	0.20 - 0.86	ND	~214	1950	3251	ND
Lago Warna, Meseta Dieng, Java Central, Indonesia <sup>14</sup>	0.02 - 0.31	0.008-0.310	ND	1965-2300	~2093	Eutrófico

\*Actividad de  $^{137}\text{Cs}$  en 1963. ND= No disponible. Referencias: Ruiz-Fernández *et al.*, 2007<sup>1</sup>, Alcocer *et al.*, 2014<sup>2</sup>, Davies *et al.*, 2004<sup>3</sup>, Ortega *et al.*, 2010<sup>4</sup>, Alcocer *et al.*, 2020<sup>5</sup>, Chondrogianni *et al.*, 1996<sup>6</sup>, Alvisi y Frignani, 1996<sup>7</sup>, Ngos III *et al.*, 2005<sup>8</sup>, Ngos III y Giresse, 2012<sup>9</sup>, Barr *et al.*, 2014<sup>10</sup>, Lefkowitz *et al.*, 2017<sup>11</sup>, Sert, 2018<sup>12</sup>, Yim *et al.*, 2018<sup>13</sup>, Soeprbowati *et al.*, 2018<sup>14</sup>. (ND=no disponible).



Un factor importante para la acumulación de sedimentos en SAMO, es el cambio en el uso de suelo (e.g. limpieza de tierras para la agricultura, el pastoreo de ganado y el desarrollo de asentamientos humanos) ya que genera un incremento en la intensidad de los procesos erosivos (Kondolf *et al.*, 2002) y, aunado a la escorrentía promovida por las precipitaciones, facilita el transporte y depósito de sedimentos al lago, particularmente hacia el lado occidental del lago, que está rodeado de tierras de cultivo. Esto también explicaría por qué SAMO 18-4 tuvo las actividades de  $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$  más bajas (debido a la dilución por cargas de sedimentos más altas), las concentraciones más altas de concentraciones de elementos terrígenos y los valores más altos de TAM.

No hay datos suficientes sobre crecimiento poblacional o variaciones temporales de áreas cultivadas en Santa María del Oro que relacionen las fluctuaciones de la TAM en los registros de sedimentos. Sin embargo, las áreas cultivadas de los principales cultivos (e.g., maíz, caña de azúcar y agave) han disminuido hacia el presente, particularmente durante la última década, cuando los valores de TAM también disminuyeron. Probablemente, la reducción de las áreas cultivadas y, en consecuencia, de las actividades comunes que promueven la erosión del suelo (como el arado y la quema) ha contribuido a reducir la erosión en la cuenca del lago SAMO.

## **10.2 Fechado $^{14}\text{C}$**

Establecer una cronología de  $^{14}\text{C}$  para SAMO 14-2 podría arrojar edades erróneas, teniendo en cuenta que  $F^{14}\text{C}$  indicó la presencia de carbono antiguo en las muestras; por lo tanto, se requiere evaluar el efecto reservorio (ER; edad de  $^{14}\text{C}$  aparentemente más antigua) en el lago mediante la comparación de edades bien corroboradas derivadas de  $^{210}\text{Pb}$  y edades convencionales de  $^{14}\text{C}$  (Reimer y Reimer, 2017) de la misma sección del núcleo sedimentario (20-21 cm,  $^{210}\text{Pb}$  edad =  $7 \pm 4$  años BP, edad  $^{14}\text{C}$  =  $4012 \pm 33$  años BP). La diferencia entre las edades derivadas de  $^{210}\text{Pb}$  y  $^{14}\text{C}$  (~4005 años) fue comparable con la edad de  $^{14}\text{C}$  de muestras en trampas de sedimentos del año 2017 (~4000 años, Ruiz-Fernández *et al.*, 2022)

pero diferente a muestras de suelo recolectado alrededor del lago ( $377 \pm 24$  años, Ruiz-Fernández *et al.*, 2022), esto permite descartar que la entrada de carbono empobrecido en  $^{14}\text{C}$  proviene del lavado de suelo erosionado.

El EF en SAMO puede ser causado por 1) el lento intercambio de  $\text{CO}_2$  entre la atmósfera y el agua superficial del lago, 2) por la entrada de agua subterránea que contiene carbono inorgánico disuelto (DIC) antiguo (Philippsen, 2013; Strunk *et al.*, 2020).o 3) la materia orgánica proveniente de plantas acuáticas (macrófitas sumergidas y algas fitoplanctónicas) que asimilan DIC deficiente en  $^{14}\text{C}$  por fotosíntesis, produce incrementos aparentes en las edades del  $^{14}\text{C}$  que pueden variar significativamente dentro de un lago y a lo largo de una columna sedimentaria (Blaauw *et al.*, 2011), lo que hace muy difícil definir un valor ER para corregir las edades de  $^{14}\text{C}$  (Björck y Wohlfarth, 2002).

SAMO es un lago de agua ligeramente alcalina ( $\text{pH} > 8$ , concentraciones de agua superficial de  $\text{CO}_3^{2-} = 54.6 \pm 19.8 \text{ mg L}^{-1}$ , y de  $\text{HCO}_3^- = 404.5 \pm 39.0 \text{ mg L}^{-1}$ ); hay explotación minera de calcita en Las Cuevas localizada a  $\sim 16$  km de la cuenca del lago (SGM, 2018); y la precipitación autigénica de carbonatos, favorecida por altas tasas de evaporación, que ocurre durante los meses más cálidos del año (Caballero *et al.*, 2013). Por lo tanto, la razón más plausible para el ER en el lago SAMO sería la introducción de carbono inorgánico disuelto (DIC) con deficiencia de  $^{14}\text{C}$  de agua subterránea o escorrentía (por explotación de calcita).

Lo anterior es difícil probarlo con la información disponible, por lo cual sería recomendable las mediciones de edad DIC- $^{14}\text{C}$  y los estudios hidrogeológicos que identifiquen las fuentes subterráneas a través del lago y la cuenca circundante. Las muestras de sedimentos mostraron edades de  $^{14}\text{C}$  muy variables, lo que indica un ER variable con el tiempo; por tal motivo, no fue factible calibrar las edades del  $^{14}\text{C}$  e incorporarlas en el perfil de profundidad-edad.

### **10.3 Caracterización del sedimento**

#### **10.3.1 Tamaño de grano**

En los cuatro núcleos sedimentarios del lago SAMO predominaron los limos, que son característicos de zonas de baja energía, donde la sedimentación de material fino es abundante (Folk, 1974).

#### **10.4 Concentraciones elementales de referencia (pre-1900)**

Las concentraciones de referencia (antes de 1900) para los elementos Al, Fe, Mn, Rb, Ti y Zr en los núcleos sedimentarios de lago SAMO fueron comparables con las concentraciones promedio en la corteza terrestre reportadas por Taylor (1964) y mayores a las concentraciones de base (que representarían condiciones prístinas) para lagos reportadas por Buchman *et al.* (2008) (anexo tabla A4). Para los elementos contaminantes Cu, Hg y Pb, las concentraciones fueron comparables a las reportadas por Buchman *et al.* (2008); en tanto que, las concentraciones de As, Cr, Ni, V y Zn en el lago SAMO fueron mayores. Las concentraciones de As, Ni y Zn en SAMO son mayores que las concentraciones reportadas por Taylor (1964).

Sin embargo, pese a las similitudes de las concentraciones en SAMO y la literatura, los niveles de referencia reportados en la literatura, no representan la geoquímica específica de la zona de estudio, lo que hace incierta la evaluación y puede llevar a conclusiones erróneas (es decir, sobreestimar o subestimar el enriquecimiento de los elementos). Esto se debe a que la corteza continental está compuesta por litologías muy diversas; a medida que la materia se transfiere de la corteza al medio acuático ocurre un fraccionamiento químico natural de los elementos, y es poco probable que las concentraciones permanezcan constantes durante el ciclo biogeoquímico (Ochoa-Contreras *et al.*, 2021 y referencias contenidas); además, los sedimentos de los lagos cuentan con otros componentes sedimentarios (biogénicos, atmosféricos, materia orgánica, carbonatos, etc.) cuya presencia puede aumentar o disminuir las concentraciones de metales que se encuentran en el material detrítico (Jackson *et al.*, 1978; Horowitz, 1991).

## 10.5 Concentraciones de metales pesados

Las concentraciones de metales pesados observadas en los cuatro núcleos sedimentarios del lago SAMO se compararon con valores reportados para otros sistemas lacustres de México y el mundo (tabla 4). Se observó que los valores de metales pesados en SAMO fueron comparables con los reportados tanto para lagos no contaminados (e.g. Cr y Ni en el lago Bafa, Turquía, Manav *et al.*, 2016; Zn en el lago Popradske, Eslovaquia, Reczýnski *et al.*, 2020), como para lagos contaminados (e.g. As en el lago Paulina, EUA, Lefkowitz *et al.*, 2017; Cu, Pb y Zn en el lago Uru Uru, Bolivia, Tapia y Audry, 2013). Se puede apreciar que algunas de las concentraciones reportadas para ambientes no contaminados son similares a las reportadas para ambientes contaminados (tabla 4). Esto se debe a que las concentraciones de los metales pesados están influenciadas por las propiedades geoquímicas de los sedimentos (por ejemplo, tamaño de grano, concentraciones de carbonatos o materia orgánica; Horowitz, 1985) y, en gran medida, también dependen de la composición mineralógica de los sedimentos de la cuenca, que se refleja principalmente en las concentraciones de referencia.

Las concentraciones naturales de As, Cr y Ni en todos los núcleos analizados son considerablemente altas y, de acuerdo con el valor de referencia PEL (anexo tabla A4), estas concentraciones podrían ser perjudiciales para la biota bentónica. Los altos valores de referencia en SAMO podrían estar relacionados con la litología ígnea y la presencia de zonas mineralizadas en la cuenca. Las concentraciones de As en rocas ígneas son generalmente bajas para riolita ( $3.2\text{--}5.4 \mu\text{g g}^{-1}$ ) y para basalto ( $0.18\text{--}113 \mu\text{g g}^{-1}$ ) (Smedley y Kinniburgh, 2002), que son los tipos de rocas predominantes en la cuenca de captación SAMO (Vázquez-Castro, 2008).

En el periodo post-1950, los factores de enriquecimiento (FE) en los núcleos de SAMO fueron generalmente bajos, lo que representa enriquecimiento nulo ( $FE \leq 2$ ) o menor ( $2 < FE \leq 3$ ) para Cr, Cu y Ni en algunas secciones de SAMO 14-1, SAMO 14-2 y SAMO 14-3; Pb en SAMO 14-2. Esto significa que SAMO sigue siendo un entorno bien conservado, apenas afectado por el impacto humano durante el siglo

pasado, aunque no realmente prístino, ya que la huella humana está en todas partes y los entornos prístinos son esencialmente inexistentes (Stahn *et al.*, 2017).

A diferencia del resto de los metales pesados, los valores de FE para As fueron ~4 desde principios de 1900 en SAMO 14-2 y, durante el período posterior a 1950, se observaron valores de ~8 en los núcleos SAMO 14-1, SAMO 14-2 y SAMO 14-3, lo que representa enriquecimiento moderadamente severo. Las principales fuentes naturales de As en los lagos incluyen la meteorización de minerales que contienen As (como sulfuros y sulfo-sales; Schaufelberger, 1994) y aguas subterráneas enriquecidas con As geogénico (asociado con depósitos minerales, procesos volcánicos o hidrotermales). Residuos de diversas actividades antrópicas, tales como minería de minerales metálicos, uso de conservantes de madera, pesticidas, fertilizantes y vertidos de aguas residuales, entre otros (Camacho *et al.*, 2011), pueden inducir la contaminación por As en aguas superficiales y subterráneas.

De acuerdo con las concentraciones de As en sedimentos y suelos, el enriquecimiento de As no tiene origen antrópico, ya que las concentraciones de As en SAMO 18-4 (recolectadas más cerca de la costa, por lo tanto, más influenciadas por actividades antropogénicas) fueron comparables con las concentraciones de referencia de As ( $88.9 \pm 38.5 \mu\text{g g}^{-1}$ ) en el lago. Adicionalmente, las concentraciones de As observadas en suelos recolectados alrededor del lago (valor medio de  $39.7 \pm 54.0 \mu\text{g g}^{-1}$ , Ruiz-Fernández *et al.*, 2023) fueron en su mayoría más bajas que las observadas en los núcleos de sedimentos. Sin embargo, se han reportado concentraciones de As considerablemente altas ( $770 - 1043 \mu\text{g g}^{-1}$ ) en sedimentos de arroyos de áreas mineralizadas en los alrededores de SAMO (CRM, 1996) y, por lo tanto, la transferencia subterránea de As al lago puede ser posible, pero no hay información disponible sobre las concentraciones de As en las aguas subterráneas para discutir más a fondo esta posibilidad.

Según el AF, el depósito de elementos de aporte terrígeno y carbonatos son los principales procesos que regulan la composición de metales pesados de los sedimentos SAMO.

Tabla 4. Concentraciones de metales pesados ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) en sedimentos de lagos a nivel nacional e internacional.

Sitio de estudio	As	Hg	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn	Estatus	Referencia
Lago Santa María del Oro	31.8-280.8	0.9-9.0	12.9-156.7	18.2-82.2	7.2-48.5	1.2-47.6	47.4-204.9	41.0-182.9	NC	Este estudio
Lago Espejo de Lirios, México	ND	0.14-0.25	42.9-67.1	20.5-30.8	ND	53.8-116	37.3-61.0	102-148	C	Ruiz-Fernández <i>et al.</i> , 2004
Lago Santa Elena, México	5.0-8.2	<0.2	42.3-53.4	8.7-15.0	ND	24.6-31.7	63.6-90.7	50.1-75.1	NC	Ontiveros <i>et al.</i> , 2014
Lago Chapala, México	6.0-9.4	0.3-1.0	43.7-57.6	23.4-28.3	ND	18.8-31.0	86.2-111	85.1-198	C	Ontiveros <i>et al.</i> , 2014
Lago El Sol, México	2.1-6.3	0.05-0.22	35.6-54.1	35.6-63.5	14-22	33.6-142	68.0-100.9	96.3-156	C	Hernández-Rivera, 2018
Lago La Luna, México	1.6-7.9	0.04-0.19	36.8-53.0	30.8-67.9	14-26	24.2-172	50.9-99.2	88.9-184	C	Hernández-Rivera, 2018
Lago Holiday, EUA	17.4	ND	26.6	86.6	ND	23.7	ND	88.7	C	Coxon <i>et al.</i> , 2016
Lago Germantown, EUA	28.3	ND	25.3	46.9	ND	26.0	ND	88.9	C	Coxon <i>et al.</i> , 2016
Lago Bear Creek, EUA	27.7	ND	25.4	31.5	ND	15.9	ND	90.2	C	Coxon <i>et al.</i> , 2016
Lago Chesdin, EUA	18.1	ND	24.2	50.4	ND	25.0	ND	88.8	C	Coxon <i>et al.</i> , 2016
Lago East, EUA	22-34	0.5-4.5	6-14	5-15	4-6	0-3	62-88	11-24	C	Lefkowitz <i>et al.</i> , 2017
Lago Paulina, EUA	33-247	0.05-0.1	0-8	1-8	41-144	0-8	54-138	21-63	C	Lefkowitz <i>et al.</i> , 2017
Lago Wielki Staw, Polonia	ND	17.0-69.0	ND	3.4-19.1	ND	4.9-75.0	<0.4-31.6	11.7-55.0	C	Malkiewicz <i>et al.</i> , 2016
Lago Smreczynski, Polonia	ND	ND	12.3-37.4	18.4-43.6	ND	146.1-352.6	ND	133.0-537.8	C	Reczynski <i>et al.</i> , 2020
Lago Popradske, Eslovaquia	ND	ND	9.9-18.5	8.6-22.1	ND	13.7-18.2	ND	126.1-190.9	NC	Reczynski <i>et al.</i> , 2020
Lago Bafa, Turquía	ND	ND	214-288	ND	297-460	8.3-19.1	ND	67.5-89.9	NC	Manav <i>et al.</i> , 2016
Lago Erhai, China	ND	11.4-19.1	93-179	56-117	52-92	53-75	ND	120-164	C	Li <i>et al.</i> , 2017
Lago Rewalsar, India	ND	ND	64.7-165.0	24.6-97.0	23.3-50.0	19.7-29.0	ND	84-116	C	Meena <i>et al.</i> , 2017
Lago Hussian Sagar, India	8.4-20.8	ND	67.2-105.8	52.6-137.5	26.6-70.6	50.7-134.8	ND	96.7-441.9	C	Ayyanar y Thatikonda, 2020
Willsmere Billabong, Australia	2.5-7.0	ND	33.0-37.0	9.0-14.0	17-23	13.0-17.0	ND	30.0-64.0	NC	Lintern <i>et al.</i> , 2016
Laguna Bizerte, Túnez	ND	ND	155-210	0.3-22.0	52-88	100-190	ND	163-257	C	Mna <i>et al.</i> , 2017
Lago Dianchi, China	21.5-64.4	ND	57.2-113	57.3-114	33-59.8	44.1-105	ND	132-606	C	Li <i>et al.</i> , 2020
Lago Uru Uru, Bolivia	37-76	ND	ND	43-81	ND	33-60	ND	107-183	C	Tapia y Audrey, 2013

(NC=no contaminado, C=contaminado, ND=no disponible).

Con respecto a Factor 1 (F1; anexo tabla A11, figura 15), el aporte detrítico al lago (resultante de la erosión de la cuenca), identificado por la presencia de elementos litófilos Al, Ti, Rb y Zr, con cargas positivas) es la principal fuente de V y Zn, ya que estos elementos se pueden unir firmemente en redes minerales (Boyle *et al.*, 2002). Por otro lado, el depósito de carbonato (indicada por la agrupación de C<sub>inorg</sub>, Ca y Sr, con cargas negativas), asociada con la precipitación de carbonato autigénico, parece contrarrestar la acumulación de los metales pesados suministrados por la erosión de la cuenca. De hecho, se sabe que los minerales de carbonato contienen concentraciones de metales pesados considerablemente más bajas que los aluminosilicatos (Veizer, 1983), por lo que los carbonatos a menudo se consideran diluyentes de las concentraciones de metales pesados en los sedimentos, junto con otros materiales como el cuarzo y materiales de grano grueso (Horowitz, 1985). Las correlaciones negativas significativas ( $p < 0.05$ ) observadas entre Ca y la mayoría de las concentraciones de metales pesados (excepto As; figura A12) confirman este proceso de dilución.

El factor 2 estuvo principalmente relacionado con la acumulación de Pb y As en los sedimentos de SAMO. La distribución de las concentraciones del núcleo SAMO 18-4 (figura 15) indicó que este núcleo (recolectado en la zona menos profunda) es el más influenciado por aportes de Pb. De hecho, la mayoría de las secciones del núcleo SAMO 18-4 mostraron factores de enriquecimiento indicativos de contaminación moderada por Pb ( $2 < FE \leq 5$ ). Este enriquecimiento podría ser causado por el transporte a larga distancia de Pb, depositado en los suelos de la cuenca y transportado al lago por la escorrentía (Rose *et al.*, 2012), o por las actividades humanas que tienen lugar en las proximidades del litoral del lago, que pueden incluir el uso de productos domésticos (e.g. pintura con plomo, soldadura, acabados de madera y productos de latón, plásticos de vinilo, juguetes y joyas, alimentos y bebidas almacenados en cerámica y cristal con plomo) y gestión de residuos (e.g. eliminación inadecuada de desechos electrónicos y baterías de plomo, y quema a cielo abierto de desechos) (Laquatra, 2014; ATSDR, 2019). La quema al aire libre de desechos puede producir emisiones de una variedad de

metales pesados, incluido el plomo, y crear el potencial para una mayor contaminación del aire, el agua y el suelo (Cogut, 2016). Además, aunque en menor grado que para V y Zn, el aporte detrítico también contribuye a las concentraciones de Ni y Pb en los sedimentos, como lo indican las correlaciones significativas ( $p < 0.05$ ) de ambos elementos con Al y Ti (anexo figura A4). La asociación de As con Mn en el Factor 2 sugiere que la diagénesis podría ser el mecanismo principal que promueve la acumulación de As en los sedimentos de SAMO y, según el gráfico de distribución de variables del análisis de factores (figura 15; cuadrantes I y IV), este proceso afecta principalmente a los núcleos profundos, que mostraron las concentraciones más altas de As y  $FE > 5$  (anexo tabla A4 y A5).

En ambientes acuosos, las especies de As inorgánico más abundantes son el arseniato (As (V)) y el arsenito (As (III)), y la movilidad de estas especies está influenciada por el pH y el potencial redox, así como la presencia de adsorbentes, que pueden incluir óxidos de Fe, Mn y Al, minerales sulfurados insolubles, filosilicatos (e.g. micas y arcillas), carbonatos y materia orgánica (Magalhães, 2002; Neff, 2002; Panagiotaras y Nikolopoulos, 2015). Las condiciones de oxidación conducen a una menor movilidad de As debido a la adsorción del elemento a óxidos, mientras que las condiciones reductoras implican la disolución de estos óxidos de metales, la liberación y la posterior unión de As en minerales de sulfuro o carbonato (Costagliola *et al.*, 2013). Aunque el arsenato se ve favorecido en condiciones óxicas y arsenito en condiciones anóxicas reductoras, ambas especies de As se encuentran en entornos reducidos y oxidados (Nicomel *et al.*, 2015).

La asociación de As con Mn en el Factor 2 y las correlaciones significativas ( $p < 0.05$ ) de As con Mn ( $r = 0.62$ ), indican que el enriquecimiento de As probablemente esté promovido por las condiciones anóxicas en el hipolimnion de SAMO, que favorecen la precipitación de sulfuros y carbonatos portadores de Mn (II) (rodocrosita,  $MnCO_3$ ) (Johnson *et al.*, 2016). Además, también se observaron correlaciones significativas entre As y  $C_{org}$  ( $r = 0.45$ ),  $C_{inorg}$  ( $r = 0.43$ ), Ca ( $r = 0.39$ ), limo ( $r = 0.32$ ) que pueden ser causadas por la formación de arseniato y arsenito complejos con materia



orgánica natural (Catrouillet *et al.*, 2016 y referencias contenidas), y/o coprecipitación con calcita (Costagliola *et al.*, 2013).

### **10.6 Carbono y nutrientes**

Las concentraciones de C, N y P en los cuatro núcleos sedimentarios de SAMO fueron comparables con las reportadas para el lago Verde ( $C_{org}$ : 7-20%,  $C_{inorg}$ : 0.0-0.1%,  $N_{tot}$ : 0.8-2.0%,  $10 < CN < 12$ ; Ruiz-Fernández *et al.*, 2007), lago La Luna ( $C_{org}$ : 2-7%,  $13.6 < C:N < 18.0$ ; Caballero *et al.*, 2020) en México, así como para el lago Apastepeque en El Salvador ( $C_{org}$ : 5-7%,  $C_{inorg}$ : 1.4–1.5%,  $N_{tot}$ : 0.5-0.6%, P: 0.13-0.23%,  $13 < C:N < 15$ ; Wojewódka-Przybył *et al.*, 2022). Todos ellos son lagos cráter ubicados en zonas tropicales, y de acuerdo con sus valores de C:N, la materia orgánica presente sus sedimentos es una mezcla de fuentes autóctonas y alóctonas. Los valores de los flujos de  $C_{org}$  en los sedimentos de SAMO (anexo tabla A9) fueron comparables con los valores publicados por Anderson (2014) para lagos mesotróficos en Europa (6.0-10.0 mg cm<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup>), que es congruente, ya que SAMO es un lago mesotrófico (Caballero *et al.*, 2013).

En todos los núcleos, las concentraciones de C y N mostraron una correlación significativa ( $p < 0.05$ ,  $r > 0.83$ ) entre ellos y hasta 100% N presente en los sedimentos es de origen orgánico. Los intervalos de concentración de  $C_{org}$  fueron más amplios en los núcleos recolectados a mayor profundidad (SAMO 14-1, SAMO 14-2 y SAMO 14-3) que en SAMO 18-4 recolectado a la orilla del lago. Dada la correlación negativa significativa ( $p < 0.05$ ,  $r = -0.7$ ) entre la concentración de  $C_{org}$  y la TAM, los valores más bajos de  $C_{org}$  en SAMO 18-4 se deben al efecto de dilución debido a mayor carga sedimentaria (anexo figura A4).

De acuerdo con los perfiles de concentración respecto a la profundidad (figura 12), los valores más altos de  $C_{org}$  y  $N_{org}$  se encontraron hacia la superficie en todos los núcleos sedimentarios, ya que son secciones biológicamente activas, es decir, están compuestas por materia orgánica reciente, que aún se encuentra en proceso de mineralización (Forsberg, 1989).

De acuerdo con los modelos de Middelburgh (1989) y Zimmerman y Canuel (2000) la degradación de  $C_{org}$  es mayor en la superficie de los núcleos sedimentarios hasta aproximadamente 30 años en los cuatro núcleos recolectados en SAMO (figura 14), lo que indica que las concentraciones de  $C_{org}$  observadas en el registro sedimentario son resultado del proceso de diagénesis, donde la fracción lábil de  $C_{org}$  se degrada rápidamente (Alcocer *et al.*, 2014). Adicionalmente, las pequeñas fluctuaciones en el aporte de la materia orgánica (figura 14) están relacionadas con cambios en el tamaño de grano, ya que los contenidos de limos y  $C_{org}$  mostraron una correlación significativa ( $p < 0.05$ ,  $r > 0.36$ ) que se explica por la afinidad de la materia orgánica con los tamaños de grano más finos (arcillas y limos) (Dickens *et al.*, 2006). De conformidad con el perfil de  $C_{org}$  corregido (figura 14) las concentraciones más recientes (a partir de aproximadamente la década de 2000) son menores a las que existían en el pasado.

Se ha demostrado que las elevaciones de temperatura aumentan las tasas de mineralización de materia orgánica en sedimentos acuáticos de diferentes regiones tropicales (Cardoso-Mohedano *et al.*, 2015; Marotta *et al.*, 2014). Además, los ambientes eutróficos tienden a tener altas tasas de mineralización, lo que resulta en mayores emisiones de carbono a la atmósfera y menor acumulación de este elemento en los sedimentos (Bastviken *et al.*, 2011; Pacheco *et al.*, 2014) y, a mayor profundidad de la columna de agua, mayor probabilidad de que la materia orgánica sea parcial o totalmente degradada por los organismos de la columna de agua, es decir, antes de llegar a los sedimentos. SAMO es un lago mesotrófico relativamente profundo (profundidad máxima de 60 m; Serrano *et al.*, 2002), con una tasa de calentamiento hipolimnético alta ( $0.1136 \pm 0.0001$  °C año<sup>-1</sup>; Cardoso-Mohedano *et al.*, 2019), ubicado en una zona donde los registros de temperatura muestran un incremento reciente en las temperaturas atmosféricas (figura 16) y, todo lo anterior, podría explicar tanto la mayor degradación de materia orgánica como la disminución de  $C_{org}$  corregido de los últimos años.

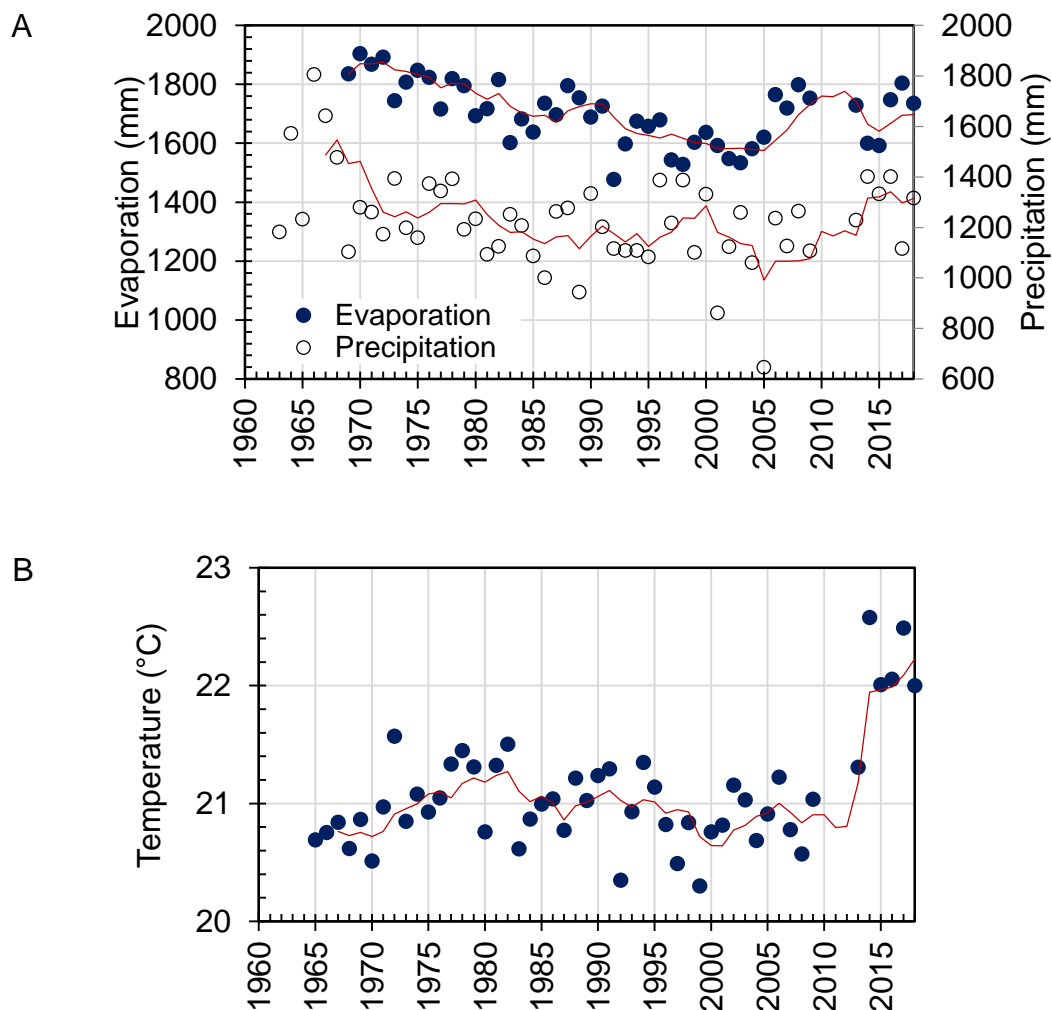


Figura 16. Variación temporal de variables meteorológicas de la estación Cerro Blanco (SMN, 2020), Nayarit. Los datos de 2010 a 2012 no están disponibles. A = evaporación y precipitación acumulada anual; B = temperatura media anual. La línea roja es una media móvil de 5 años. Entre el inicio del registro y antes del quiebre (2010-2012) las tendencias decrecientes son significativas ( $p < 0,05$ ) para la evaporación ( $r = 0,61$ ) y la precipitación ( $r = -0,48$ ).

Las proporciones C:N de SAMO son típicas de los sedimentos de lagos mesotróficos-eutróficos (Punning y Tōugu, 2000), lo que sugiere una mezcla de fuentes de algas y plantas superiores (C:N > 10-12; Tyson, 1995) con un predominio de contribución autóctona. Los perfiles respecto a la profundidad de la proporción C:N fueron prácticamente constantes en los núcleos SAMO 14-1, SAMO 14-2 y SAMO14-3, lo que indica que la procedencia de la materia orgánica en SAMO no ha cambiado al menos en los últimos 100 años.

Las concentraciones de P no mostraron correlación significativa con las concentraciones de C y N durante el periodo post-1900 en todos los núcleos sedimentarios, lo que podría indicar que la mineralización de  $P_{org}$  no tiene una participación importante durante la sedimentación (Datta *et al.*, 1999). Por lo tanto, las diferencias entre la distribución de P en comparación con las distribuciones de C y N a lo largo de los perfiles sedimentarios podrían estar influenciadas por la presencia de formas inorgánicas adsorbidas y/o coprecipitadas de P, ya que, a diferencia de C y N, la reacción biogeoquímica de P no tiene un producto final gaseoso y puede reciclarse dentro del sistema (Walker, 1991). El perfil de concentración de P respecto a la profundidad en SAMO 14-1 (núcleo extraído en la zona más profunda del lago) mostró una disminución hacia la superficie durante el periodo post-1900 que podría estar relacionada con la movilidad del fósforo y, por tanto, la redistribución dentro de los sedimentos, cuando se alcanzan condiciones anóxicas, que provocan variaciones locales de pH que, a su vez, afectan la solubilidad de los precipitados de P (Syers *et al.*, 1973).

En todos los núcleos, los perfiles respecto a la profundidad de C:P y N:P mostraron valores mayores en las secciones más superficiales que en el fondo. Las proporciones elementales inferiores a las predichas por la proporción de Redfield sugieren un aparente enriquecimiento de P, probablemente debido a la pérdida de  $C_{org}$  y  $N_{org}$  por la diagénesis del sedimento, que provoca la transformación de C y N suspendidos en formas gaseosas (Hecky *et al.*, 1993). Las bajas proporciones de N:P se han asociado con bajas concentraciones de oxígeno, explicadas por pérdidas de N mineralizado (Giblin *et al.*, 1997; Tyrrell y Law, 1997). Además, el agua de SAMO contiene altas concentraciones de fósforo soluble reactivo y el nitrógeno puede llegar a ser el elemento limitante durante estratificación (Caballero *et al.*, 2013).

## **11. CONCLUSIONES**

Se realizó la reconstrucción histórica de la contaminación por metales y nutrientes en el lago de Santa María de Oro (SAMO) con base en el análisis de núcleos

sedimentarios fechados con  $^{210}\text{Pb}$  (para los últimos 100 años); sin embargo, no fue posible obtener edades de  $^{14}\text{C}$  para los sedimentos más antiguos, debido a la ocurrencia de un fuerte efecto reservorio que, además, fue variable con el tiempo.

Se evaluó el nivel de contaminación por metales pesados y nutrientes mediante el análisis de concentraciones de As, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V y Zn y las concentraciones de C, N y P. Se establecieron concentraciones de referencia para los metales pesados a partir del promedio de valores de los elementos presentes en sedimentos acumulados antes de 1900; estos valores pueden servir como base para estudios futuros y como concentraciones objetivo en programas de gestión ambiental en SAMO. Los factores de enriquecimiento de la mayoría de los elementos contaminantes indicaron una contaminación nula; no obstante, se observó un enriquecimiento moderado por Cr y Ni y, moderadamente severo por As en los núcleos recolectados en las zonas más profundas del lago (por debajo de la termoclina). El enriquecimiento de Cr y Ni está relacionado con que las concentraciones de Cr y Ni eran naturalmente altas (pre-1900); sin embargo, el enriquecimiento de As es, probablemente, resultado del reciclaje de As debido a procesos endógenos (condiciones redox y precipitación de carbonatos). Según las guías de referencia internacionales, las concentraciones de Cr, Ni y As podrían ser perjudiciales para la biota bentónica, por lo que se recomiendan estudios específicos sobre la toxicidad de estos elementos en SAMO. Los valores de las relaciones C:N:P indicaron que la materia orgánica proviene de una mezcla de fuentes autóctonas y alóctonas y, que las variaciones en las concentraciones de C y N en los perfiles sedimentarios se deben al proceso de mineralización de la materia orgánica (principalmente en los sedimentos recientes). Hasta ahora, el impacto de las actividades antropogénicas que han tenido lugar en las proximidades del lago durante los últimos 100 años no han tenido un impacto considerable en la calidad ambiental del lago. Sin embargo, las actividades antropogénicas en la cuenca deben controlarse para preservar las condiciones de este valioso recurso hídrico.

## 12. BIBLIOGRAFÍA

- Abraham, G. y Parker, R. (2008). Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree of contamination in marine sediments from Tamaki Estuary, Auckland, New Zealand. *Environmental Monitoring and Assessment*, 136(1-3), 227-238.
- Alcocer, J., Del Carmen-Hernández, M., Oseguera, L. y Escobar, E. (2015). On the ecology of *Cletocamptus gomezi* Suárez-Morales, Barrera-Moreno & Ciro-Pérez 2013 (Crustacea, Copepoda, Harpacticoida) micro-endemic to Lake Alchichica, Central Mexico. *Journal of Limnology*, 74(2).
- Alcocer, J., Ruiz-Fernández, A. C., Oseguera, L. A., Caballero, M., Sánchez-Cabeza, J. A., Pérez-Bernal, L. H., y Hernández-Rivera, D. M. (2020). Sediment carbon storage increases in tropical, oligotrophic, high mountain lakes. *Anthropocene*, 32, 100272.
- Ali, H. y Khan, E. (2018). What are heavy metals? Long-standing controversy over the scientific use of the term 'heavy metals'—proposal of a comprehensive definition. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 100(1), 6-19.
- Allan, J. D., Smith, S. D., McIntyre, P. B., Joseph, C. A., Dickinson, C. E., Marino, A. L. y Adeyemo, A. O. (2015). Using cultural ecosystem services to inform restoration priorities in the Laurentian Great Lakes. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 13(8), 418-424.
- Alloway, B. (2013). *Heavy metals in soils: trace metals and metalloids in soils and their bioavailability*. (3er Ed). Inglaterra. Springer.
- Alvisi, F. y Frignani, M. (1996). <sup>210</sup>Pb-derived sediment accumulation rates for the central Adriatic Sea and crater lakes Albano and Nemi (central Italy). *Memorie-Istituto Italiano di Idrobiologia*, 55, 303-320.
- Ansari, A., Singh, S., Lanza, G. y Rast, W. *Eutrophication: Causes, Consequences and Control*. Ansari, A. y Singh, S (Eds). Dordrecht. Springer Dordrecht, 262.

- Appleby, P. G. y Oldfield, F. (1992). *Application of  $^{210}\text{Pb}$  to sedimentation studies: Uranium-series Disequilibrium: Applications to Earth, Marine & Environmental Sciences*. Inglaterra. Oxford University Press: 731–778.
- Appleby, P. G., Semertidou, P., Piliposian, G. T., Chiverrell, R. C., Schillereff, D. N., y Warburton, J. (2019). The transport and mass balance of fallout radionuclides in Brotherswater, Cumbria (UK). *Journal of Paleolimnology*, 62(4), 389-407.
- Arriaga, L., Aguilar, V. y Alcocer, J. (2000). *Aguas continentales y diversidad biológica de México: regiones hidrológicas prioritarias, lagos-cráter De Nayarit*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. <https://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium-bin/detalle.pl?Id=20230409025314>. Fecha de consulta: mayo de 2021.
- ATSDR (2016). Mercury. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Disponible en: [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phshome.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phshome.html) Fecha de consulta: febrero de 2020.
- Ayyanar, A. y Thatikonda, S. (2020). Distribution and ecological risks of heavy metals in lake Hussain Sagar, India. *Acta Geochimica*, 39(2), 255-270.
- Barr, C., Tibby, J., Gell, P., Tyler, J., Zawadzki, A. y Jacobsen, G. E. (2014). Climate variability in south-eastern Australia over the last 1500 years inferred from the high-resolution diatom records of two crater lakes. *Quaternary Science Reviews*, 95, 115-131.
- Basher, L. R. y Matthews, K. M. (1993). Relationship between  $^{137}\text{Cs}$  in some undisturbed New Zealand soils and rainfall. *Soil Research*, 31(5), 655-663.
- Bastviken, D., Tranvik, L. J., Downing, J. A., Crill, P. M. y Enrich-Prast, A. (2011). Freshwater methane emissions offset the continental carbon sink. *Science*, 331(6013), 50-50.
- Begy, R.C., Preoteasa, L., Timar-Gabor, A., Mihaiescu, R., Tanaselia, C., Kelemen, S. y Simon, H. (2016). Sediment dynamics and heavy metal pollution history of the

- Cruhlig Lake (Danube Delta, Romania). *Journal of Environmental Radioactivity*, 153, 167-175.
- Bergström, A. K., y Jansson, M. (2006). Atmospheric nitrogen deposition has caused nitrogen enrichment and eutrophication of lakes in the northern hemisphere. *Global Change Biology*, 12(4), 635-643.
- Berner, R. A. (1980). *Early diagenesis: a theoretical approach*. (1ra Ed). Estados Unidos. Princeton University Press, 256.
- Birch G. y Davies K. (2003). *A scheme for assessing human impact and sediment quality in coastal waterways*. Woodroffe C.D., Furness, R.A. (Eds.) Coastal GIS 2003: An Integrated Approach to Australian Coastal Issues. Wollongong Papers on Maritime Policy 14. Australia, 371-380.
- Birch, G. (2007). *A short geological and environmental history of the Sydney estuary, Australia*. Birch, G.F. (Ed.), Water, Wind, Art and Debate. Sydney University Press, The Sydney University. Australia, 433. 217–246.
- Birch, G. (2017). Determination of sediment metal background concentrations and enrichment in marine environments—a critical review. *Science of The Total Environment*, 580, 813-831.
- Birch, G. y Olmos, M. (2008). Sediment-bound heavy metals as indicators of human influence and biological risk in coastal water bodies. *Journal of Marine Science*, 65, 1407–1413.
- Birch, G., McCready, S., Long, E., Taylor, S. y Spyrikis, G. (2008). Contaminant chemistry and toxicity of sediments in Sydney Harbour, Australia: spatial extent and chemistry toxicity relationships. *Marine Ecology Progress Series*, 363: 71–87.
- Björck, S., y Wohlfarth, B. (2002). *<sup>14</sup>C chronostratigraphic techniques in paleolimnology: In Tracking environmental change using lake sediments*. Dordrecht. Springer, 205-245.



- Blaauw, M. y Christen, J. A. (2011). Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process. *Bayesian Analysis*, 6 (3), 457-474.
- Boisvenue, C. y Running, S. W. (2006). Impacts of climate change on natural forest productivity—evidence since the middle of the 20th century. *Global Change Biology*, 12(5), 862-882.
- Boyle, J. (2002). *Inorganic Geochemical Methods in Palaeolimnology*. Last WM, Smol JP (eds) Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Developments in Paleoenvironmental Research. Dordrecht. Springer, 83-141.
- Bradl, H. (2005). *Heavy metals in the environment: origin, interaction and remediation*. (1ra Ed). Londres. Academic Press, 282.
- Bryan, G. W. y Langston, W. J. (1992). Bioavailability, accumulation and effects of heavy metals in sediments with special reference to United Kingdom estuaries: a review. *Environmental Pollution*, 76(2), 89-131.
- Buat-Menard, P. y Chesselet, R. (1979). Variable influence of the atmospheric flux on the trace metal chemistry of oceanic suspended matter. *Earth Planetary Sciences Letters*, 42, 398-411.
- Buchman, M. (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 p. Disponible en <https://repository.library.noaa.gov>. Fecha de consulta: junio de 2019.
- Burton, T. M., Stricker, C. A. y Uzarski, D. G. (2002). Effects of plant community composition and exposure to wave action on invertebrate habitat use of Lake Huron coastal wetlands. *Lakes & Reservoirs: Research & Management*, 7(3), 255-269.
- Caballero, M., Mora, L., Muñoz, E., Escolero, O., Bonifaz, R., Ruiz, C. y Prado, B. (2020). Anthropogenic influence on the sediment chemistry and diatom assemblages of Balamtetik Lake, Chiapas, Mexico. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 15935-15943.

- Caballero, M., Rodríguez, A., Vilaclara, G., Ortega, B., Roy, P. y Lozano, S. (2013). Hydrochemistry, ostracods and diatoms in a deep, tropical, crater lake in Western Mexico. *Journal of Limnology*, 72(3): 512-523.
- Caitcheon G. (1993). Sediment source tracing using environmental magnetism: a new approach with examples from Australia. *Hydrological Processes*, 7, 349-358.
- Camacho, L. M., Gutiérrez, M., Alarcón-Herrera, M. T., de Lourdes Villalba, M. y Deng, S. (2011). Occurrence and treatment of arsenic in groundwater and soil in northern Mexico and southwestern USA. *Chemosphere*, 83(3), 211-225.
- Camill, P. (2010). *Global Change*. Nature Education Knowledge, 3(10):49.
- Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). (2001). *Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life. CCME water quality index 1.0 user's manual. 1-5*. Canadian environmental quality guidelines, 1999, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg. Disponible en <https://prrd.bc.ca/wp-content/uploads/post/prrd-water-quality-database-and-analysis/WQI-Users-Manual-en.pdf>. Fecha de consulta: junio de 2020.
- Cardoso-Mohedano, J. G., Bernardello, R., Sánchez-Cabeza, J. A., Ruiz-Fernández, A. C., Alonso-Rodríguez, R. y Cruzado, A. (2015). Thermal impact from a thermoelectric power plant on a tropical coastal lagoon. *Water, Air, & Soil Pollution*, 226, 1-11.
- Cardoso-Mohedano, J. G., Sánchez-Cabeza, J. A., Ruiz-Fernández, A. C., Pérez-Bernal, L. H., Lima-Rego, J. y Giralt, S. (2019). Fast deep water warming of a subtropical crater lake. *Science of The Total Environment*, 691, 1353-1361.
- Carnero-Bravo, V., Merino-Ibarra, M., Ruiz-Fernández, A.C., Sánchez-Cabeza, J. A. y Ghaleb, B. (2015). Sedimentary record of water column trophic conditions and sediment carbon fluxes in a tropical water reservoir (Valle de Bravo, Mexico). *Environmental Science and Pollution Research*, 22:4680–4694.
- Castro, J. y Díaz, M. (2004). La contaminación por pilas y baterías en México. *Gaceta Ecológica*. 72: 53-74.

- Catrouillet, C., Davranche, M., Dia, A., Bouhnik Le Coz, M., Demangeat, E. y Gruau, G. (2016). Does As(III) interact with Fe(II), Fe(III) and organic matter through ternary complexes?. *Journal of Colloid and Interface Science*, 470: 153-161.
- CE (2006). *Mejores técnicas disponibles en el ámbito de las grandes instalaciones de combustión*. Prevención y Control Integrados de la Contaminación (IPPC). Oficina Europea de Prevención y Control Integrado de la Contaminación (OEPCIC). Comisión Europea. [https://prtr-es.es/Data/images/MTD\\_Grandes\\_instalaciones\\_de\\_Combustion\\_tcm7\\_329024.pdf](https://prtr-es.es/Data/images/MTD_Grandes_instalaciones_de_Combustion_tcm7_329024.pdf). Fecha de consulta: mayo de 2020.
- Chen, Y., Hu, W., Huang, B., Weindorf, D., Rajan, N., Liu, X. y Niedermann, S. (2013). Accumulation and health risk of heavy metals in vegetables from harmless and organic vegetable production systems of China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 98, 324-330.
- Chester R. (2000). *Marine Geochemistry: Nutrients, organic carbon and the cycle carbon in sea water*. (2da Ed). Londres. Blackwell Science, 200-241.
- Chondrogianni, C., Ariztegui, D., Guilizzoni, P. y Lami, A. (1996). Lakes Albano and Nemi (central Italy): an overview. *Memorie-Istituto Italiano di Idrobiologia*, 55, 17-22.
- Cichoń, M. (2017). Changing values of lake ecosystem services as a result of bacteriological contamination on Lake Trzesiecko and Lake Wielimie, Poland. *Environmental & Socio-economic Studies*, 5(4), 87-94.
- Cochran, J. K., Hirschberg, D. J., Wang, J. y Dere, C. (1998). Atmospheric deposition of metals to coastal waters (Long Island Sound, New York USA): evidence from saltmarsh deposits. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 46(4), 503-522.
- Cogut, A. (2016). Open burning of waste: a global health disaster. R20 Regions of climate action. [https://regions20.org/wp-content/uploads/2016/08/OPEN-BURNING-OF-WASTE-A-GLOBAL-HEALTH-DISASTER\\_R20-Research-Paper\\_Final\\_29.05.2017.pdf](https://regions20.org/wp-content/uploads/2016/08/OPEN-BURNING-OF-WASTE-A-GLOBAL-HEALTH-DISASTER_R20-Research-Paper_Final_29.05.2017.pdf). Fecha de consulta: septiembre de 2020.

- Cook, A. C., Wadsworth, J., Southon, J. R. y van der Merwe, N. J. (2003). AMS radiocarbon dating of rusty iron. *Journal of Archaeological Science*, 30(1), 95-101.
- Cornwell, J. C., Conley, D. J., Owens, M. y Stevenson, J. C. (1996). A sediment chronology of the eutrophication of Chesapeake Bay. *Estuaries*, 19(2), 488-499.
- Costagliola, P., Bardelli, F., Benvenuti, M., Di Benedetto, F., Lattanzi, P., Romanelli, M., Paolieri, M., Rimondi, V. y Vaggelli, G. (2013). Arsenic-Bearing Calcite in Natural Travertines: Evidence from Sequential Extraction,  $\mu$ XAS, and  $\mu$ XRF. *Environmental Science & Technology*, 47: 6231–6238.
- Coxon, T., Odhiambo, B. y Giancarlo, L. (2016). The impact of urban expansion and agricultural legacies on trace metal accumulation in fluvial and lacustrine sediments of the lower Chesapeake Bay basin, USA. *Science of The Total Environment*, 568: 404-414.
- CRM (1996). Informe final complementario a la cartografía geológico-minera y geoquímica escala 1:50,000. Hoja Santa María del Oro (F13-D32) Estado de Nayarit. Consejo de Recursos Minerales, 24. Disponible en: [https://www.sgm.gob.mx/publicaciones\\_sgm/Informe\\_b.jsp?wparam=1&clav=181996CECR0001](https://www.sgm.gob.mx/publicaciones_sgm/Informe_b.jsp?wparam=1&clav=181996CECR0001). Fecha de consulta: mayo de 2019.
- Datta, D. K., Gupta, L. P., y Subramanian, V. (1999). Distribution of C, N and P in the sediments of the Ganges–Brahmaputra–Meghna river system in the Bengal basin. *Organic Geochemistry*, 30(1), 75-82.
- Davies, S. J., Metcalfe, S. E., Bernal-Brooks, F., Chacón-Torres, A., Farmer, J. G., MacKenzie A. B. y Newton, A.J. (2005). Lake Sediments Record Sensitivity of Two Hydrologically Closed Upland Lakes in Mexico to Human Impact. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 34(6), 470-475,
- Davies, S.J., Metcalfe, S.E., MacKenzie, A.B., Newton, A.J., Endfield, G.H. y Farmer, J. (2004). Environmental changes in the Zirahuén Basin, Michoacán, Mexico, during the last 1000 years. *Journal of Paleolimnology*. 31: 77-98.

- DDEP. (2006). Decay Data Evaluation Project. LNELNHB/CEA – Table de radionucléides  $^{238}\text{U}$ . [http://www.lnhb.fr/nuclides/U-238\\_tables.pdf](http://www.lnhb.fr/nuclides/U-238_tables.pdf). Fecha de consulta mayo, 2020.
- DDEP. (2007). Decay Data Evaluation Project. LNELNHB/CEA – Table de radionucléides  $^{137}\text{Cs}$ . [http://www.lnhb.fr/nuclides/Cs-137\\_tables.pdf](http://www.lnhb.fr/nuclides/Cs-137_tables.pdf). Fecha de consulta mayo, 2020.
- DDEP. (2008). Decay Data Evaluation Project. LNELNHB/CEA – Table de radionucléides  $^{239}\text{Pu}$ . [http://www.lnhb.fr/nuclides/Pu-239\\_tables.pdf](http://www.lnhb.fr/nuclides/Pu-239_tables.pdf). Fecha de consulta mayo, 2020.
- DDEP. (2009). Decay Data Evaluation Project. LNELNHB/CEA – Table de radionucléides  $^{240}\text{Pu}$ . [http://www.lnhb.fr/nuclides/Pu-240\\_tables.pdf](http://www.lnhb.fr/nuclides/Pu-240_tables.pdf). Fecha de consulta mayo, 2020.
- DDEP. (2011). Decay Data Evaluation Project. LNELNHB/CEA – Table de radionucléides  $^{222}\text{Rn}$ . [http://www.lnhb.fr/nuclides/Rn-222\\_tables.pdf](http://www.lnhb.fr/nuclides/Rn-222_tables.pdf). Fecha de consulta mayo, 2020.
- DDEP. (2012a). Decay Data Evaluation Project. LNELNHB/CEA – Table de radionucléides  $^{210}\text{Pb}$ . [http://www.lnhb.fr/nuclides/Pb-210\\_tables.pdf](http://www.lnhb.fr/nuclides/Pb-210_tables.pdf). Fecha de consulta mayo, 2020.
- DDEP. (2012b). Decay Data Evaluation Project. LNELNHB/CEA – Table de radionucléides  $^{14}\text{C}$ . [http://www.lnhb.fr/nuclides/C-14\\_tables.pdf](http://www.lnhb.fr/nuclides/C-14_tables.pdf). Fecha de consulta mayo, 2020.
- DeLaune, R. D., Patrick Jr, W. H. y Buresh, R. J. (1978). Sedimentation rates determined by  $^{137}\text{Cs}$  dating in a rapidly accreting salt marsh. *Nature*, 275(5680), 532-533.
- Dickens, A. F., Baldock, J. A., Smernik, R. J., Wakeham, S. G., Arnarson, T. S., Gélinas, Y. y Hedges, J. I. (2006). Solid-state  $^{13}\text{C}$  NMR analysis of size and density fractions of marine sediments: Insight into organic carbon sources and preservation mechanisms. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 70(3), 666-686.

- Doherty, E., Murphy, G., Hynes, S. y Buckley, C. (2014). Valuing ecosystem services across water bodies: Results from a discrete choice experiment. *Ecosystem Services*, 7, 89-97.
- Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z. I., Knowler, D. J., Lévêque, C. y Sullivan, C. A. (2006). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological reviews*, 81(2), 163-182.
- Dusek, U., Ten Brink, H. M., Meijer, H. A. J., Kos, G., Mrozek, D., Röckmann, T. y Weijers, E. P. (2013). The contribution of fossil sources to the organic aerosol in the Netherlands. *Atmospheric environment*, 74, 169-176.
- EPA (Environmental Protection Agency). (2018). Mercury in your environment. Disponible en: <https://www.epa.gov/mercury> Fecha de consulta: febrero del 2018.
- Evans, D. W., Alberts, J. J. y Clark III, R. A. (1983). Reversible ion-exchange fixation of cesium-137 leading to mobilization from reservoir sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 47(6), 1041-1049.
- Feichter, J., Brost, R. A. y Heimann, M. (1991). Three-dimensional modeling of the concentration and deposition of  $^{210}\text{Pb}$  aerosols. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 96(D12), 22447-22460.
- Fernex, F., Zárate-del Valle, P., Ramírez-Sánchez, H., Michaud, F., Parron, C., Dalmaso, J., Barci-Funel, G. y Guzmán-Arroyo, M. (2001). Sedimentation rates in lake Chapala (western Mexico): possible active tectonic control. *Chemical Geology*. 177: 213-228.
- Folk, R. (1974). *Petrology of sedimentary rocks*. Estados Unidos de América. Hemphill Publishing Company, (2) 182.
- Forsberg, C. (1989). Importance of sediments in understanding nutrient cyclings in lakes. *Hydrobiologia*, 176, 263-277.

- Förstner, U. y Wittmann, G. (1981). Metal pollution in the aquatic environment. Alemania. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, (2) 488.
- Förstner, U., Ahlf, W. y Calmano, W. (1989). Studies on the transfer of heavy metals between sedimentary phases with a multi-chamber device: combined effects of salinity and redox variation. *Marine Chemistry*, 28(1-3), 145-158.
- Garn, H. S., Elder, J. F. y Robertson, D. M. (2003). *Why Study Lakes? An Overview of USGS Lake Studies in Wisconsin*. U.S. Dept. of the Interior, U.S. Geological Survey. Disponible en: <https://pubs.usgs.gov/fs/fs06303/>. Fecha de consulta: abril 2021.
- Gharibreza, M., Kuna, J., Yusoff, I., Ashraf, M.A., Othman, Z. y Muhamad, W.Z. (2013). Effects of agricultural projects on nutrient levels in Lake Bera (Tasek Bera), Peninsular Malaysia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 165, 19–27.
- Giblin, A. E., Hopkinson, C. S. y Tucker, J. (1997). Benthic metabolism and nutrient cycling in Boston Harbor, Massachusetts. *Estuaries*, 20, 346-364.
- GMSMO. (2018). Principales actividades económicas del municipio Santa Maria del Oro, Nayarit. Disponible en línea: <http://santamariadeloro.nayarit.gob.mx>. Fecha de consulta: diciembre de 2018.
- Goher, M. E., Ali, M. H. y El-Sayed, S. M. (2019). Heavy metals contents in Nasser Lake and the Nile River, Egypt: an overview. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 45(4), 301-312.
- Goher, M. E., Hassan, A. M., Abdel-Moniem, I. A., Fahmy, A. H. y El-sayed, S. M. (2014). Evaluation of surface water quality and heavy metal indices of Ismailia Canal, Nile River, Egypt. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 40(3), 225-233.
- Goldberg, E.D. (1963). *Geochronology with <sup>210</sup>Pb in radioactive dating*. Vienna: IAEA, 121-131.

- Goñi, M. A. y Hedges, J. I. (1995). Sources and reactivities of marine-derived organic matter in coastal sediments as determined by alkaline CuO oxidation. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59(14), 2965-2981.
- González-Bernal, V. (2008). *Problemática socioeconómica de los productores independientes de agave azul del municipio de Santa María del Oro, Nayarit, 1996-2006*. Tesis. Universidad Autónoma de Nayarit.
- Gougoulas, C., Clark, J. M. y Shaw, L. J. (2014). The role of soil microbes in the global carbon cycle: tracking the below-ground microbial processing of plant-derived carbon for manipulating carbon dynamics in agricultural systems. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(12), 2362-2371.
- Hansen, A. M. (2012). Lake sediment cores as indicators of historical metal (loid) accumulation – A case study in Mexico. *Applied Geochemistry*, 27, 1745–1752.
- Harris, E. (1979). The laws of archaeological stratigraphy. *World Archaeology*, 11(1): 111-117.
- Heathwaite, A. L. (2010). Multiple stressors on water availability at global to catchment scales: understanding human impact on nutrient cycles to protect water quality and water availability in the long term. *Freshwater Biology*, 55, 241-257.
- Hecky, R. E., Campbell, P. y Hendzel, L. (1993). The stoichiometry of carbon, nitrogen, and phosphorus in particulate matter of lakes and oceans. *Limnology and Oceanography*, 38(4), 709-724.
- Hernández-Rivera D.M. (2018). *Niveles de contaminación por metales pesados en sedimentos de los lagos El Sol y La Luna, en el volcán Nevado de Toluca, México*. Tesis. Instituto Tecnológico de Mazatlán.
- Herve, A. y Lynne, J. W. (2010). Newman-Keuls Test and Tukey Test. Encyclopedia of Research Design. Disponible en línea: <https://www.utdallas.edu/~herve/abdi-NewmanKeuls2010-pretty.pdf>. Fecha de consulta: marzo de 2020.



- Heyvaert, A., Reuter, J., Slotton, D. y Goldman, C. (2000). Paleolimnological reconstruction of historical atmospheric lead and mercury deposition at Lake Tahoe, California-Nevada. *Environmental Science & Technology*, 34: 3588-3597.
- Horowitz, A. J. (1991). *A primer on sediment-trace element chemistry*. Michigan. Lewis Publishers, (2) 135.
- Horowitz, A.J. (1985). *A primer on trace metal-sediment chemistry*. Water Supply Paper 2277. Alexandria. United States Geological Survey, 67.
- Hussain, C. M. y Kecili, R. (2019). Modern environmental analysis techniques for pollutants. Amsterdam.Elsevier, 424.
- Jackson, K., Jonasson, I. y Skippen, G. (1978). The nature of metals-sediment-water interaction in fresh water bodies, with emphasis on the role of organic matter. *Earth Science Reviews*, 14, 97-146.
- Jacques, O. y Pienitz, R. (2022). Assessment of asbestos fiber contamination in lake sediment cores of the Thetford Mines region, southern Quebec (Canada). *Environmental Advances*, 8, 100232.
- Jeppesen, E., Søndergaard, M., Jensen, J. P., Havens, K. E., Anneville, O., Carvalho, L. y Winder, M. (2005). Lake responses to reduced nutrient loading—an analysis of contemporary long-term data from 35 case studies. *Freshwater biology*, 50(10), 1747-1771.
- Johnson, J.E., Webb, S.M., C. y Fischer, W. (2016). Manganese mineralogy and diagenesis in the sedimentary rock record. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 173: 210–231.
- Kelly, E. N., Schindler, D. W., St. Louis, V. L., Donald, D. B. y Vladicka, K. E. (2006). Forest fire increases mercury accumulation by fishes via food web restructuring and increased mercury inputs. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(51), 19380-19385.

- Kondolf, G. M., Piégay, H. y Landon, N. (2002). Channel response to increased and decreased bedload supply from land use change: contrasts between two catchments. *Geomorphology*, 45(1-2), 35-51.
- Krishnaswamy, S., Lal, D., Martin, J. M. y Meybeck, M. (1971). Geochronology of lake sediments. *Earth and Planetary Science Letters*, 11(1-5), 407-414.
- Kristensen, E. (2000). Organic matter diagenesis at the oxic/anoxic interface in coastal marine sediments, with emphasis on the role of burrowing animals. *Hydrobiologia*, 426, 1-24.
- Kumar, M., Gogoi, A., Kumari, D., Borah, R. Das, P., Mazumder, P. y Kumar, V. (2017). Review of perspective, problems, challenges, and future scenario of metal contamination in the urban environment. *Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste*, 21(4). 04017007.
- Lan, J., Wang, T., Chawchai, S., Cheng, P., Yu, K., Yan, D. y Xu, H. (2020). Time marker of  $^{137}\text{Cs}$  fallout maximum in lake sediments of Northwest China. *Quaternary Science Reviews*, 241, 106413.
- Laquatra, J. (2014). *Toxicants in food packaging and household plastics: lead in Household Products*. (1er. Ed). Londres. Springer, London, 231-243.
- Lederer, C.M., Hollander, J.M., Perlman, I. y Segrè, E. (1967). *Table of Isotopes*. (6ta. Ed). Physics Today, 20, 97-99.
- Lefkowitz, J., Varekamp, J., Reynolds, R. y Thomas, E. (2017). *A tale of two lakes: the Newberry Volcano twin crater lakes, Oregon, USA*. Geological Society. London, Special Publications. 437: <http://doi.org/10.1144/SP437.15>.
- Levin, I. y Kromer, B. (2004). The tropospheric  $^{14}\text{CO}_2$  level in mid-latitudes of the Northern Hemisphere (1959–2003). *Radiocarbon*, 46(3), 1261-1272.
- Li, K., Liu, E., Zhang, E., Li, Y., Shen, J. y Liu, X. (2017). Historical variations of atmospheric trace metal pollution in Southwest China: Reconstruction from a

- 150-year lacustrine sediment record in the Erhai Lake. *Journal of Geochemical Exploration*, 72: 62-70.
- Li, K., Liu, E., Zhang, E., Li, Y., Shen, J. y Liu, X. (2017). Historical variations of atmospheric trace metal pollution in Southwest China: Reconstruction from a 150-year lacustrine sediment record in the Erhai Lake. *Journal of Geochemical Exploration*, 172, 62–70.
- Li, X., Liu, E., Zhang, E., Lin, Q., Yu, Z., Nath, B., Yuan, H. y Shen, J. (2020). Spatio-temporal variations of sedimentary metals in a large suburban lake in southwest China and the implications for anthropogenic processes. *Science of The Total Environment*, 707: 1-46.
- Libes, S. (2009). *Introduction to Marine Biogeochemistry*. (2da. Ed). Estados Unidos. Academic Press, 928.
- Ligero, R. A., Barrera, M., Casas-Ruiz, M., Sales, D. y López-Aguayo, F. (2002). Dating of marine sediments and time evolution of heavy metal concentrations in the Bay of Cádiz, Spain. *Environmental Pollution*, 118(1), 97-108.
- Lijun, D., Lingqing, W., Lianfang, L., Tao, L., Yongyong, Z., Chuanxin, M. y Baoshan, X. (2017). Multivariate geostatistical analysis and source identification of heavy metals in the sediment of Poyang Lake in China. *Science of the Total Environment*, 621: 1433-1444.
- Lintern, A., Leahy, P., Heijnis, H., Zawadzki, A., Gadd, P., Jacobsen, G., Deletic, A. y Mccarthy, D. (2016). Identifying heavy metal levels in historical flood water deposits using sediment cores. *Water Research*, 105: 34-46.
- Loring, D. y Rantala, R. (1992). Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter. *Earth Science*, 32, 235-283.
- Luo, M., Kang, X., Liu, Q., Yu, H., Tao, Y., Wang, H. y Niu, Y. (2022). Research on the geochemical background values and evolution rules of lake sediments for heavy metals and nutrients in the Eastern China Plain from 1937 to 2017. *Journal of Hazardous Materials*, 436, 129136.

- Mackey, A. y Gass, S.M. (2005). *Second Language Research: Methodology and Design*. Nueva Jersey. Lawrence Erlbaum Associates, 393.
- Magalhães, M. (2002). Arsenic. An environmental problem limited by Solubility. *Pure and Applied Chemistry*, 74: 1843-1850.
- Malkiewicz, M., Waroszewski, J., Bojko, O., Egli, M. y Kabala, C. (2016). Holocene vegetation history and soil development reflected in the lake sediments of the Karkonosze Mountains (Poland). *SAGE Open Medicine*, 26: 890-905.
- Manav, R., Görgün, A. y Filizok, I. (2016). Radionuclides ( $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$ ) and some heavy metals in fish and sediments in lake Bafa, Turkey, and the contribution of  $^{210}\text{Po}$  to the radiation dose. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13: 1-11.
- Marotta, H., Pinho, L., Gudasz, C., Bastviken, D., Tranvik, L. J. y Enrich-Prast, A. (2014). Greenhouse gas production in low-latitude lake sediments responds strongly to warming. *Nature Climate Change*, 4(6), 467-470.
- Matisoff, G., Watson, S.B., Guo, J., Diewiger, A. y Steely R. (2017). Sediment and nutrient distribution and resuspension in Lake Winnipeg. *Science of the Total Environment*, 575, 173–186.
- McGeehin, J., Burr, G. S., Hodgins, G., Bennett, S. J., Robbins, J. A., Morehead, N. y Markewich, H. (2004). Stepped-combustion  $^{14}\text{C}$  dating of bomb carbon in lake sediment. *Radiocarbon*, 46(2), 893-900.
- Meena, N., Prakasam, M., Bhushan, R., Sarkar, S., Diwate, P. y Banerji, U. (2017). Last-five-decade heavy metal pollution records from the Rewalsar Lake, Himachal Pradesh, India. *Environmental Earth Sciences*, 76: 1-10.
- Meyers, P. A. (1994). Preservation of source identification of sedimentary organic matter during and after deposition. *Chemical Geology*, 144(3-4), 289-302.

- Meyers, P. A. y Ishiwatari, R. (1993). Lacustrine organic geochemistry—an overview of indicators of organic matter sources and diagenesis in lake sediments. *Organic geochemistry*, 20(7), 867-900.
- Meyers, P. A. y Teranes, J. L. (2001). *Sediment organic matter. Tracking environmental change using lake sediments: physical and geochemical methods*. Dordrecht. Kluwer Academic Publishers, 239-269.
- Middelburg, J. J. (1989). A simple rate model for organic matter decomposition in marine sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 53(7), 1577-1581.
- Miller, J. y Miller, J. (2002). Estadística para química analítica. (4ta. Ed). España. Prentice Hall, 286.
- Mna, H., Oueslati, W., Helali, M., Zaaboub, N., Added, A. y Aleya, L. (2017). Distribution and assessment of heavy metal toxicity in sediment cores from Bizerte Lagoon, Tunisia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189: 1-18.
- Moody, J. y Lindstrom, R. (1977). Selection and cleaning of plastic containers for storage of trace element samples. *Analytical Chemistry*. 49: 2264-2267.
- Moore, D. (2005). *Estadística aplicada básica*. (2da. Ed). España. Mozart Art, 831.
- Moreno, L. y Barrón, K. (2015). *Turismo y medio ambiente. Una aplicación del método de costo de viaje en la Laguna de Santa María del Oro, Nayarit: temas selectos de turismo y sustentabilidad*. (1ra Ed). México. Universidad Autónoma de Nayarit, 157-182.
- Ngos III, S. y Giresse, P. (2005). Pyroclastic accumulations of two crater lakes (Mbalang, Tizong) of. *The Holocene*, 22, 1-15.
- Ngos III, S. y Giresse, P. (2012). The Holocene sedimentary and pyroclastic accumulations of two crater lakes (Mbalang, Tizong) of the volcanic plateau of Adamawa (Cameroon): Palaeoenvironmental reconstruction. *The Holocene*, 22(1), 31-42.

- Nicomel, N.R., Leus, K., Folens, K., Van Der Voort, P. y Du Laing, G. (2015). Technologies for Arsenic Removal from Water: Current Status and Future Perspectives. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(62), 2-24.
- Ochoa-Contreras, R., Jara-Marini, M. E., Sanchez-Cabeza, J. A., Meza-Figueroa, D. M., Pérez-Bernal, L. H. y Ruiz-Fernández, A. C. (2021). Anthropogenic and climate induced trace element contamination in a water reservoir in northwestern Mexico. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(13), 16895-16912.
- Olausson, E. y Cato, I. (1980). *Chemistry and biogeochemistry of estuaries*. Inglaterra. John Wiley & Sons, 452.
- Ontiveros, J. F., (2015). *Estudio retrospectivo de las tendencias históricas de los flujos de elementos potencialmente tóxicos (As, Cr, Cu, Hg, Pb, Rb, Zn, V), contaminantes orgánicos persistentes (PCBs, PBDEs y PAHs) y de carbono orgánico, en dos lagos ubicados en el Altiplano Mexicano, caracterizados por niveles de antropización contrastantes*. Tesis. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ontiveros-Cuadras, J. F., Ruiz-Fernández, A. C., Sanchez-Cabeza, J. A., Pérez-Bernal, L. H., Sericano, J. L., Preda, M. y Páez-Osuna, F. (2014). Trace element fluxes and natural potential risks from 210Pb-dated sediment cores in lacustrine environments at the Central Mexican Plateau. *Science of The Total Environment*, 468, 677-687.
- Ormerod, S. J., Dobson, M., Hildrew, A. G. y Townsend, C. (2010). Multiple stressors in freshwater ecosystems. *Freshwater Biology*, 55, 1-4.
- Ortega, B., Vázquez, G., Caballero, M., Israde, I., Lozano-García, S., Schaaf, P. y Torres, E. (2010). Late Pleistocene: Holocene record of environmental changes in lake Zirahuen, Central Mexico. *Journal of Paleolimnology*, 44, 745-760.

- Ortiz-Caldera, H. (2016). *Reconversión productiva del maíz por el agave en el municipio de Santa María del Oro, Nayarit, 2003-2014*. Tesis. Universidad Autónoma de Nayarit.
- Pacheco, F. S., Roland, F. y Downing, J. A. (2014). Eutrophication reverses whole-lake carbon budgets. *Inland Waters*, 4(1), 41-48.
- Paul, D. (2017). Research on heavy metal pollution of river Ganga: A review. *Annals of Agrarian Science*, 15(2), 278-286.
- Peng, J. F., Song, Y. H., Yuan, P., Cui, X. Y. y Qiu, G. L. (2009). The remediation of heavy metals contaminated sediment. *Journal of Hazardous Materials*, 161(2-3), 633-640.
- Philippsen, B. (2013). The freshwater reservoir effect in radiocarbon dating. *Heritage Science*, 1, 1-19.
- Prahl, F. G., Bennett, J. T. y Carpenter, R. (1980). The early diagenesis of aliphatic hydrocarbons and organic matter in sedimentary particulates from Dabob Bay, Washington. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 44(12), 1967-1976.
- Prajith, A., Rao, V. P. y Chakraborty, P. (2016). Distribution, provenance and early diagenesis of major and trace metals in sediment cores from the Mandovi estuary, western India. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 170, 173-185.
- Preiss, N., Mélières, M. A. y Pourchet, M. (1996). A compilation of data on lead 210 concentration in surface air and fluxes at the air-surface and water-sediment interfaces. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 101(D22), 28847-28862.
- Presley, B. J., Trefry, J. H. y Shokes, R. F. (1980). Heavy metal inputs to Mississippi Delta sediments: a historical view. *Water, Air, and Soil Pollution*, 13, 481-494.
- Pulatsü, S. y Topçu, A. (2015). Review of 15 years of research on sediment heavy metal contents and sediment nutrient release in inland aquatic ecosystems, Turkey. *Journal of Water Resource and Protection*, 7(02), 85.

- Punning, J. M. y Tōugu, K. (2000). C/N ratio and fossil pigments in sediments of some Estonian lakes: an evidence of human impact and Holocene environmental change. *Environmental Monitoring and Assessment*, 64, 549-567.
- Puphal, K.W. y Olsen, D. (1972). Electrodeposition of alpha-emitting nuclides from a mixed oxalate-chloridride electrolyte. *Analytical Chemistry*, 44, 284-289.
- Rafferty, J. (2011). Lakes and Wetlands. Britannica Educational Pub. (version electrónica), 235. Disponible en: <https://books.google.com.mx>. Fecha de consulta: julio de 2019.
- Rajeshkumar, S. y Li, X. (2018). Bioaccumulation of heavy metals in fish species from the Meiliang Bay, Taihu Lake, China. *Toxicology Reports*, 5, 288-295.
- Ramsey, C. B., Higham, T. y Leach, P. (2004). Towards high-precision AMS: progress and limitations. *Radiocarbon*, 46(1), 17-24.
- Reczýnski, W., Szarlowicz, K., Jakubowska, M., Bitusik, P., Kubica, B. (2020). Comparison of the sediment composition in relation to basic chemical, physical, and geological factors. *International Journal of Sediment Research*, 307-314
- Redfield, A. C. (1963). The influence of organisms on the composition of seawater. *The sea*, 2, 26-77.
- Reimer, P. J., Brown, T. A., y Reimer, R. W. (2004). Discussion: reporting and calibration of post-bomb  $^{14}\text{C}$  data. *Radiocarbon*, 46(3), 1299-1304.
- Reimer, R. W. y Reimer, P. J. (2017). An online application for  $\Delta R$  calculation. *Radiocarbon*, 59(5), 1623-1627.
- Riley, J. P. y Chester, R. (1971). *Introduction to marine chemistry*. (6ta. Ed). Michigan. Academic Press, 465.
- Robbins, J. A., Edgington, D. N. y Kemp, A. L. W. (1978). Comparative  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ , and pollen geochronologies of sediments from Lakes Ontario and Erie. *Quaternary Research*, 10(2), 256-278.



- Rodríguez, M. (2004). Caracterización geoquímica por componentes mayores y elementos traza de sedimentos de los ambientes marinos costeros adyacentes a la península de baja California. Tesis. Instituto Politécnico Nacional.
- Rodríguez-Jaume, M. y Mora-Catalá, R. (2002). Estadística informática: casos y ejemplos con el SPSS. Universidad de Alicante, Valencia. Disponible en <https://rua.ua.es>. Fecha de consulta: octubre de 2019.
- Rodríguez-Ramírez, A., Caballero, M., Roy, P., Ortega, B., Vázquez-Castro, G. y Lozano-García, S. (2015). Climatic variability and human impact during the last 2000 years in western Mesoamerica: evidences of late Classic and Little Ice Age drought events. *Climate of the Past*, 11, 1239-1248.
- Rogora, M., Mosello, R. y Arisci, S. (2003). The effect of climate warming on the hydrochemistry of alpine lakes. *Water, Air, and Soil Pollution*, 148, 347-361.
- Rose, N. L., Yang, H., Turner, S. D. y Simpson, G. L. (2012). An assessment of the mechanisms for the transfer of lead and mercury from atmospherically contaminated organic soils to lake sediments with particular reference to Scotland, UK. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 82, 113-135.
- Ruiz-Fernández, A. C. y Hillaire-Marcel, C. (2009). <sup>210</sup>Pb-derived ages for the reconstruction of terrestrial contaminant history into the Mexican Pacific coast: Potential and limitations. *Marine Pollution Bulletin*, 59(4-7), 134-145.
- Ruiz-Fernández, A. C., Hillaire-Marcel, C., Páez-Osuna, F., Ghaleb B. y Caballero, M. (2007). <sup>210</sup>Pb chronology and trace metal geochemistry at Los Tuxtlas, Mexico, as evidenced by a sedimentary record from the Lago Verde crater lake. *Quaternary Research*, 67(2), 181-192.
- Ruiz-Fernández, A. C., Páez-Osuna, F., Urrutia-Fucugauchi, J., Preda, M. y Rehault, I. (2004). Historical trace metal fluxes in the Mexico City Metropolitan Zone as evidenced by a sedimentary record from the Espejo de los Lirios lake. *Journal of Environmental Monitoring*, 6, 473-480.

- Ruiz-Fernández, A. C., Sánchez-Cabeza, J. A., Blaauw, M., Pérez-Bernal, L. H., Cardoso-Mohedano, J. G., Aquino-López, M. A., Keaveney, E. y Giralt, S. (2022). Historical reconstruction of sediment accumulation rates as an indicator of global change impacts in a tropical crater lake. *Journal of Paleolimnology*, 68, 395-413.
- Ruiz-Fernández, A. C., Sánchez-Cabeza, J. A., Páez, F. y Ontiveros, J. F. (2014). Núcleos sedimentarios. Registros ambientales del cambio global. *Ciencia y Desarrollo*, 273.
- Ruiz-Fernández, A. C., Sánchez-Cabeza, J. A., Pérez-Bernal, L. H., Blaauw, M., Cardoso-Mohedano, J. G., Aquino-López, M. A. y Giralt S. (2023). Recent trace element contamination in a rural crater lake, NW Mexico. *Journal of Paleolimnology*, 69, 191–212.
- Ruiz-Fernández, A.C., Frignani, M., Hillaire-Marcel, C., Ghaleb, B., Arvizu, M.D., Raygoza-Viera, J.R. y 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, 551–564.
- Ruiz-Fernández, A.C., Páez-Osuna, F., Urrutia-Fucugauchi, J. y Preda, M. (2005).  $^{210}\text{Pb}$  geochronology of sediment accumulation rates in Mexico City Metropolitan Zone as recorded at Espejo de los Lirios lake sediments. *Catena*, 61, 31-48.
- Salminen, R., Chekushin, V., Tenhola, M., Bogatyrev, I., Fedotova, E., Glavatskikh, S. P. y Rissanen, K. (2005). *Geochemical atlas of eastern Barents region*. Amsterdam. Elsevier, 548.
- Salomons, W. y Förstner, U. (1984). *Metals in the Hydrocycle*. Berlin. Springer-Verlag, 63-98.
- Sánchez-Cabeza, J. A. y Ruiz-Fernández, A. C. (2012).  $^{210}\text{Pb}$  sediment radiochronology: an integrated formulation and classification of dating models. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 82, 183-200.
- Sánchez-Cabeza, J. A., Díaz-Asencio, M., y Ruiz-Fernández, A. C. (2012). *Radiocronología de sedimentos costeros utilizando  $^{210}\text{Pb}$ : modelos, validación y*

*aplicaciones*. Organismo Internacional de Energía Atómica, Centro Internacional de Viena.

- Sánchez-Cabeza, J. A., Ruiz-Fernández, A. C., Ontiveros-Cuadras, J. F., Bernal, L. H. P. y Olid, C. (2014). Monte Carlo uncertainty calculation of <sup>210</sup>Pb chronologies and accumulation rates of sediments and peat bogs. *Quaternary Geochronology*, 23, 80-93.
- Santschi, P., Höhener, P., Benoit, G. y Buchholtz-ten Brink, M. (1990). Chemical processes at the sediment-water interface. *Marine Chemistry*, 30, 269-315.
- Schallenberg, M., de Winton, M. D., Verburg, P., Kelly, D. J., Hamill, K. D. y Hamilton, D. P. (2013). *Ecosystem services of lakes. Ecosystem services in New Zealand: conditions and trends*. Nueva Zelanda. Manaaki Whenua Press, 203-225.
- Schaufelberger, F. A. (1994). *Arsenic minerals formed at low temperatures: Arsenic in the environment. Part 1: cycling and characterization*. Nueva York. John Wiley & Sons. Inc., 403-415.
- Schneeweiss, H. y Mathes, H. (1995). Factor analysis and principal components. *Journal of Multivariate Analysis*. 55(1), 105-124.
- Schneider, L., Maher, W., Potts J., Gruber, B., Batley, G., Taylor, A., Chariton, A., Krikowa, F., Zawadzki, A. y Heijnis, H. (2014). Recent history of sediment metal contamination in Lake Macquarie, Australia, and an assessment of ash handling procedure effectiveness in mitigating metal contamination from coal-fired power stations. *Science of The Total Environment*, 490, 659–670.
- Schuur, E. A. G., Trumbore, S. E., Druffel, E. R. M., Southon, J. R., Steinhof, A., Taylor, R. E. y Turnbull, J. C. (2016). *Radiocarbon and the global carbon cycle. In Radiocarbon and Climate Change: Mechanisms, Applications and Laboratory Techniques* 1-19 pp. Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-25643-6\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-25643-6_1)

- SEDATU. (2013). *Atlas de riesgos del municipio de Santa María del Oro, Nayarit*. Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano NAY-SAMAO-PRAH-04-0012013. Tepic, 372 pp.
- Serrano, D., Filonov, A. y Tereshchenko, I. (2002). Dynamic response to valley breeze circulation in Santa Maria del Oro, a volcanic lake in Mexico. *Geophysical Research Letters*, 29: 27-31.
- Sert, A. İ., Kılıç, E. T., Akdemir, M. S. y Kavak, G. Ö. (2018). Retrospective analysis of organophosphate poisonings in an intensive care unit in Turkey: a single-center study. *Dubai Medical Journal*, 1(1-4), 13-18.
- SGM. (2018). Panorama Minero del Estado de Nayarit. Secretaría de Minería. Servicio Geológico Mexicano. <http://www.sgm.gob.mx/pdfs/NAYARIT.pdf>
- Singh, J., Hatton, J., Singh, B., Cowie, L. y Katruria, A. (2010). Influence of biochars on nitrous oxide emission and nitrogen leaching from two contrasting soils. *Journal Environmental Quality*, 39: 1224-1235.
- Smedley, P. L. y Kinniburgh, D. G. (2002). A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry*, 17(5), 517-568.
- Snedecor, G. y Cochran, W. (1978). *Métodos estadísticos*. México.CECSA, 628.
- Soeprbowati, T. R., Suedy, S. W. A., Lubis, A. A. y Gell, P. (2018). Diatom assemblage in the 24 cm upper sediment associated with human activities in Lake Warna Dieng Plateau Indonesia. *Environmental Technology & Innovation*, 10, 314-323.
- Sommaruga-Wögrath, S., Koinig, K. A., Schmidt, R., Sommaruga, R., Tessadri, R. y Psenner, R. (1997). Temperature effects on the acidity of remote alpine lakes. *Nature*, 387(6628), 64-67.
- Sonett, C. P. (1984). Very long solar periods and the radiocarbon record. *Reviews of Geophysics*, 22(3), 239-254.
- Sosa-Nájera, S., Lozano-García, S., Roy, P. D. y Caballero, M. (2010). Registro de sequías históricas en el occidente de México con base en el análisis elemental

- de sedimentos lacustres: El caso del lago de Santa María del Oro. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 62(3), 437-451.
- Stahn, C., Iverson, J. y Easterday, J.S. (2017). *Environmental Protection and Transitions from Conflict to Peace: Clarifying Norms, Principles, and Practices*. (1er. Ed). Reino Unido. Oxford University Press, 513.
- Steffen, W., Sanderson, A., Tyson, P.D., Jäger, J., Matson, P.A., Moore, B., Oldfield, F., Richardson, K., Schellnhuber, H.J., Turner, I. y Wasson, R.J. (2005). *Global Change and the Earth System*. (2da. Ed). Nueva York. A Planet Under Pressure Springer, 336.
- Stoddard, J. L. (1991). Trends in Catskill stream water quality: evidence from historical data. *Water Resources Research*, 27(11), 2855-2864.
- Stoner, J. S. y St-Onge, G. (2007). Chapter three magnetic stratigraphy in paleoceanography: reversals, excursions, paleointensity, and secular variation. *Developments in Marine Geology*, 1, 99-138.
- Strunk, A., Olsen, J., Sanei, H., Rudra, A. y Larsen, N. K. (2020). Improving the reliability of bulk sediment radiocarbon dating. *Quaternary Science Reviews*, 242, 106442.
- Syers, J. K., Browman, M. G., Smillie, G. W. y Corey, R. B. (1973). Phosphate sorption by soils evaluated by the Langmuir adsorption equation. *Soil Science Society of America Journal*, 37(3), 358-363.
- Tang, C., Li, Y., He, C. y Acharya, K. (2020). Dynamic behavior of sediment resuspension and nutrients release in the shallow and wind-exposed Meiliang Bay of Lake Taihu. *Science of the Total Environment*, 708, 135131.
- Tapia, J. y Audry, S. (2013). Control of early diagenesis processes on trace metal (Cu, Zn, Cd, Pb and U) and metalloid (As, Sb) behaviors in mining-and smelting-impacted lacustrine environments of the Bolivian Altiplano. *Applied Geochemistry*, 31: 60-78.

- Taylor, S. (1964). Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 28: 1273-1285.
- Tessier, A., Fortin, D., Belzile, N., DeVitre, R. R. y Leppard, G. G. (1996). Metal sorption to diagenetic iron and manganese oxyhydroxides and associated organic matter: narrowing the gap between field and laboratory measurements. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 60(3), 387-404.
- Thompson, R., Stober, J. C., Turner, G. M., Oldfield, F., Bloemendal, J., Dearing, J. A. y Rummery, T. A. (1980). Environmental applications of magnetic measurements. *Science*, 207(4430), 481-486.
- Tsakovski, S., Kudłak, B., Simeonov, V., Wolska, L., Garcia, G. y Namieśnik, J. (2012). Relationship between heavy metal distribution in sediment samples and their ecotoxicity by the use of the Hasse diagram technique. *Analytica Chimica Acta*, 719, 16-23.
- Tyrrell, T. y Law, C. S. (1997). Low nitrate: phosphate ratios in the global ocean. *Nature*, 387(6635), 793-796.
- Tyson, R. V. (1995). *Sedimentary Organic Matter: bulk geochemical characterization and classification of organic matter: carbon: nitrogen ratios and lignin-derived phenols*. Dordrecht. Springer, 383-394.
- Vázquez-Castro, G., B. Ortega-Guerrero, A. Rodríguez, M. Caballero y S. Lozano-García. (2008). Mineralogía magnética como indicador de sequía en los sedimentos lacustres de los últimos ca. 2,600 años de Santa María del Oro, occidente de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 25(1):21-38.
- Veizer, J. (1983). *Chemical diagenesis of carbonates: theory and application of trace element technique*. Estados Unidos de América. SEPM Society for Sedimentary Geology, 3.1-3.100
- Vigneri, R., Malandrino, P., Gianì, F., Russo, M. y Vigneri, P. (2017). Heavy metals in the volcanic environment and thyroid cancer. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 457, 73-80.

- VIM. (2012). *Vocabulario internacional de metrología—Conceptos fundamentales y generales, términos asociados*. (3er. Ed). Centro Español de Metrología, 88.
- Vitousek, P. M. (1994). Beyond global warming: ecology and global change. *Ecology*, 75(7), 1861-1876.
- Walker, J. C. (1991). Biogeochemistry: An Analysis of Global Change. *Science*, 253(5020), 686-688.
- Walling, D.E. y He, Q. (1992). Interpretation of caesium-137 profiles in lacustrine and other sediments: the role of the catchment-derived inputs. *Hydrobiologia*, 235/236: 219-230.
- Wang, J., Baskaran, M. y Niedermiller, J. (2017). Mobility of <sup>137</sup>Cs in freshwater lakes: A mass balance and diffusion study of Lake St. Clair, Southeast Michigan, USA. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 218, 323-342.
- Warren, L. y Haack, E. (2001). Biogeochemical controls on metal behaviour in freshwater environments. *Earth-Science Reviews*, 54: 261–320.
- Westerling, A. L., Hidalgo, H. G., Cayan, D. R. y Swetnam, T. W. (2006). Warming and earlier spring increase western US forest wildfire activity. *Science*, 313(5789), 940-943.
- Wilhelm, S. y Adrian, R. (2008). Impact of summer warming on the thermal characteristics of a polymictic lake and consequences for oxygen, nutrients and phytoplankton. *Freshwater Biology*, 53(2), 226-237.
- Wojewódka-Przybył, M., Krahn, K. J., Hamerlík, L., Macario-González, L., Cohuo, S., Charqueño-Celis, F. y Schwalb, A. (2022). Imprints of the Little Ice Age and the severe earthquake of AD 2001 on the aquatic ecosystem of a tropical maar lake in El Salvador. *The Holocene*, 32(10), 1065-1080.
- Wong, K.M. (1971). Radiochemical determination of plutonium in sea water, sediments and marine organisms. *Analytica Chimica Acta*, 56, 355-364.

- Xu, M., Wang, R., Yang, X. y Yang, H. (2020). Spatial distribution and ecological risk assessment of heavy metal pollution in surface sediments from shallow lakes in East China. *Journal of Geochemical Exploration*, 213, 106490.
- Yang, J. Meng, X., Duan, Y., Liu, L., Chen, L. y Cheng, H. (2014). Spatial distributions and sources of heavy metals in sediment from public park in Shanghai, the Yangtze River Delta. *Applied Geochemistry*, 44: 54-60.
- Yim, S. A., Chae, J. S., Byun, J. I. y Ko, S. H. (2018). Characteristics of artificial radionuclides in sedimentary soil cores from a volcanic crater lake. *Journal of Environmental Radioactivity*, 192, 532-542.
- Zahra, A., Zaffar-Hashmi, M., Naseem-Malik, R. y Ahmed, Z. (2014). Enrichment and geo-accumulation of heavy metals and risk assessment of sediments of the Kurang Nallah—Feeding tributary of the Rawal Lake Reservoir, Pakistan. *Science of The Total Environment*, 925-933.
- Zamudio, V. y Méndez, E. (2011). La vulnerabilidad de erosión de suelos agrícolas en la región centro-sur del estado de Nayarit, México. *Ambiente y Desarrollo*, 15(28), 11-40.
- Zarate Del Valle, P. Macías, M. y Ríos, N. (2009). Presencia de contaminantes orgánicos (CO) en sedimentos de México. Revisión. Climatología, cambios climáticos y atmósfera. *Geos*, 29(1): 2.
- Zhang, Y., Liu, Y., Niu, Z. y Jin, S. (2017). Ecological risk assessment of toxic organic pollutant and heavy metals in water and sediment from a landscape lake in Tianjin. China. *Environment Science Pollution Research*, 24:12301–12311.
- Zhou, Q., Yang, N., Li, Y., Ren, B., Ding, X., Bian, H. y Yao, X. (2020). Total concentrations and sources of heavy metal pollution in global river and lake water bodies from 1972 to 2017. *Global Ecology and Conservation*, 22, e00925.
- Zimmerman, A. R. y Canuel, E. A. (2000). A geochemical record of eutrophication and anoxia in Chesapeake Bay sediments: anthropogenic influence on organic matter composition. *Marine Chemistry*, 69(1-2), 117-137.



Zuk, M., Garibay, V., Iniestra, R., López, M., Rojas-Bracho, L. y Laguna, I. (2006). *Introducción a la evaluación de los impactos de las termoeléctricas de México*. Instituto Nacional de Ecología. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 117.

### **13.ANEXOS**

Inician en la página siguiente.

Tabla A1. Intervalos de  $^{210}\text{Pb}_{\text{sop}}$ ,  $^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$ , TAM, TAS,  $^{137}\text{Cs}$  y edades obtenidas a partir del análisis de los núcleos sedimentarios SAMO 14-1, SAMO 14-2, SAMO 14-3 y SAMO 18-4 recolectados en el Lago Santa María del Oro, Nayarit, México (ND= No disponible).

Núcleo	Prof. (cm)	$^{210}\text{Pb}_{\text{sop}}$ (Bq kg <sup>-1</sup> )	±	$^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$ (Bq kg <sup>-1</sup> )	±	TAM (g cm <sup>-2</sup> y <sup>-1</sup> )	±	TAS (cm y <sup>-1</sup> )	±	$^{137}\text{Cs}$ (Bq kg <sup>-1</sup> )	±	Año (A.D)	±
SAMO 14-1	0.5	40.7	5.3	194.4	14.9	0.046	0.004	0.59	0.08	4.7	1.8	2013.5	0.1
SAMO 14-1	1.5	40.7	5.3	157.9	14.8	0.051	0.005	0.23	0.04	ND	ND	2010.5	0.3
SAMO 14-1	2.5	40.7	5.3	114.4	14.6	0.063	0.009	0.29	0.06	2.4	1.2	2006.6	0.6
SAMO 14-1	3.5	40.7	5.3	93.8	14.3	0.068	0.011	0.27	0.06	ND	ND	2003.0	0.9
SAMO 14-1	4.5	40.7	5.3	75.2	13.9	0.077	0.015	0.32	0.08	3.6	0.8	1999.6	1.2
SAMO 14-1	5.5	40.7	5.3	41.4	12.7	0.127	0.039	0.33	0.11	ND	ND	1996.6	1.4
SAMO 14-1	6.5	40.7	5.3	12.2	11.3	0.404	0.373	0.99	0.93	4.8	1.2	1994.6	1.5
SAMO 14-1	7.5	40.7	5.3	33.9	12.1	0.139	0.050	0.57	0.22	ND	ND	1993.2	1.7
SAMO 14-1	8.5	40.7	5.3	56.6	12.8	0.077	0.018	0.30	0.08	9.4	1.4	1990.6	1.9
SAMO 14-1	9.5	40.7	5.3	57.6	13.0	0.069	0.017	0.44	0.12	ND	ND	1987.8	2.1
SAMO 14-1	10.5	40.7	5.3	58.4	13.2	0.063	0.015	0.30	0.08	5.2	1.4	1985.0	2.3
SAMO 14-1	11.5	40.7	5.3	61.0	13.5	0.054	0.013	0.33	0.09	ND	ND	1981.8	2.6
SAMO 14-1	12.5	40.7	5.3	63.0	13.6	0.048	0.012	0.40	0.11	6.9	1.6	1979.0	2.9
SAMO 14-1	13.5	40.7	5.3	67.3	13.8	0.041	0.010	0.25	0.07	ND	ND	1975.8	3.2
SAMO 14-1	14.5	40.7	5.3	72.2	14.3	0.033	0.008	0.21	0.06	11.4	1.7	1971.4	3.8
SAMO 14-1	15.5	40.7	5.3	49.6	13.5	0.042	0.013	0.26	0.09	17.3	1.6	1967.1	4.3
SAMO 14-1	16.5	40.7	5.3	44.7	12.0	0.041	0.013	0.21	0.07	31.4	1.6	1962.8	5.0
SAMO 14-1	17.5	40.7	5.3	40.3	11.9	0.039	0.014	0.24	0.09	33.3	1.5	1958.3	5.8
SAMO 14-1	18.5	40.7	5.3	18.5	12.2	0.077	0.051	0.31	0.21	14.8	1.5	1954.6	6.4
SAMO 14-1	19.5	40.7	5.3	22.7	12.9	0.055	0.032	0.23	0.14	7.8	1.5	1950.8	7.0
SAMO 14-1	20.5	40.7	5.3	22.2	12.5	0.048	0.028	0.17	0.10	ND	ND	1945.7	7.8
SAMO 14-1	21.5	40.7	5.3	21.6	12.1	0.040	0.023	0.13	0.08	ND	ND	1938.8	9.0
SAMO 14-1	22.5	40.7	5.3	21.0	11.8	0.032	0.020	0.13	0.08	0.0	0.0	1931.2	10.8
SAMO 14-1	23.5	40.7	5.3	19.6	12.0	0.028	0.019	0.14	0.10	ND	ND	1923.8	13.0
SAMO 14-1	24.5	40.7	5.3	17.8	12.2	0.021	0.015	0.06	0.04	ND	ND	1911.8	16.3
SAMO 14-1	25.5	40.7	5.3	16.0	12.4	0.014	0.013	0.05	0.05	0.0	0.0	1894.0	24.2
SAMO 14-2	0.5	20.0	3.4	290.9	21.7	0.038	0.003	1.24	0.16	0.0	0.0	2013.9	0.0

Núcleo	Prof. (cm)	$^{210}\text{Pb}_{\text{sop}}$ (Bq kg $^{-1}$ )	±	$^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$ (Bq kg $^{-1}$ )	±	TAM (g cm $^{-2}$ y $^{-1}$ )	±	TAS (cm y $^{-1}$ )	±	$^{137}\text{Cs}$ (Bq kg $^{-1}$ )	±	Año (A.D)	±
SAMO 14-2	1.5	26.4	5.1	234.3	26.8	0.047	0.005	1.83	0.34	0.0	0.0	2013.2	0.1
SAMO 14-2	2.5	21.4	3.2	168.6	13.7	0.062	0.005	0.47	0.08	0.0	0.0	2011.9	0.1
SAMO 14-2	3.5	20.9	2.2	55.6	10.1	0.179	0.033	0.79	0.18	3.1	1.0	2010.2	0.2
SAMO 14-2	4.5	21.1	3.0	44.3	12.3	0.216	0.059	0.84	0.26	0.0	0.0	2009.0	0.3
SAMO 14-2	5.5	19.9	2.2	130.2	11.1	0.070	0.006	0.40	0.07	3.8	1.0	2007.1	0.5
SAMO 14-2	6.5	28.7	3.6	109.3	15.5	0.077	0.011	0.53	0.11	0.0	0.0	2005.0	0.5
SAMO 14-2	7.5	31.1	3.2	111.7	13.7	0.071	0.009	0.46	0.09	0.0	0.0	2002.9	0.6
SAMO 14-2	8.5	33.4	2.8	114.8	12.1	0.064	0.007	0.38	0.07	0.0	0.0	2000.5	0.7
SAMO 14-2	9.5	29.9	3.1	118.0	12.2	0.056	0.006	0.26	0.05	0.0	0.0	1997.2	0.8
SAMO 14-2	10.5	26.3	3.3	121.3	12.2	0.049	0.005	0.30	0.05	0.0	0.0	1993.6	0.9
SAMO 14-2	11.5	25.3	3.2	109.2	12.6	0.049	0.006	0.31	0.06	0.0	0.0	1990.3	1.1
SAMO 14-2	12.5	24.3	3.1	97.7	13.1	0.049	0.007	0.28	0.05	5.9	1.5	1986.9	1.2
SAMO 14-2	13.5	16.3	2.3	88.5	11.0	0.048	0.006	0.24	0.05	10.0	1.3	1983.0	1.4
SAMO 14-2	14.5	23.7	2.8	90.5	11.3	0.041	0.006	0.23	0.05	13.5	1.3	1978.8	1.6
SAMO 14-2	15.5	21.1	2.7	90.1	9.6	0.036	0.004	0.19	0.04	18.2	1.4	1974.1	1.8
SAMO 14-2	16.5	28.5	3.0	69.9	12.8	0.039	0.007	0.16	0.04	23.1	1.7	1968.4	2.1
SAMO 14-2	17.5	24.5	3.2	63.6	13.3	0.035	0.007	0.18	0.05	13.9	1.5	1962.5	2.5
SAMO 14-2	18.5	26.9	2.4	45.1	10.4	0.043	0.010	0.22	0.06	10.1	1.2	1957.5	2.8
SAMO 14-2	19.5	23.4	3.7	57.9	15.6	0.027	0.007	0.13	0.04	2.9	0.9	1951.2	3.0
SAMO 14-2	20.5	22.2	3.5	54.1	6.1	0.023	0.004	0.12	0.03	ND	ND	1943.1	3.7
SAMO 14-2	21.5	21.1	3.2	58.5	8.1	0.016	0.003	0.09	0.02	ND	ND	1933.7	4.9
SAMO 14-2	22.5	19.9	2.9	63.2	11.8	0.009	0.002	0.04	0.01	2.9	1.2	1917.1	7.7
SAMO 14-2	23.5	33.7	2.2	17.2	9.2	0.018	0.010	0.08	0.05	0.0	0.0	1899.5	11.1
SAMO 14-2	24.5	32.5	2.6	13.9	8.5	0.015	0.010	0.07	0.04	ND	ND	1885.5	14.4
SAMO 14-2	25.5	31.3	3.0	10.8	8.0	0.010	0.008	0.04	0.03	0.0	0.0	1865.6	19.7
SAMO 14-3	0.5	27.4	2.5	275.7	21.9	0.072	0.006	3.42	0.45	ND	ND	2014.2	0.0
SAMO 14-3	1.5	27.4	2.5	194.6	13.6	0.100	0.007	1.38	0.22	0.0	0.0	2013.7	0.0
SAMO 14-3	2.5	33.2	2.2	125.8	10.1	0.150	0.013	1.03	0.17	0.0	0.0	2012.8	0.1
SAMO 14-3	3.5	29.1	2.6	125.7	12.4	0.144	0.014	0.58	0.10	ND	ND	2011.5	0.1

Núcleo	Prof. (cm)	$^{210}\text{Pb}_{\text{sop}}$ (Bq kg <sup>-1</sup> )	±	$^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$ (Bq kg <sup>-1</sup> )	±	TAM (g cm <sup>-2</sup> y <sup>-1</sup> )	±	TAS (cm y <sup>-1</sup> )	±	$^{137}\text{Cs}$ (Bq kg <sup>-1</sup> )	±	Año (A.D)	±
SAMO 14-3	4.5	25.0	2.9	125.9	14.6	0.138	0.016	1.09	0.20	0.0	0.0	2010.2	0.2
SAMO 14-3	5.5	23.1	3.1	164.2	12.4	0.102	0.008	0.57	0.09	ND	ND	2008.8	0.3
SAMO 14-3	6.5	21.3	3.4	127.2	16.2	0.125	0.016	0.80	0.15	0.0	0.0	2007.3	0.3
SAMO 14-3	7.5	26.1	2.9	83.4	14.1	0.184	0.031	0.79	0.17	ND	ND	2006.1	0.4
SAMO 14-3	8.5	30.9	2.5	37.5	11.1	0.395	0.116	1.07	0.35	3.4	0.8	2005.0	0.4
SAMO 14-3	9.5	26.5	2.6	60.9	10.7	0.235	0.041	0.76	0.17	ND	ND	2003.8	0.5
SAMO 14-3	10.5	22.1	2.7	85.2	10.5	0.160	0.020	0.62	0.12	8.1	1.2	2002.4	0.5
SAMO 14-3	11.5	21.8	2.9	65.7	11.8	0.200	0.036	1.12	0.25	ND	ND	2001.1	0.6
SAMO 14-3	12.5	21.5	3.1	51.9	12.9	0.246	0.061	1.23	0.35	4.9	1.4	2000.3	0.6
SAMO 14-3	13.5	19.2	2.9	64.5	13.0	0.193	0.039	1.02	0.25	ND	ND	1999.4	0.6
SAMO 14-3	14.5	16.9	2.7	79.2	13.0	0.151	0.025	0.68	0.15	2.7	1.0	1998.1	0.7
SAMO 14-3	15.5	23.7	2.7	96.1	10.2	0.118	0.013	0.53	0.09	0.0	0.0	1996.5	0.7
SAMO 14-3	16.5	22.2	2.8	113.2	12.5	0.095	0.011	0.52	0.09	3.4	1.0	1994.6	0.8
SAMO 14-3	17.5	23.9	3.5	118.8	15.8	0.085	0.011	0.49	0.10	0.0	0.0	1992.6	0.8
SAMO 14-3	18.5	25.7	3.1	77.7	14.4	0.123	0.023	0.66	0.16	ND	ND	1990.8	0.9
SAMO 14-3	19.5	27.5	2.7	36.0	12.5	0.252	0.086	0.71	0.26	4.9	1.2	1989.3	0.9
SAMO 14-3	20.5	25.4	2.8	54.6	5.8	0.157	0.018	0.44	0.08	ND	ND	1987.5	1.0
SAMO 14-3	21.5	23.3	2.9	87.3	9.0	0.091	0.010	0.34	0.06	ND	ND	1984.9	1.1
SAMO 14-3	22.5	21.1	2.9	119.5	12.7	0.060	0.007	0.31	0.06	4.5	1.4	1981.8	1.2
SAMO 14-3	23.5	19.9	2.7	105.5	11.3	0.062	0.007	0.32	0.06	ND	ND	1978.6	1.4
SAMO 14-3	24.5	18.7	2.4	93.8	10.0	0.063	0.008	0.36	0.07	ND	ND	1975.7	1.5
SAMO 14-3	25.5	17.6	2.2	82.8	8.9	0.065	0.008	0.30	0.06	10.9	1.2	1972.7	1.7
SAMO 14-3	26.5	17.2	4.2	71.7	21.5	0.069	0.020	0.37	0.12	10.0	2.6	1969.7	1.8
SAMO 14-3	27.5	17.2	3.3	98.8	24.1	0.045	0.011	0.25	0.07	16.5	2.1	1966.3	1.8
SAMO 14-3	28.5	16.2	2.8	76.7	14.2	0.052	0.010	0.36	0.09	30.8	1.9	1963.0	2.0
SAMO 14-3	29.5	21.1	3.5	49.6	17.7	0.074	0.026	0.40	0.15	29.4	2.4	1960.3	2.1
SAMO 14-3	30.5	18.8	3.2	60.7	6.4	0.055	0.007	0.23	0.04	ND	ND	1956.9	2.3
SAMO 14-3	31.5	16.4	3.0	73.1	14.4	0.038	0.008	0.15	0.04	7.6	1.7	1951.4	2.6
SAMO 14-3	32.5	16.8	3.2	67.3	15.0	0.034	0.008	0.18	0.05	ND	ND	1945.3	3.0

Núcleo	Prof. (cm)	$^{210}\text{Pb}_{\text{sop}}$ (Bq kg $^{-1}$ )	±	$^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$ (Bq kg $^{-1}$ )	±	TAM (g cm $^{-2}$ y $^{-1}$ )	±	TAS (cm y $^{-1}$ )	±	$^{137}\text{Cs}$ (Bq kg $^{-1}$ )	±	Año (A.D)	±
SAMO 14-3	33.5	17.2	3.3	61.9	15.5	0.030	0.007	0.12	0.03	0.0	0.0	1938.4	3.2
SAMO 14-3	34.5	20.2	3.6	53.6	13.1	0.027	0.006	0.11	0.03	ND	ND	1929.9	3.7
SAMO 14-3	35.5	23.2	3.8	45.5	11.1	0.023	0.006	0.09	0.03	0.0	0.0	1919.8	4.4
SAMO 14-3	36.5	27.1	3.6	36.8	9.2	0.020	0.005	0.08	0.02	ND	ND	1908.0	5.5
SAMO 14-3	37.5	31.0	3.4	27.9	7.5	0.016	0.005	0.05	0.02	ND	ND	1891.5	7.7
SAMO 14-3	38.5	34.8	3.2	19.3	6.3	0.012	0.005	0.05	0.02	ND	ND	1870.5	12.7
SAMO 18-4	0.5	39.2	3.2	102.4	11.0	0.106	0.014	0.91	0.15	0.0	0.0	2017.8	0.1
SAMO 18-4	1.5	37.3	3.4	116.6	12.7	0.090	0.012	0.78	0.15	0.0	0.0	2016.6	0.2
SAMO 18-4	2.5	40.6	3.4	88.0	11.0	0.115	0.017	1.44	0.30	ND	ND	2015.6	0.3
SAMO 18-4	3.5	43.9	3.3	44.0	8.1	0.223	0.044	0.67	0.16	0.0	0.0	2014.5	0.4
SAMO 18-4	4.5	46.3	3.2	8.2	4.7	1.158	0.664	2.84	1.67	ND	ND	2013.6	0.5
SAMO 18-4	5.5	48.7	3.1	11.1	8.0	0.845	0.607	1.66	1.22	0.0	0.0	2013.1	0.6
SAMO 18-4	6.5	42.6	3.3	24.6	5.5	0.372	0.088	1.00	0.28	ND	ND	2012.3	0.7
SAMO 18-4	7.5	36.5	3.5	44.9	9.2	0.192	0.042	0.36	0.09	0.0	0.0	2010.4	0.9
SAMO 18-4	8.5	40.3	3.3	28.4	5.4	0.286	0.060	0.84	0.21	ND	ND	2008.4	1.1
SAMO 18-4	9.5	44.1	3.2	18.2	7.9	0.429	0.186	0.82	0.38	0.0	0.0	2007.2	1.2
SAMO 18-4	10.5	41.6	2.9	12.2	4.5	0.616	0.231	0.84	0.34	ND	ND	2006.0	1.3
SAMO 18-4	11.5	39.1	2.5	29.7	12.3	0.243	0.101	0.65	0.29	0.0	0.0	2004.6	1.4
SAMO 18-4	12.5	43.6	2.9	28.7	5.2	0.238	0.049	0.56	0.14	ND	ND	2003.0	1.6
SAMO 18-4	13.5	48.1	3.3	32.1	8.3	0.200	0.055	0.43	0.13	0.0	0.0	2000.9	1.8
SAMO 18-4	14.5	47.1	3.4	33.1	6.0	0.182	0.039	0.54	0.14	ND	ND	1998.8	2.0
SAMO 18-4	15.5	46.2	3.5	38.0	8.9	0.147	0.038	0.38	0.11	5.3	1.6	1996.6	2.3
SAMO 18-4	16.5	46.2	3.5	40.9	6.4	0.125	0.026	0.33	0.08	ND	ND	1993.7	2.6
SAMO 18-4	17.5	46.3	3.4	26.7	8.8	0.177	0.062	0.44	0.17	0.0	0.0	1991.0	3.0
SAMO 18-4	18.5	44.6	3.0	25.3	8.4	0.172	0.061	0.37	0.14	ND	ND	1988.6	3.3
SAMO 18-4	19.5	42.9	2.7	23.7	8.1	0.168	0.062	0.31	0.12	5.4	1.1	1985.6	3.7
SAMO 18-4	20.5	44.7	2.8	17.7	7.4	0.202	0.088	0.28	0.13	ND	ND	1982.2	4.2
SAMO 18-4	21.5	46.5	2.8	12.2	7.0	0.270	0.161	0.53	0.32	8.8	1.2	1979.4	4.7
SAMO 18-4	22.5	45.0	2.9	12.7	7.4	0.247	0.151	0.94	0.59	ND	ND	1978.0	4.9

Núcleo	Prof. (cm)	$^{210}\text{Pb}_{\text{sop}}$ (Bq kg <sup>-1</sup> )	±	$^{210}\text{Pb}_{\text{exc}}$ (Bq kg <sup>-1</sup> )	±	TAM (g cm <sup>-2</sup> y <sup>-1</sup> )	±	TAS (cm y <sup>-1</sup> )	±	$^{137}\text{Cs}$ (Bq kg <sup>-1</sup> )	±	Año (A.D)	±
SAMO 18-4	23.5	43.5	2.9	13.5	7.8	0.224	0.134	0.60	0.37	8.6	1.3	1976.6	5.2
SAMO 18-4	24.5	44.1	3.0	11.3	7.8	0.253	0.180	0.80	0.58	ND	ND	1975.1	5.4
SAMO 18-4	25.5	44.8	3.1	9.0	7.8	0.305	0.267	0.60	0.53	12.9	1.5	1973.7	5.7
SAMO 18-4	26.5	47.0	3.7	23.3	12.9	0.109	0.063	0.33	0.19	12.6	1.6	1971.3	6.1
SAMO 18-4	27.5	46.1	3.2	20.0	12.5	0.113	0.072	0.21	0.14	13.5	1.4	1967.4	6.7
SAMO 18-4	28.5	43.3	2.5	6.2	7.4	0.334	0.402	0.89	1.07	12.9	0.8	1964.5	7.3
SAMO 18-4	29.5	44.6	3.1	6.2	7.2	0.316	0.364	0.56	0.65	15.1	1.5	1963.0	7.6
SAMO 18-4	30.5	41.2	3.1	7.3	9.4	0.253	0.322	0.40	0.51	10.6	1.3	1960.8	7.8
SAMO 18-4	31.5	43.7	3.4	4.0	6.7	0.438	0.740	2.39	4.05	9.0	1.5	1959.4	8.1
SAMO 18-4	32.5	40.7	2.9	0.0	8.9	ND	ND	ND	ND	13.4	1.4	1959.2	7.9
SAMO 18-4	33.5	43.2	2.6	8.4	6.7	0.199	0.162	0.38	0.31	9.4	1.0	1957.9	8.1
SAMO 18-4	34.5	44.3	3.2	6.7	10.0	0.231	0.339	0.38	0.56	9.0	1.4	1955.2	8.2
SAMO 18-4	35.5	45.2	3.3	5.4	7.6	0.262	0.360	0.38	0.52	7.4	1.3	1952.6	8.4

Tabla A2. Datos de  $^{14}\text{C}$  para núcleo SAMO 14-2 del lago Santa María del Oro, Nayarit, México.

Código	Muestra	$^{14}\text{C}$ edad	$\pm$	F $^{14}\text{C}$	$\pm$
UBA-35886	SAMO14-2_3-4cm	3096	29	0.6802	0.0025
UBA-35887	SAMO14-2_10-11cm	2709	28	0.7137	0.0025
UBA-40837	SAMO14-2_13-14cm	2668	26	0.7174	0.0023
UBA-40838	SAMO14-2_14-15cm	3099	24	0.6799	0.002
UBA-40839	SAMO14-2_15-16cm	3353	25	0.6587	0.002
UBA-35888	SAMO14-2_16-17cm	3874	34	0.6174	0.0026
UBA-35889	SAMO14-2_20-21cm	4012	33	0.6068	0.0025
UBA-35890	SAMO14-2_25-26cm	3673	45	0.633	0.0035
UBA-41422	SAMO14-2_42-43 cm	4335	36	0.583	0.0026
UBA-41423	SAMO14-2_48-49 cm	1640	26	0.8154	0.0026
UBA-41424	SAMO14-2_56-57 cm	1630	26	0.8164	0.0026
UBA-41425	SAMO14-2_67-68 cm	2225	27	0.7581	0.0026
UBA-41426	SAMO14-2_77-78 cm	3952	32	0.6114	0.0025

Tabla A3. Concentración de tamaño de grano, susceptibilidad magnética (SM) de los núcleos sedimentarios recolectados en el Lago Santa María del Oro, Nayarit, México.

Núcleo	Prof. (cm)	SM ( $\times 10^{-6}$ CGS)	±	Arcillas (%)	±	Limos (%)	±	Arenas (%)	±
SAMO 14-1	0.5	51.500	0.106	13.4	0.3	86.4	0.9	0.26	0.03
SAMO 14-1	1.5	42.500	0.087	11.4	0.2	88.3	0.9	0.39	0.04
SAMO 14-1	2.5	29.500	0.061	10.7	0.2	88.9	0.9	0.35	0.04
SAMO 14-1	3.5	39.000	0.080	11.6	0.2	88.0	0.9	0.41	0.04
SAMO 14-1	4.5	100.500	0.206	14.3	0.3	81.4	0.9	4.23	0.43
SAMO 14-1	5.5	123.500	0.254	13.0	0.3	78.3	0.8	8.67	0.89
SAMO 14-1	6.5	149.100	0.306	11.1	0.2	84.7	0.9	4.20	0.43
SAMO 14-1	7.5	62.000	0.127	13.8	0.3	84.9	0.9	1.25	0.13
SAMO 14-1	8.5	110.000	0.226	12.5	0.2	86.8	0.9	0.75	0.08
SAMO 14-1	9.5	63.000	0.129	13.0	0.2	86.9	0.9	0.17	0.02
SAMO 14-1	10.5	47.100	0.097	13.3	0.3	86.1	0.9	0.55	0.06
SAMO 14-1	11.5	65.500	0.135	14.5	0.3	83.7	0.9	1.81	0.19
SAMO 14-1	12.5	35.800	0.074	11.9	0.2	87.5	0.9	0.54	0.06
SAMO 14-1	13.5	41.000	0.084	8.1	0.2	79.4	0.8	12.47	1.28
SAMO 14-1	14.5	31.000	0.064	9.4	0.2	89.8	1.0	0.78	0.08
SAMO 14-1	15.5	34.600	0.071	11.1	0.2	88.8	0.9	0.13	0.01
SAMO 14-1	16.5	37.800	0.078	12.1	0.2	87.8	0.9	0.06	0.01
SAMO 14-1	17.5	54.800	0.113	14.6	0.3	82.5	0.9	2.82	0.29
SAMO 14-1	18.5	69.500	0.143	12.9	0.2	86.9	0.9	0.22	0.02
SAMO 14-1	19.5	102.500	0.211	15.2	0.3	82.2	0.9	2.58	0.26
SAMO 14-1	20.5	89.800	0.185	12.3	0.2	86.2	0.9	1.52	0.16
SAMO 14-1	21.5	141.000	0.290	9.9	0.2	88.4	0.9	1.70	0.17
SAMO 14-1	22.5	91.000	0.187	11.6	0.2	81.1	0.9	7.32	0.75
SAMO 14-1	23.5	78.300	0.161	14.6	0.3	84.9	0.9	0.46	0.05
SAMO 14-1	24.5	169.400	0.348	11.5	0.2	83.2	0.9	5.37	0.55
SAMO 14-1	25.5	76.400	0.157	12.8	0.2	86.5	0.9	0.68	0.07
SAMO 14-1	26.5	192.000	0.394	10.5	0.2	78.2	0.8	11.29	1.16
SAMO 14-1	27.5	171.500	0.352	10.8	0.2	84.8	0.9	4.41	0.45
SAMO 14-1	28.5	118.000	0.242	11.6	0.2	86.1	0.9	2.31	0.24
SAMO 14-1	29.5	110.000	0.226	14.1	0.3	85.2	0.9	0.62	0.06
SAMO 14-1	30.5	204.800	0.421	25.8	0.5	70.8	0.8	3.37	0.35
SAMO 14-1	31.5	235.200	0.483	12.1	0.2	85.3	0.9	2.57	0.26
SAMO 14-1	32.5	308.000	0.633	12.7	0.2	85.1	0.9	2.21	0.23
SAMO 14-1	33.5	275.200	0.565	28.4	0.5	65.9	0.7	5.72	0.59
SAMO 14-1	34.5	253.800	0.521	14.1	0.3	85.0	0.9	0.86	0.09
SAMO 14-1	35.5	284.000	0.584	14.4	0.3	83.5	0.9	2.13	0.22
SAMO 14-1	36.5	297.500	0.611	12.4	0.2	83.0	0.9	4.63	0.48
SAMO 14-1	37.5	276.300	0.568	10.7	0.2	78.0	0.8	11.38	1.17
SAMO 14-1	38.5	209.300	0.430	15.3	0.3	83.3	0.9	1.40	0.14



Núcleo	Prof. (cm)	SM ( $\times 10^{-6}$ CGS)	±	Arcillas (%)	±	Limos (%)	±	Arenas (%)	±
SAMO 14-1	39.5	256.300	0.527	15.0	0.3	83.5	0.9	1.48	0.15
SAMO 14-1	40.5	173.800	0.357	15.4	0.3	82.9	0.9	1.69	0.17
SAMO 14-1	41.5	232.000	0.477	15.1	0.3	83.2	0.9	1.70	0.17
SAMO 14-1	42.5	144.100	0.296	15.4	0.3	84.4	0.9	0.26	0.03
SAMO 14-1	43.5	183.400	0.377	13.8	0.3	85.8	0.9	0.43	0.04
SAMO 14-1	44.5	190.500	0.391	25.1	0.5	71.6	0.8	3.33	0.34
SAMO 14-1	45.5	206.500	0.424	11.4	0.2	78.5	0.8	10.07	1.03
SAMO 14-1	46.5	168.500	0.346	9.5	0.2	60.9	0.6	29.63	3.04
SAMO 14-1	47.5	117.400	0.241	10.6	0.2	65.8	0.7	23.56	2.42
SAMO 14-1	48.5	114.500	0.235	16.6	0.3	82.3	0.9	1.03	0.11
SAMO 14-1	49.5	120.200	0.247	14.0	0.3	85.5	0.9	0.45	0.05
SAMO 14-1	50.5	197.500	0.406	14.7	0.3	84.7	0.9	0.57	0.06
SAMO 14-1	51.5	170.200	0.350	16.1	0.3	83.3	0.9	0.55	0.06
SAMO 14-1	52.5	139.500	0.287	16.3	0.3	82.5	0.9	1.21	0.12
SAMO 14-1	53.5	126.300	0.260	14.6	0.3	85.2	0.9	0.28	0.03
SAMO 14-1	54.5	170.000	0.349	12.5	0.2	85.0	0.9	2.56	0.26
SAMO 14-1	55.5	137.300	0.282	13.7	0.3	84.3	0.9	1.95	0.20
SAMO 14-1	56.5	93.500	0.192	14.2	0.3	83.5	0.9	2.31	0.24
SAMO 14-1	57.5	115.000	0.236	15.3	0.3	83.6	0.9	1.13	0.12
SAMO 14-1	58.5	88.000	0.181	15.0	0.3	84.6	0.9	0.37	0.04
SAMO 14-1	59.5	151.300	0.311	13.8	0.3	85.7	0.9	0.51	0.05
SAMO 14-1	60.5	167.300	0.344	12.2	0.2	86.3	0.9	1.48	0.15
SAMO 14-1	61.5	101.500	0.209	13.5	0.3	85.8	0.9	0.72	0.07
SAMO 14-1	62.5	82.500	0.170	14.8	0.3	85.0	0.9	0.24	0.02
SAMO 14-1	63.5	116.800	0.240	13.1	0.3	85.4	0.9	1.53	0.16
SAMO 14-1	64.5	84.500	0.174	13.8	0.3	86.2	0.9	0.04	0.00
SAMO 14-1	65.5	77.500	0.159	14.4	0.3	85.5	0.9	0.14	0.01
SAMO 14-1	66.5	88.700	0.182	14.1	0.3	85.4	0.9	0.50	0.05
SAMO 14-1	67.5	118.100	0.243	13.4	0.3	80.9	0.9	5.69	0.58
SAMO 14-1	68.5	133.500	0.274	12.5	0.2	81.5	0.9	6.03	0.62
SAMO 14-1	69.5	117.800	0.242	12.8	0.2	85.6	0.9	1.56	0.16
SAMO 14-1	70.5	117.500	0.241	12.8	0.2	83.5	0.9	3.76	0.39
SAMO 14-1	71.5	78.500	0.161	12.4	0.2	85.5	0.9	2.14	0.22
SAMO 14-1	72.5	168.500	0.346	13.3	0.3	86.1	0.9	0.61	0.06
SAMO 14-1	73.5	228.000	0.468	12.0	0.2	87.5	0.9	0.52	0.05
SAMO 14-1	74.5	209.000	0.429	12.3	0.2	85.7	0.9	2.01	0.21
SAMO 14-1	75.5	224.500	0.461	13.6	0.3	86.0	0.9	0.44	0.04
SAMO 14-1	76.5	78.300	0.161	11.7	0.2	87.9	0.9	0.48	0.05
SAMO 14-1	77.5	107.500	0.221	13.6	0.3	86.4	0.9	0.05	0.00
SAMO 14-1	78.5	124.500	0.256	14.3	0.3	85.4	0.9	0.33	0.03
SAMO 14-1	79.5	207.500	0.426	14.3	0.3	84.8	0.9	0.91	0.09
SAMO 14-1	80.5	337.000	0.692	12.8	0.2	86.3	0.9	0.93	0.10

Núcleo	Prof. (cm)	SM (x10 <sup>-6</sup> CGS)	±	Arcillas (%)	±	Limos (%)	±	Arenas (%)	±
SAMO 14-1	81.5	94.500	0.194	18.4	0.4	81.6	0.9	0.00	0.00
SAMO 14-1	82.5	70.500	0.145	13.2	0.3	86.3	0.9	0.53	0.05
SAMO 14-1	83.5	106.500	0.219	14.0	0.3	85.3	0.9	0.75	0.08
SAMO 14-2	0.5	28.200	0.088	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	2.5	35.800	0.111	10.8	1.0	88.8	5.3	0.36	0.03
SAMO 14-2	3.5	43.000	0.134	12.0	1.1	86.7	5.1	1.30	0.10
SAMO 14-2	4.5	74.100	0.230	10.8	1.0	84.9	5.0	4.34	0.33
SAMO 14-2	5.5	48.200	0.150	11.6	1.1	86.4	5.1	1.97	0.15
SAMO 14-2	6.5	26.300	0.082	8.8	0.8	91.2	5.4	0.00	0.00
SAMO 14-2	7.5	31.200	0.097	9.6	0.9	90.4	5.4	0.00	0.00
SAMO 14-2	8.5	58.500	0.182	14.1	1.3	84.8	5.0	1.14	0.09
SAMO 14-2	9.5	59.000	0.183	12.7	1.2	86.6	5.1	0.69	0.05
SAMO 14-2	10.5	53.500	0.166	8.2	0.8	88.5	5.2	3.31	0.25
SAMO 14-2	11.5	52.800	0.164	9.7	0.9	85.0	5.0	5.33	0.41
SAMO 14-2	12.5	44.300	0.138	11.8	1.1	86.0	5.1	2.20	0.17
SAMO 14-2	13.5	35.100	0.109	9.2	0.9	88.8	5.3	1.97	0.15
SAMO 14-2	14.5	29.500	0.092	10.8	1.0	88.0	5.2	1.20	0.09
SAMO 14-2	15.5	27.300	0.085	13.3	1.3	86.6	5.1	0.06	0.00
SAMO 14-2	16.5	34.500	0.107	8.7	0.8	90.1	5.3	1.22	0.09
SAMO 14-2	17.5	43.000	0.134	9.8	0.9	89.3	5.3	0.88	0.07
SAMO 14-2	18.5	42.000	0.131	10.9	1.0	87.3	5.2	1.74	0.13
SAMO 14-2	19.5	40.500	0.126	8.7	0.8	89.8	5.3	1.50	0.11
SAMO 14-2	20.5	54.800	0.170	12.2	1.2	81.8	4.8	6.00	0.46
SAMO 14-2	21.5	62.300	0.194	13.5	1.3	85.2	5.0	1.34	0.10
SAMO 14-2	22.5	56.500	0.176	11.0	1.0	87.7	5.2	1.25	0.10
SAMO 14-2	23.5	97.300	0.303	11.6	1.1	85.8	5.1	2.58	0.20
SAMO 14-2	24.5	78.500	0.244	13.6	1.3	85.9	5.1	0.53	0.04
SAMO 14-2	25.5	87.500	0.272	15.3	1.4	82.7	4.9	2.01	0.15
SAMO 14-2	26.5	93.500	0.291	9.6	0.9	76.6	4.5	13.75	1.05
SAMO 14-2	27.5	66.500	0.207	11.3	1.1	81.9	4.8	6.85	0.52
SAMO 14-2	28.5	56.100	0.174	10.5	1.0	87.9	5.2	1.54	0.12
SAMO 14-2	29.5	84.000	0.261	14.6	1.4	82.0	4.9	3.34	0.25
SAMO 14-2	30.5	129.800	0.404	12.9	1.2	85.9	5.1	1.24	0.09
SAMO 14-2	31.5	126.000	0.392	13.5	1.3	85.1	5.0	1.39	0.11
SAMO 14-2	32.5	130.000	0.404	13.0	1.2	83.5	4.9	3.48	0.27
SAMO 14-2	33.5	117.700	0.366	12.5	1.2	85.3	5.1	2.15	0.16
SAMO 14-2	34.5	112.500	0.350	16.7	1.6	82.4	4.9	0.87	0.07
SAMO 14-2	35.5	156.700	0.487	18.2	1.7	80.9	4.8	0.84	0.06
SAMO 14-2	36.5	128.300	0.399	13.0	1.2	81.4	4.8	5.58	0.43
SAMO 14-2	37.5	61.500	0.191	9.2	0.9	74.4	4.4	16.36	1.25
SAMO 14-2	38.5	65.800	0.205	7.3	0.7	74.9	4.4	17.78	1.35
SAMO 14-2	39.5	86.100	0.268	7.6	0.7	72.0	4.3	20.35	1.55

Núcleo	Prof. (cm)	SM (x10 <sup>-6</sup> CGS)	±	Arcillas (%)	±	Limos (%)	±	Arenas (%)	±
SAMO 14-2	40.5	90.500	0.281	11.6	1.1	82.0	4.9	6.41	0.49
SAMO 14-2	41.5	97.300	0.303	15.6	1.5	83.7	5.0	0.66	0.05
SAMO 14-2	42.5	87.800	0.273	12.9	1.2	85.4	5.1	1.69	0.13
SAMO 14-2	43.5	128.200	0.399	16.0	1.5	83.6	5.0	0.42	0.03
SAMO 14-2	44.5	141.300	0.439	12.4	1.2	87.3	5.2	0.28	0.02
SAMO 14-2	45.5	134.000	0.417	12.7	1.2	86.6	5.1	0.65	0.05
SAMO 14-2	46.5	142.500	0.443	13.6	1.3	85.9	5.1	0.44	0.03
SAMO 14-2	47.5	135.000	0.420	13.3	1.3	86.4	5.1	0.31	0.02
SAMO 14-2	48.5	143.800	0.447	12.9	1.2	86.7	5.1	0.38	0.03
SAMO 14-2	49.5	133.500	0.415	13.1	1.2	86.7	5.1	0.27	0.02
SAMO 14-2	50.5	141.300	0.439	13.8	1.3	85.7	5.1	0.55	0.04
SAMO 14-2	51.5	145.000	0.451	14.0	1.3	85.1	5.0	0.81	0.06
SAMO 14-2	52.5	132.000	0.410	15.9	1.5	82.9	4.9	1.20	0.09
SAMO 14-2	53.5	143.000	0.445	13.5	1.3	85.3	5.1	1.23	0.09
SAMO 14-2	54.5	147.800	0.460	12.7	1.2	85.9	5.1	1.40	0.11
SAMO 14-2	55.5	131.100	0.408	12.3	1.2	85.4	5.1	2.33	0.18
SAMO 14-2	56.5	134.500	0.418	11.2	1.1	85.4	5.1	3.34	0.25
SAMO 14-2	57.5	139.300	0.433	10.5	1.0	81.0	4.8	8.56	0.65
SAMO 14-2	58.5	136.000	0.423	11.7	1.1	81.5	4.8	6.77	0.52
SAMO 14-2	59.5	136.000	0.423	10.2	1.0	76.0	4.5	13.80	1.05
SAMO 14-2	60.5	145.300	0.452	8.3	0.8	69.1	4.1	22.61	1.72
SAMO 14-2	61.5	144.500	0.449	8.0	0.8	60.4	3.6	31.66	2.41
SAMO 14-2	62.5	101.500	0.316	14.9	1.4	73.7	4.4	11.48	0.87
SAMO 14-2	63.5	99.500	0.309	19.5	1.8	80.5	4.8	0.00	0.00
SAMO 14-2	64.5	86.100	0.268	17.9	1.7	82.1	4.9	0.00	0.00
SAMO 14-2	65.5	117.200	0.364	21.7	2.0	78.2	4.6	0.15	0.01
SAMO 14-2	66.5	196.300	0.610	15.3	1.4	84.2	5.0	0.57	0.04
SAMO 14-2	67.5	142.800	0.444	13.6	1.3	85.1	5.0	1.31	0.10
SAMO 14-2	68.5	99.500	0.309	13.6	1.3	85.2	5.0	1.11	0.08
SAMO 14-2	69.5	145.500	0.452	13.4	1.3	85.9	5.1	0.68	0.05
SAMO 14-2	70.5	88.500	0.275	15.0	1.4	83.1	4.9	1.89	0.14
SAMO 14-2	71.5	73.900	0.230	12.8	1.2	85.0	5.0	2.19	0.17
SAMO 14-2	72.5	83.300	0.259	11.6	1.1	86.0	5.1	2.44	0.19
SAMO 14-2	73.5	88.500	0.275	13.2	1.2	86.2	5.1	0.59	0.04
SAMO 14-2	74.5	86.300	0.268	11.4	1.1	88.1	5.2	0.45	0.03
SAMO 14-2	75.5	120.500	0.375	15.7	1.5	82.5	4.9	1.86	0.14
SAMO 14-2	76.5	113.800	0.354	25.0	2.4	67.3	4.0	7.63	0.58
SAMO 14-2	77.5	89.200	0.277	12.2	1.2	86.0	5.1	1.80	0.14
SAMO 14-3	1.5	33.500	0.077	13.3	0.6	86.0	0.2	0.78	0.06
SAMO 14-3	2.5	36.200	0.083	13.5	0.6	84.1	0.2	2.40	0.17
SAMO 14-3	3.5	46.000	0.106	10.8	0.5	84.6	0.2	4.55	0.33
SAMO 14-3	4.5	30.800	0.071	11.1	0.5	87.5	0.2	1.42	0.10

Núcleo	Prof. (cm)	SM (x10 <sup>-6</sup> CGS)	±	Arcillas (%)	±	Limos (%)	±	Arenas (%)	±
SAMO 14-3	5.5	29.500	0.068	10.5	0.5	88.6	0.2	0.87	0.06
SAMO 14-3	6.5	29.300	0.067	11.0	0.5	88.6	0.2	0.42	0.03
SAMO 14-3	7.5	77.900	0.179	14.3	0.7	82.6	0.2	3.13	0.23
SAMO 14-3	8.5	97.300	0.224	12.0	0.6	86.6	0.2	1.44	0.10
SAMO 14-3	9.5	76.600	0.176	13.1	0.6	85.5	0.2	1.46	0.11
SAMO 14-3	10.5	67.600	0.156	12.6	0.6	85.6	0.2	1.79	0.13
SAMO 14-3	11.5	54.300	0.125	13.4	0.6	84.8	0.2	1.76	0.13
SAMO 14-3	12.5	53.500	0.123	12.7	0.6	83.2	0.2	4.07	0.30
SAMO 14-3	13.5	40.500	0.093	12.6	0.6	84.8	0.2	2.57	0.19
SAMO 14-3	14.5	48.500	0.112	11.1	0.5	85.2	0.2	3.68	0.27
SAMO 14-3	15.5	47.500	0.109	10.9	0.5	86.0	0.2	3.03	0.22
SAMO 14-3	16.5	33.500	0.077	10.2	0.5	88.5	0.2	1.24	0.09
SAMO 14-3	17.5	31.000	0.071	10.0	0.5	88.1	0.2	1.92	0.14
SAMO 14-3	18.5	48.100	0.111	14.2	0.7	84.7	0.2	1.01	0.07
SAMO 14-3	19.5	95.800	0.220	11.4	0.5	85.8	0.2	2.87	0.21
SAMO 14-3	20.5	97.800	0.225	12.6	0.6	85.6	0.2	1.82	0.13
SAMO 14-3	21.5	76.100	0.175	13.4	0.6	84.7	0.2	1.88	0.14
SAMO 14-3	22.5	47.000	0.108	13.7	0.6	85.6	0.2	0.70	0.05
SAMO 14-3	23.5	33.200	0.076	12.5	0.6	86.4	0.2	1.03	0.08
SAMO 14-3	24.5	56.200	0.129	14.0	0.7	82.7	0.2	3.28	0.24
SAMO 14-3	25.5	33.800	0.078	12.3	0.6	86.5	0.2	1.17	0.08
SAMO 14-3	26.5	27.800	0.064	11.3	0.5	88.0	0.2	0.77	0.06
SAMO 14-3	27.5	27.500	0.063	13.8	0.6	85.3	0.2	0.86	0.06
SAMO 14-3	28.5	32.500	0.075	12.3	0.6	87.7	0.2	0.07	0.01
SAMO 14-3	29.5	48.000	0.110	15.5	0.7	84.3	0.2	0.17	0.01
SAMO 14-3	30.5	43.500	0.100	13.9	0.6	85.8	0.2	0.37	0.03
SAMO 14-3	31.5	57.500	0.132	15.8	0.7	83.8	0.2	0.34	0.03
SAMO 14-3	32.5	62.000	0.143	11.6	0.5	87.7	0.2	0.67	0.05
SAMO 14-3	33.5	72.500	0.167	15.2	0.7	84.3	0.2	0.56	0.04
SAMO 14-3	34.5	64.000	0.147	15.8	0.7	83.9	0.2	0.36	0.03
SAMO 14-3	35.5	94.800	0.218	14.3	0.7	82.6	0.2	3.14	0.23
SAMO 14-3	36.5	87.500	0.201	15.0	0.7	82.9	0.2	2.09	0.15
SAMO 14-3	37.5	112.800	0.260	14.5	0.7	83.4	0.2	2.12	0.15
SAMO 14-3	38.5	71.000	0.163	16.0	0.7	83.4	0.2	0.65	0.05
SAMO 14-3	39.5	135.000	0.311	11.3	0.5	82.9	0.2	5.79	0.42
SAMO 14-3	40.5	91.500	0.211	15.1	0.7	82.6	0.2	2.31	0.17
SAMO 14-3	41.5	97.000	0.223	12.2	0.6	84.5	0.2	3.30	0.24
SAMO 14-3	42.5	110.500	0.254	14.7	0.7	84.4	0.2	0.88	0.06
SAMO 14-3	43.5	124.500	0.286	14.0	0.7	80.3	0.2	5.69	0.41
SAMO 14-3	44.5	148.500	0.342	9.8	0.5	70.9	0.2	19.22	1.40
SAMO 14-3	45.5	133.500	0.307	15.2	0.7	79.2	0.2	5.62	0.41
SAMO 14-3	46.5	182.500	0.420	17.9	0.8	81.7	0.2	0.42	0.03

Núcleo	Prof. (cm)	SM (x10 <sup>-6</sup> CGS)	±	Arcillas (%)	±	Limos (%)	±	Arenas (%)	±
SAMO 14-3	47.5	143.500	0.330	27.8	1.3	68.5	0.2	3.75	0.27
SAMO 14-3	48.5	132.800	0.306	11.7	0.5	82.3	0.2	5.96	0.43
SAMO 14-3	49.5	139.800	0.322	14.7	0.7	81.7	0.2	3.59	0.26
SAMO 14-3	50.5	138.500	0.319	15.3	0.7	83.6	0.2	1.10	0.08
SAMO 14-3	51.5	114.500	0.263	17.2	0.8	80.9	0.2	1.95	0.14
SAMO 14-3	52.5	127.800	0.294	13.0	0.6	83.4	0.2	3.64	0.27
SAMO 14-3	53.5	124.500	0.286	19.7	0.9	79.2	0.2	1.15	0.08
SAMO 14-3	54.5	153.500	0.353	15.0	0.7	84.6	0.2	0.43	0.03
SAMO 14-3	55.5	187.500	0.431	13.5	0.6	85.8	0.2	0.73	0.05
SAMO 14-3	56.5	190.300	0.438	14.4	0.7	84.8	0.2	0.79	0.06
SAMO 14-3	57.5	203.900	0.469	10.8	0.5	79.6	0.2	9.64	0.70
SAMO 14-3	58.5	180.300	0.415	9.9	0.5	74.6	0.2	15.51	1.13
SAMO 14-3	59.5	134.300	0.309	8.8	0.4	70.8	0.2	20.35	1.48
SAMO 14-3	60.5	104.500	0.240	26.8	1.3	61.5	0.2	11.73	0.85
SAMO 14-3	61.5	101.000	0.232	11.9	0.6	77.5	0.2	10.69	0.78
SAMO 14-3	62.5	90.300	0.208	17.2	0.8	79.9	0.2	2.83	0.21
SAMO 14-3	63.5	128.200	0.295	16.2	0.8	80.9	0.2	2.84	0.21
SAMO 14-3	64.5	135.000	0.311	11.7	0.5	76.6	0.2	11.68	0.85
SAMO 14-3	65.5	123.000	0.283	9.2	0.4	68.4	0.2	22.36	1.63
SAMO 14-3	66.5	95.000	0.219	29.4	1.4	68.9	0.2	1.74	0.13
SAMO 14-3	67.5	128.800	0.296	13.3	0.6	81.1	0.2	5.65	0.41
SAMO 14-3	68.5	86.800	0.200	10.8	0.5	82.8	0.2	6.42	0.47
SAMO 14-3	69.5	94.500	0.217	13.1	0.6	83.0	0.2	3.92	0.29
SAMO 14-3	70.5	111.300	0.256	11.9	0.6	82.4	0.2	5.71	0.42
SAMO 14-3	71.5	79.100	0.182	10.5	0.5	83.4	0.2	6.19	0.45
SAMO 14-3	72.5	74.100	0.170	12.2	0.6	83.2	0.2	4.58	0.33
SAMO 14-3	73.5	93.700	0.216	11.8	0.6	84.3	0.2	3.96	0.29
SAMO 14-3	74.5	92.300	0.212	12.4	0.6	83.0	0.2	4.56	0.33
SAMO 14-3	75.5	61.600	0.142	9.2	0.4	85.8	0.2	5.04	0.37
SAMO 14-3	76.5	70.500	0.162	12.2	0.6	85.2	0.2	2.61	0.19
SAMO 14-3	77.5	62.800	0.144	10.9	0.5	86.0	0.2	3.14	0.23
SAMO 14-3	78.5	51.500	0.118	11.5	0.5	86.7	0.2	1.81	0.13
SAMO 14-3	79.5	71.500	0.164	11.1	0.5	87.1	0.2	1.79	0.13
SAMO 14-3	80.5	112.500	0.259	13.9	0.7	77.9	0.2	8.12	0.59
SAMO 14-3	81.5	165.500	0.381	10.0	0.5	72.2	0.2	17.83	1.30
SAMO 14-3	82.5	195.000	0.449	11.0	0.5	70.7	0.2	18.26	1.33
SAMO 14-3	83.5	98.100	0.226	12.7	0.6	82.5	0.2	4.84	0.35
SAMO 14-3	84.5	107.300	0.247	12.8	0.6	84.0	0.2	3.18	0.23
SAMO 14-3	85.5	204.100	0.470	12.5	0.6	83.3	0.2	4.26	0.31
SAMO 14-3	86.5	151.500	0.349	12.9	0.6	82.8	0.2	4.24	0.31
SAMO 14-3	87.5	96.500	0.222	13.0	0.6	86.0	0.2	0.97	0.07
SAMO 14-3	88.5	118.600	0.273	14.8	0.7	83.8	0.2	1.45	0.11

Núcleo	Prof. (cm)	SM (x10 <sup>-6</sup> CGS)	±	Arcillas (%)	±	Limos (%)	±	Arenas (%)	±
SAMO 14-3	89.5	149.100	0.343	13.2	0.6	83.4	0.2	3.42	0.25
SAMO 14-3	90.5	73.000	0.168	11.9	0.6	83.8	0.2	4.30	0.31
SAMO 18-4	0.5	90.500	0.002	14.8	1.0	84.4	1.1	0.78	0.02
SAMO 18-4	1.5	82.200	0.002	14.9	1.0	84.0	1.1	1.11	0.02
SAMO 18-4	2.5	93.700	0.002	15.5	1.0	83.9	1.1	0.60	0.01
SAMO 18-4	3.5	114.500	0.002	14.0	0.9	85.0	1.1	1.02	0.02
SAMO 18-4	4.5	144.900	0.003	13.0	0.8	85.2	1.1	1.80	0.04
SAMO 18-4	5.5	152.800	0.003	15.1	1.0	82.6	1.1	2.28	0.05
SAMO 18-4	6.5	143.500	0.003	12.7	0.8	84.1	1.1	3.18	0.07
SAMO 18-4	7.5	142.600	0.003	9.6	0.6	78.0	1.0	12.40	0.27
SAMO 18-4	8.5	134.700	0.002	13.0	0.8	76.3	1.0	10.67	0.24
SAMO 18-4	9.5	148.200	0.003	16.0	1.0	80.5	1.0	3.53	0.08
SAMO 18-4	10.5	166.500	0.003	12.9	0.8	84.0	1.1	3.04	0.07
SAMO 18-4	11.5	131.000	0.002	15.0	1.0	78.2	1.0	6.82	0.15
SAMO 18-4	12.5	142.500	0.003	12.8	0.8	76.6	1.0	10.63	0.24
SAMO 18-4	13.5	169.000	0.003	14.1	0.9	83.6	1.1	2.32	0.05
SAMO 18-4	14.5	183.600	0.003	14.1	0.9	83.5	1.1	2.37	0.05
SAMO 18-4	15.5	182.800	0.003	14.2	0.9	83.4	1.1	2.41	0.05
SAMO 18-4	16.5	181.600	0.003	14.2	0.9	83.3	1.1	2.46	0.05
SAMO 18-4	17.5	177.800	0.003	14.3	0.9	83.2	1.1	2.50	0.06
SAMO 18-4	18.5	208.800	0.004	13.6	0.9	83.3	1.1	3.06	0.07
SAMO 18-4	19.5	213.300	0.004	13.0	0.8	83.4	1.1	3.62	0.08
SAMO 18-4	20.5	202.100	0.004	12.4	0.8	83.4	1.1	4.17	0.09
SAMO 18-4	21.5	176.000	0.003	11.8	0.8	83.5	1.1	4.73	0.10
SAMO 18-4	22.5	195.700	0.004	11.7	0.8	83.5	1.1	4.80	0.11
SAMO 18-4	23.5	213.700	0.004	11.6	0.7	83.5	1.1	4.88	0.11
SAMO 18-4	24.5	188.300	0.003	11.5	0.7	83.6	1.1	4.95	0.11
SAMO 18-4	25.5	156.500	0.003	11.4	0.7	83.6	1.1	5.03	0.11
SAMO 18-4	26.5	162.900	0.003	11.5	0.7	83.4	1.1	5.11	0.11
SAMO 18-4	27.5	150.600	0.003	11.7	0.8	83.1	1.1	5.19	0.12
SAMO 18-4	28.5	152.200	0.003	11.9	0.8	82.9	1.1	5.27	0.12
SAMO 18-4	29.5	161.800	0.003	12.0	0.8	82.6	1.1	5.36	0.12
SAMO 18-4	30.5	168.200	0.003	12.2	0.8	81.9	1.0	5.86	0.13
SAMO 18-4	31.5	169.300	0.003	12.4	0.8	81.2	1.0	6.37	0.14
SAMO 18-4	32.5	167.800	0.003	12.6	0.8	80.5	1.0	6.87	0.15
SAMO 18-4	33.5	157.000	0.003	12.8	0.8	79.8	1.0	7.38	0.16
SAMO 18-4	34.5	202.000	0.004	12.7	0.8	80.2	1.0	7.13	0.16
SAMO 18-4	35.5	192.250	0.004	12.5	0.8	80.6	1.0	6.88	0.15

Tabla A4. Concentración de elementos de referencia y elementos contaminantes en núcleos sedimentarios del lago Santa María del Oro, Nayarit, México. (Al, Ti, Fe en %, Rb, Zr, Mn, As, Ni, Cu, Cr, Pb, V, Zn en  $\mu\text{g g}^{-1}$  y Hg en  $\text{ng g}^{-1}$ , P=profundidad en cm, PEL=Nivel efecto probable, TEL=Nivel efecto umbral, CN= concentración natural, ND=no disponible)

Núcleo	P	Al	±	Ti	±	Fe	±	Mn	±	Rb	±	Zr	±	As	±	Cr	±	Cu	±	Hg	±	Ni	±	Pb	±	V	±	Zn	±
SAMO 14-1	0.5	6.81	0.01	0.307	0.001	3.288	0.003	594	2	63.6	0.3	70	2	205	1	29	1	26.3	0.5	ND	ND	15.8	0.4	4.3	0.3	87	3	92	1
SAMO 14-1	1.5	6.50	0.01	0.293	0.001	1.892	0.002	698	3	59.9	0.3	63	2	134	1	26	1	23.5	0.5	ND	ND	10.5	0.3	ND	ND	73	3	77	1
SAMO 14-1	2.5	3.12	0.01	0.205	0.001	0.402	0.000	616	3	41.7	0.3	41	3	104	1	18	1	23.7	0.6	ND	ND	10.1	0.4	ND	ND	58	3	51	1
SAMO 14-1	3.5	3.40	0.01	0.234	0.001	0.653	0.001	3098	6	44.3	0.3	56	3	87	1	24	1	24.3	0.6	ND	ND	15.0	0.5	ND	ND	73	3	54	1
SAMO 14-1	4.5	7.61	0.01	0.448	0.001	3.805	0.003	702	2	115.4	0.4	296	2	56	1	55	1	30.1	0.4	ND	ND	30.2	0.6	28.8	0.8	93	3	159	1
SAMO 14-1	5.5	10.55	0.01	0.457	0.001	3.423	0.003	489	2	110.3	0.4	217	2	37	1	42	1	24.8	0.4	ND	ND	10.4	0.3	23.0	0.6	76	3	133	1
SAMO 14-1	6.5	10.85	0.01	0.539	0.001	4.152	0.003	1041	3	94.8	0.4	135	2	49	1	27	1	24.9	0.4	ND	ND	11.0	0.3	17.9	0.6	90	3	118	1
SAMO 14-1	7.5	4.67	0.01	0.314	0.001	1.177	0.001	2257	5	61.6	0.3	86	2	80	1	28	1	26.8	0.6	ND	ND	15.1	0.5	6.7	0.4	76	3	72	1
SAMO 14-1	8.5	10.17	0.01	0.479	0.001	4.357	0.003	2121	4	82.3	0.3	107	2	89	1	23	1	25.6	0.4	ND	ND	13.1	0.3	12.8	0.5	90	3	112	1
SAMO 14-1	9.5	4.79	0.01	0.326	0.001	2.444	0.002	1647	4	69.3	0.3	102	2	166	1	26	1	27.1	0.5	ND	ND	22.1	0.6	2.3	0.1	88	3	93	1
SAMO 14-1	10.5	5.42	0.01	0.270	0.001	1.089	0.001	890	3	52.2	0.3	59	2	96	1	13	1	20.0	0.5	ND	ND	7.2	0.2	2.7	0.2	51	3	65	1
SAMO 14-1	11.5	7.50	0.01	0.344	0.001	2.991	0.003	3480	6	64.2	0.3	105	2	202	1	31	1	23.5	0.5	ND	ND	13.1	0.3	ND	ND	79	3	87	1
SAMO 14-1	12.5	4.94	0.01	0.241	0.001	1.260	0.001	974	3	47.3	0.3	48	2	184	1	22	1	22.8	0.5	ND	ND	10.4	0.3	ND	ND	62	3	62	1
SAMO 14-1	13.5	6.93	0.01	0.294	0.001	1.977	0.002	933	3	53.0	0.3	75	2	173	1	24	1	19.3	0.4	ND	ND	7.5	0.2	ND	ND	58	2	68	1
SAMO 14-1	14.5	5.49	0.01	0.254	0.001	1.984	0.002	1088	3	48.7	0.3	76	2	200	1	26	1	18.2	0.4	ND	ND	8.7	0.3	ND	ND	60	2	67	1
SAMO 14-1	15.5	4.09	0.01	0.286	0.001	1.237	0.001	794	3	57.6	0.3	96	2	236	1	22	1	24.5	0.5	ND	ND	16.2	0.5	ND	ND	74	3	71	1
SAMO 14-1	16.5	4.32	0.01	0.266	0.001	1.176	0.001	1595	4	57.4	0.3	88	2	183	1	25	1	24.1	0.5	ND	ND	15.1	0.5	ND	ND	68	3	66	1
SAMO 14-1	17.5	6.48	0.01	0.361	0.001	2.689	0.002	3071	5	79.0	0.3	150	2	174	1	39	1	27.3	0.5	ND	ND	20.3	0.5	ND	ND	96	3	98	1
SAMO 14-1	18.5	6.12	0.01	0.366	0.001	2.157	0.002	1524	4	74.5	0.4	110	2	137	1	31	1	26.9	0.5	ND	ND	18.7	0.5	ND	ND	100	3	90	1
SAMO 14-1	19.5	11.12	0.01	0.472	0.001	4.829	0.004	1943	4	86.7	0.3	119	2	86	1	22	1	24.5	0.4	ND	ND	11.2	0.3	10.9	0.5	83	3	112	1
SAMO 14-1	20.5	6.35	0.01	0.410	0.001	3.074	0.002	1599	3	82.0	0.3	116	2	83	1	23	1	24.1	0.4	ND	ND	20.2	0.5	14.1	0.6	103	3	101	1
SAMO 14-1	21.5	7.99	0.01	0.484	0.001	4.308	0.003	1337	3	104.0	0.4	150	2	75	1	33	1	25.0	0.4	ND	ND	22.9	0.6	21.7	0.7	144	4	129	1
SAMO 14-1	22.5	7.04	0.01	0.426	0.001	3.350	0.003	2824	5	82.3	0.3	130	2	114	1	30	1	26.7	0.5	ND	ND	22.0	0.6	6.5	0.4	101	3	100	1
SAMO 14-1	23.5	6.94	0.01	0.379	0.001	3.335	0.003	3931	6	78.5	0.3	123	2	133	1	39	1	25.6	0.5	ND	ND	21.1	0.6	1.9	0.1	111	3	92	1
SAMO 14-1	24.5	8.48	0.01	0.516	0.001	4.476	0.003	1975	4	98.9	0.4	147	2	76	1	33	1	25.0	0.5	ND	ND	22.1	0.6	17.0	0.7	142	4	123	1
SAMO 14-1	25.5	6.88	0.01	0.355	0.001	3.565	0.003	4248	6	84.5	0.3	121	2	127	1	37	1	25.1	0.5	ND	ND	21.9	0.6	2.2	0.1	114	3	98	1
SAMO 14-1	26.5	8.19	0.01	0.535	0.001	4.358	0.003	1856	4	102.5	0.4	172	2	62	1	39	1	24.3	0.4	ND	ND	23.7	0.6	19.9	0.7	139	4	121	1

Núcleo	P	Al	±	Ti	±	Fe	±	Mn	±	Rb	±	Zr	±	As	±	Cr	±	Cu	±	Hg	±	Ni	±	Pb	±	V	±	Zn	±
SAMO 14-1	27.5	8.37	0.01	0.509	0.001	4.512	0.003	2644	4	101.2	0.4	144	2	79	1	37	1	26.4	0.5	ND	ND	23.4	0.6	17.3	0.7	144	4	126	1
SAMO 14-1	28.5	7.94	0.01	0.462	0.001	4.271	0.003	1326	3	88.8	0.3	160	2	98	1	77	1	32.4	0.5	ND	ND	29.1	0.7	9.8	0.5	130	4	116	1
SAMO 14-1	29.5	7.78	0.01	0.439	0.001	4.423	0.003	6194	7	89.7	0.4	130	2	111	1	35	1	26.4	0.5	ND	ND	24.1	0.6	10.7	0.5	118	4	112	1
SAMO 14-1	30.5	9.42	0.01	0.517	0.001	5.617	0.004	1267	3	116.0	0.4	162	2	49	1	30	1	27.1	0.4	ND	ND	25.4	0.7	28.3	0.8	157	4	150	1
SAMO 14-1	31.5	9.36	0.01	0.577	0.001	5.615	0.004	1365	3	114.6	0.4	179	2	70	1	30	1	27.2	0.5	ND	ND	26.9	0.7	27.1	0.8	152	4	154	1
SAMO 14-1	32.5	9.84	0.01	0.672	0.001	5.628	0.004	1309	3	108.5	0.4	219	2	68	1	49	1	27.3	0.4	ND	ND	26.2	0.6	27.2	0.8	149	4	154	1
SAMO 14-1	33.5	8.73	0.01	0.622	0.001	4.968	0.004	880	2	105.4	0.4	213	2	68	1	60	1	30.5	0.5	ND	ND	29.5	0.7	23.1	0.8	135	4	139	1
SAMO 14-1	34.5	9.71	0.01	0.610	0.001	5.055	0.004	1540	3	106.1	0.4	189	2	61	1	46	1	29.3	0.5	ND	ND	23.6	0.6	25.8	0.8	140	4	139	1
SAMO 14-1	35.5	9.57	0.01	0.637	0.001	5.488	0.004	1318	3	117.2	0.4	201	2	57	1	45	1	28.5	0.5	ND	ND	27.1	0.7	30.3	0.8	167	4	157	1
SAMO 14-1	36.5	10.75	0.01	0.638	0.001	6.209	0.004	1014	2	123.6	0.4	200	2	43	1	29	1	26.5	0.4	ND	ND	24.1	0.6	31.2	0.8	157	4	160	1
SAMO 14-1	37.5	9.27	0.01	0.608	0.001	4.905	0.004	1222	3	109.7	0.4	193	2	44	1	32	1	24.3	0.4	ND	ND	22.0	0.6	28.8	0.8	130	4	135	1
SAMO 14-1	38.5	9.07	0.01	0.571	0.001	5.085	0.004	1914	4	105.1	0.4	184	2	69	1	42	1	28.7	0.5	ND	ND	24.8	0.6	24.9	0.8	135	4	139	1
SAMO 14-1	39.5	9.11	0.01	0.625	0.001	4.885	0.004	2183	4	102.1	0.4	183	2	88	1	30	1	26.5	0.5	ND	ND	23.3	0.6	25.0	0.8	137	4	138	1
SAMO 14-1	40.5	9.24	0.01	0.548	0.001	5.166	0.004	1707	3	104.3	0.4	171	2	92	1	41	1	28.3	0.5	ND	ND	25.0	0.6	22.7	0.8	132	4	137	1
SAMO 14-1	41.5	9.39	0.01	0.585	0.001	5.263	0.004	1306	3	109.5	0.4	166	2	83	1	35	1	27.1	0.4	ND	ND	25.9	0.7	25.2	0.8	143	4	153	1
SAMO 14-1	42.5	10.63	0.01	0.480	0.001	6.316	0.005	2008	4	120.3	0.4	158	2	71	1	29	1	28.4	0.5	ND	ND	28.1	0.7	25.9	0.8	148	4	161	1
SAMO 14-1	43.5	10.79	0.01	0.526	0.001	6.516	0.005	1237	3	122.8	0.4	175	2	60	1	30	1	27.0	0.4	ND	ND	25.4	0.7	27.6	0.8	159	4	172	1
SAMO 14-1	44.5	10.59	0.01	0.544	0.001	6.251	0.005	1239	3	117.6	0.4	178	2	55	1	29	1	26.5	0.4	ND	ND	23.5	0.6	27.5	0.8	164	4	168	1
SAMO 14-1	45.5	10.33	0.01	0.551	0.001	5.829	0.004	1173	3	114.0	0.4	188	2	51	1	37	1	25.3	0.4	ND	ND	21.7	0.6	23.0	0.7	169	4	150	1
SAMO 14-1	46.5	9.69	0.01	0.555	0.001	5.081	0.004	1078	3	104.5	0.4	175	2	43	1	35	1	22.1	0.4	ND	ND	19.8	0.6	15.9	0.6	151	4	125	1
SAMO 14-1	47.5	9.16	0.01	0.424	0.001	4.484	0.003	2529	4	91.3	0.4	135	2	88	1	45	1	27.4	0.5	ND	ND	22.1	0.5	15.0	0.6	131	3	118	1
SAMO 14-1	48.5	9.02	0.01	0.426	0.001	4.470	0.003	2755	5	93.7	0.4	134	2	95	1	49	1	27.1	0.5	ND	ND	22.2	0.6	13.0	0.6	139	3	121	1
SAMO 14-1	49.5	8.91	0.01	0.447	0.001	4.725	0.004	2719	4	96.3	0.4	143	2	65	1	33	1	26.7	0.5	ND	ND	24.7	0.6	17.3	0.7	129	4	129	1
SAMO 14-1	50.5	9.76	0.01	0.538	0.001	5.827	0.004	1599	3	116.0	0.4	179	2	55	1	32	1	27.3	0.4	ND	ND	27.3	0.7	27.0	0.8	143	4	154	1
SAMO 14-1	51.5	8.99	0.01	0.487	0.001	4.612	0.003	2642	4	101.3	0.4	149	2	76	1	34	1	28.1	0.5	ND	ND	23.3	0.6	18.3	0.7	128	4	130	1
SAMO 14-1	52.5	9.00	0.01	0.457	0.001	5.207	0.004	2325	4	95.4	0.4	151	2	66	1	92	1	34.3	0.5	ND	ND	32.7	0.7	15.7	0.7	150	4	126	1
SAMO 14-1	53.5	8.55	0.01	0.444	0.001	5.079	0.004	2483	4	95.3	0.3	147	2	71	1	64	1	29.2	0.5	ND	ND	27.9	0.6	18.3	0.7	129	4	131	1
SAMO 14-1	54.5	8.38	0.01	0.507	0.001	4.763	0.004	3496	5	99.3	0.4	145	2	93	1	31	1	25.6	0.4	ND	ND	23.2	0.6	19.1	0.7	129	4	133	1
SAMO 14-1	55.5	7.79	0.01	0.433	0.001	3.281	0.003	1402	3	86.7	0.3	125	2	93	1	28	1	24.6	0.4	ND	ND	18.9	0.5	11.4	0.5	104	3	107	1



Núcleo	P	Al	±	Ti	±	Fe	±	Mn	±	Rb	±	Zr	±	As	±	Cr	±	Cu	±	Hg	±	Ni	±	Pb	±	V	±	Zn	±
SAMO 14-1	56.5	5.94	0.01	0.308	0.001	2.089	0.002	3114	5	67.0	0.3	113	2	108	1	28	1	22.7	0.5	ND	ND	14.2	0.4	1.4	0.1	85	3	78	1
SAMO 14-1	57.5	7.44	0.01	0.412	0.001	3.115	0.002	1612	4	85.8	0.3	127	2	123	1	25	1	26.3	0.5	ND	ND	18.8	0.5	4.9	0.3	108	3	103	1
SAMO 14-1	58.5	7.08	0.01	0.370	0.001	2.881	0.002	3534	6	72.5	0.3	112	2	143	1	36	1	24.2	0.5	ND	ND	18.7	0.5	ND	ND	110	3	88	1
SAMO 14-1	59.5	8.60	0.01	0.476	0.001	4.603	0.003	3363	5	96.2	0.4	146	2	105	1	40	1	28.4	0.5	ND	ND	23.3	0.6	13.9	0.6	144	4	123	1
SAMO 14-1	60.5	8.64	0.01	0.530	0.001	4.580	0.003	1100	3	101.6	0.4	201	2	62	1	70	1	30.4	0.5	ND	ND	27.7	0.6	21.1	0.8	135	4	134	1
SAMO 14-1	61.5	6.66	0.01	0.399	0.001	2.785	0.002	2013	4	79.2	0.3	135	2	118	1	43	1	28.0	0.5	ND	ND	20.2	0.5	2.5	0.2	97	3	96	1
SAMO 14-1	62.5	6.46	0.01	0.369	0.001	3.890	0.003	3386	5	79.6	0.3	134	2	171	1	48	1	26.9	0.5	ND	ND	24.6	0.6	ND	ND	122	4	110	1
SAMO 14-1	63.5	7.21	0.01	0.435	0.001	3.276	0.003	1401	3	82.9	0.3	158	2	97	1	60	1	28.6	0.5	ND	ND	21.3	0.5	8.1	0.4	109	3	103	1
SAMO 14-1	64.5	7.01	0.01	0.373	0.001	3.164	0.003	4053	6	74.2	0.3	109	2	115	1	28	1	25.5	0.5	ND	ND	19.2	0.5	3.4	0.2	96	3	91	1
SAMO 14-1	65.5	6.47	0.01	0.349	0.001	2.360	0.002	3283	6	69.6	0.3	97	2	117	1	34	1	24.3	0.5	ND	ND	16.2	0.5	ND	ND	97	3	80	1
SAMO 14-1	66.5	7.17	0.01	0.398	0.001	3.127	0.002	2229	4	80.0	0.3	130	2	81	1	34	1	28.3	0.5	ND	ND	20.2	0.5	12.1	0.6	94	3	99	1
SAMO 14-1	67.5	7.58	0.01	0.443	0.001	3.748	0.003	1840	4	92.3	0.4	173	2	54	1	64	1	29.2	0.5	ND	ND	26.3	0.6	21.3	0.7	116	4	119	1
SAMO 14-1	68.5	7.45	0.01	0.446	0.001	3.767	0.003	1793	4	96.5	0.4	171	2	47	1	61	1	28.1	0.5	ND	ND	25.7	0.6	26.6	0.8	127	4	120	1
SAMO 14-1	69.5	7.33	0.01	0.442	0.001	3.460	0.003	2802	5	87.5	0.3	139	2	59	1	28	1	25.4	0.5	ND	ND	20.0	0.5	27.0	0.8	113	3	110	1
SAMO 14-1	70.5	7.89	0.01	0.428	0.001	3.914	0.003	2122	4	97.9	0.4	146	2	55	1	35	1	24.7	0.4	ND	ND	20.7	0.5	28.7	0.8	127	3	121	1
SAMO 14-1	71.5	6.29	0.01	0.368	0.001	2.552	0.002	3267	5	72.0	0.3	113	2	91	1	24	1	23.5	0.5	ND	ND	17.5	0.5	11.8	0.6	93	3	84	1
SAMO 14-1	72.5	7.70	0.01	0.521	0.001	3.563	0.003	1825	4	89.8	0.3	141	2	78	1	35	1	25.4	0.5	ND	ND	19.6	0.5	22.3	0.8	119	4	114	1
SAMO 14-1	73.5	8.13	0.01	0.591	0.001	3.604	0.003	1697	4	91.9	0.4	152	2	66	1	32	1	24.1	0.4	ND	ND	17.7	0.5	25.6	0.8	116	4	122	1
SAMO 14-1	74.5	7.38	0.01	0.568	0.001	3.845	0.003	1540	3	95.8	0.3	163	2	65	1	22	1	22.1	0.4	ND	ND	20.7	0.6	25.6	0.8	116	4	123	1
SAMO 14-1	75.5	9.54	0.01	0.593	0.001	5.544	0.004	1001	2	115.2	0.4	164	2	47	1	26	1	27.5	0.4	ND	ND	25.4	0.7	44.5	0.9	148	4	167	1
SAMO 14-1	76.5	6.25	0.01	0.353	0.001	2.319	0.002	4068	6	60.5	0.3	96	2	108	1	33	1	23.1	0.5	ND	ND	16.7	0.5	4.7	0.3	93	3	77	1
SAMO 14-1	77.5	7.44	0.01	0.396	0.001	3.040	0.002	1658	4	80.5	0.3	114	2	99	1	35	1	24.5	0.4	ND	ND	17.1	0.5	19.9	0.7	111	3	103	1
SAMO 14-1	78.5	8.37	0.01	0.474	0.001	4.417	0.003	2194	4	91.8	0.3	156	2	61	1	50	1	26.3	0.5	ND	ND	23.8	0.6	25.6	0.8	120	4	124	1
SAMO 14-1	79.5	9.53	0.01	0.556	0.001	5.443	0.004	1067	3	105.6	0.4	190	2	39	1	76	1	30.5	0.5	ND	ND	29.2	0.7	47.6	0.8	149	4	153	1
SAMO 14-1	80.5	9.25	0.01	0.718	0.001	5.532	0.004	1011	2	98.0	0.4	210	2	56	1	51	1	25.7	0.4	ND	ND	25.5	0.7	28.3	0.8	147	5	150	1
SAMO 14-1	81.5	6.13	0.01	0.367	0.001	1.999	0.002	2538	5	64.0	0.3	99	2	72	1	30	1	23.2	0.5	ND	ND	15.2	0.4	7.5	0.5	87	3	75	1
SAMO 14-1	82.5	6.58	0.01	0.344	0.001	2.434	0.002	2927	5	69.9	0.3	99	2	81	1	33	1	24.5	0.5	ND	ND	16.3	0.5	7.2	0.4	93	3	81	1
SAMO 14-1	83.5	7.67	0.01	0.430	0.001	3.668	0.003	2793	5	86.1	0.3	134	2	60	1	32	1	26.2	0.5	ND	ND	23.2	0.6	18.2	0.7	102	3	108	1
SAMO 14-2	0.5	3.76	0.01	0.228	0.001	2.366	0.002	495	2	50.9	0.3	61	2	253	1	27	1	29.9	0.6	ND	ND	22.2	0.6	ND	ND	89	3	84	1

Núcleo	P	Al	±	Ti	±	Fe	±	Mn	±	Rb	±	Zr	±	As	±	Cr	±	Cu	±	Hg	±	Ni	±	Pb	±	V	±	Zn	±
SAMO 14-2	1.5	4.15	0.01	0.240	0.001	2.360	0.002	505	2	52.4	0.3	63	2	236	1	27	1	28.2	0.5	ND	ND	20.1	0.6	ND	ND	91	3	83	1
SAMO 14-2	2.5	3.82	0.01	0.234	0.001	1.002	0.001	1225	3	50.9	0.3	67	2	150	1	23	1	25.9	0.5	ND	ND	30.8	0.6	ND	ND	74	3	66	1
SAMO 14-2	3.5	3.45	0.01	0.238	0.001	0.660	0.001	1398	4	55.7	0.3	72	2	82	1	28	1	24.7	0.6	47.1	0.4	27.5	0.5	ND	ND	58	3	60	1
SAMO 14-2	4.5	4.94	0.01	0.317	0.001	1.722	0.002	1692	4	69.0	0.3	115	2	74	1	45	1	28.0	0.5	ND	ND	33.7	0.6	6.5	0.4	79	3	77	1
SAMO 14-2	5.5	4.07	0.01	0.272	0.001	1.794	0.002	1296	3	64.0	0.3	108	2	128	1	38	1	26.7	0.5	ND	ND	36.5	0.6	ND	ND	86	3	80	1
SAMO 14-2	6.5	1.92	0.01	0.152	0.001	0.253	0.000	1950	5	34.7	0.3	38	3	117	1	15	1	25.4	0.6	ND	ND	25.6	0.5	ND	ND	47	3	41	1
SAMO 14-2	7.5	2.50	0.01	0.174	0.001	0.539	0.001	4377	7	37.9	0.3	47	3	108	1	19	1	25.2	0.6	62.2	0.3	28.4	0.6	ND	ND	64	3	46	1
SAMO 14-2	8.5	4.17	0.01	0.274	0.001	1.144	0.001	1374	4	66.9	0.4	83	3	95	1	26	1	28.6	0.6	ND	ND	34.6	0.6	4.8	0.3	82	3	80	1
SAMO 14-2	9.5	4.46	0.01	0.283	0.001	1.197	0.001	2243	5	61.7	0.3	83	3	106	1	24	1	26.6	0.6	ND	ND	30.9	0.6	2.5	0.2	77	3	72	1
SAMO 14-2	10.5	4.49	0.01	0.279	0.001	1.630	0.001	2624	5	60.5	0.3	91	2	149	1	26	1	25.6	0.5	ND	ND	30.9	0.6	ND	ND	78	3	77	1
SAMO 14-2	11.5	4.04	0.01	0.273	0.001	2.266	0.002	6870	8	59.9	0.3	102	2	227	1	30	1	25.6	0.5	63.8	6.2	36.0	0.7	ND	ND	93	3	81	1
SAMO 14-2	12.5	3.53	0.01	0.240	0.001	1.254	0.001	1890	4	54.5	0.3	77	2	209	1	24	1	24.5	0.5	ND	ND	30.9	0.6	ND	ND	75	3	69	1
SAMO 14-2	13.5	3.17	0.01	0.210	0.001	1.010	0.001	1177	3	47.5	0.3	66	2	189	1	22	1	22.0	0.5	45.0	0.7	24.6	0.5	ND	ND	60	3	59	1
SAMO 14-2	14.5	3.22	0.01	0.202	0.001	1.265	0.001	1145	3	45.6	0.3	73	2	247	1	21	1	22.8	0.5	ND	ND	29.3	0.6	ND	ND	70	3	61	1
SAMO 14-2	15.5	2.81	0.01	0.186	0.001	0.730	0.001	2034	5	48.0	0.3	63	2	238	1	19	1	23.9	0.6	ND	ND	27.7	0.6	ND	ND	68	3	57	1
SAMO 14-2	16.5	3.40	0.01	0.213	0.001	1.416	0.001	9827	11	54.2	0.3	88	2	207	1	20	1	24.0	0.5	ND	ND	29.7	0.6	ND	ND	69	3	63	1
SAMO 14-2	17.5	4.26	0.01	0.262	0.001	1.624	0.001	3998	6	67.0	0.3	99	2	222	1	26	1	27.5	0.6	ND	ND	33.8	0.6	ND	ND	93	3	78	1
SAMO 14-2	18.5	4.06	0.01	0.251	0.001	1.774	0.002	5261	7	63.0	0.3	91	2	163	1	27	1	25.9	0.5	ND	ND	31.5	0.6	ND	ND	88	3	72	1
SAMO 14-2	19.5	3.21	0.01	0.223	0.001	1.877	0.002	4125	6	56.5	0.3	92	2	159	1	23	1	21.5	0.4	ND	ND	29.1	0.5	ND	ND	74	3	68	1
SAMO 14-2	20.5	5.13	0.01	0.299	0.001	2.529	0.002	5921	7	66.8	0.3	114	2	196	1	32	1	25.4	0.5	ND	ND	34.6	0.6	ND	ND	92	3	84	1
SAMO 14-2	21.5	6.01	0.01	0.345	0.001	3.445	0.003	5783	7	79.1	0.3	122	2	281	1	32	1	28.5	0.5	63.9	3.9	42.4	0.7	ND	ND	102	4	98	1
SAMO 14-2	22.5	5.23	0.01	0.301	0.001	2.670	0.002	6493	8	67.8	0.3	99	2	223	1	32	1	25.2	0.5	ND	ND	38.2	0.7	ND	ND	106	3	80	1
SAMO 14-2	23.5	8.31	0.01	0.433	0.001	4.289	0.003	2808	5	105.9	0.4	134	2	158	1	32	1	23.9	0.5	ND	ND	38.5	0.7	ND	ND	138	4	121	1
SAMO 14-2	24.5	6.90	0.01	0.378	0.001	3.832	0.003	9129	9	94.1	0.4	127	2	184	1	30	1	22.3	0.5	ND	ND	37.3	0.7	ND	ND	127	4	103	1
SAMO 14-2	25.5	7.67	0.01	0.392	0.001	3.957	0.003	4476	6	93.7	0.4	135	2	139	1	40	1	25.5	0.5	ND	ND	36.6	0.7	2.4	0.1	114	3	111	1
SAMO 14-2	26.5	5.99	0.01	0.337	0.001	2.523	0.002	4453	6	66.3	0.3	121	2	112	1	43	1	25.5	0.5	ND	ND	31.5	0.6	ND	ND	81	3	78	1
SAMO 14-2	27.5	5.53	0.01	0.287	0.001	3.586	0.003	13860	10	64.4	0.3	98	2	212	1	35	1	25.5	0.5	ND	ND	37.3	0.7	ND	ND	99	3	77	1
SAMO 14-2	28.5	5.40	0.01	0.289	0.001	3.367	0.003	7862	9	69.9	0.3	102	2	219	1	32	1	25.3	0.5	ND	ND	39.6	0.7	ND	ND	108	3	87	1
SAMO 14-2	29.5	7.63	0.01	0.364	0.001	3.903	0.003	6423	7	84.8	0.3	126	2	139	1	39	1	26.3	0.5	53.5	5.3	35.0	0.6	1.2	0.1	106	3	100	1

Núcleo	P	Al	±	Ti	±	Fe	±	Mn	±	Rb	±	Zr	±	As	±	Cr	±	Cu	±	Hg	±	Ni	±	Pb	±	V	±	Zn	±
SAMO 14-2	30.5	10.04	0.01	0.500	0.001	5.593	0.004	2083	4	127.9	0.4	175	2	72	1	24	1	24.5	0.4	ND	ND	41.2	0.7	20.7	0.7	143	4	146	1
SAMO 14-2	31.5	9.71	0.01	0.501	0.001	5.405	0.004	2731	4	120.6	0.4	168	2	95	1	23	1	26.2	0.5	59.3	4.9	40.8	0.7	13.2	0.6	142	4	139	1
SAMO 14-2	32.5	9.52	0.01	0.491	0.001	5.275	0.004	1419	3	123.5	0.4	173	2	98	1	38	1	27.6	0.5	ND	ND	42.0	0.7	14.7	0.6	151	4	144	1
SAMO 14-2	33.5	8.29	0.01	0.451	0.001	4.365	0.003	2462	4	99.3	0.4	156	2	129	1	44	1	27.9	0.5	ND	ND	41.5	0.7	9.0	0.4	136	4	120	1
SAMO 14-2	34.5	8.77	0.01	0.437	0.001	4.584	0.003	6804	8	96.0	0.4	145	2	103	1	29	1	29.0	0.5	ND	ND	39.3	0.7	14.5	0.6	123	4	114	1
SAMO 14-2	35.5	9.85	0.01	0.520	0.001	5.768	0.004	4514	6	120.3	0.4	178	2	89	1	43	1	30.1	0.5	ND	ND	45.2	0.8	18.3	0.7	161	4	148	1
SAMO 14-2	36.5	8.15	0.01	0.483	0.001	3.985	0.003	3593	5	100.5	0.4	153	2	97	1	25	1	27.3	0.5	ND	ND	36.7	0.7	12.9	0.6	109	4	118	1
SAMO 14-2	37.5	4.91	0.01	0.286	0.001	1.442	0.001	3886	6	53.9	0.3	101	2	60	1	31	1	23.4	0.5	9.1	0.3	24.5	0.5	4.1	0.3	59	3	59	1
SAMO 14-2	38.5	4.70	0.01	0.279	0.001	1.321	0.001	3821	6	50.0	0.3	96	2	51	0	34	1	24.1	0.5	ND	ND	24.2	0.5	5.2	0.3	56	3	59	1
SAMO 14-2	39.5	5.26	0.01	0.308	0.001	1.642	0.001	3377	6	58.1	0.3	115	2	57	1	46	1	23.4	0.5	38.5	0.7	28.0	0.5	7.3	0.4	69	3	68	1
SAMO 14-2	40.5	6.60	0.01	0.348	0.001	2.828	0.002	5137	7	70.1	0.3	118	2	125	1	35	1	25.7	0.5	ND	ND	32.6	0.6	7.5	0.4	96	3	86	1
SAMO 14-2	41.5	7.34	0.01	0.380	0.001	3.951	0.003	4286	6	89.7	0.4	133	2	173	1	39	1	27.6	0.5	ND	ND	40.8	0.7	10.3	0.5	132	4	109	1
SAMO 14-2	42.5	11.85	0.01	0.381	0.001	7.073	0.005	6955	7	96.1	0.4	121	2	181	1	36	1	26.7	0.5	ND	ND	28.8	0.5	3.4	0.2	119	3	125	1
SAMO 14-2	43.5	10.09	0.01	0.459	0.001	6.204	0.004	1570	3	120.4	0.4	172	2	83	1	37	1	27.2	0.5	46.4	2.0	43.0	0.8	18.6	0.7	174	4	159	1
SAMO 14-2	44.5	10.17	0.01	0.476	0.001	6.149	0.004	1513	3	118.6	0.4	174	2	77	1	40	1	27.1	0.5	ND	ND	46.1	0.8	19.5	0.7	170	4	160	1
SAMO 14-2	45.5	10.10	0.01	0.498	0.001	5.985	0.004	1541	3	115.3	0.4	175	2	71	1	27	1	26.1	0.4	ND	ND	45.1	0.8	18.9	0.7	165	4	156	1
SAMO 14-2	46.5	10.07	0.01	0.502	0.001	6.059	0.004	1560	3	117.0	0.4	177	2	73	1	27	1	26.8	0.5	ND	ND	46.0	0.8	18.4	0.7	155	4	159	1
SAMO 14-2	47.5	10.07	0.01	0.505	0.001	5.998	0.004	1565	3	115.5	0.4	176	2	73	1	27	1	26.5	0.4	ND	ND	44.3	0.8	19.2	0.7	156	4	157	1
SAMO 14-2	48.5	10.28	0.01	0.509	0.001	6.193	0.004	1563	3	118.6	0.4	177	2	74	1	27	1	24.4	0.4	ND	ND	42.8	0.8	19.4	0.7	158	4	160	1
SAMO 14-2	49.5	10.05	0.01	0.485	0.001	6.012	0.004	1568	3	116.3	0.4	173	2	73	1	39	1	26.4	0.4	25.0	0.2	45.0	0.8	18.8	0.7	178	4	157	1
SAMO 14-2	50.5	9.89	0.01	0.487	0.001	6.009	0.004	1579	3	116.5	0.4	176	2	74	1	40	1	26.5	0.4	ND	ND	45.2	0.8	18.2	0.7	171	4	158	1
SAMO 14-2	51.5	10.47	0.01	0.496	0.001	6.194	0.004	1557	3	116.9	0.4	181	2	73	1	38	1	23.8	0.4	ND	ND	42.3	0.8	18.1	0.7	170	4	160	1
SAMO 14-2	52.5	10.11	0.01	0.497	0.001	6.072	0.004	1623	3	115.8	0.4	176	2	75	1	27	1	25.8	0.4	ND	ND	43.5	0.8	18.4	0.7	160	4	160	1
SAMO 14-2	53.5	10.08	0.01	0.495	0.001	6.003	0.004	1581	3	114.9	0.4	176	2	72	1	38	1	26.6	0.4	ND	ND	43.8	0.8	18.8	0.7	167	4	157	1
SAMO 14-2	54.5	9.96	0.01	0.494	0.001	5.921	0.004	1616	3	115.8	0.4	176	2	72	1	39	1	27.6	0.5	ND	ND	42.8	0.8	18.9	0.7	165	4	153	1
SAMO 14-2	55.5	9.53	0.01	0.484	0.001	5.725	0.004	1666	3	113.3	0.4	174	2	75	1	39	1	24.8	0.4	ND	ND	42.7	0.8	16.7	0.7	174	4	151	1
SAMO 14-2	56.5	9.48	0.01	0.489	0.001	5.502	0.004	1630	3	109.9	0.4	174	2	71	1	37	1	25.8	0.4	ND	ND	44.2	0.8	16.1	0.7	169	4	142	1
SAMO 14-2	57.5	9.41	0.01	0.517	0.001	5.432	0.004	1617	3	109.7	0.4	174	2	71	1	25	1	25.5	0.4	31.6	1.0	42.6	0.8	15.3	0.6	156	4	141	1
SAMO 14-2	58.5	9.53	0.01	0.512	0.001	5.361	0.004	1728	3	108.1	0.4	177	2	72	1	27	1	25.5	0.4	ND	ND	44.6	0.8	14.8	0.6	151	4	139	1

Núcleo	P	Al	±	Ti	±	Fe	±	Mn	±	Rb	±	Zr	±	As	±	Cr	±	Cu	±	Hg	±	Ni	±	Pb	±	V	±	Zn	±
SAMO 14-2	59.5	8.97	0.01	0.495	0.001	5.043	0.004	1585	3	106.9	0.4	180	2	71	1	34	1	24.8	0.4	ND	ND	41.9	0.8	13.5	0.6	167	4	132	1
SAMO 14-2	60.5	8.91	0.01	0.522	0.001	4.910	0.004	1442	3	107.3	0.4	187	2	63	1	34	1	24.2	0.4	ND	ND	39.8	0.7	12.1	0.6	161	4	124	1
SAMO 14-2	61.5	8.81	0.01	0.513	0.001	4.751	0.004	1364	3	103.6	0.4	173	2	58	1	34	1	22.9	0.4	27.3	0.7	40.8	0.7	12.2	0.6	161	4	116	1
SAMO 14-2	62.5	9.06	0.01	0.433	0.001	4.996	0.004	4203	6	97.9	0.4	146	2	175	1	25	1	27.1	0.5	ND	ND	39.8	0.7	1.3	0.1	133	4	127	1
SAMO 14-2	63.5	8.67	0.01	0.388	0.001	4.639	0.004	6461	7	93.8	0.4	139	2	178	1	36	1	26.8	0.5	ND	ND	36.5	0.7	ND	ND	137	3	120	1
SAMO 14-2	64.5	8.17	0.01	0.351	0.001	5.162	0.004	6884	7	96.5	0.4	138	2	144	1	41	1	27.5	0.5	ND	ND	42.9	0.7	4.9	0.3	143	3	126	1
SAMO 14-2	65.5	9.98	0.01	0.446	0.001	6.523	0.005	5280	6	117.1	0.4	166	2	102	1	27	1	27.5	0.5	34.9	3.0	48.5	0.8	14.8	0.6	152	4	158	1
SAMO 14-2	66.5	10.33	0.01	0.538	0.001	6.579	0.005	1806	3	122.5	0.4	186	2	68	1	45	1	27.9	0.5	ND	ND	47.8	0.8	22.8	0.8	172	4	167	1
SAMO 14-2	67.5	10.05	0.01	0.499	0.001	6.226	0.004	2091	4	116.2	0.4	177	2	75	1	26	1	26.2	0.4	ND	ND	45.7	0.8	18.9	0.7	159	4	161	1
SAMO 14-2	68.5	8.60	0.01	0.389	0.001	5.731	0.004	7034	7	103.0	0.4	146	2	116	1	38	1	25.9	0.4	ND	ND	46.3	0.8	12.6	0.6	154	4	145	1
SAMO 14-2	69.5	8.37	0.01	0.463	0.001	5.579	0.004	7544	8	103.4	0.4	148	2	109	1	33	1	27.1	0.5	90.9	0.5	45.8	0.8	15.0	0.6	154	4	139	1
SAMO 14-2	70.5	9.46	0.01	0.371	0.001	4.923	0.004	4733	6	80.5	0.3	114	2	158	1	28	1	21.5	0.4	ND	ND	24.5	0.5	ND	ND	105	3	103	1
SAMO 14-2	71.5	6.90	0.01	0.280	0.001	2.999	0.002	3021	5	63.9	0.3	95	2	177	1	25	1	20.3	0.4	ND	ND	20.7	0.4	ND	ND	75	3	79	1
SAMO 14-2	72.5	5.55	0.01	0.282	0.001	2.456	0.002	5364	7	66.6	0.3	115	2	141	1	26	1	21.1	0.4	ND	ND	27.7	0.5	ND	ND	91	3	77	1
SAMO 14-2	73.5	6.30	0.01	0.350	0.001	2.990	0.002	2783	5	77.9	0.3	126	2	170	1	32	1	24.7	0.5	49.4	2.1	35.1	0.6	ND	ND	119	3	94	1
SAMO 14-2	74.5	9.27	0.01	0.362	0.001	4.186	0.003	4525	6	77.6	0.3	107	2	160	1	29	1	24.5	0.5	ND	ND	22.3	0.4	ND	ND	96	3	94	1
SAMO 14-2	75.5	12.23	0.01	0.481	0.001	6.734	0.005	3017	4	98.2	0.4	136	2	132	1	38	1	26.2	0.5	ND	ND	26.7	0.5	2.8	0.1	118	3	128	1
SAMO 14-2	76.5	11.84	0.01	0.458	0.001	5.753	0.004	1752	3	92.6	0.4	131	2	130	1	19	1	22.3	0.4	ND	ND	19.8	0.4	1.9	0.1	101	3	121	1
SAMO 14-2	77.5	9.19	0.01	0.373	0.001	4.725	0.004	3963	6	81.5	0.3	112	2	152	1	29	1	22.1	0.4	77.5	2.3	24.7	0.4	ND	ND	106	3	104	1
SAMO 14-3	0.5	3.74	0.01	0.242	0.001	1.831	0.002	448	2	46.1	0.3	56	2	191	1	26	1	27.0	0.5	ND	ND	20.0	0.6	3.1	0.3	73	3	76	1
SAMO 14-3	1.5	4.38	0.01	0.274	0.001	1.190	0.001	689	3	56.5	0.3	82	2	154	1	27	1	27.3	0.6	ND	ND	19.6	0.5	ND	ND	81	3	76	1
SAMO 14-3	2.5	4.71	0.01	0.297	0.001	1.193	0.001	615	2	57.3	0.3	77	2	103	1	40	1	28.9	0.6	ND	ND	19.5	0.5	ND	ND	75	3	71	1
SAMO 14-3	3.5	5.85	0.01	0.405	0.001	2.509	0.002	941	3	68.0	0.3	133	2	74	1	73	1	32.3	0.5	ND	ND	25.5	0.6	6.9	0.4	98	3	91	1
SAMO 14-3	4.5	4.38	0.01	0.296	0.001	1.575	0.001	869	3	57.3	0.3	84	2	114	1	34	1	26.9	0.5	ND	ND	17.6	0.5	ND	ND	74	3	74	1
SAMO 14-3	5.5	3.38	0.01	0.221	0.001	0.642	0.001	1743	4	42.5	0.3	53	3	100	1	21	1	24.6	0.6	ND	ND	12.8	0.4	ND	ND	61	3	51	1
SAMO 14-3	6.5	3.57	0.01	0.239	0.001	0.742	0.001	3536	6	42.7	0.3	54	3	87	1	16	1	25.5	0.6	ND	ND	13.9	0.4	ND	ND	61	3	52	1
SAMO 14-3	7.5	7.32	0.01	0.416	0.001	3.157	0.003	912	3	100.5	0.4	227	2	60	1	57	1	29.9	0.5	ND	ND	23.4	0.5	21.1	0.7	95	3	133	1
SAMO 14-3	8.5	7.31	0.01	0.457	0.001	2.485	0.002	693	2	96.9	0.4	173	2	45	1	31	1	27.4	0.5	ND	ND	18.3	0.5	23.4	0.7	84	3	119	1
SAMO 14-3	9.5	6.58	0.01	0.403	0.001	2.574	0.002	2270	4	75.2	0.3	128	2	71	1	50	1	29.6	0.5	ND	ND	19.9	0.5	11.8	0.6	99	3	94	1

Núcleo	P	Al	±	Ti	±	Fe	±	Mn	±	Rb	±	Zr	±	As	±	Cr	±	Cu	±	Hg	±	Ni	±	Pb	±	V	±	Zn	±
SAMO 14-3	10.5	6.55	0.01	0.419	0.001	2.959	0.002	1536	3	75.8	0.3	136	2	97	1	47	1	32.5	0.5	ND	ND	23.3	0.6	9.7	0.5	96	3	102	1
SAMO 14-3	11.5	5.58	0.01	0.353	0.001	2.538	0.002	1434	3	71.3	0.3	112	2	124	1	50	1	29.3	0.5	ND	ND	21.3	0.5	6.2	0.3	103	3	94	1
SAMO 14-3	12.5	5.68	0.01	0.389	0.001	2.234	0.002	957	3	66.2	0.3	119	2	77	1	62	1	32.2	0.5	ND	ND	23.6	0.5	6.7	0.4	90	3	86	1
SAMO 14-3	13.5	4.69	0.01	0.336	0.001	1.990	0.002	985	3	62.5	0.3	111	2	108	1	48	1	30.7	0.5	ND	ND	22.8	0.5	ND	ND	90	3	81	1
SAMO 14-3	14.5	5.23	0.01	0.359	0.001	1.955	0.002	866	3	62.0	0.3	104	2	89	1	60	1	31.0	0.5	ND	ND	21.1	0.5	1.9	0.1	86	3	79	1
SAMO 14-3	15.5	5.11	0.01	0.354	0.001	2.227	0.002	1015	3	65.9	0.3	122	2	99	1	64	1	30.9	0.5	ND	ND	24.2	0.6	2.0	0.1	104	3	87	1
SAMO 14-3	16.5	3.49	0.01	0.244	0.001	0.775	0.001	1127	3	46.3	0.3	58	2	98	1	29	1	25.3	0.6	ND	ND	13.9	0.4	ND	ND	67	3	57	1
SAMO 14-3	17.5	3.71	0.01	0.242	0.001	0.871	0.001	3296	6	46.2	0.3	66	3	94	1	23	1	26.2	0.6	ND	ND	13.4	0.4	ND	ND	67	3	57	1
SAMO 14-3	18.5	5.21	0.01	0.323	0.001	1.811	0.002	1681	4	69.0	0.3	120	2	88	1	40	1	30.6	0.5	ND	ND	19.8	0.5	6.8	0.4	86	3	88	1
SAMO 14-3	19.5	7.27	0.01	0.449	0.001	2.649	0.002	549	2	106.2	0.4	230	2	43	1	39	1	29.4	0.5	ND	ND	22.5	0.5	26.4	0.8	83	3	133	1
SAMO 14-3	20.5	7.05	0.01	0.455	0.001	2.507	0.002	1372	3	83.8	0.4	124	2	58	1	32	1	26.8	0.5	ND	ND	18.4	0.5	17.9	0.7	92	3	104	1
SAMO 14-3	21.5	6.63	0.01	0.425	0.001	3.097	0.002	2057	4	77.8	0.3	135	2	103	1	54	1	31.6	0.5	ND	ND	24.6	0.6	8.5	0.4	94	3	105	1
SAMO 14-3	22.5	3.94	0.01	0.269	0.001	1.291	0.001	1075	3	59.7	0.3	80	2	125	1	28	1	26.7	0.5	ND	ND	16.1	0.5	3.0	0.2	77	3	75	1
SAMO 14-3	23.5	3.90	0.01	0.227	0.001	0.966	0.001	2580	5	49.5	0.3	65	2	119	1	20	1	23.9	0.5	ND	ND	11.9	0.4	ND	ND	59	3	59	1
SAMO 14-3	24.5	5.38	0.01	0.325	0.001	2.311	0.002	3384	5	63.8	0.3	111	2	207	1	35	1	25.6	0.5	ND	ND	18.1	0.5	ND	ND	92	3	86	1
SAMO 14-3	25.5	4.06	0.01	0.247	0.001	0.956	0.001	942	3	49.4	0.3	65	2	165	1	25	1	22.7	0.5	ND	ND	13.4	0.4	ND	ND	64	3	62	1
SAMO 14-3	26.5	3.89	0.01	0.226	0.001	1.284	0.001	1088	3	48.9	0.3	74	2	169	1	22	1	20.8	0.5	ND	ND	13.1	0.4	ND	ND	61	3	60	1
SAMO 14-3	27.5	4.03	0.01	0.260	0.001	1.268	0.001	819	3	51.5	0.3	80	2	267	1	19	1	22.3	0.5	ND	ND	14.9	0.5	ND	ND	70	3	68	1
SAMO 14-3	28.5	4.42	0.01	0.256	0.001	1.299	0.001	2668	5	55.3	0.3	89	2	186	1	23	1	22.8	0.5	ND	ND	14.8	0.5	ND	ND	67	3	65	1
SAMO 14-3	29.5	6.20	0.01	0.330	0.001	2.467	0.002	4449	6	73.7	0.3	138	2	201	1	34	1	25.4	0.5	ND	ND	18.6	0.5	ND	ND	96	3	88	1
SAMO 14-3	30.5	5.83	0.01	0.330	0.001	1.796	0.002	1661	4	66.7	0.3	107	2	142	1	24	1	26.1	0.5	ND	ND	14.7	0.5	ND	ND	78	3	78	1
SAMO 14-3	31.5	6.65	0.01	0.359	0.001	2.627	0.002	2693	5	74.1	0.3	115	2	117	1	26	1	27.0	0.5	ND	ND	17.5	0.5	3.4	0.2	87	3	87	1
SAMO 14-3	32.5	5.77	0.01	0.346	0.001	2.825	0.002	1788	4	75.0	0.3	106	2	122	1	24	1	24.0	0.4	ND	ND	16.7	0.5	3.4	0.2	89	3	92	1
SAMO 14-3	33.5	6.94	0.01	0.390	0.001	3.220	0.003	2907	5	78.7	0.3	119	2	136	1	27	1	26.2	0.5	ND	ND	19.1	0.5	2.9	0.2	95	3	96	1
SAMO 14-3	34.5	7.01	0.01	0.360	0.001	3.130	0.002	4174	6	76.5	0.3	114	2	158	1	38	1	25.4	0.5	ND	ND	19.4	0.5	ND	ND	107	3	90	1
SAMO 14-3	35.5	7.89	0.01	0.429	0.001	3.753	0.003	3790	6	87.1	0.4	123	2	138	1	26	1	25.3	0.5	ND	ND	20.0	0.5	4.0	0.2	110	3	103	1
SAMO 14-3	36.5	7.88	0.01	0.429	0.001	4.172	0.003	3317	5	90.2	0.3	143	2	130	1	42	1	28.7	0.5	ND	ND	25.1	0.6	5.0	0.3	107	3	111	1
SAMO 14-3	37.5	8.31	0.01	0.480	0.001	4.611	0.003	2371	4	94.2	0.4	162	2	113	1	53	1	30.9	0.5	ND	ND	28.4	0.6	9.7	0.5	123	4	124	1
SAMO 14-3	38.5	6.98	0.01	0.369	0.001	3.254	0.003	5397	7	74.1	0.3	118	2	144	1	51	1	28.1	0.5	ND	ND	21.3	0.5	ND	ND	106	3	89	1

Núcleo	P	Al	±	Ti	±	Fe	±	Mn	±	Rb	±	Zr	±	As	±	Cr	±	Cu	±	Hg	±	Ni	±	Pb	±	V	±	Zn	±
SAMO 14-3	39.5	8.96	0.01	0.507	0.001	5.179	0.004	943	2	89.3	0.3	188	2	43	1	122	1	38.3	0.6	ND	ND	36.2	0.7	16.5	0.6	114	4	123	1
SAMO 14-3	40.5	8.04	0.01	0.460	0.001	4.146	0.003	1334	3	85.9	0.3	165	2	93	1	79	1	34.5	0.5	ND	ND	29.0	0.6	8.1	0.4	105	4	112	1
SAMO 14-3	41.5	7.04	0.01	0.418	0.001	3.269	0.003	2068	4	74.7	0.3	136	2	74	1	59	1	29.6	0.5	ND	ND	24.4	0.6	8.7	0.5	89	3	92	1
SAMO 14-3	42.5	9.08	0.01	0.487	0.001	4.695	0.004	4306	6	100.0	0.4	143	2	106	1	36	1	28.0	0.5	ND	ND	22.6	0.6	12.7	0.6	116	4	123	1
SAMO 14-3	43.5	8.77	0.01	0.508	0.001	4.643	0.004	1259	3	101.1	0.4	204	2	72	1	84	1	32.8	0.5	ND	ND	31.1	0.6	18.2	0.7	121	4	132	1
SAMO 14-3	44.5	7.79	0.01	0.450	0.001	4.169	0.003	770	2	94.0	0.3	206	2	57	1	114	1	35.6	0.5	ND	ND	33.0	0.6	14.7	0.6	129	4	115	1
SAMO 14-3	45.5	7.71	0.01	0.443	0.001	3.597	0.003	1593	3	86.5	0.3	147	2	80	1	51	1	30.8	0.5	ND	ND	23.6	0.6	12.6	0.6	105	3	104	1
SAMO 14-3	46.5	9.78	0.01	0.563	0.001	4.927	0.004	1897	4	110.3	0.4	171	2	67	1	39	1	29.8	0.5	ND	ND	24.2	0.6	24.6	0.8	125	4	140	1
SAMO 14-3	47.5	8.35	0.01	0.504	0.001	4.391	0.003	1193	3	93.3	0.3	162	2	42	1	73	1	33.5	0.5	ND	ND	28.6	0.6	19.4	0.7	121	4	119	1
SAMO 14-3	48.5	7.96	0.01	0.504	0.001	4.190	0.003	1121	3	85.1	0.3	161	2	44	1	89	1	32.1	0.5	ND	ND	31.6	0.6	16.5	0.6	123	4	137	1
SAMO 14-3	49.5	8.33	0.01	0.489	0.001	4.204	0.003	2583	4	92.9	0.4	158	2	85	1	60	1	27.8	0.5	ND	ND	25.8	0.6	20.8	0.8	128	4	121	1
SAMO 14-3	50.5	8.54	0.01	0.524	0.001	4.447	0.003	1936	4	96.6	0.4	163	2	97	1	47	1	29.7	0.5	ND	ND	26.3	0.6	20.7	0.8	125	4	124	1
SAMO 14-3	51.5	8.33	0.01	0.497	0.001	5.075	0.004	1884	4	93.4	0.3	167	2	88	1	94	1	34.7	0.5	ND	ND	34.7	0.7	15.8	0.6	129	4	125	1
SAMO 14-3	52.5	8.70	0.01	0.479	0.001	4.772	0.004	1395	3	92.5	0.3	169	2	64	1	97	1	34.8	0.5	ND	ND	30.4	0.6	18.1	0.7	135	4	120	1
SAMO 14-3	53.5	10.17	0.01	0.485	0.001	6.030	0.004	1901	3	117.7	0.4	163	2	72	1	33	1	27.8	0.5	ND	ND	27.5	0.7	24.2	0.8	153	4	160	1
SAMO 14-3	54.5	10.42	0.01	0.517	0.001	6.282	0.005	1225	3	121.2	0.4	176	2	61	1	30	1	27.6	0.4	ND	ND	27.5	0.7	26.0	0.8	159	4	173	1
SAMO 14-3	55.5	10.73	0.01	0.550	0.001	6.486	0.005	1187	3	120.1	0.4	177	2	55	1	29	1	26.8	0.4	ND	ND	26.8	0.7	29.9	0.8	159	4	177	1
SAMO 14-3	56.5	10.34	0.01	0.554	0.001	6.284	0.005	1217	3	120.1	0.4	176	2	55	1	29	1	30.0	0.5	ND	ND	28.1	0.7	31.6	0.8	163	4	173	1
SAMO 14-3	57.5	9.55	0.01	0.554	0.001	5.459	0.004	1099	3	114.8	0.4	185	2	47	1	38	1	25.4	0.4	ND	ND	23.8	0.7	26.4	0.8	167	4	152	1
SAMO 14-3	58.5	9.54	0.01	0.547	0.001	5.220	0.004	1058	3	110.7	0.4	178	2	51	1	26	1	24.3	0.4	ND	ND	22.6	0.6	21.1	0.7	147	4	141	1
SAMO 14-3	59.5	8.57	0.01	0.531	0.001	4.525	0.003	1127	3	102.8	0.4	165	2	45	1	27	1	21.9	0.4	ND	ND	22.1	0.6	14.5	0.6	129	4	119	1
SAMO 14-3	60.5	8.07	0.01	0.456	0.001	4.000	0.003	2554	4	90.1	0.3	144	2	82	1	36	1	27.3	0.5	ND	ND	24.1	0.6	11.2	0.5	121	4	110	1
SAMO 14-3	61.5	8.26	0.01	0.432	0.001	4.330	0.003	2344	4	90.2	0.4	143	2	100	1	60	1	32.4	0.5	ND	ND	28.8	0.6	10.3	0.5	120	4	113	1
SAMO 14-3	62.5	8.66	0.01	0.404	0.001	4.992	0.004	4314	6	99.0	0.4	148	2	92	1	56	1	28.4	0.5	ND	ND	26.3	0.6	14.0	0.6	137	4	129	1
SAMO 14-3	63.5	9.58	0.01	0.443	0.001	5.988	0.004	4121	5	105.6	0.4	158	2	75	1	73	1	32.3	0.5	ND	ND	29.7	0.7	17.6	0.7	151	4	140	1
SAMO 14-3	64.5	8.92	0.01	0.455	0.001	5.855	0.004	1847	3	86.1	0.3	147	2	32	0	145	1	46.2	0.6	ND	ND	46.9	0.8	14.4	0.6	140	4	117	1
SAMO 14-3	65.5	8.17	0.01	0.459	0.001	5.088	0.004	917	2	86.2	0.3	168	2	39	0	157	1	43.1	0.6	ND	ND	43.1	0.8	15.5	0.6	155	4	116	1
SAMO 14-3	66.5	8.48	0.01	0.425	0.001	5.385	0.004	3770	5	98.3	0.4	149	2	79	1	65	1	31.1	0.5	ND	ND	32.0	0.7	14.9	0.6	132	4	134	1
SAMO 14-3	67.5	7.92	0.01	0.480	0.001	4.325	0.003	2617	4	90.8	0.3	148	2	74	1	79	1	32.6	0.5	ND	ND	32.0	0.6	12.9	0.6	113	4	115	1

Núcleo	P	Al	±	Ti	±	Fe	±	Mn	±	Rb	±	Zr	±	As	±	Cr	±	Cu	±	Hg	±	Ni	±	Pb	±	V	±	Zn	±
SAMO 14-3	68.5	7.02	0.01	0.401	0.001	3.294	0.003	2022	4	78.0	0.3	127	2	97	1	86	1	33.1	0.5	ND	ND	27.3	0.6	5.4	0.3	111	3	96	1
SAMO 14-3	69.5	6.71	0.01	0.395	0.001	3.674	0.003	2506	4	74.8	0.3	136	2	111	1	72	1	30.3	0.5	ND	ND	27.3	0.6	3.1	0.2	104	4	98	1
SAMO 14-3	70.5	6.74	0.01	0.416	0.001	3.331	0.003	1277	3	78.4	0.3	156	2	60	1	82	1	34.3	0.5	ND	ND	27.4	0.6	11.3	0.6	99	3	100	1
SAMO 14-3	71.5	6.08	0.01	0.323	0.001	2.518	0.002	3444	5	71.0	0.3	125	2	114	1	36	1	25.0	0.5	ND	ND	17.6	0.5	3.7	0.2	92	3	83	1
SAMO 14-3	72.5	6.21	0.01	0.370	0.001	2.566	0.002	1927	4	76.4	0.3	126	2	145	1	44	1	27.7	0.5	ND	ND	21.2	0.5	ND	ND	102	3	93	1
SAMO 14-3	73.5	7.17	0.01	0.435	0.001	3.677	0.003	4050	6	84.7	0.3	146	2	113	1	41	1	28.4	0.5	ND	ND	25.9	0.6	5.3	0.3	113	4	107	1
SAMO 14-3	74.5	6.99	0.01	0.395	0.001	3.193	0.003	2840	5	85.0	0.3	137	2	126	1	48	1	28.6	0.5	ND	ND	22.5	0.6	3.1	0.2	105	3	102	1
SAMO 14-3	75.5	5.43	0.01	0.328	0.001	2.814	0.002	4293	6	72.6	0.3	114	2	167	1	25	1	26.5	0.5	ND	ND	20.3	0.6	ND	ND	102	3	90	1
SAMO 14-3	76.5	5.73	0.01	0.347	0.001	2.962	0.002	2419	4	75.3	0.3	128	2	149	1	45	1	27.9	0.5	ND	ND	24.2	0.6	ND	ND	102	3	99	1
SAMO 14-3	77.5	6.32	0.01	0.339	0.001	2.708	0.002	3276	5	72.6	0.3	108	2	126	1	38	1	26.0	0.5	ND	ND	19.4	0.5	ND	ND	107	3	87	1
SAMO 14-3	78.5	5.33	0.01	0.287	0.001	1.623	0.001	3530	6	60.4	0.3	82	2	122	1	30	1	23.9	0.5	ND	ND	15.2	0.5	ND	ND	86	3	67	1
SAMO 14-3	79.5	6.36	0.01	0.367	0.001	2.629	0.002	2469	5	74.9	0.3	122	2	96	1	35	1	25.9	0.5	ND	ND	19.0	0.5	5.3	0.3	95	3	93	1
SAMO 14-3	80.5	7.52	0.01	0.454	0.001	3.874	0.003	1601	3	92.3	0.3	193	2	47	1	68	1	32.4	0.5	ND	ND	27.9	0.6	19.6	0.7	105	4	119	1
SAMO 14-3	81.5	7.72	0.01	0.484	0.001	4.070	0.003	797	2	100.6	0.4	233	2	32	0	113	1	34.6	0.5	ND	ND	33.9	0.7	20.8	0.7	117	4	125	1
SAMO 14-3	82.5	8.18	0.01	0.499	0.001	3.839	0.003	1241	3	102.4	0.4	221	2	32	0	99	1	28.8	0.5	ND	ND	27.2	0.6	21.6	0.7	104	4	117	1
SAMO 14-3	83.5	7.06	0.01	0.415	0.001	3.097	0.002	2734	5	83.7	0.3	167	2	49	1	55	1	28.1	0.5	ND	ND	23.9	0.5	18.8	0.7	103	3	105	1
SAMO 14-3	84.5	7.29	0.01	0.424	0.001	3.447	0.003	2355	4	89.8	0.3	173	2	49	1	43	1	27.2	0.5	ND	ND	21.6	0.5	22.3	0.7	98	3	115	1
SAMO 14-3	85.5	9.32	0.01	0.581	0.001	4.798	0.004	829	2	118.3	0.4	244	2	36	1	68	1	28.3	0.4	ND	ND	27.4	0.6	33.3	0.8	102	4	147	1
SAMO 14-3	86.5	8.29	0.01	0.516	0.001	4.224	0.003	1257	3	103.8	0.4	225	2	56	1	75	1	29.0	0.5	ND	ND	27.8	0.6	20.9	0.7	107	4	131	1
SAMO 14-3	87.5	6.94	0.01	0.400	0.001	3.023	0.002	2363	4	80.8	0.3	146	2	92	1	51	1	26.9	0.5	ND	ND	20.2	0.5	9.1	0.5	99	3	97	1
SAMO 14-3	88.5	7.50	0.01	0.466	0.001	3.155	0.003	1873	4	89.4	0.3	155	2	68	1	58	1	28.0	0.5	ND	ND	22.0	0.5	14.9	0.6	102	3	103	1
SAMO 14-3	89.5	7.84	0.01	0.503	0.001	3.237	0.003	1615	3	90.5	0.3	172	2	63	1	51	1	26.9	0.5	ND	ND	20.3	0.5	14.3	0.6	89	3	102	1
SAMO 14-3	90.5	5.75	0.01	0.368	0.001	2.495	0.002	3003	5	69.0	0.3	127	2	88	1	52	1	26.4	0.5	ND	ND	20.6	0.5	7.4	0.4	97	3	86	1
SAMO 18-4	0.5	7.45	0.01	0.410	0.001	4.516	0.003	877	3	95.9	0.4	110	2	91	1	38	1	27.5	0.5	ND	ND	27.8	0.7	29.9	1.0	144	4	138	1
SAMO 18-4	1.5	6.99	0.01	0.405	0.001	4.196	0.003	931	3	93.3	0.4	105	2	87	1	35	1	27.9	0.5	ND	ND	29.2	0.7	27.4	1.0	137	4	130	1
SAMO 18-4	2.5	7.53	0.01	0.419	0.001	4.463	0.003	951	3	96.2	0.4	111	2	81	1	37	1	27.8	0.5	ND	ND	27.5	0.7	29.8	1.0	145	4	136	1
SAMO 18-4	3.5	8.82	0.01	0.458	0.001	5.728	0.004	1008	3	115.1	0.4	133	2	69	1	38	1	28.6	0.5	ND	ND	27.4	0.7	39.1	1.0	187	4	166	1
SAMO 18-4	4.5	10.20	0.01	0.495	0.001	6.785	0.005	1057	2	125.8	0.4	146	2	57	1	39	1	25.0	0.4	ND	ND	27.0	0.7	45.4	1.0	197	4	180	1
SAMO 18-4	5.5	9.73	0.01	0.479	0.001	6.431	0.005	1030	2	126.7	0.4	144	2	57	1	38	1	25.0	0.4	ND	ND	28.4	0.7	46.9	1.0	205	4	183	1

Núcleo	P	Al	±	Ti	±	Fe	±	Mn	±	Rb	±	Zr	±	As	±	Cr	±	Cu	±	Hg	±	Ni	±	Pb	±	V	±	Zn	±
SAMO 18-4	6.5	9.15	0.01	0.480	0.001	5.949	0.004	1018	3	126.2	0.4	144	2	61	1	38	1	25.0	0.4	ND	ND	28.5	0.7	45.5	1.0	196	4	178	1
SAMO 18-4	7.5	9.07	0.01	0.477	0.001	5.089	0.004	1027	3	111.0	0.4	130	2	58	1	37	1	82.2	0.8	ND	ND	24.6	0.6	38.5	1.0	157	4	150	1
SAMO 18-4	8.5	8.63	0.01	0.492	0.001	4.548	0.003	1125	3	101.0	0.4	132	2	55	1	37	1	24.0	0.4	ND	ND	21.9	0.6	34.5	0.9	138	4	135	1
SAMO 18-4	9.5	9.18	0.01	0.505	0.001	5.099	0.004	1229	3	106.8	0.4	136	2	55	1	38	1	25.7	0.5	ND	ND	21.6	0.6	35.2	0.9	151	4	143	1
SAMO 18-4	10.5	9.26	0.01	0.490	0.001	5.361	0.004	1163	3	109.6	0.4	140	2	53	1	35	1	27.2	0.5	ND	ND	24.9	0.6	37.5	0.9	167	4	150	1
SAMO 18-4	11.5	8.63	0.01	0.453	0.001	5.244	0.004	1095	3	114.9	0.4	128	2	60	1	36	1	27.7	0.5	ND	ND	25.6	0.7	42.0	1.0	170	4	157	1
SAMO 18-4	12.5	8.21	0.01	0.445	0.001	4.825	0.004	1065	3	109.0	0.4	122	2	65	1	32	1	24.6	0.4	ND	ND	23.7	0.6	38.3	1.0	159	4	147	1
SAMO 18-4	13.5	8.25	0.01	0.504	0.001	4.940	0.004	1059	3	109.3	0.4	142	2	71	1	32	1	24.0	0.4	ND	ND	27.4	0.7	35.9	1.0	152	4	147	1
SAMO 18-4	14.5	7.29	0.01	0.501	0.001	4.445	0.003	1201	3	103.2	0.4	141	2	66	1	33	1	25.5	0.5	ND	ND	28.2	0.7	33.1	1.0	151	4	135	1
SAMO 18-4	15.5	7.24	0.01	0.508	0.001	4.328	0.003	1246	3	100.9	0.4	140	2	72	1	35	1	25.3	0.5	ND	ND	26.7	0.7	29.3	1.0	132	4	132	1
SAMO 18-4	16.5	7.05	0.01	0.513	0.001	4.313	0.003	1270	3	101.1	0.4	143	2	70	1	38	1	26.7	0.5	ND	ND	27.3	0.7	27.9	0.9	133	4	131	1
SAMO 18-4	17.5	7.96	0.01	0.526	0.001	4.972	0.004	1220	3	111.3	0.4	160	2	69	1	41	1	25.8	0.5	ND	ND	28.2	0.7	32.2	1.0	150	4	148	1
SAMO 18-4	18.5	8.46	0.01	0.531	0.001	5.332	0.004	1173	3	114.7	0.4	158	2	59	1	39	1	25.1	0.4	ND	ND	29.8	0.7	36.8	1.0	154	4	155	1
SAMO 18-4	19.5	8.66	0.01	0.545	0.001	5.331	0.004	1227	3	113.0	0.4	161	2	58	1	29	1	26.7	0.5	ND	ND	27.9	0.7	35.3	0.9	146	4	154	1
SAMO 18-4	20.5	8.05	0.01	0.512	0.001	5.190	0.004	1269	3	113.2	0.4	157	2	62	1	41	1	27.9	0.5	ND	ND	31.0	0.7	34.6	1.0	164	4	153	1
SAMO 18-4	21.5	8.19	0.01	0.509	0.001	5.257	0.004	1309	3	112.2	0.4	154	2	63	1	38	1	27.5	0.5	ND	ND	28.4	0.7	35.0	1.0	162	4	151	1
SAMO 18-4	22.5	8.30	0.01	0.510	0.001	5.066	0.004	1273	3	105.2	0.4	150	2	64	1	42	1	27.0	0.5	ND	ND	27.6	0.7	31.2	0.9	151	4	142	1
SAMO 18-4	23.5	9.12	0.01	0.536	0.001	5.665	0.004	1219	3	116.2	0.4	160	2	58	1	38	1	29.5	0.5	ND	ND	27.0	0.7	36.5	0.9	170	4	157	1
SAMO 18-4	24.5	7.91	0.01	0.488	0.001	4.881	0.004	1347	3	105.9	0.4	140	2	60	1	38	1	26.8	0.5	ND	ND	28.9	0.7	32.7	0.9	156	4	139	1
SAMO 18-4	25.5	7.44	0.01	0.476	0.001	4.730	0.004	1429	3	103.8	0.4	140	2	70	1	36	1	26.9	0.5	ND	ND	28.4	0.7	31.2	1.0	148	4	135	1
SAMO 18-4	26.5	8.21	0.01	0.485	0.001	4.901	0.004	1505	3	100.2	0.4	141	2	63	1	33	1	25.0	0.5	ND	ND	27.7	0.6	29.4	0.9	144	4	132	1
SAMO 18-4	27.5	8.11	0.01	0.494	0.001	4.646	0.004	1504	3	96.7	0.4	127	2	63	1	34	1	24.3	0.5	ND	ND	22.9	0.6	28.5	0.9	134	4	127	1
SAMO 18-4	28.5	8.00	0.01	0.491	0.001	4.528	0.003	1371	3	95.2	0.4	127	2	60	1	34	1	25.2	0.5	ND	ND	24.9	0.6	29.0	0.9	140	4	125	1
SAMO 18-4	29.5	8.08	0.01	0.475	0.001	4.456	0.003	1381	3	92.3	0.4	125	2	59	1	31	1	27.0	0.5	ND	ND	22.3	0.6	28.9	0.9	137	4	123	1
SAMO 18-4	30.5	8.23	0.01	0.506	0.001	4.745	0.004	1607	3	96.5	0.4	136	2	59	1	34	1	25.8	0.5	ND	ND	24.0	0.6	28.8	0.9	141	4	127	1
SAMO 18-4	31.5	8.12	0.01	0.502	0.001	4.288	0.003	1513	3	90.6	0.4	140	2	55	1	31	1	24.6	0.4	ND	ND	19.6	0.5	26.8	0.9	129	4	117	1
SAMO 18-4	32.5	8.16	0.01	0.488	0.001	4.438	0.003	1633	3	92.1	0.4	138	2	58	1	32	1	23.3	0.4	ND	ND	20.8	0.5	27.4	0.9	135	4	120	1
SAMO 18-4	33.5	8.46	0.01	0.502	0.001	5.010	0.004	1700	3	100.2	0.4	137	2	61	1	35	1	27.2	0.5	ND	ND	23.4	0.6	29.6	0.9	146	4	132	1
SAMO 18-4	34.5	8.61	0.01	0.518	0.001	5.321	0.004	1899	4	106.7	0.4	155	2	59	1	35	1	26.6	0.5	ND	ND	24.4	0.6	31.3	0.9	153	4	142	1



Núcleo	P	Al	±	Ti	±	Fe	±	Mn	±	Rb	±	Zr	±	As	±	Cr	±	Cu	±	Hg	±	Ni	±	Pb	±	V	±	Zn	±
SAMO 18-4	35.5	8.55	0.01	0.513	0.001	5.404	0.004	2041	4	108.2	0.4	153	2	60	1	38	1	26.0	0.5	ND	ND	25.8	0.7	31.9	0.9	165	4	144	1
CN		8.36		0.458		4.456		2647		95.3		154		89		45		27.4		45.3		29.1		14.5		127		122	
PEL		ND		ND		ND		ND		ND		ND		17		90		197		486		36.0		91.3		ND		315	
TEL		ND		ND		ND		ND		ND		ND		6		37		35.7		174		18.0		35.0		ND		123	

Tabla A5. Factor de enriquecimiento para metales pesados en los núcleos sedimentarios recolectados en el Lago Santa María del Oro, Nayarit, México (P=profundidad, ND=no disponible).

Núcleo	P (cm)	As	±	Cr	±	Cu	±	Ni	±	Hg	±	Pb	±	V	±	Zn	±
SAMO 14-1	0.5	2.8	1.3	0.8	0.4	1.2	0.3	0.7	0.2	ND	ND	0.4	0.3	0.8	0.2	0.9	0.3
SAMO 14-1	1.5	1.9	0.9	0.8	0.4	1.1	0.2	0.5	0.2	ND	ND	0.0	ND	0.7	0.2	0.8	0.2
SAMO 14-1	2.5	3.1	1.5	1.1	0.6	2.3	0.5	0.9	0.3	ND	ND	0.0	ND	1.2	0.3	1.1	0.3
SAMO 14-1	3.5	2.4	1.1	1.3	0.7	2.2	0.5	1.3	0.5	ND	ND	0.0	ND	1.4	0.4	1.1	0.3
SAMO 14-1	4.5	0.7	0.3	1.4	0.7	1.2	0.3	1.1	0.4	ND	ND	2.2	1.5	0.8	0.2	1.4	0.4
SAMO 14-1	5.5	0.3	0.2	0.7	0.4	0.7	0.2	0.3	0.1	ND	ND	1.3	0.9	0.5	0.1	0.9	0.2
SAMO 14-1	6.5	0.4	0.2	0.5	0.2	0.7	0.2	0.3	0.1	ND	ND	0.9	0.7	0.5	0.2	0.7	0.2
SAMO 14-1	7.5	1.6	0.8	1.1	0.6	1.8	0.4	0.9	0.3	ND	ND	0.8	0.6	1.1	0.3	1.1	0.3
SAMO 14-1	8.5	0.8	0.4	0.4	0.2	0.8	0.2	0.4	0.1	ND	ND	0.7	0.5	0.6	0.2	0.8	0.2
SAMO 14-1	9.5	3.3	1.5	1.0	0.6	1.7	0.4	1.3	0.5	ND	ND	0.3	0.2	1.2	0.3	1.3	0.4
SAMO 14-1	10.5	1.7	0.8	0.4	0.2	1.1	0.3	0.4	0.1	ND	ND	0.3	0.2	0.6	0.2	0.8	0.2
SAMO 14-1	11.5	2.5	1.2	0.8	0.4	1.0	0.2	0.5	0.2	ND	ND	0.0	ND	0.7	0.2	0.8	0.2
SAMO 14-1	12.5	3.5	1.6	0.8	0.4	1.4	0.3	0.6	0.2	ND	ND	0.0	ND	0.8	0.2	0.9	0.2
SAMO 14-1	13.5	2.4	1.1	0.6	0.3	0.9	0.2	0.3	0.1	ND	ND	0.0	ND	0.6	0.2	0.7	0.2
SAMO 14-1	14.5	3.4	1.6	0.9	0.5	1.0	0.2	0.5	0.2	ND	ND	0.0	ND	0.7	0.2	0.8	0.2
SAMO 14-1	15.5	5.4	2.5	1.0	0.5	1.8	0.4	1.1	0.4	ND	ND	0.0	ND	1.2	0.3	1.2	0.3
SAMO 14-1	16.5	4.0	1.9	1.1	0.6	1.7	0.4	1.0	0.4	ND	ND	0.0	ND	1.0	0.3	1.0	0.3
SAMO 14-1	17.5	2.5	1.2	1.1	0.6	1.3	0.3	0.9	0.3	ND	ND	0.0	ND	1.0	0.3	1.0	0.3
SAMO 14-1	18.5	2.1	1.0	0.9	0.5	1.3	0.3	0.9	0.3	ND	ND	0.0	ND	1.1	0.3	1.0	0.3
SAMO 14-1	19.5	0.7	0.3	0.4	0.2	0.7	0.2	0.3	0.1	ND	ND	0.6	0.4	0.5	0.1	0.7	0.2
SAMO 14-1	20.5	1.2	0.6	0.7	0.4	1.2	0.3	0.9	0.3	ND	ND	1.3	0.9	1.1	0.3	1.1	0.3
SAMO 14-1	21.5	0.9	0.4	0.8	0.4	1.0	0.2	0.8	0.3	ND	ND	1.6	1.1	1.2	0.3	1.1	0.3
SAMO 14-1	22.5	1.5	0.7	0.8	0.4	1.2	0.3	0.9	0.3	ND	ND	0.5	0.4	0.9	0.3	1.0	0.3
SAMO 14-1	23.5	1.8	0.8	1.0	0.6	1.1	0.3	0.9	0.3	ND	ND	0.2	0.1	1.1	0.3	0.9	0.3
SAMO 14-1	24.5	0.8	0.4	0.7	0.4	0.9	0.2	0.7	0.3	ND	ND	1.2	0.8	1.1	0.3	1.0	0.3
SAMO 14-2	0.5	6.3	3.0	1.3	0.7	2.4	0.5	1.7	0.6	ND	ND	0.0	ND	1.6	0.4	1.5	0.4
SAMO 14-2	1.5	5.4	2.5	1.2	0.7	2.1	0.5	1.4	0.5	ND	ND	0.0	ND	1.4	0.4	1.4	0.4
SAMO 14-2	2.5	3.7	1.7	1.1	0.6	2.1	0.5	2.3	0.8	ND	ND	0.0	ND	1.3	0.4	1.2	0.3
SAMO 14-2	3.5	2.2	1.0	1.5	0.8	2.2	0.5	2.3	0.8	2.5	1.4	0.0	ND	1.1	0.3	1.2	0.3
SAMO 14-2	4.5	1.4	0.7	1.7	0.9	1.7	0.4	2.0	0.7	ND	ND	0.8	0.5	1.0	0.3	1.1	0.3
SAMO 14-2	5.5	3.0	1.4	1.7	0.9	2.0	0.4	2.6	0.9	ND	ND	0.0	ND	1.4	0.4	1.3	0.4
SAMO 14-2	6.5	5.7	2.7	1.5	0.8	4.0	0.9	3.8	1.4	ND	ND	0.0	ND	1.6	0.5	1.5	0.4
SAMO 14-2	7.5	4.0	1.9	1.4	0.8	3.1	0.7	3.3	1.2	4.6	2.5	0.0	ND	1.7	0.5	1.3	0.4
SAMO 14-2	8.5	2.1	1.0	1.1	0.6	2.1	0.5	2.4	0.8	ND	ND	0.7	0.5	1.3	0.4	1.3	0.4
SAMO 14-2	9.5	2.2	1.0	1.0	0.5	1.8	0.4	2.0	0.7	ND	ND	0.3	0.2	1.1	0.3	1.1	0.3
SAMO 14-2	10.5	3.1	1.5	1.1	0.6	1.7	0.4	2.0	0.7	ND	ND	0.0	ND	1.1	0.3	1.2	0.3
SAMO 14-2	11.5	5.3	2.5	1.4	0.7	1.9	0.4	2.6	0.9	2.9	1.6	0.0	ND	1.5	0.4	1.4	0.4
SAMO 14-2	12.5	5.6	2.6	1.2	0.7	2.1	0.5	2.5	0.9	ND	ND	0.0	ND	1.4	0.4	1.3	0.4
SAMO 14-2	13.5	5.6	2.6	1.3	0.7	2.1	0.5	2.2	0.8	2.6	1.4	0.0	ND	1.2	0.3	1.3	0.4
SAMO 14-2	14.5	7.2	3.4	1.2	0.6	2.2	0.5	2.6	0.9	ND	ND	0.0	ND	1.4	0.4	1.3	0.4

Núcleo	P (cm)	As	±	Cr	±	Cu	±	Ni	±	Hg	±	Pb	±	V	±	Zn	±
SAMO 14-2	15.5	8.0	3.7	1.2	0.7	2.6	0.6	2.8	1.0	ND	ND	0.0	ND	1.6	0.4	1.4	0.4
SAMO 14-2	16.5	5.7	2.7	1.1	0.6	2.2	0.5	2.5	0.9	ND	ND	0.0	ND	1.3	0.4	1.3	0.4
SAMO 14-2	17.5	4.9	2.3	1.1	0.6	2.0	0.4	2.3	0.8	ND	ND	0.0	ND	1.4	0.4	1.2	0.4
SAMO 14-2	18.5	3.8	1.8	1.2	0.7	1.9	0.4	2.2	0.8	ND	ND	0.0	ND	1.4	0.4	1.2	0.3
SAMO 14-2	19.5	4.7	2.2	1.4	0.7	2.0	0.5	2.6	0.9	ND	ND	0.0	ND	1.5	0.4	1.4	0.4
SAMO 14-2	20.5	3.6	1.7	1.1	0.6	1.5	0.3	1.9	0.7	ND	ND	0.0	ND	1.2	0.3	1.1	0.3
SAMO 14-2	21.5	4.4	2.1	1.0	0.5	1.4	0.3	2.0	0.7	2.0	1.1	0.0	ND	1.1	0.3	1.1	0.3
SAMO 14-2	22.5	4.0	1.9	1.1	0.6	1.5	0.3	2.1	0.7	ND	ND	0.0	ND	1.3	0.4	1.0	0.3
SAMO 14-3	0.5	4.8	2.2	1.3	0.7	2.2	0.5	1.5	0.5	ND	ND	0.5	0.3	1.3	0.4	1.4	0.4
SAMO 14-3	1.5	3.3	1.5	1.1	0.6	1.9	0.4	1.3	0.5	ND	ND	0.0	ND	1.2	0.3	1.2	0.3
SAMO 14-3	2.5	2.1	1.0	1.6	0.9	1.9	0.4	1.2	0.4	ND	ND	0.0	ND	1.0	0.3	1.0	0.3
SAMO 14-3	3.5	1.2	0.6	2.3	1.3	1.7	0.4	1.3	0.4	ND	ND	0.7	0.5	1.1	0.3	1.1	0.3
SAMO 14-3	4.5	2.5	1.2	1.4	0.8	1.9	0.4	1.2	0.4	ND	ND	0.0	ND	1.1	0.3	1.2	0.3
SAMO 14-3	5.5	2.8	1.3	1.2	0.6	2.2	0.5	1.1	0.4	ND	ND	0.0	ND	1.2	0.3	1.0	0.3
SAMO 14-3	6.5	2.3	1.1	0.8	0.4	2.2	0.5	1.1	0.4	ND	ND	0.0	ND	1.1	0.3	1.0	0.3
SAMO 14-3	7.5	0.8	0.4	1.4	0.8	1.2	0.3	0.9	0.3	ND	ND	1.7	1.1	0.9	0.2	1.2	0.4
SAMO 14-3	8.5	0.6	0.3	0.8	0.4	1.1	0.3	0.7	0.3	ND	ND	1.8	1.3	0.8	0.2	1.1	0.3
SAMO 14-3	9.5	1.0	0.5	1.4	0.8	1.4	0.3	0.9	0.3	ND	ND	1.0	0.7	1.0	0.3	1.0	0.3
SAMO 14-3	10.5	1.4	0.7	1.3	0.7	1.5	0.3	1.0	0.4	ND	ND	0.9	0.6	1.0	0.3	1.1	0.3
SAMO 14-3	11.5	2.1	1.0	1.7	0.9	1.6	0.4	1.1	0.4	ND	ND	0.6	0.4	1.2	0.3	1.1	0.3
SAMO 14-3	12.5	1.3	0.6	2.0	1.1	1.7	0.4	1.2	0.4	ND	ND	0.7	0.5	1.0	0.3	1.0	0.3
SAMO 14-3	13.5	2.2	1.0	1.9	1.0	2.0	0.4	1.4	0.5	ND	ND	0.0	ND	1.3	0.3	1.2	0.3
SAMO 14-3	14.5	1.6	0.7	2.1	1.1	1.8	0.4	1.2	0.4	ND	ND	0.2	0.1	1.1	0.3	1.0	0.3
SAMO 14-3	15.5	1.8	0.9	2.3	1.3	1.8	0.4	1.4	0.5	ND	ND	0.2	0.2	1.3	0.4	1.2	0.3
SAMO 14-3	16.5	2.6	1.2	1.6	0.8	2.2	0.5	1.1	0.4	ND	ND	0.0	ND	1.3	0.3	1.1	0.3
SAMO 14-3	17.5	2.4	1.1	1.1	0.6	2.2	0.5	1.0	0.4	ND	ND	0.0	ND	1.2	0.3	1.0	0.3
SAMO 14-3	18.5	1.6	0.7	1.4	0.8	1.8	0.4	1.1	0.4	ND	ND	0.8	0.5	1.1	0.3	1.2	0.3
SAMO 14-3	19.5	0.6	0.3	1.0	0.5	1.2	0.3	0.9	0.3	ND	ND	2.1	1.4	0.8	0.2	1.2	0.4
SAMO 14-3	20.5	0.8	0.4	0.8	0.5	1.2	0.3	0.8	0.3	ND	ND	1.5	1.0	0.9	0.2	1.0	0.3
SAMO 14-3	21.5	1.5	0.7	1.5	0.8	1.5	0.3	1.1	0.4	ND	ND	0.7	0.5	0.9	0.3	1.1	0.3
SAMO 14-3	22.5	3.0	1.4	1.3	0.7	2.1	0.5	1.2	0.4	ND	ND	0.4	0.3	1.3	0.4	1.3	0.4
SAMO 14-3	23.5	2.9	1.3	0.9	0.5	1.9	0.4	0.9	0.3	ND	ND	0.0	ND	1.0	0.3	1.0	0.3
SAMO 14-3	24.5	3.6	1.7	1.2	0.7	1.5	0.3	1.0	0.3	ND	ND	0.0	ND	1.1	0.3	1.1	0.3
SAMO 14-3	25.5	3.8	1.8	1.1	0.6	1.7	0.4	1.0	0.3	ND	ND	0.0	ND	1.0	0.3	1.0	0.3
SAMO 14-3	26.5	4.1	1.9	1.1	0.6	1.6	0.4	1.0	0.3	ND	ND	0.0	ND	1.0	0.3	1.1	0.3
SAMO 14-3	27.5	6.2	2.9	0.9	0.5	1.7	0.4	1.1	0.4	ND	ND	0.0	ND	1.1	0.3	1.2	0.3
SAMO 14-3	28.5	4.0	1.9	1.0	0.5	1.6	0.4	1.0	0.3	ND	ND	0.0	ND	1.0	0.3	1.0	0.3
SAMO 14-3	29.5	3.1	1.4	1.0	0.6	1.3	0.3	0.9	0.3	ND	ND	0.0	ND	1.0	0.3	1.0	0.3
SAMO 14-3	30.5	2.3	1.1	0.8	0.4	1.4	0.3	0.7	0.3	ND	ND	0.0	ND	0.9	0.2	0.9	0.3
SAMO 14-3	31.5	1.6	0.8	0.7	0.4	1.2	0.3	0.8	0.3	ND	ND	0.3	0.2	0.9	0.2	0.9	0.3
SAMO 14-3	32.5	2.0	0.9	0.8	0.4	1.3	0.3	0.8	0.3	ND	ND	0.3	0.2	1.0	0.3	1.1	0.3
SAMO 14-3	33.5	1.8	0.9	0.7	0.4	1.2	0.3	0.8	0.3	ND	ND	0.2	0.2	0.9	0.2	0.9	0.3

Núcleo	P (cm)	As	±	Cr	±	Cu	±	Ni	±	Hg	±	Pb	±	V	±	Zn	±
SAMO 14-3	34.5	2.1	1.0	1.0	0.5	1.1	0.2	0.8	0.3	ND	ND	0.0	ND	1.0	0.3	0.9	0.2
SAMO 14-3	35.5	1.6	0.8	0.6	0.3	1.0	0.2	0.7	0.3	ND	ND	0.3	0.2	0.9	0.3	0.9	0.3
SAMO 14-3	36.5	1.6	0.7	1.0	0.5	1.1	0.2	0.9	0.3	ND	ND	0.4	0.3	0.9	0.2	1.0	0.3
SAMO 18-4	0.5	1.2	0.5	0.9	0.5	1.1	0.3	1.1	0.4	ND	ND	2.3	1.6	1.3	0.4	1.3	0.4
SAMO 18-4	1.5	1.2	0.5	0.9	0.5	1.2	0.3	1.2	0.4	ND	ND	2.3	1.6	1.3	0.4	1.3	0.4
SAMO 18-4	2.5	1.0	0.5	0.9	0.5	1.1	0.3	1.0	0.4	ND	ND	2.3	1.6	1.3	0.3	1.2	0.3
SAMO 18-4	3.5	0.7	0.3	0.8	0.4	1.0	0.2	0.9	0.3	ND	ND	2.6	1.8	1.4	0.4	1.3	0.4
SAMO 18-4	4.5	0.5	0.2	0.7	0.4	0.7	0.2	0.8	0.3	ND	ND	2.6	1.8	1.3	0.4	1.2	0.3
SAMO 18-4	5.5	0.5	0.3	0.7	0.4	0.8	0.2	0.8	0.3	ND	ND	2.8	1.9	1.4	0.4	1.3	0.4
SAMO 18-4	6.5	0.6	0.3	0.8	0.4	0.8	0.2	0.9	0.3	ND	ND	2.9	2.0	1.4	0.4	1.3	0.4
SAMO 18-4	7.5	0.6	0.3	0.8	0.4	2.8	0.6	0.8	0.3	ND	ND	2.4	1.7	1.1	0.3	1.1	0.3
SAMO 18-4	8.5	0.6	0.3	0.8	0.4	0.8	0.2	0.7	0.3	ND	ND	2.3	1.6	1.1	0.3	1.1	0.3
SAMO 18-4	9.5	0.6	0.3	0.8	0.4	0.9	0.2	0.7	0.2	ND	ND	2.2	1.5	1.1	0.3	1.1	0.3
SAMO 18-4	10.5	0.5	0.3	0.7	0.4	0.9	0.2	0.8	0.3	ND	ND	2.3	1.6	1.2	0.3	1.1	0.3
SAMO 18-4	11.5	0.7	0.3	0.8	0.4	1.0	0.2	0.9	0.3	ND	ND	2.8	1.9	1.3	0.4	1.2	0.4
SAMO 18-4	12.5	0.7	0.3	0.7	0.4	0.9	0.2	0.8	0.3	ND	ND	2.7	1.9	1.3	0.4	1.2	0.3
SAMO 18-4	13.5	0.8	0.4	0.7	0.4	0.9	0.2	1.0	0.3	ND	ND	2.5	1.7	1.2	0.3	1.2	0.3
SAMO 18-4	14.5	0.8	0.4	0.9	0.5	1.1	0.2	1.1	0.4	ND	ND	2.6	1.8	1.4	0.4	1.3	0.4
SAMO 18-4	15.5	0.9	0.4	0.9	0.5	1.1	0.2	1.1	0.4	ND	ND	2.3	1.6	1.2	0.3	1.3	0.4
SAMO 18-4	16.5	0.9	0.4	1.0	0.5	1.2	0.3	1.1	0.4	ND	ND	2.3	1.6	1.2	0.3	1.3	0.4
SAMO 18-4	17.5	0.8	0.4	1.0	0.5	1.0	0.2	1.0	0.4	ND	ND	2.3	1.6	1.2	0.3	1.3	0.4
SAMO 18-4	18.5	0.7	0.3	0.9	0.5	0.9	0.2	1.0	0.4	ND	ND	2.5	1.7	1.2	0.3	1.3	0.4
SAMO 18-4	19.5	0.6	0.3	0.6	0.3	0.9	0.2	0.9	0.3	ND	ND	2.3	1.6	1.1	0.3	1.2	0.3
SAMO 18-4	20.5	0.7	0.3	0.9	0.5	1.1	0.2	1.1	0.4	ND	ND	2.5	1.7	1.3	0.4	1.3	0.4
SAMO 18-4	21.5	0.7	0.3	0.9	0.5	1.0	0.2	1.0	0.4	ND	ND	2.5	1.7	1.3	0.4	1.3	0.4
SAMO 18-4	22.5	0.7	0.3	0.9	0.5	1.0	0.2	1.0	0.3	ND	ND	2.2	1.5	1.2	0.3	1.2	0.3
SAMO 18-4	23.5	0.6	0.3	0.8	0.4	1.0	0.2	0.9	0.3	ND	ND	2.3	1.6	1.2	0.3	1.2	0.3
SAMO 18-4	24.5	0.7	0.3	0.9	0.5	1.0	0.2	1.1	0.4	ND	ND	2.4	1.6	1.3	0.4	1.2	0.3
SAMO 18-4	25.5	0.9	0.4	0.9	0.5	1.1	0.2	1.1	0.4	ND	ND	2.4	1.7	1.3	0.4	1.2	0.4
SAMO 18-4	26.5	0.7	0.3	0.8	0.4	0.9	0.2	1.0	0.3	ND	ND	2.1	1.4	1.2	0.3	1.1	0.3
SAMO 18-4	27.5	0.7	0.3	0.8	0.4	0.9	0.2	0.8	0.3	ND	ND	2.0	1.4	1.1	0.3	1.1	0.3
SAMO 18-4	28.5	0.7	0.3	0.8	0.4	1.0	0.2	0.9	0.3	ND	ND	2.1	1.4	1.2	0.3	1.1	0.3
SAMO 18-4	29.5	0.7	0.3	0.7	0.4	1.0	0.2	0.8	0.3	ND	ND	2.1	1.4	1.1	0.3	1.0	0.3
SAMO 18-4	30.5	0.7	0.3	0.8	0.4	1.0	0.2	0.8	0.3	ND	ND	2.0	1.4	1.1	0.3	1.1	0.3
SAMO 18-4	31.5	0.6	0.3	0.7	0.4	0.9	0.2	0.7	0.2	ND	ND	1.9	1.3	1.0	0.3	1.0	0.3
SAMO 18-4	32.5	0.7	0.3	0.7	0.4	0.9	0.2	0.7	0.3	ND	ND	1.9	1.3	1.1	0.3	1.0	0.3
SAMO 18-4	33.5	0.7	0.3	0.8	0.4	1.0	0.2	0.8	0.3	ND	ND	2.0	1.4	1.1	0.3	1.1	0.3
SAMO 18-4	34.5	0.6	0.3	0.8	0.4	0.9	0.2	0.8	0.3	ND	ND	2.1	1.4	1.2	0.3	1.1	0.3
SAMO 18-4	35.5	0.7	0.3	0.8	0.4	0.9	0.2	0.9	0.3	ND	ND	2.1	1.5	1.3	0.3	1.1	0.3

Tabla A6. Flujo de metales pesados (en  $\mu\text{g cm}^{-2} \text{año}^{-1}$  y Hg en  $\text{ng cm}^{-2} \text{año}^{-1}$ ) en los núcleos sedimentarios recolectados en el Lago Santa María del Oro, Nayarit, México. (P=profundidad en cm).

Núcleo	P	As	±	Cr	±	Cu	±	Hg	±	Ni	±	Pb	±	V	±	Zn	±
SAMO 14-1	0.5	9.4	0.9	1.3	0.1	1.2	0.1	ND	ND	0.7	0.1	0.2	0.0	3.9	0.4	4.2	0.4
SAMO 14-1	1.5	6.9	0.7	1.3	0.1	1.2	0.1	ND	ND	0.5	0.1	ND	ND	3.7	0.4	4.0	0.4
SAMO 14-1	2.5	6.5	0.9	1.1	0.2	1.5	0.2	ND	ND	0.6	0.1	ND	ND	3.6	0.5	3.2	0.4
SAMO 14-1	3.5	6.0	1.0	1.6	0.3	1.7	0.3	ND	ND	1.0	0.2	ND	ND	5.0	0.8	3.7	0.6
SAMO 14-1	4.5	4.3	0.8	4.2	0.8	2.3	0.4	ND	ND	2.3	0.5	2.2	0.4	7.1	1.4	12.2	2.4
SAMO 14-1	5.5	4.7	1.5	5.3	1.6	3.1	1.0	ND	ND	1.3	0.4	2.9	0.9	9.6	3.0	16.9	5.2
SAMO 14-1	6.5	19.7	18.1	10.7	9.9	10.1	9.3	ND	ND	4.4	4.1	7.2	6.7	36.5	33.7	47.5	43.8
SAMO 14-1	7.5	11.1	4.0	3.9	1.4	3.7	1.3	ND	ND	2.1	0.8	0.9	0.3	10.6	3.8	10.1	3.6
SAMO 14-1	8.5	6.8	1.6	1.8	0.4	2.0	0.5	ND	ND	1.0	0.2	1.0	0.2	6.9	1.6	8.6	2.0
SAMO 14-1	9.5	11.5	2.7	1.8	0.4	1.9	0.4	ND	ND	1.5	0.4	0.2	0.0	6.1	1.5	6.4	1.5
SAMO 14-1	10.5	6.0	1.4	0.8	0.2	1.3	0.3	ND	ND	0.5	0.1	0.2	0.0	3.2	0.8	4.1	1.0
SAMO 14-1	11.5	11.0	2.6	1.7	0.4	1.3	0.3	ND	ND	0.7	0.2	ND	ND	4.3	1.0	4.7	1.1
SAMO 14-1	12.5	8.8	2.1	1.1	0.3	1.1	0.3	ND	ND	0.5	0.1	ND	ND	3.0	0.7	3.0	0.7
SAMO 14-1	13.5	7.1	1.7	1.0	0.2	0.8	0.2	ND	ND	0.3	0.1	ND	ND	2.4	0.6	2.8	0.7
SAMO 14-1	14.5	6.6	1.6	0.9	0.2	0.6	0.1	ND	ND	0.3	0.1	ND	ND	2.0	0.5	2.2	0.5
SAMO 14-1	15.5	9.9	3.0	0.9	0.3	1.0	0.3	ND	ND	0.7	0.2	ND	ND	3.1	1.0	3.0	0.9
SAMO 14-1	16.5	7.5	2.3	1.0	0.3	1.0	0.3	ND	ND	0.6	0.2	ND	ND	2.8	0.9	2.7	0.8
SAMO 14-1	17.5	6.9	2.4	1.5	0.5	1.1	0.4	ND	ND	0.8	0.3	ND	ND	3.8	1.3	3.9	1.3
SAMO 14-1	18.5	10.5	7.0	2.4	1.6	2.1	1.4	ND	ND	1.4	1.0	ND	ND	7.6	5.1	6.9	4.6
SAMO 14-1	19.5	4.8	2.8	1.2	0.7	1.4	0.8	ND	ND	0.6	0.4	0.6	0.4	4.6	2.7	6.2	3.6
SAMO 14-1	20.5	4.0	2.3	1.1	0.6	1.2	0.7	ND	ND	1.0	0.6	0.7	0.4	5.0	2.9	4.9	2.8
SAMO 14-1	21.5	3.0	1.8	1.3	0.8	1.0	0.6	ND	ND	0.9	0.5	0.9	0.5	5.8	3.4	5.2	3.0
SAMO 14-1	22.5	3.7	2.2	1.0	0.6	0.9	0.5	ND	ND	0.7	0.4	0.2	0.1	3.3	2.0	3.2	2.0
SAMO 14-1	23.5	3.7	2.6	1.1	0.7	0.7	0.5	ND	ND	0.6	0.4	0.1	0.0	3.1	2.1	2.6	1.8
SAMO 14-1	24.5	1.6	1.2	0.7	0.5	0.5	0.4	ND	ND	0.5	0.3	0.4	0.3	3.0	2.2	2.6	1.9
SAMO 14-2	0.5	9.7	0.8	1.0	0.1	1.1	0.1	ND	ND	0.9	0.1	ND	ND	3.4	0.3	3.2	0.3
SAMO 14-2	1.5	11.0	1.3	1.3	0.2	1.3	0.2	ND	ND	0.9	0.1	ND	ND	4.2	0.5	3.9	0.5
SAMO 14-2	2.5	9.3	0.8	1.4	0.1	1.6	0.1	ND	ND	1.9	0.2	ND	ND	4.6	0.4	4.1	0.3
SAMO 14-2	3.5	14.7	2.7	5.0	0.9	4.4	0.8	8.4	1.5	4.9	0.9	ND	ND	10.4	2.0	10.8	2.0
SAMO 14-2	4.5	16.1	4.4	9.7	2.7	6.1	1.7	ND	ND	7.3	2.0	1.4	0.4	17.0	4.7	16.6	4.6
SAMO 14-2	5.5	8.9	0.8	2.6	0.2	1.9	0.2	ND	ND	2.5	0.2	ND	ND	6.0	0.6	5.6	0.5
SAMO 14-2	6.5	9.0	1.3	1.2	0.2	2.0	0.3	ND	ND	2.0	0.3	ND	ND	3.7	0.6	3.2	0.5
SAMO 14-2	7.5	7.6	1.0	1.3	0.2	1.8	0.2	4.4	0.6	2.0	0.3	ND	ND	4.5	0.6	3.3	0.4
SAMO 14-2	8.5	6.1	0.7	1.6	0.2	1.8	0.2	ND	ND	2.2	0.2	0.3	0.04	5.3	0.6	5.1	0.6
SAMO 14-2	9.5	6.0	0.6	1.4	0.1	1.5	0.2	ND	ND	1.7	0.2	0.1	0.0	4.3	0.5	4.1	0.4
SAMO 14-2	10.5	7.3	0.8	1.3	0.1	1.3	0.1	ND	ND	1.5	0.2	ND	ND	3.8	0.4	3.8	0.4
SAMO 14-2	11.5	11.1	1.3	1.5	0.2	1.3	0.2	3.1	0.5	1.8	0.2	ND	ND	4.5	0.6	4.0	0.5
SAMO 14-2	12.5	10.3	1.4	1.2	0.2	1.2	0.2	ND	ND	1.5	0.2	ND	ND	3.7	0.5	3.4	0.5
SAMO 14-2	13.5	9.1	1.2	1.1	0.1	1.1	0.1	2.2	0.3	1.2	0.2	ND	ND	2.9	0.4	2.8	0.4
SAMO 14-2	14.5	10.2	1.4	0.8	0.1	0.9	0.1	ND	ND	1.2	0.2	ND	ND	2.9	0.4	2.5	0.3

Núcleo	P	As	±	Cr	±	Cu	±	Hg	±	Ni	±	Pb	±	V	±	Zn	±
SAMO 14-2	15.5	8.5	1.0	0.7	0.1	0.9	0.1	ND	ND	1.0	0.1	ND	ND	2.4	0.3	2.1	0.3
SAMO 14-2	16.5	8.0	1.5	0.8	0.1	0.9	0.2	ND	ND	1.2	0.2	ND	ND	2.7	0.5	2.4	0.4
SAMO 14-2	17.5	7.9	1.7	0.9	0.2	1.0	0.2	ND	ND	1.2	0.3	ND	ND	3.3	0.7	2.7	0.6
SAMO 14-2	18.5	6.9	1.6	1.1	0.3	1.1	0.3	ND	ND	1.3	0.3	ND	ND	3.8	0.9	3.1	0.7
SAMO 14-2	19.5	4.4	1.1	0.6	0.2	0.6	0.2	ND	ND	0.8	0.2	ND	ND	2.0	0.5	1.9	0.5
SAMO 14-2	20.5	4.5	0.7	0.7	0.1	0.6	0.1	ND	ND	0.8	0.1	ND	ND	2.1	0.3	1.9	0.3
SAMO 14-2	21.5	4.4	0.9	0.5	0.1	0.4	0.1	1.0	0.2	0.7	0.1	ND	ND	1.6	0.3	1.5	0.3
SAMO 14-2	22.5	2.0	0.5	0.3	0.1	0.2	0.1	ND	ND	0.3	0.1	ND	ND	0.9	0.3	0.7	0.2
SAMO 14-3	0.5	13.6	1.1	1.8	0.2	1.9	0.2	ND	ND	1.4	0.1	0.2	0.0	5.2	0.5	5.5	0.5
SAMO 14-3	1.5	15.3	1.1	2.7	0.2	2.7	0.2	ND	ND	2.0	0.2	ND	ND	8.1	0.7	7.6	0.6
SAMO 14-3	2.5	15.5	1.3	6.0	0.5	4.3	0.4	ND	ND	2.9	0.3	ND	ND	11.3	1.1	10.7	0.9
SAMO 14-3	3.5	10.7	1.1	10.5	1.1	4.7	0.5	ND	ND	3.7	0.4	1.0	0.1	14.2	1.5	13.1	1.3
SAMO 14-3	4.5	15.8	1.9	4.7	0.6	3.7	0.4	ND	ND	2.4	0.3	ND	ND	10.2	1.3	10.2	1.2
SAMO 14-3	5.5	10.2	0.8	2.2	0.2	2.5	0.2	ND	ND	1.3	0.1	ND	ND	6.2	0.6	5.2	0.4
SAMO 14-3	6.5	10.9	1.4	2.0	0.3	3.2	0.4	ND	ND	1.7	0.2	ND	ND	7.7	1.1	6.5	0.9
SAMO 14-3	7.5	11.0	1.8	10.5	1.8	5.5	0.9	ND	ND	4.3	0.7	3.9	0.7	17.5	3.0	24.5	4.1
SAMO 14-3	8.5	17.8	5.2	12.4	3.7	10.8	3.2	ND	ND	7.2	2.1	9.3	2.7	33.4	9.9	47.1	13.8
SAMO 14-3	9.5	16.7	2.9	11.7	2.1	7.0	1.2	ND	ND	4.7	0.8	2.8	0.5	23.2	4.1	22.1	3.9
SAMO 14-3	10.5	15.5	1.9	7.5	0.9	5.2	0.7	ND	ND	3.7	0.5	1.6	0.2	15.4	2.0	16.4	2.0
SAMO 14-3	11.5	24.8	4.5	9.9	1.8	5.9	1.1	ND	ND	4.3	0.8	1.2	0.2	20.6	3.8	18.7	3.4
SAMO 14-3	12.5	19.0	4.7	15.4	3.8	7.9	2.0	ND	ND	5.8	1.5	1.7	0.4	22.1	5.6	21.3	5.3
SAMO 14-3	13.5	20.8	4.2	9.2	1.9	5.9	1.2	ND	ND	4.4	0.9	ND	ND	17.3	3.5	15.7	3.2
SAMO 14-3	14.5	13.4	2.2	9.0	1.5	4.7	0.8	ND	ND	3.2	0.5	0.3	0.0	13.1	2.2	12.0	2.0
SAMO 14-3	15.5	11.7	1.3	7.6	0.8	3.7	0.4	ND	ND	2.9	0.3	0.2	0.0	12.3	1.4	10.2	1.1
SAMO 14-3	16.5	9.2	1.1	2.8	0.3	2.4	0.3	ND	ND	1.3	0.2	ND	ND	6.3	0.8	5.4	0.6
SAMO 14-3	17.5	8.0	1.1	1.9	0.3	2.2	0.3	ND	ND	1.1	0.2	ND	ND	5.7	0.8	4.8	0.7
SAMO 14-3	18.5	10.8	2.0	4.9	0.9	3.8	0.7	ND	ND	2.4	0.5	0.8	0.2	10.6	2.0	10.8	2.0
SAMO 14-3	19.5	10.7	3.7	9.8	3.4	7.4	2.5	ND	ND	5.7	1.9	6.7	2.3	20.9	7.2	33.5	11.4
SAMO 14-3	20.5	9.2	1.0	5.0	0.6	4.2	0.5	ND	ND	2.9	0.3	2.8	0.3	14.5	1.7	16.3	1.8
SAMO 14-3	21.5	9.4	1.0	4.9	0.5	2.9	0.3	ND	ND	2.2	0.2	0.8	0.1	8.5	1.0	9.5	1.0
SAMO 14-3	22.5	7.5	0.8	1.7	0.2	1.6	0.2	ND	ND	1.0	0.1	0.2	0.0	4.6	0.6	4.5	0.5
SAMO 14-3	23.5	7.3	0.8	1.2	0.1	1.5	0.2	ND	ND	0.7	0.1	ND	ND	3.6	0.5	3.6	0.4
SAMO 14-3	24.5	13.1	1.6	2.2	0.3	1.6	0.2	ND	ND	1.1	0.1	ND	ND	5.8	0.7	5.5	0.7
SAMO 14-3	25.5	10.7	1.3	1.6	0.2	1.5	0.2	ND	ND	0.9	0.1	ND	ND	4.2	0.5	4.1	0.5
SAMO 14-3	26.5	11.6	3.4	1.5	0.5	1.4	0.4	ND	ND	0.9	0.3	ND	ND	4.2	1.2	4.1	1.2
SAMO 14-3	27.5	12.0	2.9	0.8	0.2	1.0	0.2	ND	ND	0.7	0.2	ND	ND	3.2	0.8	3.1	0.7
SAMO 14-3	28.5	9.7	1.9	1.2	0.2	1.2	0.2	ND	ND	0.8	0.2	ND	ND	3.5	0.7	3.4	0.7
SAMO 14-3	29.5	14.9	5.3	2.5	0.9	1.9	0.7	ND	ND	1.4	0.5	ND	ND	7.1	2.5	6.5	2.3
SAMO 14-3	30.5	7.8	1.0	1.3	0.2	1.4	0.2	ND	ND	0.8	0.1	ND	ND	4.3	0.6	4.3	0.5
SAMO 14-3	31.5	4.5	0.9	1.0	0.2	1.0	0.2	ND	ND	0.7	0.1	0.1	0.0	3.3	0.7	3.3	0.7
SAMO 14-3	32.5	4.2	0.9	0.8	0.2	0.8	0.2	ND	ND	0.6	0.1	0.1	0.0	3.0	0.7	3.1	0.7
SAMO 14-3	33.5	4.1	1.0	0.8	0.2	0.8	0.2	ND	ND	0.6	0.1	0.1	0.0	2.9	0.7	2.9	0.7

Núcleo	P	As	±	Cr	±	Cu	±	Hg	±	Ni	±	Pb	±	V	±	Zn	±
SAMO 14-3	34.5	4.2	1.0	1.0	0.2	0.7	0.2	ND	ND	0.5	0.1	ND	ND	2.8	0.7	2.4	0.6
SAMO 14-3	35.5	3.2	0.8	0.6	0.1	0.6	0.1	ND	ND	0.5	0.1	0.1	0.0	2.5	0.6	2.4	0.6
SAMO 14-3	36.5	2.6	0.7	0.8	0.2	0.6	0.2	ND	ND	0.5	0.1	0.1	0.0	2.1	0.6	2.2	0.6
SAMO 18-4	0.5	9.7	1.3	4.0	0.5	2.9	0.4	ND	ND	2.9	0.4	3.2	0.4	15.3	2.0	14.7	1.9
SAMO 18-4	1.5	7.8	1.0	3.1	0.4	2.5	0.3	ND	ND	2.6	0.4	2.5	0.3	12.3	1.7	11.6	1.5
SAMO 18-4	2.5	9.3	1.4	4.2	0.6	3.2	0.5	ND	ND	3.2	0.5	3.4	0.5	16.7	2.5	15.7	2.3
SAMO 18-4	3.5	15.4	3.1	8.5	1.7	6.4	1.3	ND	ND	6.1	1.2	8.7	1.7	41.7	8.3	37.0	7.3
SAMO 18-4	4.5	65.9	37.8	45.6	26.2	29.0	16.6	ND	ND	31.3	18.0	52.6	30.2	228.5	131.2	208.6	119.7
SAMO 18-4	5.5	47.8	34.4	31.8	22.8	21.1	15.2	ND	ND	24.0	17.2	39.6	28.5	173.1	124.4	154.5	111.0
SAMO 18-4	6.5	22.9	5.4	14.3	3.4	9.3	2.2	ND	ND	10.6	2.5	16.9	4.0	72.9	17.3	66.2	15.7
SAMO 18-4	7.5	11.1	2.4	7.1	1.5	15.8	3.4	ND	ND	4.7	1.0	7.4	1.6	30.3	6.6	28.8	6.2
SAMO 18-4	8.5	15.7	3.3	10.5	2.2	6.9	1.4	ND	ND	6.3	1.3	9.9	2.1	39.5	8.4	38.6	8.1
SAMO 18-4	9.5	23.5	10.2	16.3	7.1	11.0	4.8	ND	ND	9.3	4.0	15.1	6.6	64.7	28.1	61.3	26.6
SAMO 18-4	10.5	32.6	12.2	21.7	8.2	16.7	6.3	ND	ND	15.3	5.8	23.1	8.7	102.7	38.7	92.3	34.7
SAMO 18-4	11.5	14.6	6.1	8.7	3.6	6.7	2.8	ND	ND	6.2	2.6	10.2	4.3	41.2	17.2	38.1	15.9
SAMO 18-4	12.5	15.4	3.2	7.5	1.6	5.9	1.2	ND	ND	5.6	1.2	9.1	1.9	37.8	7.8	34.9	7.2
SAMO 18-4	13.5	14.2	3.9	6.3	1.7	4.8	1.3	ND	ND	5.5	1.5	7.2	2.0	30.4	8.4	29.4	8.1
SAMO 18-4	14.5	11.9	2.6	6.1	1.3	4.6	1.0	ND	ND	5.1	1.1	6.0	1.3	27.4	5.9	24.6	5.3
SAMO 18-4	15.5	10.6	2.7	5.1	1.3	3.7	1.0	ND	ND	3.9	1.0	4.3	1.1	19.4	5.1	19.5	5.1
SAMO 18-4	16.5	8.8	1.8	4.8	1.0	3.4	0.7	ND	ND	3.4	0.7	3.5	0.7	16.7	3.4	16.4	3.3
SAMO 18-4	17.5	12.2	4.3	7.3	2.6	4.6	1.6	ND	ND	5.0	1.8	5.7	2.0	26.5	9.3	26.2	9.2
SAMO 18-4	18.5	10.2	3.6	6.7	2.4	4.3	1.5	ND	ND	5.1	1.8	6.3	2.3	26.6	9.4	26.7	9.5
SAMO 18-4	19.5	9.7	3.6	4.8	1.8	4.5	1.7	ND	ND	4.7	1.7	5.9	2.2	24.5	9.0	25.9	9.5
SAMO 18-4	20.5	12.5	5.4	8.2	3.6	5.6	2.5	ND	ND	6.3	2.7	7.0	3.1	33.1	14.4	30.8	13.4
SAMO 18-4	21.5	17.1	10.2	10.3	6.1	7.4	4.4	ND	ND	7.7	4.6	9.5	5.6	43.7	26.0	40.9	24.3
SAMO 18-4	22.5	15.8	9.6	10.4	6.3	6.7	4.1	ND	ND	6.8	4.2	7.7	4.7	37.4	22.8	35.0	21.4
SAMO 18-4	23.5	12.9	7.7	8.4	5.0	6.6	4.0	ND	ND	6.0	3.6	8.2	4.9	38.0	22.8	35.1	21.0
SAMO 18-4	24.5	15.1	10.7	9.6	6.8	6.8	4.8	ND	ND	7.3	5.2	8.3	5.9	39.5	28.0	35.1	24.9
SAMO 18-4	25.5	21.2	18.6	10.9	9.5	8.2	7.2	ND	ND	8.7	7.6	9.5	8.3	45.0	39.4	41.3	36.1
SAMO 18-4	26.5	6.9	3.9	3.7	2.1	2.7	1.6	ND	ND	3.0	1.7	3.2	1.8	15.7	9.0	14.4	8.3
SAMO 18-4	27.5	7.1	4.5	3.9	2.5	2.7	1.7	ND	ND	2.6	1.6	3.2	2.0	15.1	9.6	14.3	9.1
SAMO 18-4	28.5	20.1	24.3	11.3	13.6	8.4	10.1	ND	ND	8.3	10.0	9.7	11.7	46.8	56.4	41.7	50.2
SAMO 18-4	29.5	18.7	21.6	9.9	11.4	8.5	9.8	ND	ND	7.0	8.1	9.1	10.5	43.2	49.8	38.8	44.8
SAMO 18-4	30.5	15.0	19.1	8.5	10.8	6.5	8.3	ND	ND	6.1	7.7	7.3	9.3	35.7	45.5	32.0	40.7
SAMO 18-4	31.5	24.0	40.5	13.6	22.9	10.8	18.2	ND	ND	8.6	14.5	11.7	19.8	56.6	95.7	51.4	86.8
SAMO 18-4	33.5	12.2	9.9	7.0	5.7	5.4	4.4	ND	ND	4.7	3.8	5.9	4.8	29.1	23.7	26.3	21.4
SAMO 18-4	34.5	13.6	19.9	8.0	11.8	6.1	9.0	ND	ND	5.6	8.3	7.2	10.6	35.3	51.8	32.8	48.1
SAMO 18-4	35.5	15.7	21.6	10.0	13.7	6.8	9.4	ND	ND	6.8	9.3	8.4	11.5	43.1	59.3	37.6	51.7

Tabla A7. Proporción de flujo de metales pesados de los núcleos sedimentarios recolectados en el Lago Santa María del Oro, NDyarit, México. (P=profundidad en cm).

Núcleo	P	As	±	Cr	±	Cu	±	Hg	±	Ni	±	Pb	±	V	±	Zn	±
SAMO 14-1	0.5	7.7	8.0	2.1	2.3	3.2	3.0	ND	ND	1.8	1.8	1.0	1.1	2.3	2.2	2.5	2.4
SAMO 14-1	1.5	5.7	5.8	2.2	2.3	3.2	3.0	ND	ND	1.4	1.3	0.0	ND	2.2	2.1	2.4	2.3
SAMO 14-1	2.5	5.4	5.5	1.8	2.0	4.0	3.8	ND	ND	1.6	1.6	0.0	ND	2.1	2.0	1.9	1.8
SAMO 14-1	3.5	4.9	5.1	2.7	2.9	4.5	4.2	ND	ND	2.6	2.6	0.0	ND	2.9	2.8	2.2	2.1
SAMO 14-1	4.5	3.5	3.7	7.0	7.5	6.2	5.9	ND	ND	5.9	5.8	11.2	13.0	4.1	4.0	7.3	7.1
SAMO 14-1	5.5	3.9	4.2	8.7	9.6	8.5	8.3	ND	ND	3.3	3.4	14.8	17.4	5.6	5.6	10.2	10.2
SAMO 14-1	6.5	16.3	22.4	17.6	24.7	27.1	35.6	ND	ND	11.3	15.1	36.7	53.8	21.2	28.1	28.6	37.9
SAMO 14-1	7.5	9.2	10.0	6.5	7.2	10.0	10.1	ND	ND	5.3	5.5	4.7	5.7	6.1	6.2	6.1	6.2
SAMO 14-1	8.5	5.6	5.9	2.9	3.2	5.3	5.1	ND	ND	2.6	2.6	5.0	5.8	4.0	3.9	5.2	5.1
SAMO 14-1	9.5	9.5	10.0	3.0	3.2	5.0	4.9	ND	ND	3.9	3.9	0.8	0.9	3.5	3.5	3.9	3.8
SAMO 14-1	10.5	5.0	5.2	1.3	1.4	3.4	3.2	ND	ND	1.1	1.1	0.9	1.0	1.8	1.8	2.4	2.4
SAMO 14-1	11.5	9.1	9.5	2.7	2.9	3.4	3.3	ND	ND	1.8	1.8	0.0	ND	2.5	2.4	2.8	2.8
SAMO 14-1	12.5	7.3	7.7	1.7	1.9	3.0	2.8	ND	ND	1.3	1.3	0.0	ND	1.7	1.7	1.8	1.8
SAMO 14-1	13.5	5.8	6.1	1.6	1.7	2.1	2.0	ND	ND	0.8	0.8	0.0	ND	1.4	1.4	1.7	1.6
SAMO 14-1	14.5	5.5	5.8	1.4	1.5	1.6	1.6	ND	ND	0.7	0.7	0.0	ND	1.2	1.1	1.3	1.3
SAMO 14-1	15.5	8.2	8.8	1.5	1.7	2.8	2.7	ND	ND	1.7	1.8	0.0	ND	1.8	1.8	1.8	1.8
SAMO 14-1	16.5	6.2	6.6	1.7	1.9	2.7	2.6	ND	ND	1.6	1.6	0.0	ND	1.6	1.6	1.6	1.6
SAMO 14-1	17.5	5.7	6.2	2.5	2.8	2.9	2.9	ND	ND	2.0	2.1	0.0	ND	2.2	2.2	2.3	2.4
SAMO 14-1	18.5	8.7	10.6	3.9	4.9	5.6	6.4	ND	ND	3.6	4.3	0.0	ND	4.4	5.2	4.1	4.8
SAMO 14-1	19.5	4.0	4.7	2.0	2.4	3.7	4.0	ND	ND	1.6	1.8	3.1	3.9	2.7	3.0	3.7	4.2
SAMO 14-1	20.5	3.3	3.9	1.8	2.2	3.1	3.5	ND	ND	2.5	2.8	3.5	4.4	2.9	3.2	3.0	3.3
SAMO 14-1	21.5	2.5	2.9	2.2	2.6	2.7	3.0	ND	ND	2.3	2.6	4.4	5.7	3.4	3.7	3.1	3.5
SAMO 14-1	22.5	3.1	3.6	1.6	1.9	2.3	2.6	ND	ND	1.8	2.1	1.1	1.4	1.9	2.1	2.0	2.2
SAMO 14-1	23.5	3.1	3.8	1.8	2.2	1.9	2.2	ND	ND	1.5	1.8	0.3	0.4	1.8	2.1	1.5	1.8
SAMO 14-1	24.5	1.3	1.7	1.1	1.5	1.4	1.7	ND	ND	1.2	1.4	1.8	2.5	1.7	2.1	1.6	1.9
SAMO 14-2	0.5	10.6	9.2	2.2	2.0	4.0	3.1	ND	ND	2.8	2.3	0.0	ND	2.6	2.0	2.6	2.0
SAMO 14-2	1.5	12.0	10.5	2.7	2.5	4.6	3.6	ND	ND	3.1	2.6	0.0	ND	3.2	2.5	3.1	2.4
SAMO 14-2	2.5	10.1	8.8	3.0	2.8	5.7	4.4	ND	ND	6.4	5.2	0.0	ND	3.5	2.8	3.2	2.5
SAMO 14-2	3.5	16.0	14.2	10.7	9.9	15.6	12.3	18.0	16.6	16.3	13.6	0.0	ND	7.9	6.4	8.5	6.8
SAMO 14-2	4.5	17.4	15.9	20.9	19.9	21.3	17.4	ND	ND	24.2	20.8	9.3	9.7	12.9	10.7	13.1	10.9
SAMO 14-2	5.5	9.7	8.5	5.6	5.2	6.5	5.0	ND	ND	8.4	6.9	0.0	ND	4.5	3.6	4.4	3.5
SAMO 14-2	6.5	9.8	8.6	2.5	2.3	6.9	5.4	ND	ND	6.6	5.4	0.0	ND	2.8	2.2	2.5	2.0
SAMO 14-2	7.5	8.3	7.3	2.9	2.6	6.3	4.9	9.4	8.6	6.7	5.5	0.0	ND	3.4	2.7	2.6	2.1
SAMO 14-2	8.5	6.6	5.8	3.5	3.2	6.5	5.0	ND	ND	7.4	6.0	2.0	2.1	4.0	3.2	4.0	3.2
SAMO 14-2	9.5	6.5	5.7	2.9	2.7	5.3	4.1	ND	ND	5.8	4.7	0.9	0.9	3.3	2.6	3.2	2.5
SAMO 14-2	10.5	7.9	6.9	2.7	2.5	4.4	3.4	ND	ND	5.0	4.1	0.0	ND	2.9	2.3	3.0	2.3
SAMO 14-2	11.5	12.1	10.6	3.1	2.9	4.4	3.4	6.7	6.1	5.9	4.8	0.0	ND	3.5	2.7	3.1	2.5
SAMO 14-2	12.5	11.2	9.8	2.5	2.3	4.3	3.3	ND	ND	5.0	4.2	0.0	ND	2.8	2.2	2.7	2.1
SAMO 14-2	13.5	9.9	8.7	2.3	2.1	3.7	2.9	4.6	4.2	3.9	3.2	0.0	ND	2.2	1.7	2.2	1.8
SAMO 14-2	14.5	11.1	9.7	1.8	1.7	3.3	2.6	ND	ND	4.0	3.3	0.0	ND	2.2	1.8	2.0	1.6



Núcleo	P	As	±	Cr	±	Cu	±	Hg	±	Ni	±	Pb	±	V	±	Zn	±
SAMO 14-2	15.5	9.2	8.1	1.4	1.3	3.0	2.3	ND	ND	3.3	2.7	0.0	ND	1.9	1.5	1.6	1.3
SAMO 14-2	16.5	8.7	7.7	1.7	1.5	3.3	2.6	ND	ND	3.8	3.2	0.0	ND	2.0	1.6	1.9	1.6
SAMO 14-2	17.5	8.6	7.7	2.0	1.8	3.4	2.7	ND	ND	4.0	3.3	0.0	ND	2.5	2.0	2.2	1.8
SAMO 14-2	18.5	7.5	6.8	2.4	2.3	3.9	3.1	ND	ND	4.5	3.8	0.0	ND	2.9	2.3	2.4	2.0
SAMO 14-2	19.5	4.7	4.3	1.4	1.3	2.1	1.7	ND	ND	2.6	2.3	0.0	ND	1.5	1.3	1.5	1.2
SAMO 14-2	20.5	4.8	4.3	1.5	1.4	2.0	1.6	ND	ND	2.6	2.2	0.0	ND	1.6	1.3	1.5	1.2
SAMO 14-2	21.5	4.8	4.3	1.1	1.0	1.6	1.2	2.1	2.0	2.2	1.9	0.0	ND	1.2	1.0	1.2	1.0
SAMO 14-2	22.5	2.1	1.9	0.6	0.6	0.8	0.6	ND	ND	1.1	1.0	0.0	ND	0.7	0.6	0.6	0.5
SAMO 14-3	0.5	13.0	8.2	3.5	2.4	6.0	2.8	ND	ND	4.2	2.3	1.3	1.1	3.5	1.8	3.8	1.9
SAMO 14-3	1.5	14.6	9.2	5.0	3.4	8.4	4.0	ND	ND	5.7	3.1	0.0	ND	5.4	2.7	5.3	2.7
SAMO 14-3	2.5	14.8	9.3	11.4	7.8	13.5	6.4	ND	ND	8.5	4.7	0.0	ND	7.5	3.8	7.4	3.8
SAMO 14-3	3.5	10.2	6.5	19.9	13.6	14.4	6.9	ND	ND	10.7	5.9	5.8	4.7	9.5	4.8	9.1	4.6
SAMO 14-3	4.5	15.1	9.6	8.9	6.1	11.5	5.6	ND	ND	7.1	3.9	0.0	ND	6.8	3.5	7.1	3.6
SAMO 14-3	5.5	9.7	6.1	4.1	2.8	7.7	3.7	ND	ND	3.8	2.1	0.0	ND	4.1	2.1	3.6	1.8
SAMO 14-3	6.5	10.3	6.6	3.7	2.6	9.9	4.8	ND	ND	5.1	2.8	0.0	ND	5.1	2.6	4.5	2.3
SAMO 14-3	7.5	10.4	6.7	19.7	13.8	17.0	8.5	ND	ND	12.5	7.1	22.6	18.6	11.7	6.1	17.0	8.9
SAMO 14-3	8.5	17.0	11.7	23.4	17.3	33.5	18.5	ND	ND	21.1	13.0	54.0	46.2	22.3	12.8	32.6	18.9
SAMO 14-3	9.5	15.9	10.3	22.2	15.5	21.5	10.8	ND	ND	13.6	7.8	16.2	13.3	15.5	8.1	15.3	8.1
SAMO 14-3	10.5	14.8	9.4	14.2	9.8	16.1	7.8	ND	ND	10.9	6.1	9.1	7.4	10.3	5.2	11.4	5.8
SAMO 14-3	11.5	23.6	15.4	18.7	13.1	18.1	9.1	ND	ND	12.4	7.1	7.2	6.0	13.8	7.3	13.0	6.9
SAMO 14-3	12.5	18.1	12.1	29.0	21.0	24.6	13.0	ND	ND	16.9	10.1	9.6	8.1	14.8	8.2	14.7	8.2
SAMO 14-3	13.5	19.9	13.0	17.4	12.3	18.3	9.3	ND	ND	12.8	7.4	0.0	ND	11.5	6.2	10.9	5.8
SAMO 14-3	14.5	12.8	8.2	17.0	11.8	14.5	7.2	ND	ND	9.3	5.3	1.7	1.4	8.7	4.6	8.3	4.4
SAMO 14-3	15.5	11.1	7.0	14.3	9.8	11.3	5.4	ND	ND	8.3	4.6	1.4	1.1	8.2	4.2	7.1	3.6
SAMO 14-3	16.5	8.8	5.6	5.2	3.6	7.4	3.6	ND	ND	3.8	2.1	0.0	ND	4.2	2.1	3.8	1.9
SAMO 14-3	17.5	7.6	4.9	3.6	2.5	6.9	3.3	ND	ND	3.3	1.9	0.0	ND	3.8	2.0	3.3	1.7
SAMO 14-3	18.5	10.3	6.7	9.2	6.5	11.6	5.9	ND	ND	7.1	4.1	4.9	4.0	7.1	3.7	7.5	4.0
SAMO 14-3	19.5	10.2	7.3	18.5	14.0	23.0	13.3	ND	ND	16.5	10.6	38.9	34.0	14.0	8.4	23.2	14.0
SAMO 14-3	20.5	8.7	5.5	9.5	6.5	13.1	6.3	ND	ND	8.4	4.7	16.4	13.3	9.7	4.9	11.3	5.8
SAMO 14-3	21.5	8.9	5.7	9.2	6.3	8.9	4.3	ND	ND	6.5	3.6	4.5	3.7	5.7	2.9	6.6	3.4
SAMO 14-3	22.5	7.1	4.5	3.2	2.2	5.0	2.4	ND	ND	2.8	1.6	1.1	0.9	3.1	1.6	3.1	1.6
SAMO 14-3	23.5	7.0	4.4	2.3	1.6	4.6	2.2	ND	ND	2.1	1.2	0.0	ND	2.4	1.2	2.5	1.3
SAMO 14-3	24.5	12.5	7.9	4.2	2.9	5.0	2.4	ND	ND	3.3	1.9	0.0	ND	3.9	2.0	3.8	1.9
SAMO 14-3	25.5	10.2	6.5	3.0	2.1	4.6	2.2	ND	ND	2.6	1.4	0.0	ND	2.8	1.4	2.8	1.4
SAMO 14-3	26.5	11.1	7.7	2.9	2.2	4.4	2.5	ND	ND	2.6	1.6	0.0	ND	2.8	1.6	2.9	1.7
SAMO 14-3	27.5	11.5	7.7	1.6	1.1	3.1	1.6	ND	ND	2.0	1.2	0.0	ND	2.1	1.2	2.1	1.2
SAMO 14-3	28.5	9.2	6.0	2.3	1.6	3.7	1.9	ND	ND	2.2	1.3	0.0	ND	2.3	1.2	2.3	1.3
SAMO 14-3	29.5	14.2	10.2	4.8	3.7	5.8	3.4	ND	ND	4.0	2.6	0.0	ND	4.8	2.9	4.5	2.8
SAMO 14-3	30.5	7.4	4.7	2.5	1.7	4.4	2.1	ND	ND	2.3	1.3	0.0	ND	2.8	1.5	3.0	1.5
SAMO 14-3	31.5	4.2	2.8	1.9	1.3	3.2	1.6	ND	ND	1.9	1.1	0.8	0.6	2.2	1.2	2.3	1.2
SAMO 14-3	32.5	4.0	2.6	1.5	1.1	2.5	1.3	ND	ND	1.7	1.0	0.7	0.6	2.0	1.1	2.2	1.2
SAMO 14-3	33.5	3.9	2.6	1.5	1.1	2.4	1.3	ND	ND	1.7	1.0	0.5	0.4	1.9	1.1	2.0	1.1

Núcleo	P	As	±	Cr	±	Cu	±	Hg	±	Ni	±	Pb	±	V	±	Zn	±
SAMO 14-3	34.5	4.0	2.7	1.9	1.4	2.1	1.1	ND	ND	1.5	0.9	0.0	ND	1.9	1.0	1.7	0.9
SAMO 14-3	35.5	3.0	2.0	1.1	0.8	1.8	1.0	ND	ND	1.3	0.8	0.5	0.5	1.7	0.9	1.6	0.9
SAMO 14-3	36.5	2.4	1.7	1.5	1.1	1.7	0.9	ND	ND	1.4	0.9	0.6	0.5	1.4	0.8	1.5	0.9
SAMO 18-4	0.5	0.4	0.6	0.3	0.5	0.4	0.6	ND	ND	0.4	0.5	0.8	1.3	0.5	0.6	0.5	0.6
SAMO 18-4	1.5	0.3	0.5	0.3	0.4	0.3	0.5	ND	ND	0.3	0.5	0.6	1.0	0.4	0.5	0.4	0.5
SAMO 18-4	2.5	0.4	0.6	0.4	0.5	0.4	0.6	ND	ND	0.4	0.6	0.9	1.4	0.5	0.7	0.5	0.7
SAMO 18-4	3.5	0.7	1.0	0.7	1.1	0.9	1.2	ND	ND	0.8	1.1	2.3	3.5	1.3	1.8	1.2	1.6
SAMO 18-4	4.5	2.8	4.4	3.9	6.1	4.0	6.0	ND	ND	4.1	6.3	13.8	22.6	6.9	10.4	6.5	9.8
SAMO 18-4	5.5	2.1	3.3	2.7	4.4	2.9	4.6	ND	ND	3.1	5.0	10.4	17.6	5.2	8.2	4.8	7.6
SAMO 18-4	6.5	1.0	1.4	1.2	1.8	1.3	1.8	ND	ND	1.4	2.0	4.5	6.9	2.2	3.1	2.1	2.9
SAMO 18-4	7.5	0.5	0.7	0.6	0.9	2.2	3.1	ND	ND	0.6	0.9	1.9	3.0	0.9	1.3	0.9	1.3
SAMO 18-4	8.5	0.7	1.0	0.9	1.3	1.0	1.3	ND	ND	0.8	1.2	2.6	4.0	1.2	1.7	1.2	1.7
SAMO 18-4	9.5	1.0	1.5	1.4	2.1	1.5	2.2	ND	ND	1.2	1.8	4.0	6.3	1.9	2.8	1.9	2.8
SAMO 18-4	10.5	1.4	2.1	1.8	2.8	2.3	3.3	ND	ND	2.0	2.9	6.1	9.6	3.1	4.5	2.9	4.2
SAMO 18-4	11.5	0.6	0.9	0.7	1.1	0.9	1.4	ND	ND	0.8	1.2	2.7	4.2	1.2	1.8	1.2	1.7
SAMO 18-4	12.5	0.7	1.0	0.6	0.9	0.8	1.1	ND	ND	0.7	1.1	2.4	3.7	1.1	1.6	1.1	1.5
SAMO 18-4	13.5	0.6	0.9	0.5	0.8	0.7	0.9	ND	ND	0.7	1.0	1.9	2.9	0.9	1.3	0.9	1.3
SAMO 18-4	14.5	0.5	0.7	0.5	0.8	0.6	0.9	ND	ND	0.7	1.0	1.6	2.4	0.8	1.2	0.8	1.1
SAMO 18-4	15.5	0.5	0.7	0.4	0.6	0.5	0.7	ND	ND	0.5	0.7	1.1	1.8	0.6	0.8	0.6	0.9
SAMO 18-4	16.5	0.4	0.5	0.4	0.6	0.5	0.7	ND	ND	0.4	0.6	0.9	1.4	0.5	0.7	0.5	0.7
SAMO 18-4	17.5	0.5	0.8	0.6	0.9	0.6	0.9	ND	ND	0.7	1.0	1.5	2.3	0.8	1.1	0.8	1.2
SAMO 18-4	18.5	0.4	0.6	0.6	0.9	0.6	0.9	ND	ND	0.7	1.0	1.7	2.6	0.8	1.1	0.8	1.2
SAMO 18-4	19.5	0.4	0.6	0.4	0.6	0.6	0.9	ND	ND	0.6	0.9	1.6	2.5	0.7	1.1	0.8	1.2
SAMO 18-4	20.5	0.5	0.8	0.7	1.1	0.8	1.1	ND	ND	0.8	1.2	1.8	2.9	1.0	1.5	1.0	1.4
SAMO 18-4	21.5	0.7	1.1	0.9	1.4	1.0	1.6	ND	ND	1.0	1.5	2.5	4.1	1.3	2.0	1.3	1.9
SAMO 18-4	22.5	0.7	1.1	0.9	1.4	0.9	1.4	ND	ND	0.9	1.4	2.0	3.3	1.1	1.7	1.1	1.7
SAMO 18-4	23.5	0.6	0.9	0.7	1.1	0.9	1.4	ND	ND	0.8	1.2	2.1	3.5	1.1	1.7	1.1	1.7
SAMO 18-4	24.5	0.7	1.0	0.8	1.3	0.9	1.5	ND	ND	1.0	1.5	2.2	3.7	1.2	1.9	1.1	1.7
SAMO 18-4	25.5	0.9	1.5	0.9	1.6	1.1	1.9	ND	ND	1.1	1.9	2.5	4.4	1.4	2.2	1.3	2.1
SAMO 18-4	26.5	0.3	0.5	0.3	0.5	0.4	0.6	ND	ND	0.4	0.6	0.8	1.4	0.5	0.7	0.5	0.7
SAMO 18-4	27.5	0.3	0.5	0.3	0.5	0.4	0.6	ND	ND	0.3	0.5	0.8	1.4	0.5	0.7	0.4	0.7
SAMO 18-4	28.5	0.9	1.6	1.0	1.8	1.2	2.2	ND	ND	1.1	2.0	2.5	5.0	1.4	2.6	1.3	2.4
SAMO 18-4	29.5	0.8	1.5	0.8	1.6	1.2	2.1	ND	ND	0.9	1.7	2.4	4.6	1.3	2.4	1.2	2.2
SAMO 18-4	30.5	0.6	1.2	0.7	1.4	0.9	1.7	ND	ND	0.8	1.5	1.9	3.8	1.1	2.0	1.0	1.9
SAMO 18-4	31.5	1.0	2.3	1.2	2.6	1.5	3.3	ND	ND	1.1	2.5	3.1	7.0	1.7	3.7	1.6	3.5
SAMO 18-4	33.5	0.5	0.9	0.6	1.0	0.8	1.2	ND	ND	0.6	1.0	1.6	2.7	0.9	1.4	0.8	1.3
SAMO 18-4	34.5	0.6	1.2	0.7	1.4	0.9	1.7	ND	ND	0.7	1.5	1.9	4.0	1.1	2.1	1.0	2.1
SAMO 18-4	35.5	0.7	1.3	0.8	1.7	0.9	1.9	ND	ND	0.9	1.7	2.2	4.5	1.3	2.5	1.2	2.3

Tabla A8. Concentración de C<sub>tot</sub>, C<sub>org</sub>, C<sub>inorg</sub>, N<sub>tot</sub>, N<sub>org</sub>, P, en % y C:N:P en núcleos sedimentarios del lago Santa María del Oro, Nayarit, México (Pr=profundidad).

Núcleo	Pr (cm)	C <sub>tot</sub>	±	C <sub>org</sub>	±	C <sub>inorg</sub>	±	N <sub>tot</sub>	±	N <sub>org</sub>	±	P	±	C:N	±	C:P	±	N:P	±
SAMO 14-1	0.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	1.5	8.410	0.0931	4.645	0.093	3.765	0.131	0.510	0.017	0.452	0.020	ND	ND	12.002	0.049	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	2.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0638	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	3.5	8.550	0.095	3.238	0.065	5.312	0.115	0.350	0.011	0.315	0.014	0.0684	0.0003	11.977	0.049	248.063	0.020	20.712	0.045
SAMO 14-1	4.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0851	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	5.5	3.710	0.041	2.216	0.044	1.494	0.060	0.190	0.006	0.179	0.008	ND	ND	14.424	0.049	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	6.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	7.5	7.710	0.085	3.197	0.064	4.513	0.107	0.340	0.011	0.300	0.013	0.0704	0.0003	12.437	0.049	207.327	0.020	16.670	0.045
SAMO 14-1	8.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	9.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0938	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	10.5	7.860	0.087	3.137	0.063	4.723	0.107	0.330	0.011	0.293	0.013	ND	ND	12.474	0.049	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	11.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	12.5	9.330	0.103	3.962	0.079	5.368	0.130	0.430	0.014	0.374	0.017	ND	ND	12.357	0.049	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	13.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	14.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	15.5	8.330	0.092	4.192	0.084	4.138	0.125	0.440	0.014	0.420	0.019	0.0733	0.0003	11.650	0.049	250.046	0.020	21.463	0.045
SAMO 14-1	16.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0831	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	17.5	6.620	0.073	3.364	0.067	3.256	0.099	0.360	0.012	0.299	0.013	0.1019	0.0004	13.119	0.049	128.279	0.020	9.778	0.045
SAMO 14-1	18.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0876	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	19.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	20.5	5.060	0.056	2.882	0.058	2.178	0.080	0.300	0.010	0.259	0.012	0.0966	0.0004	13.005	0.049	101.354	0.020	7.794	0.045
SAMO 14-1	21.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1033	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	22.5	5.700	0.063	3.293	0.066	2.407	0.091	0.340	0.011	0.281	0.013	0.1042	0.0004	13.671	0.049	113.300	0.020	8.288	0.045
SAMO 14-1	23.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1227	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	24.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1045	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	25.5	5.100	0.056	2.786	0.056	2.314	0.079	0.280	0.009	0.247	0.011	0.0979	0.0004	13.176	0.049	101.318	0.020	7.689	0.045
SAMO 14-1	26.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1020	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	27.5	3.310	0.037	2.034	0.041	1.276	0.055	0.190	0.006	0.180	0.008	0.1049	0.0003	13.188	0.049	64.029	0.020	4.855	0.045

Núcleo	Pr (cm)	C <sub>tot</sub>	±	C <sub>org</sub>	±	C <sub>inorg</sub>	±	N <sub>tot</sub>	±	N <sub>org</sub>	±	P	±	C:N	±	C:P	±	N:P	±
SAMO 14-1	28.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0915	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	29.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1021	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	30.5	1.940	0.021	1.512	0.030	0.428	0.037	0.130	0.004	0.114	0.005	0.0975	0.0003	15.436	0.049	45.563	0.020	2.952	0.045
SAMO 14-1	31.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1158	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	32.5	2.830	0.031	2.377	0.047	0.453	0.057	0.210	0.007	0.165	0.007	0.1291	0.0004	16.763	0.049	54.628	0.020	3.259	0.045
SAMO 14-1	33.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1172	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	34.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1176	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	35.5	2.480	0.027	1.919	0.038	0.561	0.047	0.170	0.006	0.165	0.007	0.1162	0.0004	13.570	0.049	49.132	0.020	3.621	0.045
SAMO 14-1	36.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1231	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	37.5	1.990	0.022	1.523	0.030	0.467	0.038	0.150	0.005	0.097	0.004	0.1183	0.0004	18.348	0.049	37.778	0.020	2.059	0.045
SAMO 14-1	38.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1093	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	39.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1152	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	40.5	3.220	0.036	2.144	0.043	1.076	0.056	0.210	0.007	0.192	0.009	0.1081	0.0004	13.036	0.049	61.417	0.020	4.711	0.045
SAMO 14-1	41.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1185	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	42.5	2.030	0.022	1.582	0.032	0.448	0.039	0.160	0.005	0.111	0.005	0.0977	0.0003	16.603	0.049	48.937	0.020	2.948	0.045
SAMO 14-1	43.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1033	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	44.5	1.530	0.017	1.292	0.026	0.238	0.031	0.120	0.004	0.070	0.003	0.1063	0.0003	21.583	0.049	35.967	0.020	1.666	0.045
SAMO 14-1	45.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1051	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	46.5	1.020	0.011	0.858	0.017	0.162	0.021	0.080	0.003	0.053	0.002	0.0896	0.0003	18.861	0.049	27.964	0.020	1.483	0.045
SAMO 14-1	47.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0900	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	48.5	4.160	0.046	2.139	0.043	2.021	0.063	0.220	0.007	0.186	0.008	0.0958	0.0003	13.393	0.049	77.424	0.020	5.781	0.045
SAMO 14-1	49.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0946	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	50.5	2.100	0.023	1.705	0.034	0.395	0.041	0.170	0.006	0.141	0.006	0.1066	0.0003	14.073	0.049	46.771	0.020	3.324	0.045
SAMO 14-1	51.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1059	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	52.5	2.830	0.031	1.904	0.038	0.926	0.049	0.190	0.006	0.141	0.006	0.0971	0.0003	15.784	0.049	61.204	0.020	3.878	0.045
SAMO 14-1	53.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0897	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	54.5	3.830	0.042	2.349	0.047	1.481	0.063	0.230	0.007	0.187	0.008	0.1113	0.0004	14.632	0.049	69.864	0.020	4.775	0.045
SAMO 14-1	55.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1050	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	56.5	6.150	0.068	2.649	0.053	3.501	0.086	0.250	0.008	0.205	0.009	0.1023	0.0004	15.057	0.049	104.293	0.020	6.926	0.045

Núcleo	Pr (cm)	C <sub>tot</sub>	±	C <sub>org</sub>	±	C <sub>inorg</sub>	±	N <sub>tot</sub>	±	N <sub>org</sub>	±	P	±	C:N	±	C:P	±	N:P	±
SAMO 14-1	57.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1219	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	58.5	6.700	0.074	3.326	0.066	3.374	0.100	0.310	0.010	0.264	0.012	0.1150	0.0004	14.722	0.049	119.058	0.020	8.087	0.045
SAMO 14-1	59.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1181	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	60.5	3.120	0.035	2.284	0.046	0.836	0.057	0.190	0.006	0.172	0.008	0.0995	0.0003	15.517	0.049	69.090	0.020	4.453	0.045
SAMO 14-1	61.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1067	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	62.5	5.600	0.062	3.641	0.073	1.959	0.096	0.340	0.011	0.285	0.013	0.1476	0.0005	14.890	0.049	84.886	0.020	5.701	0.045
SAMO 14-1	63.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0955	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	64.5	6.440	0.071	3.104	0.062	3.336	0.094	0.300	0.010	0.236	0.011	0.1017	0.0003	15.356	0.049	123.705	0.020	8.056	0.045
SAMO 14-1	65.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1062	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	66.5	5.540	0.061	2.737	0.055	2.803	0.082	0.240	0.008	0.208	0.009	0.0983	0.0003	15.322	0.049	103.501	0.020	6.755	0.045
SAMO 14-1	67.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1013	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	68.5	3.780	0.042	2.463	0.049	1.317	0.065	0.200	0.006	0.167	0.007	0.0977	0.0003	17.222	0.049	81.960	0.020	4.759	0.045
SAMO 14-1	69.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1093	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	70.5	4.180	0.046	2.887	0.058	1.293	0.074	0.240	0.008	0.213	0.009	0.1053	0.0003	15.847	0.049	79.978	0.020	5.047	0.045
SAMO 14-1	71.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1618	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	72.5	4.990	0.055	2.733	0.055	2.257	0.078	0.240	0.008	0.200	0.009	0.1141	0.0004	15.944	0.049	83.545	0.020	5.240	0.045
SAMO 14-1	73.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1184	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	74.5	4.060	0.045	2.790	0.056	1.270	0.072	0.240	0.008	0.189	0.008	0.1157	0.0004	17.196	0.049	75.691	0.020	4.402	0.045
SAMO 14-1	75.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1114	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	76.5	7.210	0.080	3.099	0.062	4.111	0.101	0.270	0.009	0.218	0.010	0.1085	0.0003	16.554	0.049	125.000	0.020	7.551	0.045
SAMO 14-1	77.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0982	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	78.5	3.770	0.042	2.219	0.044	1.551	0.061	0.190	0.006	0.157	0.007	0.0967	0.0003	16.450	0.049	75.344	0.020	4.580	0.045
SAMO 14-1	79.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1027	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	80.5	2.450	0.027	1.653	0.033	0.797	0.043	0.160	0.005	0.122	0.005	0.1432	0.0004	15.833	0.049	34.276	0.020	2.165	0.045
SAMO 14-1	81.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1075	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-1	82.5	6.650	0.074	2.808	0.056	3.842	0.093	0.260	0.008	0.189	0.008	0.1009	0.0003	17.312	0.049	117.773	0.020	6.803	0.045
SAMO 14-1	83.5	4.970	0.055	2.572	0.051	2.398	0.075	0.210	0.007	0.177	0.008	0.0967	0.0003	16.917	0.049	92.978	0.020	5.496	0.045
SAMO 14-2	0.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1099	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	1.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1132	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Núcleo	Pr (cm)	C <sub>tot</sub>	±	C <sub>org</sub>	±	C <sub>inorg</sub>	±	N <sub>tot</sub>	±	N <sub>org</sub>	±	P	±	C:N	±	C:P	±	N:P	±
SAMO 14-2	2.5	9.660	0.260	5.400	0.214	4.260	0.337	0.580	0.049	0.539	0.045	0.0749	0.0003	11.679	0.093	328.179	0.040	28.100	0.084
SAMO 14-2	3.5	8.210	0.221	3.267	0.130	4.943	0.256	0.390	0.033	0.297	0.025	0.0594	0.0002	12.812	0.093	258.029	0.040	20.140	0.084
SAMO 14-2	4.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0732	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	5.5	7.460	0.201	5.244	0.208	2.216	0.289	0.550	0.046	0.490	0.041	0.0757	0.0003	12.480	0.093	240.865	0.040	19.300	0.084
SAMO 14-2	6.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0663	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	7.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0701	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	8.5	7.180	0.193	3.249	0.129	3.931	0.232	0.370	0.031	0.318	0.027	0.0721	0.0003	11.936	0.093	190.641	0.040	15.972	0.084
SAMO 14-2	9.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0791	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	10.5	8.530	0.230	4.527	0.180	4.003	0.292	0.550	0.046	0.428	0.036	0.0856	0.0003	12.347	0.093	229.992	0.040	18.627	0.084
SAMO 14-2	11.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1002	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	12.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0851	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	13.5	8.540	0.230	4.161	0.165	4.379	0.283	0.410	0.035	0.371	0.031	0.0768	0.0003	13.089	0.093	241.578	0.040	18.457	0.084
SAMO 14-2	14.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0857	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	15.5	9.750	0.262	4.058	0.161	5.692	0.308	0.490	0.041	0.424	0.036	0.0737	0.0003	11.176	0.093	295.569	0.040	26.446	0.084
SAMO 14-2	16.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1026	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	17.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0846	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	18.5	7.360	0.198	3.601	0.143	3.759	0.244	0.370	0.031	0.306	0.026	0.1043	0.0004	13.733	0.093	139.941	0.040	10.190	0.084
SAMO 14-2	19.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0972	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	20.5	7.490	0.202	4.593	0.182	2.897	0.272	0.500	0.042	0.419	0.035	0.1078	0.0004	12.794	0.093	157.684	0.040	12.324	0.084
SAMO 14-2	21.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1056	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	22.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1025	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	23.5	4.060	0.109	2.278	0.090	1.782	0.142	0.260	0.022	0.225	0.019	0.0887	0.0003	11.828	0.093	85.616	0.040	7.239	0.084
SAMO 14-2	24.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0976	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	25.5	4.770	0.128	2.680	0.106	2.090	0.167	0.320	0.027	0.248	0.021	0.0881	0.0003	12.621	0.093	104.682	0.040	8.294	0.084
SAMO 14-2	26.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0810	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	27.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1079	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	28.5	6.090	0.164	3.093	0.123	2.997	0.205	0.340	0.029	0.291	0.024	0.1006	0.0004	12.389	0.093	114.529	0.040	9.245	0.084
SAMO 14-2	29.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0883	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	30.5	2.060	0.055	1.864	0.074	0.196	0.092	0.150	0.013	0.152	0.013	0.0855	0.0003	14.343	0.093	63.133	0.040	4.402	0.084

Núcleo	Pr (cm)	C <sub>tot</sub>	±	C <sub>org</sub>	±	C <sub>inorg</sub>	±	N <sub>tot</sub>	±	N <sub>org</sub>	±	P	±	C:N	±	C:P	±	N:P	±
SAMO 14-2	31.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0898	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	32.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0895	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	33.5	4.310	0.116	2.553	0.101	1.757	0.154	0.270	0.023	0.229	0.019	0.0933	0.0003	13.034	0.093	89.682	0.040	6.880	0.084
SAMO 14-2	34.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0979	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	35.5	2.990	0.080	2.036	0.081	0.954	0.114	0.250	0.021	0.182	0.015	0.0941	0.0003	13.045	0.093	67.563	0.040	5.179	0.084
SAMO 14-2	36.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0948	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	37.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0753	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	38.5	7.340	0.198	3.440	0.136	3.900	0.240	0.250	0.021	0.220	0.019	0.0675	0.0003	18.200	0.093	209.087	0.040	11.488	0.084
SAMO 14-2	39.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0755	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	40.5	6.230	0.168	3.556	0.141	2.674	0.219	0.260	0.022	0.311	0.026	0.0885	0.0003	13.330	0.093	156.805	0.040	11.763	0.084
SAMO 14-2	41.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0981	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	42.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	43.5	1.630	0.044	1.279	0.051	0.351	0.067	0.120	0.010	0.098	0.008	0.0900	0.0003	15.273	0.093	41.347	0.040	2.707	0.084
SAMO 14-2	44.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0934	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	45.5	1.760	0.047	1.265	0.050	0.495	0.069	0.130	0.011	0.106	0.009	0.0898	0.0003	13.903	0.093	41.142	0.040	2.959	0.084
SAMO 14-2	46.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0913	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	47.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0927	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	48.5	1.740	0.047	1.298	0.051	0.442	0.070	0.130	0.011	0.088	0.007	0.0941	0.0003	17.267	0.093	40.618	0.040	2.352	0.084
SAMO 14-2	49.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0905	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	50.5	1.710	0.046	1.544	0.061	0.166	0.077	0.110	0.009	0.113	0.010	0.0912	0.0003	15.885	0.093	50.121	0.040	3.155	0.084
SAMO 14-2	51.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0918	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	52.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0922	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	53.5	1.730	0.047	1.266	0.050	0.464	0.068	0.130	0.011	0.097	0.008	0.0904	0.0003	15.167	0.093	40.856	0.040	2.694	0.084
SAMO 14-2	54.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0926	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	55.5	2.010	0.054	1.384	0.055	0.626	0.077	0.140	0.012	0.105	0.009	0.0920	0.0003	15.361	0.093	44.385	0.040	2.889	0.084
SAMO 14-2	56.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0889	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	57.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0921	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	58.5	2.190	0.059	1.723	0.068	0.467	0.090	0.160	0.014	0.131	0.011	0.0893	0.0003	15.322	0.093	56.990	0.040	3.719	0.084
SAMO 14-2	59.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0930	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Núcleo	Pr (cm)	C <sub>tot</sub>	±	C <sub>org</sub>	±	C <sub>inorg</sub>	±	N <sub>tot</sub>	±	N <sub>org</sub>	±	P	±	C:N	±	C:P	±	N:P	±
SAMO 14-2	60.5	5.580	0.150	1.568	0.062	4.012	0.163	0.320	0.027	0.098	0.008	0.0908	0.0003	18.667	0.093	50.057	0.040	2.682	0.084
SAMO 14-2	61.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0849	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	62.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0914	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	63.5	4.620	0.124	2.311	0.092	2.309	0.154	0.270	0.023	0.233	0.020	0.0924	0.0003	11.557	0.093	88.589	0.040	7.665	0.084
SAMO 14-2	64.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0962	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	65.5	2.330	0.063	1.752	0.070	0.578	0.094	0.190	0.016	0.147	0.012	0.0922	0.0003	13.863	0.093	56.629	0.040	4.085	0.084
SAMO 14-2	66.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0948	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	67.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0896	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	68.5	3.170	0.085	2.054	0.081	1.116	0.118	0.210	0.018	0.179	0.015	0.0950	0.0003	13.364	0.093	68.519	0.040	5.127	0.084
SAMO 14-2	69.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1154	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	70.5	5.830	0.157	2.576	0.102	3.254	0.187	0.360	0.030	0.235	0.020	0.1053	0.0004	12.767	0.093	93.962	0.040	7.360	0.084
SAMO 14-2	71.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0421	0.0002	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	72.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1450	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	73.5	6.100	0.164	3.030	0.120	3.070	0.203	0.330	0.028	0.266	0.022	0.1846	0.0005	13.282	0.093	62.134	0.040	4.678	0.084
SAMO 14-2	74.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0065	0.0000	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	75.5	3.870	0.104	2.548	0.101	1.322	0.145	0.250	0.021	0.220	0.018	ND	ND	13.525	0.093	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	76.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0285	0.0001	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-2	77.5	5.630	0.151	3.228	0.128	2.402	0.198	0.390	0.033	0.283	0.024	0.0618	0.0003	13.312	0.093	185.957	0.040	13.969	0.084
SAMO 14-3	0.5	12.700	0.060	5.512	0.133	7.188	0.146	1.140	0.020	0.532	0.022	0.1199	0.0004	12.081	0.048	207.485	0.024	17.175	0.042
SAMO 14-3	1.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0876	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	2.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0761	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	3.5	6.000	0.028	3.840	0.093	2.160	0.097	0.380	0.007	0.331	0.014	0.0847	0.0003	13.523	0.048	155.512	0.024	11.500	0.042
SAMO 14-3	4.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0875	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	5.5	9.060	0.043	3.836	0.092	5.224	0.102	0.440	0.008	0.386	0.016	0.0766	0.0003	11.604	0.048	248.216	0.024	21.391	0.042
SAMO 14-3	6.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0745	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	7.5	4.270	0.020	3.059	0.074	1.211	0.076	0.300	0.005	0.285	0.012	0.0873	0.0003	12.533	0.048	111.302	0.024	8.880	0.042
SAMO 14-3	8.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0854	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	9.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0939	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	10.5	6.090	0.029	3.863	0.093	2.227	0.097	0.410	0.007	0.354	0.015	0.0890	0.0003	12.734	0.048	148.838	0.024	11.688	0.042



Núcleo	Pr (cm)	C <sub>tot</sub>	±	C <sub>org</sub>	±	C <sub>inorg</sub>	±	N <sub>tot</sub>	±	N <sub>org</sub>	±	P	±	C:N	±	C:P	±	N:P	±
SAMO 14-3	11.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0930	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	12.5	5.680	0.027	3.650	0.088	2.030	0.092	0.310	0.005	0.285	0.012	0.0848	0.0003	14.927	0.048	152.086	0.024	10.188	0.042
SAMO 14-3	13.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0859	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	14.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0779	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	15.5	6.650	0.031	4.418	0.107	2.232	0.111	0.450	0.008	0.393	0.016	0.0891	0.0003	13.114	0.048	175.991	0.024	13.420	0.042
SAMO 14-3	16.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0784	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	17.5	8.330	0.039	3.244	0.078	5.086	0.087	0.400	0.007	0.297	0.012	0.0796	0.0003	12.729	0.048	198.194	0.024	15.570	0.042
SAMO 14-3	18.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0824	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	19.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0865	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	20.5	5.710	0.027	2.936	0.071	2.774	0.076	0.320	0.006	0.267	0.011	0.0905	0.0003	12.833	0.048	113.039	0.024	8.808	0.042
SAMO 14-3	21.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0950	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	22.5	7.500	0.035	4.099	0.099	3.401	0.105	0.400	0.007	0.373	0.016	0.0853	0.0003	12.833	0.048	196.667	0.024	15.325	0.042
SAMO 14-3	23.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0752	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	24.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1037	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	25.5	9.380	0.044	3.923	0.095	5.457	0.104	0.450	0.008	0.361	0.015	0.0748	0.0003	12.669	0.048	266.206	0.024	21.012	0.042
SAMO 14-3	26.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0906	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	27.5	9.010	0.042	4.504	0.108	4.506	0.116	0.480	0.008	0.422	0.018	0.0812	0.0003	12.455	0.048	261.547	0.024	21.000	0.042
SAMO 14-3	28.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0961	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	29.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1052	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	30.5	7.730	0.036	3.491	0.084	4.239	0.092	0.380	0.007	0.332	0.014	0.0884	0.0003	12.250	0.048	171.871	0.024	14.030	0.042
SAMO 14-3	31.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1052	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	32.5	5.440	0.026	3.038	0.073	2.402	0.077	0.320	0.006	0.264	0.011	0.1087	0.0004	13.449	0.048	98.628	0.024	7.333	0.042
SAMO 14-3	33.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1073	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	34.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1016	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	35.5	5.740	0.027	3.094	0.075	2.646	0.079	0.340	0.006	0.280	0.012	0.1060	0.0004	12.892	0.048	107.720	0.024	8.356	0.042
SAMO 14-3	36.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0991	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	37.5	3.910	0.018	2.626	0.063	1.284	0.066	0.250	0.004	0.226	0.009	0.0995	0.0004	13.542	0.048	84.380	0.024	6.231	0.042
SAMO 14-3	38.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0974	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	39.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0806	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Núcleo	Pr (cm)	C <sub>tot</sub>	±	C <sub>org</sub>	±	C <sub>inorg</sub>	±	N <sub>tot</sub>	±	N <sub>org</sub>	±	P	±	C:N	±	C:P	±	N:P	±
SAMO 14-3	40.5	3.820	0.018	2.553	0.061	1.267	0.064	0.240	0.004	0.205	0.009	0.0887	0.0003	14.560	0.048	90.899	0.024	6.243	0.042
SAMO 14-3	41.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0889	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	42.5	3.860	0.018	2.167	0.052	1.693	0.055	0.220	0.004	0.188	0.008	0.1022	0.0003	13.465	0.048	70.018	0.024	5.200	0.042
SAMO 14-3	43.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0950	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	44.5	3.040	0.014	2.807	0.068	0.233	0.069	0.180	0.003	0.169	0.007	0.0869	0.0003	19.404	0.048	93.896	0.024	4.839	0.042
SAMO 14-3	45.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0987	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	46.5	3.300	0.016	2.069	0.050	1.231	0.052	0.200	0.003	0.179	0.007	0.1078	0.0003	13.523	0.048	61.109	0.024	4.519	0.042
SAMO 14-3	47.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0978	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	48.5	3.160	0.015	2.347	0.057	0.813	0.058	0.190	0.003	0.160	0.007	0.0913	0.0003	17.132	0.048	78.943	0.024	4.608	0.042
SAMO 14-3	49.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1082	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	50.5	4.120	0.019	2.676	0.064	1.444	0.067	0.270	0.005	0.225	0.009	0.1065	0.0004	13.870	0.048	77.864	0.024	5.614	0.042
SAMO 14-3	51.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0929	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	52.5	3.050	0.014	2.018	0.049	1.032	0.051	0.180	0.003	0.149	0.006	0.0925	0.0003	15.815	0.048	68.115	0.024	4.307	0.042
SAMO 14-3	53.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0931	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	54.5	1.380	0.006	1.083	0.026	0.297	0.027	0.110	0.002	0.106	0.004	0.1018	0.0003	11.958	0.048	31.213	0.024	2.610	0.042
SAMO 14-3	55.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1054	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	56.5	1.640	0.008	1.329	0.032	0.311	0.033	0.150	0.003	0.113	0.005	0.1043	0.0003	13.731	0.048	37.895	0.024	2.760	0.042
SAMO 14-3	57.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1028	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	58.5	1.420	0.007	1.150	0.028	0.270	0.028	0.090	0.002	0.079	0.003	0.0987	0.0003	16.981	0.048	34.298	0.024	2.020	0.042
SAMO 14-3	59.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0784	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	60.5	3.820	0.018	1.929	0.046	1.891	0.050	0.210	0.004	0.170	0.007	0.0963	0.0003	13.278	0.048	64.087	0.024	4.827	0.042
SAMO 14-3	61.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0923	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	62.5	3.740	0.018	2.178	0.052	1.562	0.055	0.230	0.004	0.180	0.008	0.1032	0.0003	14.101	0.048	69.590	0.024	4.935	0.042
SAMO 14-3	63.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0982	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	64.5	1.720	0.008	1.483	0.036	0.237	0.037	0.130	0.002	0.105	0.004	0.0822	0.0003	16.528	0.048	53.401	0.024	3.231	0.042
SAMO 14-3	65.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0858	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	66.5	2.800	0.013	1.915	0.046	0.885	0.048	0.200	0.003	0.160	0.007	0.0952	0.0003	14.000	0.048	61.863	0.024	4.419	0.042
SAMO 14-3	67.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0960	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	68.5	4.920	0.023	2.389	0.058	2.531	0.062	0.230	0.004	0.185	0.008	0.0924	0.0003	15.077	0.048	93.970	0.024	6.233	0.042

Núcleo	Pr (cm)	C <sub>tot</sub>	±	C <sub>org</sub>	±	C <sub>inorg</sub>	±	N <sub>tot</sub>	±	N <sub>org</sub>	±	P	±	C:N	±	C:P	±	N:P	±
SAMO 14-3	69.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1625	0.0005	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	70.5	3.930	0.018	2.144	0.052	1.786	0.055	0.200	0.003	0.167	0.007	0.0853	0.0003	14.992	0.048	77.870	0.024	5.194	0.042
SAMO 14-3	71.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1660	0.0005	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	72.5	6.040	0.028	3.066	0.074	2.974	0.079	0.280	0.005	0.238	0.010	0.1304	0.0004	15.033	0.048	89.347	0.024	5.943	0.042
SAMO 14-3	73.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1087	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	74.5	5.410	0.025	2.988	0.072	2.422	0.076	0.270	0.005	0.244	0.010	0.1055	0.0003	14.309	0.048	102.109	0.024	7.136	0.042
SAMO 14-3	75.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1133	0.0004	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	76.5	5.810	0.027	3.442	0.083	2.368	0.087	0.320	0.006	0.268	0.011	0.1332	0.0004	15.009	0.048	92.317	0.024	6.151	0.042
SAMO 14-3	77.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1050	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	78.5	7.970	0.037	3.067	0.074	4.903	0.083	0.290	0.005	0.240	0.010	0.0975	0.0003	14.913	0.048	155.859	0.024	10.451	0.042
SAMO 14-3	79.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1037	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	80.5	4.450	0.021	2.759	0.066	1.691	0.070	0.240	0.004	0.156	0.006	0.0935	0.0003	20.632	0.048	92.795	0.024	4.498	0.042
SAMO 14-3	81.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0873	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	82.5	2.540	0.012	2.008	0.048	0.532	0.050	0.130	0.002	0.130	0.005	0.0952	0.0003	17.967	0.048	62.704	0.024	3.490	0.042
SAMO 14-3	83.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0993	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	84.5	4.650	0.022	2.963	0.071	1.687	0.075	0.230	0.004	0.200	0.008	0.1012	0.0003	17.321	0.048	98.534	0.024	5.689	0.042
SAMO 14-3	85.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0908	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	86.5	3.480	0.016	2.663	0.064	0.817	0.066	0.200	0.003	0.171	0.007	0.1008	0.0003	18.142	0.048	79.704	0.024	4.393	0.042
SAMO 14-3	87.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0978	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	88.5	4.830	0.023	2.521	0.061	2.309	0.065	0.220	0.004	0.193	0.008	0.0928	0.0003	15.256	0.048	94.668	0.024	6.205	0.042
SAMO 14-3	89.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1006	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 14-3	90.5	5.800	0.027	3.032	0.073	2.768	0.078	0.260	0.005	0.232	0.010	0.0925	0.0003	15.237	0.048	120.382	0.024	7.900	0.042
SAMO 18-4	0.5	5.870	0.048	3.663	0.246	2.207	0.251	0.430	0.010	0.445	0.019	0.0731	0.0003	9.610	0.080	171.661	0.067	17.862	0.044
SAMO 18-4	1.5	6.590	0.053	4.122	0.277	2.468	0.282	0.480	0.011	0.509	0.022	0.0672	0.0003	9.452	0.080	214.799	0.067	22.726	0.044
SAMO 18-4	2.5	6.010	0.049	3.782	0.254	2.228	0.259	0.440	0.010	0.464	0.020	0.0715	0.0003	9.503	0.080	182.528	0.067	19.208	0.044
SAMO 18-4	3.5	3.530	0.029	2.234	0.150	1.296	0.153	0.260	0.006	0.232	0.010	0.0781	0.0003	11.250	0.080	89.351	0.067	7.942	0.044
SAMO 18-4	4.5	1.660	0.013	1.188	0.080	0.472	0.081	0.150	0.003	0.133	0.006	0.0826	0.0003	10.422	0.080	41.933	0.067	4.023	0.044
SAMO 18-4	5.5	1.580	0.013	1.246	0.084	0.334	0.085	0.150	0.003	0.125	0.005	0.0764	0.0003	11.583	0.080	47.002	0.067	4.058	0.044
SAMO 18-4	6.5	2.240	0.018	1.527	0.103	0.713	0.104	0.180	0.004	0.184	0.008	0.0752	0.0003	9.667	0.080	59.801	0.067	6.186	0.044

Núcleo	Pr (cm)	C <sub>tot</sub>	±	C <sub>org</sub>	±	C <sub>inorg</sub>	±	N <sub>tot</sub>	±	N <sub>org</sub>	±	P	±	C:N	±	C:P	±	N:P	±
SAMO 18-4	7.5	3.000	0.024	1.599	0.107	1.401	0.110	0.190	0.004	0.167	0.007	0.0716	0.0003	11.200	0.080	69.243	0.067	6.182	0.044
SAMO 18-4	8.5	3.900	0.032	1.710	0.115	2.190	0.119	0.170	0.004	0.185	0.008	0.0707	0.0003	10.792	0.080	81.078	0.067	7.513	0.044
SAMO 18-4	9.5	3.450	0.028	1.355	0.091	2.095	0.095	0.180	0.004	0.111	0.005	0.0760	0.0003	14.194	0.080	74.407	0.067	5.242	0.044
SAMO 18-4	10.5	3.080	0.025	1.782	0.120	1.298	0.122	0.170	0.004	0.158	0.007	0.0743	0.0003	13.140	0.080	74.409	0.067	5.663	0.044
SAMO 18-4	11.5	3.060	0.025	2.127	0.143	0.933	0.145	0.210	0.005	0.203	0.009	0.0716	0.0003	12.250	0.080	90.982	0.067	7.427	0.044
SAMO 18-4	12.5	3.490	0.028	2.098	0.141	1.392	0.144	0.210	0.005	0.203	0.009	0.0716	0.0003	12.040	0.080	93.129	0.067	7.735	0.044
SAMO 18-4	13.5	3.720	0.030	2.255	0.152	1.465	0.154	0.240	0.005	0.221	0.010	0.0778	0.0003	11.926	0.080	91.677	0.067	7.687	0.044
SAMO 18-4	14.5	3.990	0.023	2.310	0.110	1.680	0.112	0.240	0.004	0.220	0.007	0.0718	0.0002	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 18-4	15.5	4.260	0.035	2.371	0.159	1.889	0.163	0.230	0.005	0.210	0.009	0.0742	0.0003	13.179	0.080	106.257	0.067	8.063	0.044
SAMO 18-4	16.5	3.860	0.022	2.230	0.106	1.620	0.109	0.240	0.004	0.210	0.006	0.0718	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 18-4	17.5	3.450	0.028	2.096	0.141	1.354	0.144	0.240	0.005	0.201	0.009	0.0814	0.0003	12.153	0.080	79.347	0.067	6.529	0.044
SAMO 18-4	18.5	3.120	0.018	2.120	0.101	0.990	0.102	0.220	0.003	0.190	0.006	0.0752	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 18-4	19.5	2.780	0.023	2.146	0.144	0.634	0.146	0.190	0.004	0.180	0.008	0.0803	0.0003	13.944	0.080	80.742	0.067	5.790	0.044
SAMO 18-4	20.5	3.150	0.018	2.280	0.108	0.870	0.110	0.210	0.003	0.190	0.006	0.0704	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 18-4	21.5	3.520	0.029	2.405	0.162	1.115	0.164	0.230	0.005	0.201	0.009	0.0743	0.0003	13.951	0.080	99.791	0.067	7.153	0.044
SAMO 18-4	22.5	3.260	0.019	2.370	0.113	0.890	0.114	0.210	0.003	0.190	0.006	0.0692	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 18-4	23.5	2.990	0.024	2.331	0.157	0.659	0.158	0.190	0.004	0.179	0.008	0.0777	0.0003	15.222	0.080	91.098	0.067	5.985	0.044
SAMO 18-4	24.5	3.490	0.020	2.320	0.110	1.170	0.112	0.220	0.004	0.200	0.006	0.0687	0.0002	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 18-4	25.5	3.990	0.032	2.311	0.155	1.679	0.159	0.250	0.006	0.220	0.010	0.0730	0.0003	12.228	0.080	100.157	0.067	8.191	0.044
SAMO 18-4	26.5	4.210	0.024	2.630	0.126	1.570	0.128	0.240	0.004	0.230	0.007	0.0674	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 18-4	27.5	4.420	0.036	2.954	0.198	1.466	0.202	0.230	0.005	0.238	0.010	0.0763	0.0003	14.489	0.080	130.433	0.067	9.002	0.044
SAMO 18-4	28.5	4.290	0.025	2.630	0.126	1.660	0.128	0.220	0.003	0.220	0.007	0.0680	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 18-4	29.5	4.160	0.034	2.305	0.155	1.855	0.158	0.200	0.005	0.206	0.009	0.0668	0.0002	13.049	0.080	116.775	0.067	8.949	0.044
SAMO 18-4	30.5	4.340	0.025	2.380	0.113	1.960	0.116	0.200	0.003	0.200	0.006	0.0739	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 18-4	31.5	4.520	0.037	2.462	0.165	2.058	0.169	0.200	0.005	0.186	0.008	0.0793	0.0003	15.447	0.080	107.838	0.067	6.981	0.044
SAMO 18-4	32.5	4.220	0.024	2.270	0.108	1.950	0.111	0.200	0.003	0.190	0.006	0.0828	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 18-4	33.5	3.920	0.032	2.078	0.140	1.842	0.143	0.200	0.005	0.189	0.008	0.0747	0.0003	12.833	0.080	91.260	0.067	7.111	0.044
SAMO 18-4	34.5	3.590	0.021	2.030	0.096	1.560	0.098	0.190	0.003	0.180	0.006	0.0714	0.0003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SAMO 18-4	35.5	3.250	0.026	1.974	0.133	1.276	0.135	0.180	0.004	0.176	0.008	0.0761	0.0003	13.111	0.080	80.106	0.067	6.110	0.044

Tabla A9. Datos de degradación y flujos de C<sub>org</sub> a partir del modelo de Middelburg de los núcleos sedimentarios del lago Santa María del Oro, Nayarit, México (P=profundidad).

Núcleo	P (cm)	Fecha (año)	Tiempo (años)	±	C <sub>org</sub> (%) medido	±	C <sub>org</sub> (%) modelado	±	C <sub>org</sub> (%) corregido	±	Flujo (mg cm <sup>-2</sup> año <sup>-1</sup> )	±
SAMO14-1	0.5	2013.5	0.85	0.08	6.49	0.13	6.28	0.17	7.17	0.10	3.27	0.31
SAMO14-1	1.5	2010.5	3.85	0.31	4.65	0.09	5.33	0.10	6.27	0.13	3.21	0.34
SAMO14-1	2.5	2006.6	7.73	0.62	3.28	0.07	4.80	0.10	5.43	0.12	3.40	0.49
SAMO14-1	3.5	2003.0	11.31	0.89	3.24	0.06	4.52	0.09	5.68	0.11	3.88	0.63
SAMO14-1	4.5	1999.6	14.70	1.15	2.81	0.06	4.32	0.09	5.44	0.10	4.17	0.81
SAMO14-1	5.5	1996.6	17.75	1.37	2.22	0.04	4.18	0.08	4.99	0.09	6.32	1.95
SAMO14-1	7.5	1993.2	21.14	1.70	3.20	0.06	4.05	0.07	6.10	0.10	8.49	3.05
SAMO14-1	10.5	1985.0	29.32	2.33	3.14	0.06	3.82	0.06	6.28	0.09	3.92	0.92
SAMO14-1	12.5	1979.0	35.30	2.90	3.96	0.08	3.69	0.06	7.23	0.08	3.48	0.85
SAMO14-1	15.5	1967.1	47.19	4.35	4.19	0.08	3.49	0.05	7.66	0.08	3.23	0.97
SAMO14-1	17.5	1958.3	55.98	5.77	3.36	0.07	3.38	0.05	6.94	0.07	2.74	0.94
SAMO14-1	20.5	1945.7	68.66	7.77	2.88	0.06	3.25	0.05	6.59	0.07	3.19	1.85
SAMO14-1	22.5	1931.2	83.16	10.77	3.29	0.07	3.13	0.05	7.12	0.08	2.31	1.42
SAMO14-1	25.5	1894.0	120.34	24.16	2.79	0.06	2.91	0.06	6.83	0.08	0.93	0.89
SAMO14-2	0.5	2013.9	0.40	0.03	8.56	0.34	8.51	0.34	9.56	0.21	3.68	0.31
SAMO14-2	1.5	2013.2	1.08	0.07	8.36	0.33	7.71	0.18	10.17	0.31	4.75	0.57
SAMO14-2	2.5	2011.9	2.41	0.14	5.40	0.21	6.92	0.15	7.99	0.24	4.98	0.44
SAMO14-2	3.5	2010.2	4.10	0.24	3.27	0.13	6.38	0.14	6.39	0.19	11.45	2.12
SAMO14-2	4.5	2009.0	5.33	0.34	3.02	0.12	6.12	0.13	6.41	0.18	13.86	3.84
SAMO14-2	5.5	2007.1	7.17	0.46	5.24	0.21	5.83	0.11	8.93	0.22	6.21	0.59
SAMO14-2	8.5	2000.5	13.82	0.69	3.25	0.13	5.20	0.08	7.56	0.15	4.85	0.54
SAMO14-2	10.5	1993.6	20.73	0.93	4.53	0.18	4.84	0.07	9.20	0.18	4.50	0.49
SAMO14-2	11.5	1990.3	24.02	1.06	6.53	0.26	4.71	0.07	11.34	0.25	5.56	0.69
SAMO14-2	13.5	1983.0	31.30	1.36	4.16	0.17	4.48	0.07	9.19	0.17	4.43	0.58
SAMO14-2	14.5	1978.8	35.49	1.57	5.10	0.20	4.38	0.07	10.24	0.19	4.24	0.57
SAMO14-2	15.5	1974.1	40.24	1.85	4.06	0.16	4.27	0.07	9.30	0.16	3.34	0.41

Núcleo	P (cm)	Fecha (año)	Tiempo (años)	±	C <sub>org</sub> (%) medido	±	C <sub>org</sub> (%) modelado	±	C <sub>org</sub> (%) corregido	±	Flujo (mg cm <sup>-2</sup> año <sup>-1</sup> )	±
SAMO14-2	17.5	1962.5	51.80	2.45	4.32	0.17	4.07	0.08	9.76	0.18	3.46	0.72
SAMO14-2	18.5	1957.5	56.86	2.78	3.60	0.14	4.00	0.08	9.12	0.16	3.89	0.91
SAMO14-2	19.5	1951.2	63.08	2.96	3.34	0.13	3.92	0.08	8.94	0.15	2.45	0.62
SAMO14-2	20.5	1943.1	71.18	3.70	4.59	0.18	3.82	0.09	10.28	0.19	2.35	0.37
SAMO14-2	21.5	1933.7	80.64	4.88	4.95	0.20	3.73	0.09	10.73	0.20	1.69	0.34
SAMO14-2	23.5	1899.5	114.86	11.09	2.28	0.09	3.48	0.11	8.31	0.14	1.54	0.86
SAMO14-3	0.5	2014.2	0.15	0.01	5.51	0.13	4.57	0.13	5.52	0.15	3.95	0.35
SAMO14-3	1.5	2013.7	0.65	0.04	5.59	0.13	4.54	0.11	5.64	0.14	5.62	0.44
SAMO14-3	2.5	2012.8	1.50	0.08	3.76	0.09	4.48	0.09	3.86	0.11	5.81	0.51
SAMO14-3	3.5	2011.5	2.85	0.14	3.84	0.09	4.40	0.06	4.02	0.10	5.81	0.60
SAMO14-3	4.5	2010.2	4.16	0.22	4.23	0.10	4.33	0.05	4.48	0.10	6.20	0.74
SAMO14-3	5.5	2008.8	5.49	0.26	3.84	0.09	4.26	0.04	4.16	0.09	4.23	0.35
SAMO14-3	7.5	2006.1	8.24	0.36	3.06	0.07	4.14	0.03	3.50	0.07	6.43	1.07
SAMO14-3	10.5	2002.4	11.94	0.54	3.86	0.09	4.01	0.03	4.43	0.09	7.11	0.89
SAMO14-3	12.5	2000.3	14.05	0.60	3.65	0.09	3.95	0.04	4.29	0.09	10.56	2.61
SAMO14-3	15.5	1996.5	17.85	0.73	4.42	0.11	3.84	0.04	5.16	0.11	6.09	0.69
SAMO14-3	17.5	1992.6	21.74	0.85	3.24	0.08	3.75	0.05	4.07	0.08	3.45	0.48
SAMO14-3	20.5	1987.5	26.81	1.02	2.94	0.07	3.65	0.05	3.87	0.08	6.09	0.69
SAMO14-3	22.5	1981.8	32.52	1.23	4.10	0.10	3.56	0.05	5.13	0.10	3.08	0.35
SAMO14-3	25.5	1972.7	41.66	1.66	3.92	0.09	3.43	0.05	5.08	0.10	3.32	0.40
SAMO14-3	27.5	1966.3	47.97	1.85	4.50	0.11	3.35	0.05	5.73	0.10	2.58	0.61
SAMO14-3	30.5	1956.9	57.43	2.33	3.49	0.08	3.26	0.05	4.82	0.09	2.63	0.33
SAMO14-3	32.5	1945.3	69.03	2.95	3.04	0.07	3.16	0.04	4.46	0.08	1.53	0.36
SAMO14-3	34.5	1929.9	84.44	3.70	3.32	0.08	3.05	0.04	4.85	0.08	1.29	0.32
SAMO14-3	35.5	1919.8	94.50	4.37	3.09	0.07	2.99	0.04	4.69	0.08	1.08	0.27
SAMO14-3	36.5	1908.0	106.33	5.53	2.61	0.06	2.92	0.04	4.27	0.07	0.84	0.23
SAMO14-3	37.5	1891.5	122.81	7.67	2.63	0.06	2.85	0.04	4.36	0.07	0.68	0.21
SAMO18-4	0.5	2017.8	0.55	0.07	3.66	0.25	3.71	0.31	3.87	0.23	4.10	0.60
SAMO18-4	1.5	2016.6	1.74	0.19	4.12	0.28	3.42	0.19	4.61	0.25	4.14	0.61

Núcleo	P (cm)	Fecha (año)	Tiempo (años)	±	C <sub>org</sub> (%) medido	±	C <sub>org</sub> (%) modelado	±	C <sub>org</sub> (%) corregido	±	Flujo (mg cm <sup>-2</sup> año <sup>-1</sup> )	±
SAMO18-4	2.5	2015.6	2.72	0.28	3.78	0.25	3.27	0.14	4.43	0.24	5.11	0.82
SAMO18-4	3.5	2014.5	3.81	0.37	2.23	0.15	3.14	0.11	3.01	0.17	6.71	1.42
SAMO18-4	4.5	2013.6	4.73	0.49	1.19	0.08	3.05	0.10	2.05	0.13	23.78	13.90
SAMO18-4	5.5	2013.1	5.21	0.57	1.25	0.08	3.01	0.09	2.15	0.12	18.17	13.18
SAMO18-4	6.5	2012.3	6.01	0.70	1.53	0.10	2.95	0.08	2.49	0.13	9.28	2.31
SAMO18-4	7.5	2010.4	7.92	0.86	1.60	0.11	2.83	0.06	2.68	0.13	5.16	1.14
SAMO18-4	8.5	2008.4	9.91	1.08	1.71	0.11	2.74	0.05	2.89	0.13	8.25	1.79
SAMO18-4	9.5	2007.2	11.11	1.17	1.35	0.09	2.69	0.05	2.58	0.10	11.09	4.99
SAMO18-4	10.5	2006.0	12.32	1.31	1.78	0.12	2.64	0.05	3.06	0.12	18.81	7.22
SAMO18-4	11.5	2004.6	13.68	1.44	2.13	0.14	2.60	0.04	3.45	0.14	8.36	3.48
SAMO18-4	12.5	2003.0	15.35	1.63	2.10	0.14	2.55	0.04	3.47	0.14	8.26	1.76
SAMO18-4	13.5	2000.9	17.42	1.81	2.26	0.15	2.49	0.04	3.68	0.15	7.35	2.01
SAMO18-4	14.5	1998.8	19.52	2.05	2.31	0.22	2.44	0.04	3.78	0.21	6.88	1.52
SAMO18-4	15.5	1996.6	21.77	2.28	2.37	0.16	2.40	0.04	3.89	0.16	5.73	1.54
SAMO18-4	16.5	1993.7	24.63	2.63	2.23	0.21	2.35	0.05	3.80	0.21	4.77	0.99
SAMO18-4	17.5	1991.0	27.29	2.97	2.10	0.14	2.30	0.05	3.71	0.14	6.56	2.35
SAMO18-4	18.5	1988.6	29.76	3.30	2.12	0.20	2.27	0.05	3.77	0.20	6.50	2.37
SAMO18-4	19.5	1985.6	32.72	3.72	2.15	0.14	2.23	0.05	3.83	0.14	6.45	2.33
SAMO18-4	20.5	1982.2	36.13	4.20	2.28	0.22	2.19	0.05	4.00	0.21	8.08	3.58
SAMO18-4	21.5	1979.4	38.89	4.66	2.41	0.16	2.16	0.05	4.16	0.16	11.25	6.78
SAMO18-4	22.5	1978.0	40.37	4.93	2.37	0.23	2.14	0.05	4.14	0.22	10.22	6.18
SAMO18-4	23.5	1976.6	41.74	5.16	2.33	0.16	2.13	0.05	4.12	0.16	9.20	5.53
SAMO18-4	24.5	1975.1	43.19	5.44	2.32	0.22	2.12	0.05	4.12	0.22	10.43	7.48
SAMO18-4	25.5	1973.7	44.65	5.67	2.31	0.16	2.10	0.05	4.12	0.16	12.58	10.77
SAMO18-4	26.5	1971.3	47.02	6.08	2.63	0.25	2.08	0.05	4.46	0.25	4.88	2.81
SAMO18-4	27.5	1967.4	50.92	6.68	2.95	0.20	2.05	0.06	4.82	0.20	5.43	3.38
SAMO18-4	28.5	1964.5	53.86	7.34	2.63	0.25	2.03	0.06	4.51	0.25	15.07	17.86
SAMO18-4	29.5	1963.0	55.33	7.57	2.30	0.15	2.02	0.06	4.20	0.16	13.25	15.25
SAMO18-4	30.5	1960.8	57.48	7.76	2.38	0.23	2.00	0.06	4.29	0.22	10.84	13.86

Núcleo	P (cm)	Fecha (año)	Tiempo (años)	±	C <sub>org</sub> (%) medido	±	C <sub>org</sub> (%) modelado	±	C <sub>org</sub> (%) corregido	±	Flujo (mg cm <sup>-2</sup> año <sup>-1</sup> )	±
SAMO18-4	31.5	1959.4	58.94	8.09	2.46	0.17	2.00	0.06	4.38	0.17	19.18	32.41
SAMO18-4	33.5	1957.9	60.47	8.05	2.08	0.14	1.99	0.06	4.01	0.15	7.99	6.59
SAMO18-4	34.5	1955.2	63.11	8.22	2.04	0.14	1.97	0.06	3.99	0.14	9.22	13.31
SAMO18-4	35.5	1952.6	65.74	8.41	1.97	0.13	1.95	0.06	3.94	0.14	10.30	13.66



Tabla A10. Resultados del análisis de varianza de las variables geoquímicas, elementos de referencia y elementos contaminantes en núcleos sedimentarios del lago Santa María del Oro, NDyarit, México.

Núcleo	Arcillas (%)		Comparación	Limos (%)		Comparación	AreNDs (%)		Comparación
	Min	Max		*	Min		Max	*	
SAMO 14-1	8.1	28.4	A	60.9	89.8	A	0.04	29.63	A
SAMO 14-2	7.3	25.0	A	60.4	90.1	A	0.1	31.7	A
SAMO 14-3	8.8	29.4	A	61.5	88.6	A	0.1	22.4	A
SAMO 18-4	9.6	16.0	A	76.2	85.2	A	0.6	12.4	A
	SM (x10 <sup>-6</sup> CGS)			Al (%)			Ti (%)		
SAMO 14-1	29.5	337.0	A	3.1	11.1	A	0.2	0.7	A
SAMO 14-2	27.3	196.3	B	1.9	12.2	A,B	0.2	0.5	B
SAMO 14-3	27.5	204.1	B	3.4	10.7	B	0.2	0.6	B
SAMO 18-4	82.2	213.7	A	7.0	10.2	A	0.4	0.5	A
	Rb (µg g <sup>-1</sup> )			Zr (µg g <sup>-1</sup> )			Fe (%)		
SAMO 14-1	41.7	123.6	A	41.2	295.7	A	0.4	6.5	A
SAMO 14-2	34.7	127.9	A	38.0	187.0	A	0.3	7.1	A
SAMO 14-3	42.5	121.2	A	52.9	243.5	A	0.6	6.5	A
SAMO 18-4	90.6	126.7	B	105.2	160.7	A	4.2	6.8	B
	Mn (µg g <sup>-1</sup> )			As (µg g <sup>-1</sup> )			Ni (µg g <sup>-1</sup> )		
SAMO 14-1	489.4	6194.0	A	37.4	235.6	A	7.2	32.7	A
SAMO 14-2	495.3	13860.0	B	50.9	280.8	B	19.8	48.5	B
SAMO 14-3	447.8	5397.0	A	31.8	267.4	A	11.9	46.9	C
SAMO 18-4	876.7	2041.0	A	52.9	91.2	C	19.6	31.0	C
	Cr (µg g <sup>-1</sup> )			Cu (µg g <sup>-1</sup> )			Pb (µg g <sup>-1</sup> )		
SAMO 14-1	12.9	92.2	A	18.2	34.3	A	1.4	47.6	A
SAMO 14-2	15.2	46.2	A	20.3	30.1	A	1.2	22.8	B
SAMO 14-3	15.8	156.7	B	20.8	46.2	B	1.9	33.3	B
SAMO 18-4	28.5	42.1	A	23.3	82.2	A,B	26.8	46.9	C

	V ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )			Zn ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )			C <sub>tot</sub> (%)		
SAMO 14-1	50.6	169.0	A,B	50.5	172.3	A	1.0	9.7	A,B
SAMO 14-2	47.4	177.8	A	41.0	167.2	A	1.6	12.0	A
SAMO 14-3	59.1	167.4	B	51.3	177.0	A	1.4	12.7	A
SAMO 18-4	129.3	204.9	C	117.4	182.9	B	1.6	6.6	B
	C <sub>org</sub> (%)			C <sub>inorg</sub> (%)			N <sub>tot</sub> (%)		
SAMO 14-1	0.9	6.5	A,B	0.2	6.0	A, B	0.1	0.7	A
SAMO 14-2	1.3	8.6	A	0.2	5.7	A	0.1	1.1	B
SAMO 14-3	1.1	5.6	A	0.2	7.2	A	0.1	1.1	A,B
SAMO 18-4	1.2	4.1	B	0.3	2.5	B	0.2	0.5	A
	N <sub>org</sub> (%)			<sup>210</sup> Pb <sub>tot</sub> (Bq kg <sup>-1</sup> )			<sup>226</sup> Ra (Bq kg <sup>-1</sup> )		
SAMO 14-1	0.1	0.7	A	34.5	235.1	A	13.1	41.7	A
SAMO 14-2	0.1	0.9	B	36.8	310.9	A,B	16.3	33.7	A
SAMO 14-3	0.1	0.5	A,B	32.4	303.1	A	16.2	33.7	A
SAMO 18-4	0.1	0.5	A	35.8	153.9	B	36.5	48.7	B
	<sup>210</sup> Pb <sub>exc</sub> (Bq kg <sup>-1</sup> )			<sup>137</sup> Cs (Bq kg <sup>-1</sup> )			TAM (g cm <sup>-2</sup> año <sup>-1</sup> )		
SAMO 14-1	12.1	194.4	A	<LD	33.3	A	0.01	0.40	A
SAMO 14-2	8.4	290.9	B	0.0	23.1	A	0.01	0.22	A
SAMO 14-3	9.6	275.7	B	0.0	30.8	A	0.01	0.40	A
SAMO 18-4	ND	116.6	A	0.0	15.1	A	0.09	1.16	B
	TAS (cm año <sup>-1</sup> )			<sup>210</sup> Pb <sub>sop</sub> (Bq kg <sup>-1</sup> )			P <sub>tot</sub> (%)		
SAMO 14-1	0.05	0.99	A	40.7	40.7	A,B	<LD	0.16	A
SAMO 14-2	0.04	1.83	A	16.3	56.0	B	<LD	0.18	B
SAMO 14-3	0.05	3.42	A,B	16.2	42.6	C	0.07	0.17	C
SAMO 18-4	0.21	2.84	B	36.5	48.7	A	0.07	0.08	D

ND= No detectable, LD=límite de detección (1 $\mu\text{g/g}$  para P, 1.8 Bq kg<sup>-1</sup> para <sup>137</sup>Cs)

Tabla A11. Análisis de factores: cargas de factores con rotación Varimax en los núcleos sedimentarios del lago Santa María del Oro, NDyarit, México (SM=susceptibilidad magnética, C<sub>org</sub>=carbono orgánico, C<sub>inorg</sub>=carbono inorgánico).

Variable	Factor 1	Factor 2	ComuNDlidad
Fe	<b>0.87</b>	0.36	0.91
Rb	<b>0.82</b>	0.46	0.91
Al	<b>0.82</b>	0.38	0.84
Zn	<b>0.80</b>	0.48	0.89
Co	<b>0.79</b>	0.40	0.82
V	<b>0.77</b>	0.42	0.79
Zr	<b>0.71</b>	0.40	0.70
Ti	0.69	0.56	0.86
Ni	0.63	-0.21	0.45
Pb	0.46	<b>0.71</b>	0.74
Ca	<b>-0.85</b>	-0.38	0.90
Sr	<b>-0.83</b>	-0.11	0.80
C <sub>inorg</sub>	<b>-0.81</b>	-0.44	0.88
C <sub>org</sub>	-0.65	-0.52	0.74
As	-0.31	<b>-0.79</b>	<b>0.79</b>
S	-0.25	<b>-0.73</b>	<b>0.58</b>
Mn	0.10	<b>-0.72</b>	<b>0.57</b>
Arcillas	0.36	0.00	0.19
Cr	0.20	0.18	0.11
Cu	0.15	0.16	0.07
AreNDs	0.06	0.34	0.31
Limos	-0.29	-0.33	0.29
Varianza	0.39	0.21	
Varianza <sub>acumulada</sub>	0.39	0.60	

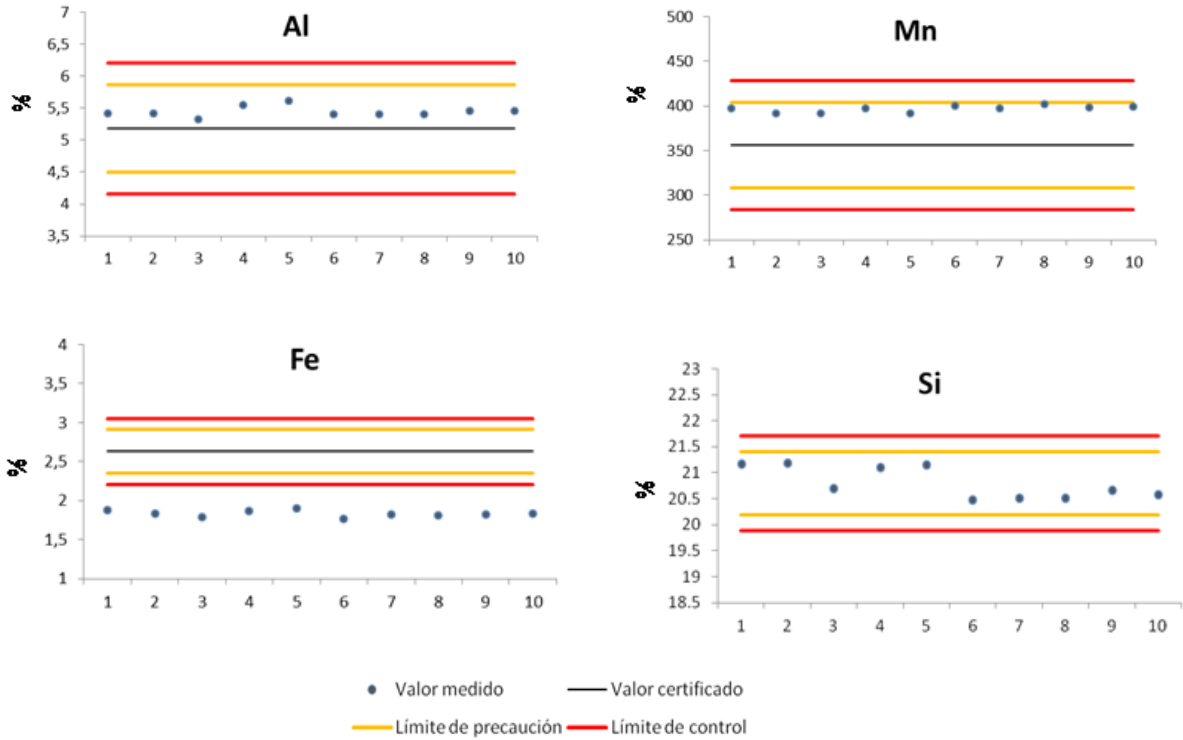


Figura A1. CCCA para las determinaciones de elementos mayoritarios (Al, Fe, Mn y Si). Las CCCA fueron construidas tras el análisis de los materiales de referencia certificados IAEA-433 (ND) e IAEA-158.

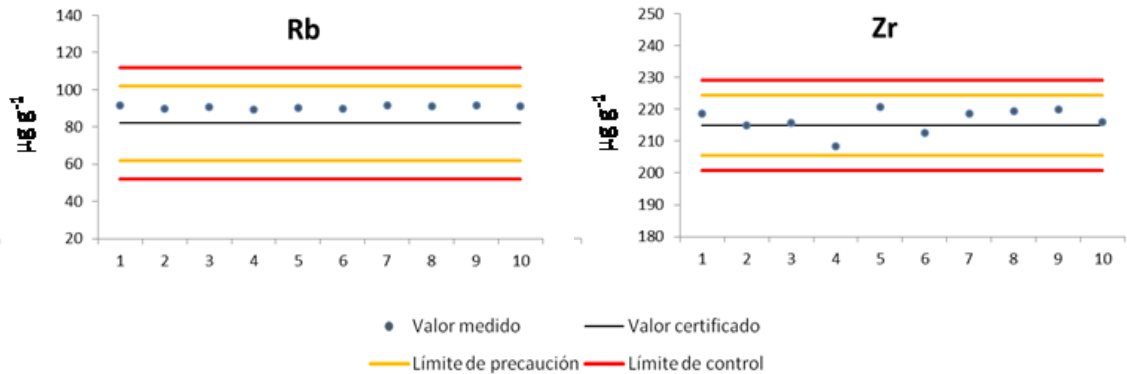


Figura A2. CCCA para las determinaciones de elementos terrígenos. (Rb y Zr); fueron construidas tras el análisis del material de referencia certificado IAEA-158.

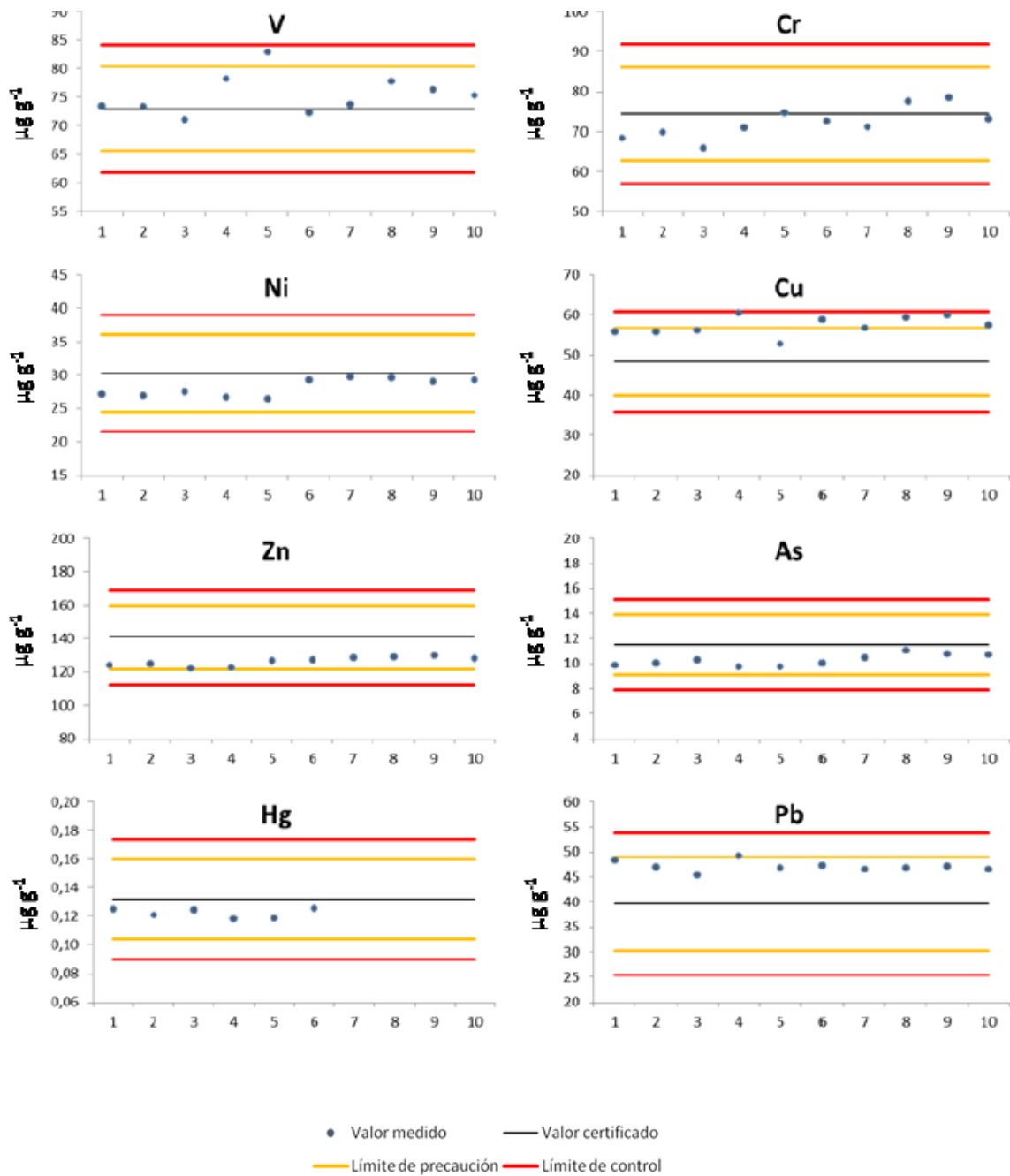


Figura A3. CCCA para las determinaciones de elementos contaminantes (As, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V y Zn). Las CCCA fueron construidas tras el análisis del material de referencia certificado IAEA-158.

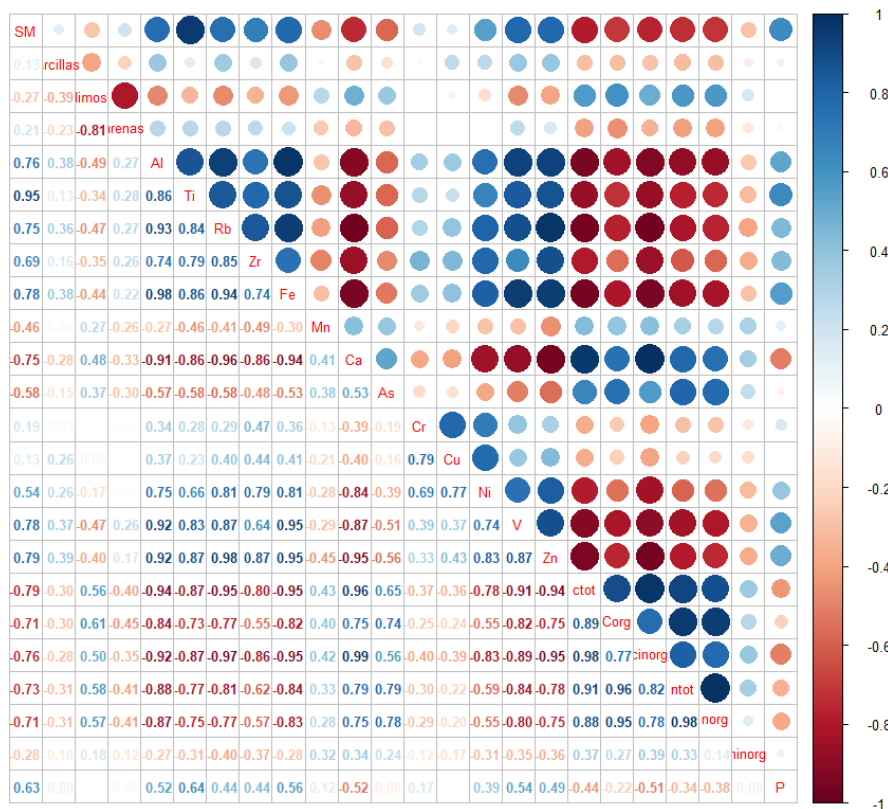


Figura A4a. Correlación de variables geoquímicas y elementos contaminantes en los sedimentos del lago Santa María del Oro, NDyarit (Núcleo SAMO 14-1)

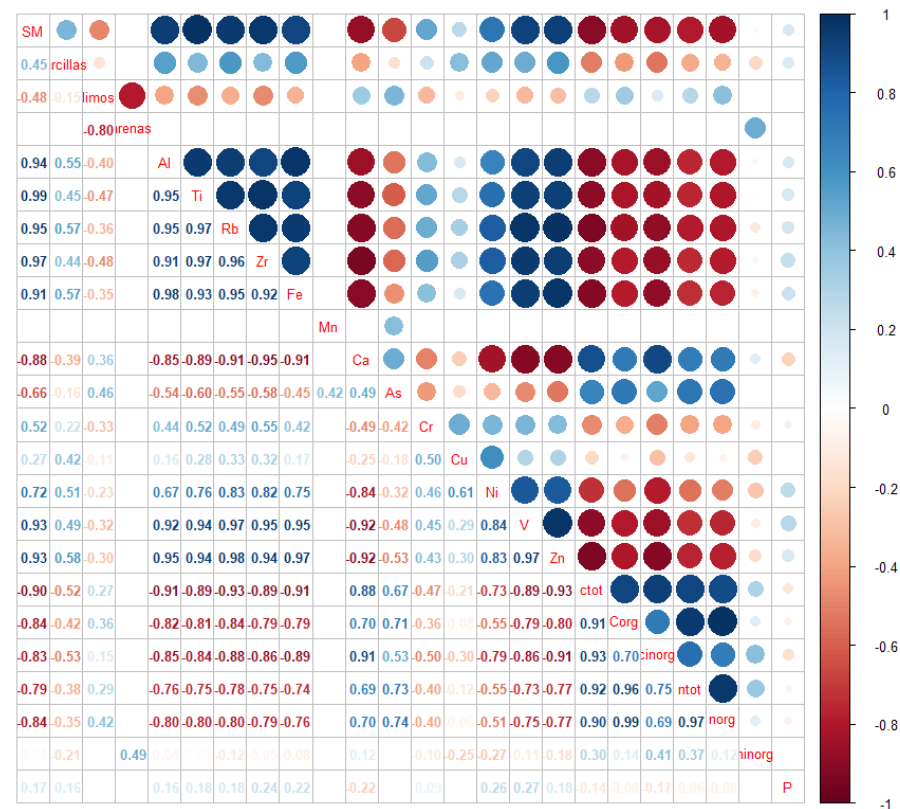


Figura A4b. Correlación de variables geoquímicas y elementos contaminantes en los sedimentos del lago Santa María del Oro, NDyarit (Núcleo SAMO 14-2)



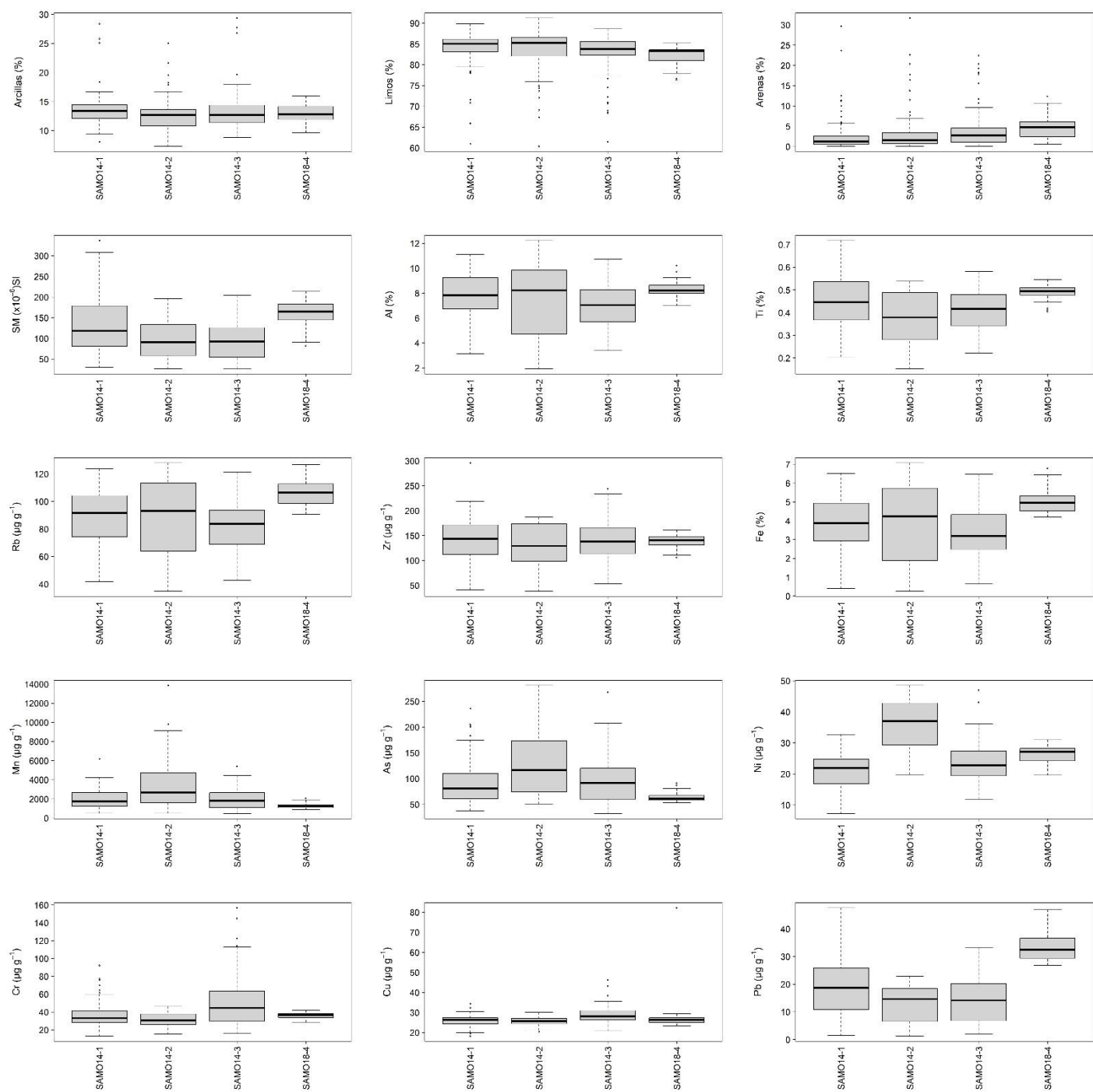


Figura A5a. Gráficos de caja y bigotes para variables geoquímicas, elementos de referencia, y metales pesados en núcleos sedimentarios SAMO 14-1, SAMO14-2, SAMO 14-3 y SAMO18-4 del lago Santa María del Oro, NDyarit, México.



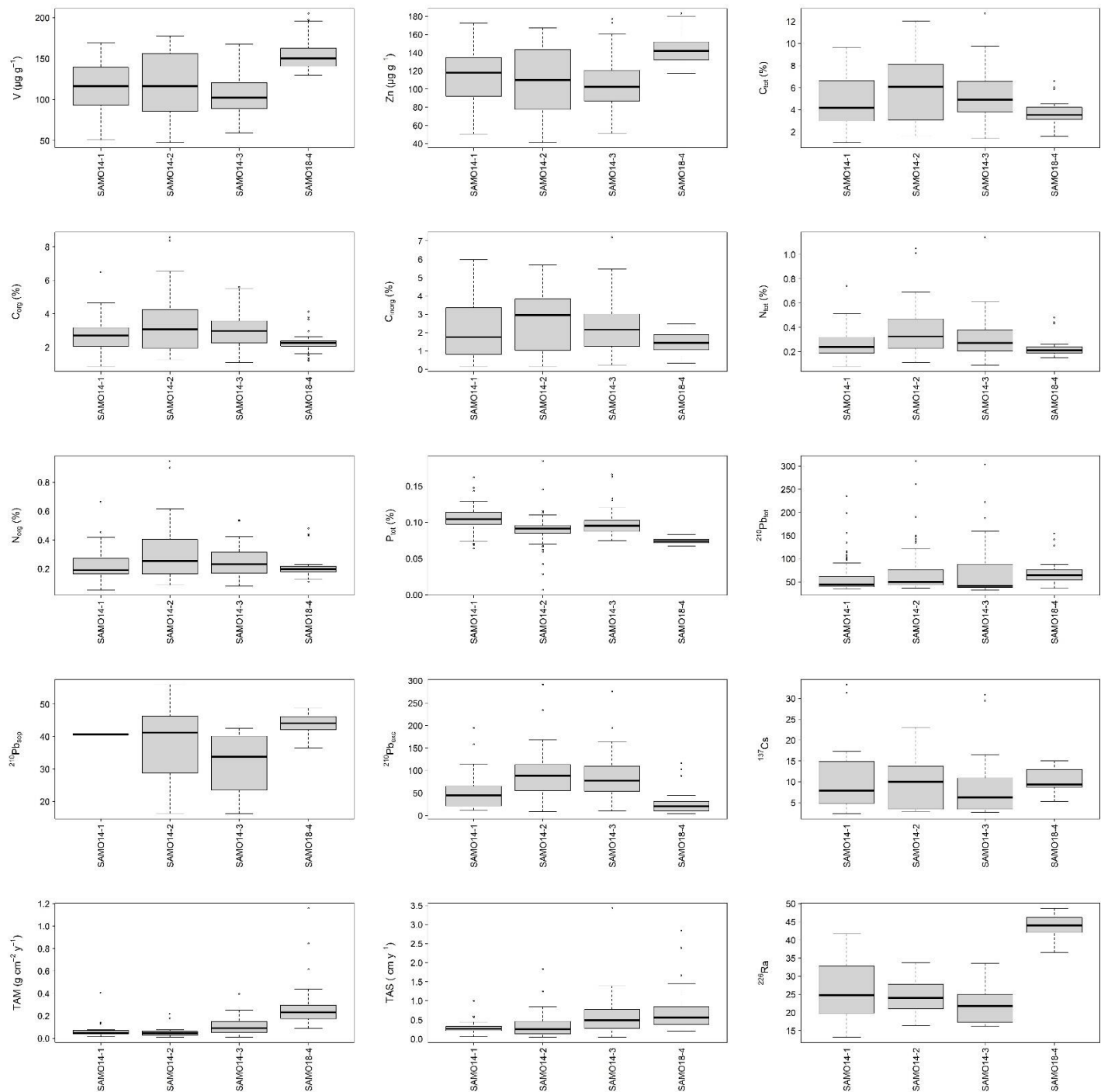


Figura A5b. Gráficos de caja y bigotes para variables geoquímicas, elementos de referencia, y metales pesados en núcleos sedimentarios SAMO 14-1, SAMO14-2, SAMO 14-3 y SAMO18-4 del lago Santa María del Oro, Nayarit, México.

