

Normativa de suelos_Estudios geoquímicos de SERNAGEOMIN

Juan Lacassie Reyes <[REDACTED]>

Vie 15-09-2023 17:27

Para:npcasuelos <npcasuelos@mma.gob.cl>

 1 archivos adjuntos (1 MB)

GEOQUIMICA DE SUELOS Y SEDIMENTOS_PROGRAMA DE SERNAGEOMIN.pdf;

Estimadas/os,

Junto con saludar le comento que tuve la oportunidad de participar en el seminario asociado a la norma de suelos que está coordinando el MMA.

En dicho marco se solicitó informar a este correo sobre posibles antecedentes aplicables a dicha norma.

Al respecto le envío en forma adjunta un breve resumen de los actuales avances del Programa de Cartografía Geoquímica de SERNAGEOMIN.

Los estudios realizados se encuentran detallados en las referencias del informe adjunto.

Estos pueden ser solicitados a SERNAGEOMIN, si fuesen de interés para fines de la norma en curso.

Por lo mismo, quedo muy atento a cualquier consulta o requerimiento de vuestra parte.

Atentamente,

Juan Pablo Lacassie Reyes

Juan Pablo Lacassie Reyes

Geólogo_Sernageomin_Los Ríos

Jefe de la Unidad de Geoquímica, Departamento de Geología General

Servicio Nacional de Geología y Minería [REDACTED]

**Ministerio de Minería
Gobierno de Chile**



PROGRAMA DE CARTOGRAFÍA GEOQUÍMICA DE SERNAGEOMIN

REALIZADO POR: Juan Pablo Lacassie Reyes
Jefe de la Unidad de Geoquímica
Departamento de Geología General
Servicio Nacional de Geología y Minería

SEPTIEMBRE 2023

El Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), en el marco del Plan Nacional de Geología (PNG), implementado el año 2011, ha desarrollado estudios sistemáticos de geoquímica inorgánica (59 a 62 elementos químicos), de suelos y sedimentos del territorio nacional (Figs. 1 y 2). Estos avances han permitido generar las primeras líneas de base de geoquímica ambiental, a escala regional o de cuenca fluvial, de nuestro territorio.

Los resultados a la fecha incluyen los siguientes productos:

- Cuatro (4) mapas geoquímicos (Lacassie *et al.*, 2012; Astudillo *et al.*, 2014; Baeza *et al.*, 2014a; Espinoza *et al.*, 2020).
- Ocho (8) bases de datos geoquímicos (Baeza *et al.*, 2014b; Lacassie *et al.*, 2014; Astudillo *et al.*, 2015, 2021; Espinoza *et al.*, 2016; Ramírez *et al.*, 2016; Castro *et al.*, 2021; Oliva *et al.*, 2022; Fig. 1).
- Seis (6) informes registrados (Lacassie 2008; Barrera *et al.*, 2017; Lacassie & Díaz, 2019; Lacassie *et al.*, 2019; Baeza *et al.*, 2020; Lacassie *et al.*, 2022).

Lo anterior, junto a otros estudios apoyados por SERNAGEOMIN, incluyendo tesis de grado y publicaciones científicas, ha permitido estudiar sistemáticamente la composición geoquímica y mineralógica de sedimentos de 10 cuencas fluviales, incluyendo:

- Sistema fluvial de los ríos Lluta y Azapa (Fig. 2, zona 1).
- Sistema fluvial de los ríos Salado, Copiapó y Huasco (Fig. 2, zona 2).
- Sistema fluvial de los ríos Elquí y Limarí (Fig. 2, zona 3).
- Sistema fluvial del río Rapel (Fig. 2, zona 4).
- Sistema fluvial del río Aysén (Fig. 2, zona 5).
- Sistema fluvial del río Valdivia (Fig. 2, zona 6).

El estudio de la cuenca del río Mataquito (zona 7) está en curso, mientras que los muestreos de Tierra del Fuego (zona 8) y la cuenca del río Bueno (zona 9) comenzarían en los próximos años.

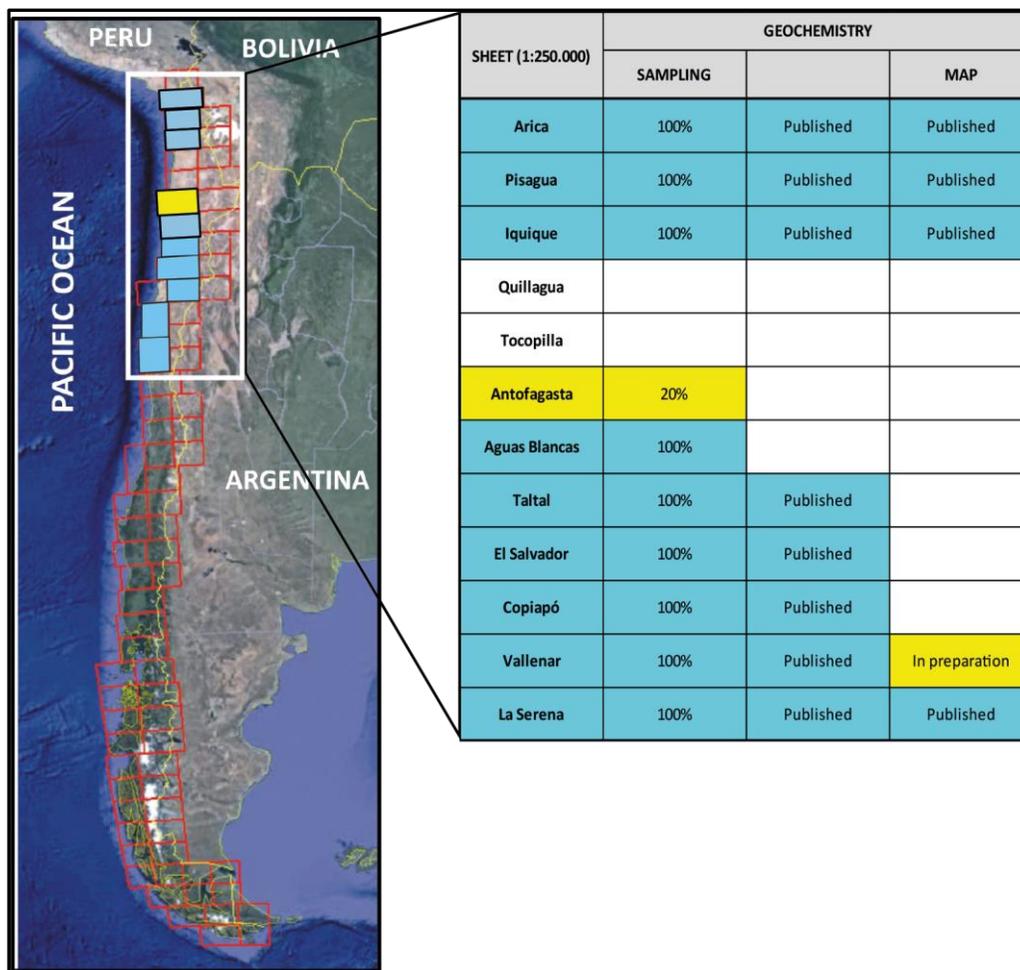


FIG. 1. Mapa Geoquímico de Chile, escala 1:250.000, realizado por SERNAGEOMIN. Estado de avance al año 2023. Los límites de las hojas escala 1:250.000 (recuadros rojos) son solo referenciales. Así, las áreas de trabajo corresponden únicamente a las comprendidas en territorio chileno.

Dichos estudios geoquímicos de SERNAGEOMIN, han revelado la existencia de zonas con altos valores en metales y metaloides, tanto en suelos de extensas porciones territoriales como en importantes cuencas fluviales de Chile (Figs. 2 y 3). Esta información de suelos y sedimentos revela la ocurrencia de extensas zonas cuyos niveles de metales pueden involucrar riesgos tanto para la biota como para la salud humana (e.g. Lacassie y Ruiz-Del-Solar, 2021). Respecto de los estudios de cuencas fluviales, los informes técnicos asociados incluyen los siguientes casos de especial connotación para la salud ambiental y humana:

1. *Cuenca del río Limarí*: En la porción NE de esta cuenca, los sedimentos del río Hurtado presentan concentraciones de Cu-As-Cd-Zn superiores a sus respectivos umbrales ambientales de PEC (MacDonald et al., 2000; círculos coloreados en Fig. 2). Esta es una característica natural asociada con áreas fuente con alteración hidrotermal o mineralización y drenaje ácido natural asociado (sedimentos de color rojo).
2. *Cuenca del río Rapel*: En esta cuenca, los sedimentos del río Cachapoal se caracterizan por tener concentraciones extremadamente altas de Cu-Mo asociadas a las actividades mineras de la mina de Cu-Mo El Teniente (Lacassie y Ruiz-Del-Solar, 2021). En particular, los valores de Cu son más altos que los reportados en los sedimentos del Río Fly, luego de décadas de contaminación con materiales derivados de la minería de la mina Ok Tedi Cu-Au (área rosa en el diagrama de Cu de la figura 2; Baker & Harris, 1991).
3. *Cuenca del río Aysén*: En la porción NE de esta cuenca, los sedimentos del río Toqui presentan concentraciones de Cu-As-Cd-Zn-Pb-Hg superiores a sus respectivos umbrales ambientales (valores PEC; MacDonald et al., 2000). Esto está asociado a materiales derivados de la minería del relave de la mina Confluencia, de la mina El Toqui Au.

Cabe mencionar que, la consistencia en el avance del Programa de Cartografía Geoquímica del Plan Nacional de Geología de SERNAGEOMIN, permite proyectar un importante hito para el año 2027. Este corresponde al levantamiento de información geoquímica multiparámetro (62 elementos) de suelos y sedimentos de la depresión intermedia y cordillera de la costa entre las hojas La Serena por el sur y Arica por el norte (Fig. 4). A su vez, se está implementando una importante innovación, correspondiente al formato web para los mapas geoquímicos. Esto permitirá poner a disposición pública la información de los mapas geoquímicos de suelos y sedimentos, a través de plataformas y aplicaciones para smartphones.

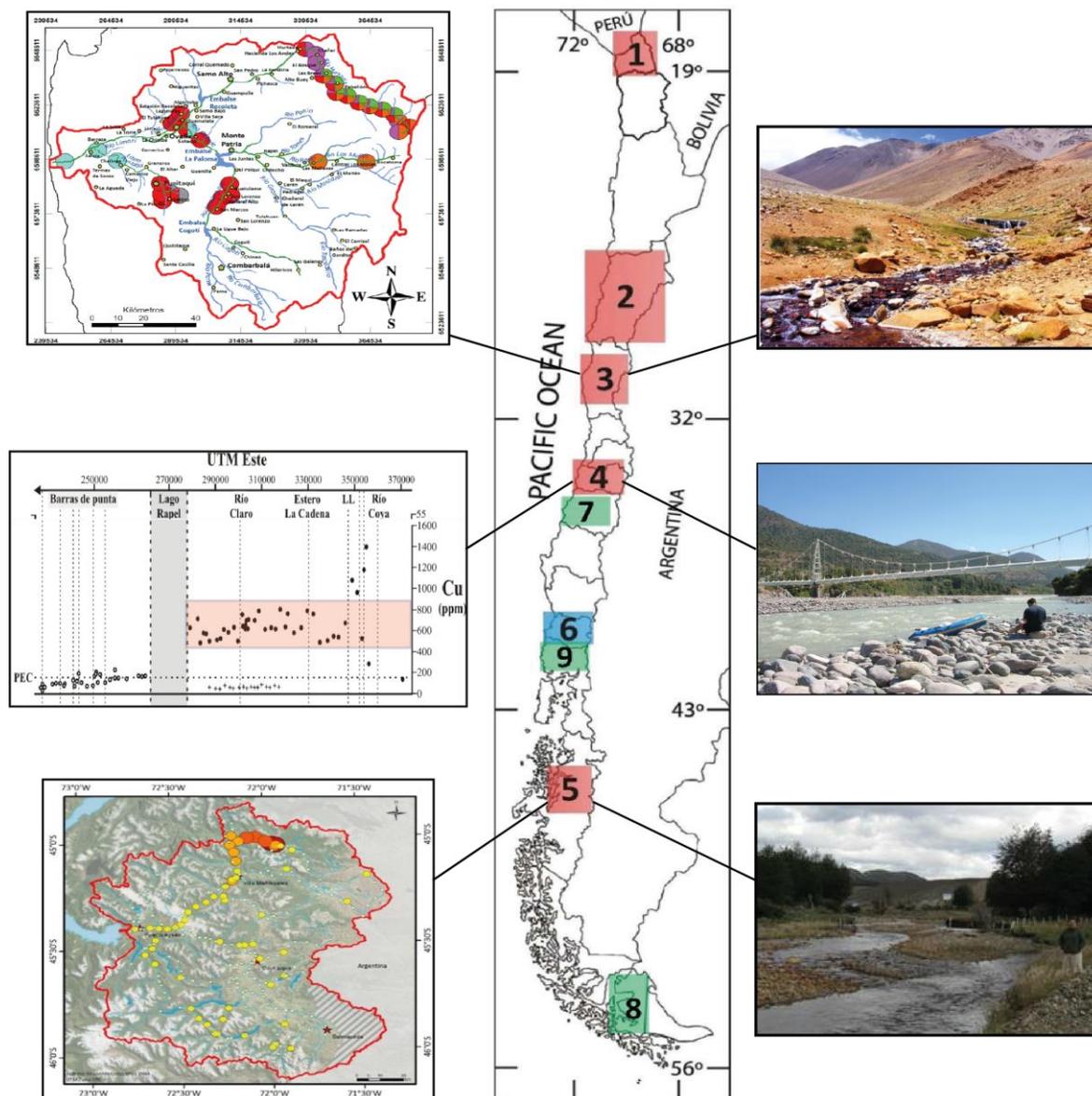


FIG. 2. Ubicación geográfica de las cuencas fluviales que han sido estudiadas (rosa), están actualmente en estudio (azul) y serán estudiadas (verde) en un futuro próximo. 1: cuencas de los ríos Lluta y Azapa-Vitor; 2: cuencas de los ríos Copiapó, Salado y Huasco; 3: cuenca de los ríos Elqui y Limarí; 4: cuenca del río Rapel; 5: cuenca del río Aysén; 6: cuenca del río Valdivia; 7: cuenca del río Mataquito; 8: cuenca de Tierra del Fuego (estudio aún no iniciado); 9: Cuenca del Río Bueno (estudio aún no iniciado). En particular la cuenca del río Limarí, presenta elevadas concentraciones de Cu-As-Cd-Zn, en la parte alta del río Hurtado; 2) el río Cachapoal de la cuenca del río Rapel, con elevadas concentraciones de Cu-Mo (Lacassie y Ruiz-Del-Solar, 2021); 3) el río Toqui en la cuenca del río Aysén, con concentraciones elevadas de Cu-As-Cd-Zn-Pb-Hg.

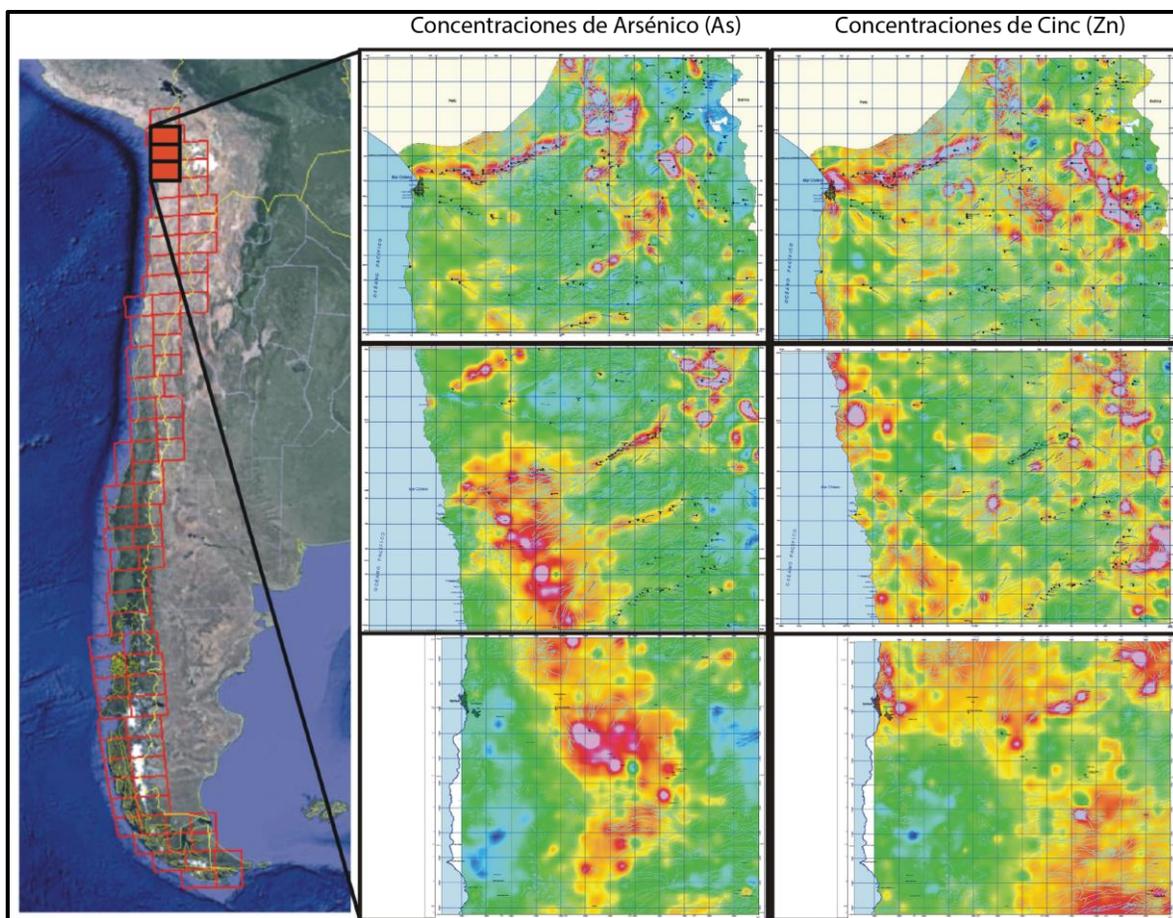


FIG. 3. Ejemplo de los resultados del programa de cartografía geoquímica de SERNAGEOMIN. Mapa integrado de las hojas Arica-Pisagua-Iquique (IGM, escala :250.000). Se detallan las concentraciones en suelos y sedimentos de los elementos Arsénico (As) y Cinc (Zn) en extensas porciones territoriales (aprox. 50.000 km²). Los colores rojos y magenta indican concentraciones elevadas (ej. Precordillera, Pampa del Tamarugal, ríos Lluta y Camarones).

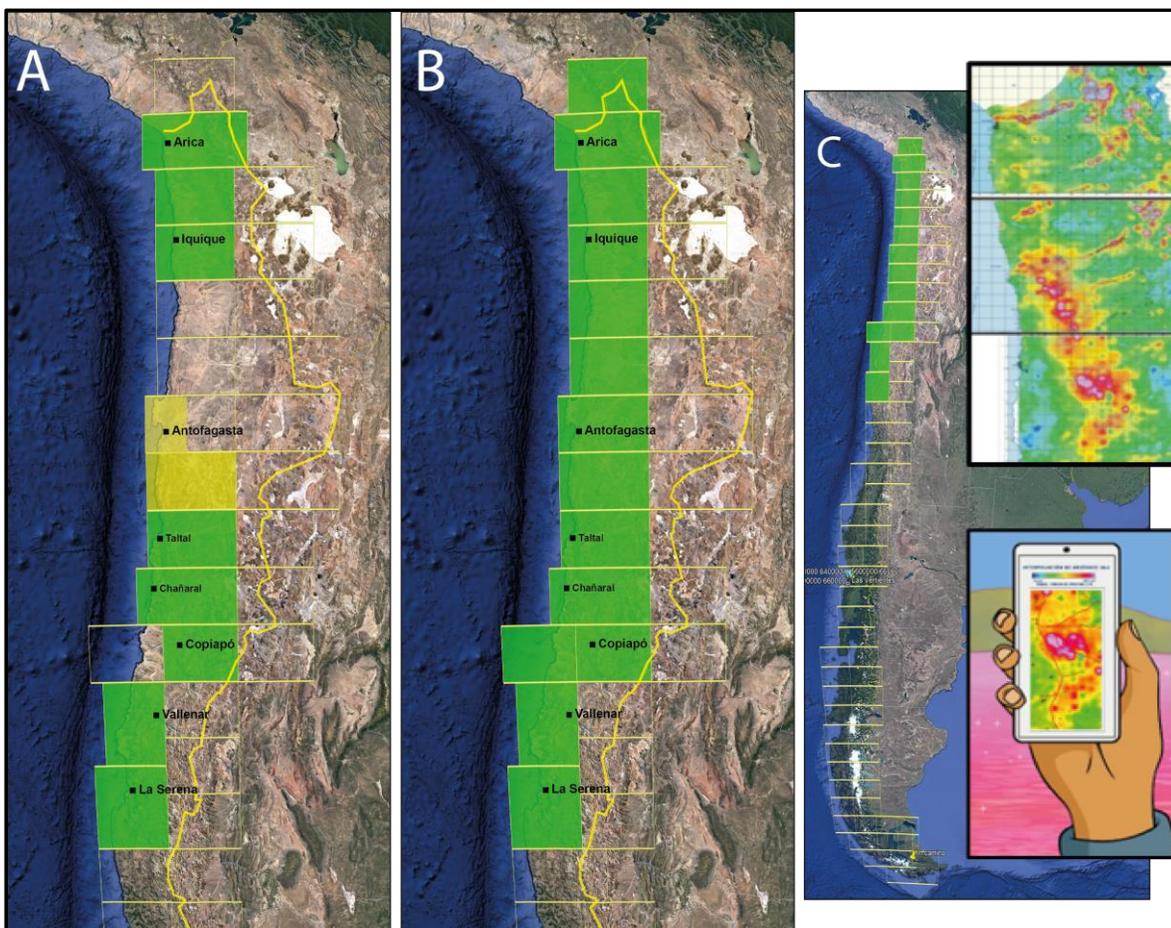


FIG. 4. A: Avance a la fecha, en la zona norte de Chile, del programa de cartografía geoquímica de SERNAGEOMIN. En verde las Hojas IGM (escala 1: 250.000) con información levantada, en amarillo las Hojas con información en levantamiento. B: Proyección para el año 2027. C: Ejemplo de visualización de la información geoquímica multiparámetro (62 elementos químicos) a través del uso de smartphones.

1. BIBLIOGRAFIA

Astudillo, F., Lacassie, J.P., Baeza, F., Carrasco, F., Castillo, P., Espinoza, F., Figueroa, M., Miralles, C., Muñoz, N., Ramírez, C. (2014). Geoquímica de sedimentos de drenaje de la Hoja Pisagua, Región de Tarapacá. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geoquímica, 1 mapa interactivo para 59 elementos químicos escala 1:250.000, 1 CD-ROM versión 1.0, 2 anexos, Santiago.

Astudillo, F.; Baeza, L.; Barrera, J.; Carrasco, F.; Castillo, P.; Espinoza, F.; Figueroa, M.; Lacassie, J.P.; Miralles, C.; Muñoz, N.; Ramírez, C. (2015). Base de datos de

- Geoquímica de sedimentos de la Hoja Pisagua, Regiones de Tarapacá y de Arica y Parinacota. Base de datos No. 3: texto de 40 p.
- Astudillo, F., Lacassie, J.P., Baeza, L., Castillo, P., Muñoz, N., Ramírez, C., Carrasco, F., Miralles, C. (2021). Base de datos de Geoquímica de sedimentos de la Hoja Copiapó, Región de Atacama. Escala 1:250000.
- Baeza, L., Lacassie, J.P., Astudillo, F., Carrasco, F., Castillo, P., Espinoza, F., Figueroa, M., Miralles, C., Muñoz, N., Ramírez, C. (2014a). Geoquímica de sedimentos de drenaje de la Hoja Arica, Región de Arica y Parinacota. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geoquímica, 1 mapa interactivo para 59 elementos químicos escala 1:250.000, 1 CD-ROM versión 1.0, 2 anexos, Santiago.
- Baeza, L.; Lacassie, J.P.; Astudillo, F.; Barrera, J.; Carrasco, F.; Castillo, P.; Espinoza, F.; Figueroa, M.; Miralles, C.; Muñoz, N.; Ramírez, C.; Salinas, P. (2014b). Base de datos de Geoquímica de sedimentos de la Hoja Arica, Región de Arica y Parinacota. Escala 1:250000. Serie Geoquímica No. 3: texto de 41 p.
- Baeza B., Leonardo; Lacassie R., Juan Pablo; Carrasco R., Felipe, (2020). Impacto de las remociones en masa de marzo de 2015 en el sistema fluvial del río Salado, Región de Atacama: análisis comparativo de la geoquímica de sedimentos [monografías]. Santiago: SERNAGEOMIN, 2020. 108 p.: il. (Informe Registrado: n.82).
- Barrera, J.; Roth, T.; Lacassie, J.P. (2017). Línea base geoquímica de sedimentos fluviales de la cuenca del río Aysén, XI Región de Aysén, Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería. Informe Registrado IR-17-67: 126 p., 1 CD con anexos. Santiago.
- Castro, R.; Oliva, P.; Astudillo, F.; Lacassie, J.P. (2021). Base de datos de Geoquímica de sedimentos de la Hoja El Salvador, Región de Atacama. Escala 1:250000.
- Espinoza, F.; Astudillo, F.; Baeza, L.; Carrasco, F.; Castillo, P.; Lacassie, J.P.; Miralles, C.; Muñoz, N.; Ramírez, C. (2016). Base de datos de Geoquímica de sedimentos de la Hoja La Serena, Región de Coquimbo. Base de datos No. 4: texto de 42 p.
- Espinoza, F., Lacassie, J.P., Astudillo, F., Baeza, L., Castillo, P., Muñoz, N., Ramírez, C., Carrasco, F., Miralles, C. (2020). Geoquímica de sedimentos de drenaje de la Hoja La Serena, Región de Coquimbo. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geoquímica.
- Lacassie, J.P., (2008). Estudio mineralógico y geoquímico del sistema fluvial del Río Rapel, VI Región, Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe Registrado IR-08-37, 66 p. Santiago.
- Lacassie, J.P., Astudillo, F., Baeza, L., Castillo, P., Figueroa, M., Muñoz, N., Ramírez, C. (2012). Geoquímica de sedimentos de drenaje de la Hoja Iquique, Región de Tarapacá. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geoquímica,

- 1 mapa interactivo para 59 elementos químicos escala 1:250.000, 1 CD-ROM versión 1.0, 2 anexos, Santiago.
- Lacassie, J.P.; Astudillo, F.; Baeza, L.; Barrera, J.; Carrasco, F.; Castillo, P.; Espinoza, F.; Figueroa, M.; Muñoz, N.; Ramírez, C.; Salinas, P. (2014). Base de datos de Geoquímica de sedimentos de la Hoja Iquique, Región de Tarapacá. Escala 1:250000. Base de Datos No. 1: texto de 39 p.
- Lacassie J.P., Carrasco F., Baeza, L., (2019). Impacto de las remociones en masa de marzo de 2015 en el sistema fluvial del Río Copiapó, Región de Atacama: análisis comparativo de la geoquímica de sedimentos [monografías]. Santiago: SERNAGEOMIN, 2019. 84 p.: il. (Informe Registrado: n.77).
- Lacassie R., Juan Pablo; Díaz C., Alejandro, (2019). Geoquímica y mineralogía de los sedimentos fluviales de la Cuenca del Río Huasco, Región de Atacama, Chile [monografías]. Santiago: SERNAGEOMIN, 2019. 81 h.: il. (Informe Registrado: n°71).
- Lacassie, J.P., Astudillo, F., Johnson, C., (2020). Reconocimiento geológico previo al levantamiento geoquímico de Tierra del Fuego. Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe Técnico (Inédito): 34 p. Valdivia.
- Lacassie, J.P.; Ruiz-Del-Solar, J. (2021). Integrated mineralogical and geochemical study of the Rapel fluvial system, central Chile: An application of multidimensional analysis to river sedimentation. *Journal of South American Earth Sciences* 109: 103289. doi: 10.1016/j.jsames.2021.103289
- Lacassie, J.P.; Astudillo, F.; Mardones, R.; Oliva, P.; Castro, R.; Quitral, V.; Plaza, F., (2022). Geoquímica y mineralogía de sedimentos fluviales de la cuenca del río Valdivia, regiones de La Araucanía y de Los Ríos, Chile [monografías]. Santiago: SERNAGEOMIN, 2022. 108 p.: il. (Informe Registrado IR-22-102).
- MacDonald, D.; Ingersoll, C.; Berger, T. (2000). Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 3: 20-2139(1): 20-31. doi:10.1007/s002440010075
- Oliva, P.; Astudillo, F.; Lacassie, J.P.; Mardones, R.; Baeza, L.; Barrera, J. (2022). Base de datos de Geoquímica de sedimentos de la Hoja Taltal, regiones de Antofagasta y Atacama. Escala 1:250000.
- Ramírez, C.; Astudillo, F.; Carrasco, F.; Lacassie, J.; Espinoza, F.; Baeza, L.; Miralles, C.; Muñoz, N.; Castillo, P. (2016). Geoquímica de sedimentos de la Hoja Vallenar, Región de Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geoquímica No.5, 1 DVD versión 1.0, que contiene 1 mapa interactivo para 59 elementos químicos escala 1:250.000, 1 Texto y 2 anexos. Santiago, Chile.