

Investigación histórica de las campañas de prospección geoquímica en el Ecuador

Historical investigation of Geochemical Prospecting campaigns in Ecuador

Fernanda Dayana Andrade Mantilla^{1,a}, Pablo Ernesto Cobacango Flores^{1,b}

Recibido: 06/05/2024 - Aprobado: 20/09/2024 – Publicado: 13/12/2024

RESUMEN

La presente investigación recaba información bibliográfica sobre campañas de prospección geoquímica ejecutadas en Ecuador desde 1970 hasta la actualidad. Este trabajo resume la investigación histórica, compilando datos de varios proyectos llevados a cabo con diferentes cooperaciones técnicas. Entre los principales, destaca el British Geological Survey (1998-2000), que mediante el proyecto PRODEMİNCA cubrió toda la cordillera Occidental y recolectó 15,175 muestras de sedimentos fluviales activos, marcando un precedente en la historia de la búsqueda de ocurrencias minerales. En la actualidad, el proyecto Investigación Geológica y Disponibilidad de Ocurrencias de Recursos Minerales en Territorio Ecuatoriano (IGTE) está actualizando la información geoquímica del territorio, específicamente en el área de referencia que cubre la cordillera Real y la zona Subandina, la cual comprende un área de 140,932.69 km². Para ello, ha tomado como base la información existente y cuenta actualmente con un total de 15,178 muestras de sedimentos fluviales, recolectadas con metodologías estandarizadas internacionalmente y aplicadas por el proyecto PRODEMİNCA. Es importante destacar que al finalizar de su ejecución el proyecto proporcionará una base de datos que servirá como guía para explorar posibles nuevos depósitos minerales a través de actividades de exploración minera a escala regional.

Palabras claves: prospección geoquímica, British Geological Survey (BGS), Proyecto de Desarrollo Minero y Control Ambiental (PRODEMİNCA), cordillera Occidental, ocurrencias minerales.

ABSTRACT

This research collects bibliographic information on geochemical prospecting campaigns carried out in Ecuador from 1970 to the present. This work summarizes the historical research, compiling data from several projects carried out with different technical cooperations. Among the main ones, the British Geological Survey (1998-2000) stands out, which through the PRODEMİNCA project covered the entire Western mountain range and collected 15,175 samples of active river sediments, setting a precedent in the history of the search for mineral occurrences. Currently, the Geological Investigation and Availability of Mineral Resources Occurrences in Ecuadorian Territory (IGTE) project is updating the geochemical information of the territory, specifically in the reference area that covers the Real mountain range and the Subandean zone, which includes an area of 140,932.69 km². To do this, it has taken existing information as a basis and currently has a total of 15,178 samples of river sediments, collected with internationally standardized methodologies and applied by the PRODEMİNCA project. It is important to highlight that at the end of its execution the project will provide a database that will serve as a guide to explore possible new mineral deposits through mining exploration activities on a regional scale.

Keywords: geochemical prospecting, British Geological Survey (BGS), Mining Development and Environmental Control Project (PRODEMİNCA), Western Cordillera, Mineral Occurrences

1 Instituto de Investigación Geológico y Energético. Quito - Ecuador.

a Geóloga. Autor para correspondencia: fernanda.andrade@geoenergía.gob.ec - ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2733-2171>

b Géologo. E-mail: pablo.cobacango@geoenergía.gob.ec - ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-0562-5138>

I. INTRODUCCIÓN

Debido a su entorno geotectónico y ambiente metalogenético, Ecuador tiene un alto potencial de recursos metálicos, no metálicos, materiales de construcción y aguas termales, considerados como recursos estratégicos para el país (IIGE, 2021).

El Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE), como parte del proyecto Investigación Geológica y Disponibilidad de Ocurrencias de Recursos Minerales en Territorio Ecuatoriano (IGTE), está actualizando y completando el cartografiado geológico, geofísico y geoquímico del territorio continental ecuatoriano. Este trabajo está orientado a la caracterización litológica, mineralógica y estructural del sustrato rocoso para la identificación de ocurrencias minerales. Complementado con información geológica, geofísica y geoquímica de calidad y con estándares internacionales, permitirá identificar zonas con posible potencial geológico minero dentro del área delimitada por la cordillera Real, la zona Subandina y la cordillera Occidental.

Cabe señalar que la aplicación de cualquier procedimiento de exploración requiere conocimientos previos del área a investigar, tales como geología, geoquímica, asociaciones y movilidad de elementos químicos (Insuasti, 2022, págs. 13-16).

En Ecuador, se han realizado diferentes campañas de prospección geoquímica desde 1968 hasta la actualidad, las cuales se detallan en la Tabla 1 (MERRNNR, 2020, págs. 183-184).

El gobierno del Ecuador inicia los trabajos de prospección geoquímica, con la Operación N.º 5, cuyo reconocimiento inicial (1966), identifica la existencia de varias anomalías de cobre y zinc en drenajes hacia el sur del río Yanuncay (NN. UU., 1972), sin embargo, oficialmente inician los trabajos de exploración en 1970, posteriormente se solicita asistencia técnica al Programa de las Naciones Unidas para la extensión de la exploración minera de una nueva área, denominada Operación N.º 8.

La exploración geoquímica sistemática en la Operación N.º 8 comenzó en marzo y culminó en noviembre de 1970, marcando el inicio de las campañas de levantamiento de información geoquímica con la toma de muestras

de sedimentos fluviales, para dar paso al desarrollo de diferentes proyectos que impulsaron la investigación en el territorio hasta la actualidad. Figura 1.

En el marco de un convenio firmado entre el Instituto Ecuatoriano de Minería INEMIN, (ex-DGGM) y la compañía RTZ, se procedió a una selección y reanálisis de las muestras tomadas en las campañas de exploración de los proyectos de Naciones Unidas, misiones de asistencia técnica del Reino Unido y cooperación con Bélgica. Se utilizó el método de espectro plasma (ICP) para 29 elementos; acentuando los muestreos en los alrededores de ciertas anomalías determinadas anteriormente (ríos Parambas y Morán) y sus proyecciones. Se inició la exploración de la zona al occidente de Junín. La base de datos cuenta con 9 120 muestras, en las que se incluyen algunas muestras tomadas por la empresa RTZ (INEMIN, 1985). Además de levantar información complementaria en zonas específicas (geofísica por medio del método de polarización inducida) (CODIGEM-RTZ, 1992).

Posteriormente, levantamientos de prospección geoquímica, en drenaje regional de la cordillera Occidental por CODIGEM – British Geological Survey (BGS), fueron llevados a cabo por el Proyecto de Desarrollo Minero y Control Ambiental (PRODEMINCA) desarrollado bajo su subcomponente 3.4, el Programa de Información Cartográfica y Geológica (PICG) que comenzó en 1995. (BGS, 2000).

Desde el año 2013 el Instituto Nacional de Investigación Geológico, Minero, Metalúrgico (INIGEMM), actualmente nombrado como Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE), inicia el desarrollo del Proyecto de Investigación Geológica y Disponibilidad de Ocurrencias de Recursos Minerales en el Territorio Ecuatoriano, que tiene como objetivo en el componente 2: Elaborar la carta de ocurrencias minerales y de áreas de interés geológico minero de las cordilleras Occidental y Real y de la zona Subandina, mediante el procesamiento de la información existente y nueva, referente a geología, geoquímica y geofísica, apoyado en la Actividad 2.3: Levantamiento, Procesamiento e Interpretación de Datos de Geoquímica, en la Cordillera Real y la Zona Subandina. Empezando el trabajo de campo a partir del año 2014 y ejecutándose hasta la actualidad. Figura 1 (Lomas, 2019).

Tabla 1

Detalle de proyectos desarrollados en Ecuador

Año	Detalle	Proyecto	Sector	N.º Muestras
1970	Inicia el levantamiento de datos geoquímicos en el Ecuador.	Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas - Operación 5 y 8.	Yacuncay y noroccidente de la provincia del Azuay en los sectores de Fierro Urco y Chaucha.	4585
1978	Levantamiento de datos geoquímicos.	Dirección General de Geología y Minas con la colaboración de la Asistencia Técnica del Gobierno del Reino Unido.	Parte de las provincias de Tungurahua, Bolívar y Los Ríos.	2562
1979	Levantamiento de datos geoquímicos.	Convenio entre la Dirección General de Geología y Minas y la Comisión para el Desarrollo de las provincias del Sur. (PREDESUR)	Provincia de Loja, Bolívar y El Oro	485

Tabla 1

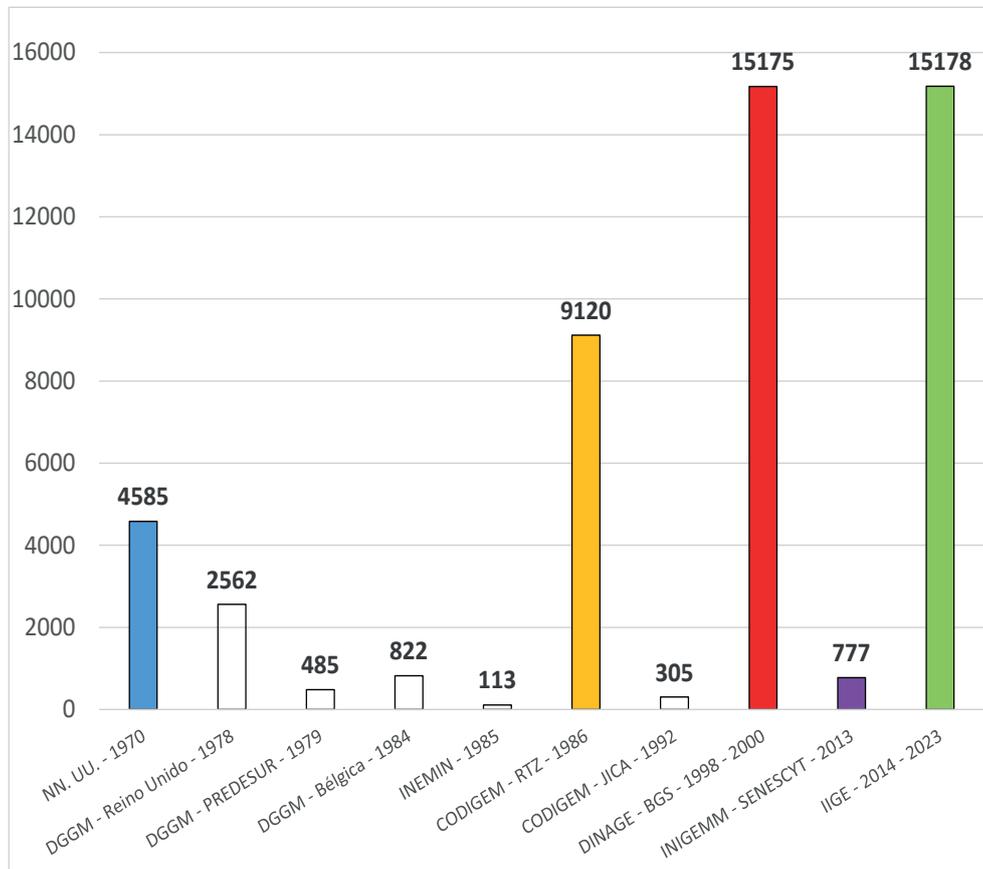
Continuación ...

1984	Levantamiento de datos geoquímicos	Dirección General de Geología y Minas con la Asistencia Técnica del Gobierno de Bélgica-Proyecto Noroccidente	Provincia de Carchi, parte de las provincias de Esmeraldas e Imbabura	822
1985	Levantamiento de datos geoquímicos.	Proyecto Junín ejecutado por el Instituto Ecuatoriano de Minería (INEMIN)	Junín, Provincia de Manabí	113
1986	Re-análisis de muestras tomadas en antiguas campañas de exploración geoquímica.	Compañía RTZ (Consorcio Rio Tinto Zinc)	Ríos, Junín, Morán y Parambas.	9120
1992	Levantamiento de datos geoquímicos	The Japan International Cooperation & Metal Mining Agency of Japan, realizaron estudios más detallados en Junín.	Junín, Provincia de Manabí	305
1998 - 2000	Levantamiento de datos geoquímicos.	PRODEMINCA (Proyecto de Desarrollo Minero y Control Ambiental desarrollado por British Geological Survey (BGS))	Cordillera Occidental.	15175
2013	Levantamiento de datos geoquímicos.	Proyecto Modelo Piloto para la determinación de Potencial Geológico- Mineralógico de las zonas Zaruma y Carimanga escala 1: 100 000_SENESCYT	Hojas Geológicas escala 1: 100 000 Zaruma y Carimanga	777
2014- 2023	Prospección Geoquímica	IIGE - Proyecto de Investigación Geológica y Disponibilidad de Ocurrencias de Recursos Minerales en el Territorio Ecuatoriano_IGTE	Cordillera Occidental, cordillera Real y zona Subandina.	15178

Nota: Descripción de campañas de prospección geoquímica ejecutadas en Ecuador entre 1970-2023. (NN. UU., 1972) (MERRNRR, 2020) (Maller E., 1971) (San Martín H. y Elizalde L., 1978) (PREDESUR, 1977) (Aucott J. y Puig C., 1979) (San Martín H., 1979) (Aucott J. y Quevedo L., 1979) (Aucott J. W., 1980) (Cruz, 1980) (Quevedo L., 1981) (Williams M., 1997) (Quevedo L. P. J., 1985) (Quevedo L. P. J., 1985) (INEMIN, 1985) (PRODEMINCA - BGS, 1997) (JICA, 1992) (BGS, 2000) (Pilatasig L., 2013) (IIGE, 2024)

Figura 1

Número de muestras históricas de sedimentos fluviales activos recolectadas en los proyectos desarrollados en Ecuador entre 1970-2023



II. METODOLOGÍA

Una base de datos geoquímicos de alta calidad es fundamental para una amplia gama de investigaciones en ciencias de la tierra y debe considerarse un componente esencial del conocimiento ambiental. Los métodos de muestreo y los procedimientos de control de calidad para el levantamiento geoquímico se alinean con prácticas estándares internacionales de larga data, como se documenta en Darnley et al. (1995), donde se presentan recomendaciones para el mapeo geoquímico (Darnley A.G., 1995).

La planificación de los sitios de muestreo, las directrices para la toma de muestras en campo, el procedimiento de muestreo de sedimentos fluviales activos y el control de calidad de las muestras se fundamentan en los protocolos establecidos para el Subcomponente 3.4 del Proyecto de Desarrollo y Control Minero y Ambiental (PRODEMINCA), desarrollado por el Ministerio de Energía y Minas entre 1995 y 2000. El objetivo central del Componente 3.4 de PRODEMINCA fue la adquisición de datos geoquímicos y geofísicos entre las latitudes 1° N y 4° S de la cordillera Occidental del Ecuador, y estuvo a cargo de la Misión Geológica Británica y de CODIGEM (Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico Minero Metalúrgica – Ecuador) (Williams T.M., 2000).

2.1 Recolección de muestras de sedimentos fluviales activos-IIGE

Se elabora un plan de muestreo en función de las características del terreno del área de estudio, incluidas su ubicación, clima, hidrografía y actividad antrópica, ya que el proceso de recolección de muestras debe analizarse previamente. Una vez identificadas estas características, se pueden recolectar muestras de sedimentos fluviales activos y sedimentos pesados. Es importante tener en cuenta que estas muestras deben ser representativas del área de estudio seleccionada (CNMA, 2010, págs. 32-33; Amor, 2013).

Durante el trabajo de campo, se recolectan muestras de sedimentos en los sitios de muestreo ubicados en las orillas de los ríos donde se acumula el material activo (Fig. 2). Los procedimientos de muestreo se detallan en el Manual de Procedimiento para la Prospección Geoquímica

de Sedimentos Fluviales Activos (IIGE I. d., 2020, págs. 13-16; Demetriades, 2018; BGS, 2005).

2.2 Almacenamiento de información-IIGE

Para gestionar y administrar los datos geológicos a nivel nacional, el IIGE implementó el Banco de Información Geológica del Ecuador (BIGE), garantizando una adecuada generación, sistematización y administración de la información geológicominera (incluida la información de prospección geoquímica generada en el Proyecto IGTE entre 2014 y 2023) y metalúrgica. Esto contribuye a una planificación territorial orientada al desarrollo sustentable de los recursos minerales, así como a la gestión preventiva ante amenazas geológicas.

2.3 Tipos de análisis para muestras de sedimentos fluviales activos-IIGE

En el laboratorio los tipos de análisis realizados en sedimentos fluviales son los siguientes: ensayo al fuego para la determinación de oro (Au), espectrometría ICP-OES con digestión de dos ácidos para 34 elementos, espectrometría de absorción atómica por vapor frío para la determinación de mercurio (Hg), espectrometría ICP-MS con fusión alcalina para la determinación de tierras raras, más uranio (U) y torio (Th), y espectrometría XRF con fusión alcalina para la determinación de elementos mayores. Para muestras que sobrepasan el límite de medición de Au en la técnica de ensayo al fuego (> 5 ppm), se utilizan técnicas gravimétricas (IIGE I. d., 2020).

Una vez que se obtienen los resultados de laboratorio, se realiza el procesamiento geoestadístico de los datos para generar mapas de concentraciones de los principales elementos metálicos y otros elementos de interés (e. g., Au, Cu, Mo, Pb, Zn, Ag).

De esta manera, la recolección y el análisis de muestras de sedimentos fluviales en lugares apropiados pueden proporcionar una comprensión rápida y rentable de la litología y la química del suelo en toda la cuenca. Esta información puede utilizarse para explorar la mayoría de los metales en los ríos de montaña.

Las muestras de sedimentos fluviales de ríos se utilizan a menudo en la etapa de exploración debido a su fácil procesamiento, bajo costo por unidad de área y alta confiabilidad (Klee, 2016).

Figura 2

Proceso de recolección de muestras de sedimentos fluviales activos (sector Cascabel -Ecuador)



III. RESULTADOS

La prospección geoquímica de sedimentos fluviales es uno de los métodos más utilizados para identificar áreas con anomalías geoquímicas, lo que permite evaluar inicialmente el potencial de recursos a escala regional. El muestreo de sedimentos fluviales debe realizarse a intervalos aproximadamente regulares, aguas arriba de la confluencia de los afluentes a lo largo del río principal.

3.1 Principales avances en la prospección geoquímica-IIGE

El IIGE, a través de la Actividad 2.3, correspondiente al Levantamiento, Procesamiento e Interpretación de Datos de Geoquímica en la cordillera Oriental y zona Subandina, ha llevado a cabo el levantamiento de información de campo desde el 1 de enero de 2014 hasta la actualidad.

A continuación, se presenta el área de referencia en la que se ha ejecutado la prospección geoquímica mediante la toma de muestras de sedimentos fluviales activos, actualizado hasta el año 2023 (Andrade, 2022, pág. 4). (Figura 3).

Hasta 2023, se han ingresado en el sistema BIGE un total de 15 178 muestras de sedimentos fluviales activos. En la Figura 4 se muestra el detalle por año de las campañas desarrolladas entre 2014 actualizado a 2023.

3.2 Superficie de referencia y avances de campañas de prospección geoquímica-IIGE

Actualmente, el IIGE es la entidad gubernamental que desarrolla el Proyecto de Investigación Geológica y Disponibilidad de Ocurrencias de Recursos Minerales en el Territorio Ecuatoriano, el cual aún está en ejecución (2014-2025). El propósito del proyecto es actualizar y completar

el cartografiado geológico, geofísico y geoquímico del territorio continental ecuatoriano, orientado a la caracterización litológica, mineralógica y estructural del sustrato rocoso, con el fin de identificar ocurrencias minerales (IIGE, 2024). (Ver Figura5).

IV. DISCUSIÓN

El Proyecto de Investigación Geológica y Disponibilidad de Ocurrencias de Recursos Minerales en Territorio Ecuatoriano, mediante la Actividad 2.3, que corresponde al Levantamiento, Procesamiento e Interpretación de Datos de Geoquímica en la Cordillera Oriental y Zona Subandina, se encuentra actualmente realizando el levantamiento de información geoquímica, teniendo un total de 15 178 muestras de sedimentos fluviales, superando al total recolectado por el Proyecto de Asistencia Técnica para Desarrollo Minero y Control Ambiental (PRODEMINCA) que recolectó 15 175 muestras de sedimentos fluviales a lo largo de la cordillera Occidental. Sin duda el Estado ecuatoriano mediante sus entidades CODIGEMM (DINAGE) - Misión Británica (BGS), marcaron un precedente en la trayectoria histórica de la prospección geoquímica y la búsqueda de ocurrencias minerales en el país, trabajando para entender mejor los recursos minerales en el Ecuador ante la escasa información bibliográfica existente sobre aspectos geológicos y mineros, difundieron un manual de exploración y cinco volúmenes de información específica sobre diferentes tipos de yacimientos reconocidos en el Ecuador. Estos estudios contribuyen al conocimiento minero del país, cubriendo aspectos que permiten estimar el potencial mineralógico del sector. De esta forma se describen en detalle los ambientes tectónicos regionales y locales, las litologías dominantes, las características estructurales y la mineralización metálica.

Figura 3

Superficie de referencia (S.R) en porcentaje de avance del levantamiento de prospección geoquímica en el territorio ecuatoriano

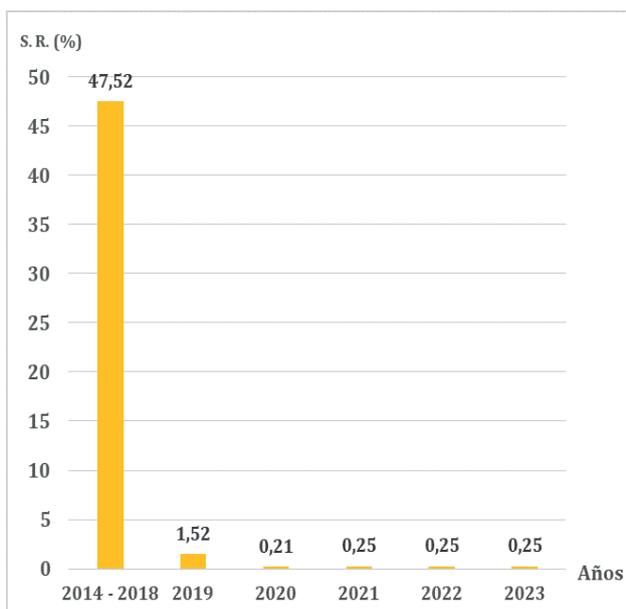


Figura 4

Número de muestras de sedimentos fluviales activos recolectadas entre 2014-2023

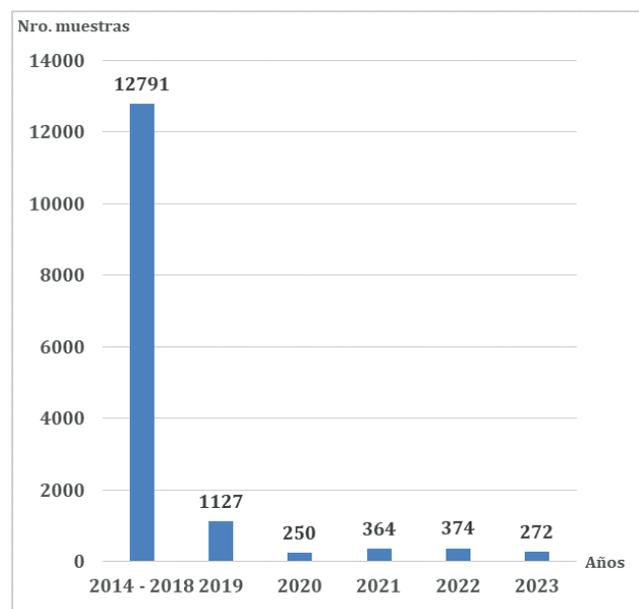
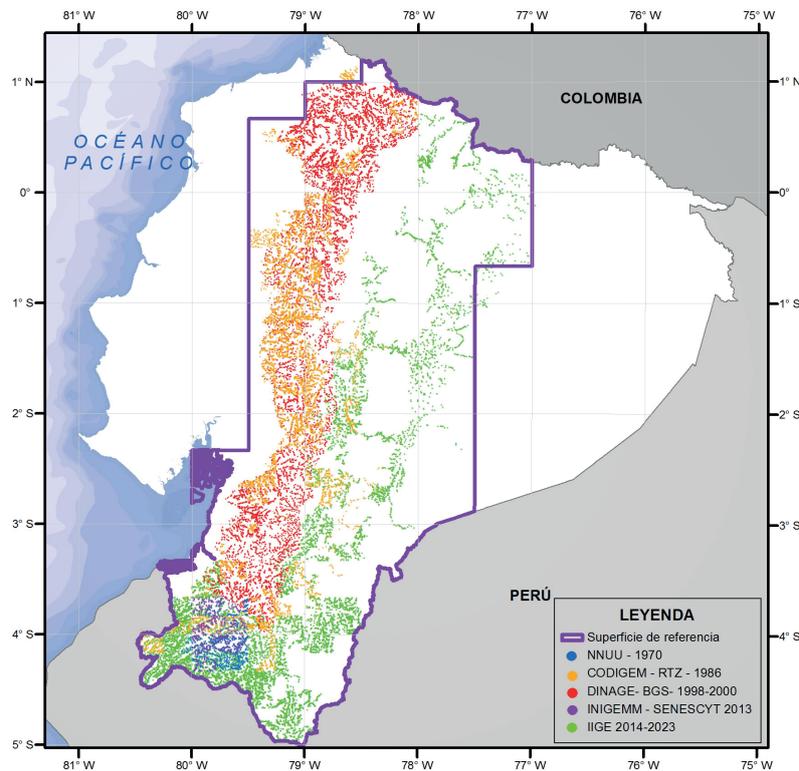


Figura 5
Superficie de referencia y muestras históricas de sedimentos fluviales activos recolectadas en los principales proyectos desarrollados en Ecuador entre 1970-2023



V. CONCLUSIONES

Mediante la recopilación bibliográfica realizada desde 1970 hasta la actualidad, se ha podido resumir la prospección geoquímica en Ecuador, determinando que las mayores contribuciones al conocimiento minero del país han sido realizadas por el proyecto PRODEMINCA, desarrollado por CODIGEM-BGS entre 1998 y 2000. Este proyecto aportó los aspectos necesarios para estimar el potencial mineralógico del sector.

Actualmente, el proyecto Investigación Geológica y Disponibilidad de Ocurrencias de Recursos Minerales en el Territorio Ecuatoriano (IGTE), está actualizando la información geoquímica del territorio ecuatoriano, específicamente en el área de referencia que cubre la cordillera Real y la zona Subandina, que comprende un área de 140,932.69 km². Este proyecto se basa en la información existente y, al culminar su ejecución, proporcionará una base de datos que servirá de guía para la búsqueda de nuevas ocurrencias minerales mediante actividades de exploración minera regional.

VI. AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento al Instituto de Investigación Geológico y Energético del Ecuador (IIGE), que nos ha permitido desarrollar el presente

artículo mediante la información recopilada en el Centro de Información Geológico, Minero y Ambiental del Ecuador (CIGMA-IIGE). También queremos agradecer a todos los colaboradores que intervinieron directamente en la fase de campo (Grupo de Prospección Geoquímica-IIGE), quienes han aportado su valioso conocimiento técnico en la recolección de muestras de sedimentos fluviales activos hasta la fecha.

VII. REFERENCIAS

- Amor, S. (2013). *An overview of geochemical methods, CIM short course, October 30th 2013, pag. 4 - 7*. Geological Survey of Newfoundland and Labrador.
- Andrade, F. (2022). *Presentación del proyecto de investigación geológica y disponibilidad de ocurrencias de recursos minerales en el territorio ecuatoriano - Componente 2-Geoquímica*. IIGE.
- Aucott J. W., B. N. (1980). *Investigaciones geoquímicas, geofísicas y geológicas en Chaso Juan y Molidiahuan, Provincia Bolívar, Ecuador*, Informe físico CIGMA-IIGE-Ecuador.
- Aucott J. y Puig C. (1979). *Investigaciones geoquímicas, geofísicas y geológicas en San Miguel, Provincia de Bolívar, centro occidental del Ecuador*, Informe técnico inédito, Dirección General de Geología y Minas, Ministerio

- de Recurso Naturales y Energéticos, Instituto de Ciencias Geológicas, División de Ultramar, Quito, Ecuador.
- Aucott J. W. y Quevedo L. (1979). *Investigaciones geoquímicas, geofísicas y geológicas en Telimbela, provincia de Bolívar, centro occidental del Ecuador*.
- BGS. (2000). *Evaluación de distritos mineros del Ecuador (Colección), Potencial minero metálico y guías de exploración*. Prodeminca.
- BGS. (2005). *G-BASE Field Procedures, 2005*, pag. 49 - 55. (Collecting Stream Drainage Samples).
- BGS, C. (2000). *Potencial minero metálico y guías de exploración*. Informe físico_GMMEM054-CIGMA-IIGE-Ecuador.
- CNMA, C. N. (2010). *Análisis de la composición química de los sedimentos fluviales y su relación con la disponibilidad de metales de agua*. Tomo II de V.
- CODIGEM-RTZ. (1992). *Informe de geofísico, área Bilovan, provincia de Bolívar. Convenio CODIGEM-RTZ*. Informe físico, CIGMA-IIGE-Ecuador.
- Cruz, Q. L. (1980). *Investigaciones geoquímicas, geofísicas y geológicas en El Tornead, provincia de Bolívar, centro occidental del Ecuador*.
- Darnley, A.G., Björklund, A., Bølviken, B., Gustavsson, N., Koval, P.V., Plant, J.A., Steinfelt, A., Tauchid, M., Xie Xuejing, Garrett, R.G.Hall, G.E.M. (1995). *A global geochemical database for environmental and resource management - recommendations for international geochemical mapping final report of IGCP Project 259, 1995*. UNESCO
- Demetriades, A., Smith, D. B., & Wang, X. (2018). GENERAL CONCEPTS OF GEOCHEMICAL MAPPING AT GLOBAL, REGIONAL, AND LOCAL SCALES FOR MINERAL EXPLORATION AND ENVIRONMENTAL PURPOSES. *Geochimica Brasiliensis*, 32(2), 136. <https://doi.org/10.21715/GB2358-2812.2018322136>
- IIGE. (2021). *Ampliación de cronograma de ejecución del Proyecto IGTE, Proyecto de Investigación Geológica y Disponibilidad de Ocurrencias de Recursos Minerales en el Territorio Ecuatoriano, 2014 – 2025*.
- IIGE. (2024). *Planificación de actividades*.
- Andrade, F. (2020). *Manual de Procedimiento para la Prospección Geoquímica de Sedimentos Fluviales Activos*. IIGE.
- INEMIN. (1985). *Informe Proyecto Junín-Investigación de Minerales Metálicos – Prospección: Geología, Geoquímica y Geofísica*, pág. 9, Mapa Nro.8. Informe físico CIGMA-IIGE-Ecuador. Instituto Colombiano de geología y Minería.
- German Insuasti, S. (2022). *Definición de targets de exploración a partir del análisis de imágenes multispectrales (ASTER) y análisis geoquímico de sedimentos fluviales de la zona de Chaguarpamba (Loja)*. [Tesis de grado, Universidad central del Ecuador] Quito, Ecuador.
- JICA. (1992). *Informe Report on The Cooperative Mineral Exploration in Junín Area Republic of Ecuador (Phase 1)*, pág.110. Informe físico. CIGMA-IIGE-Ecuador.
- Klee, S. (2016). *Geoquímica en la prospección*. <https://www.geovirtual2.cl/EXPLORAC/TEXT/0300-geoquimica-exploracion.htm>
- Lomas, W. (2019). *Informe Técnico de Avance de la Reinterpretación de Datos Geoquímicos pág.10*. IIGE.
- Maller E., K. (U. (1971). *Exploración geoquímica sistemática Operación N.º 8*, Informe físico CIGMA-IIGE-Ecuador.
- MERRNNR. (2020). *Plan Nacional de Desarrollo del sector Minero 2020-2030*. Ministerio de Energía y Minas.
- NN.UU. (1972). *Investigaciones de minerales metálicos y no metálicos (Fase II), Operación N.º5, Provincia del Azuay GMPA707*, Informe físico CIGMA-IIGE.
- Pilatasig. (2013). *Informe proyecto modelo piloto para la determinación del potencial geológico-mineralógico de las zonas Zarumay Cariamanga a escala 1:000.000, 2013*. Informe físico CIGMA-IIGE.
- PREDESUR. (1977). *Prospección geoquímica en las cuencas de los ríos Santa Rosa y Arenillas en la provincia de El Oro. Pág. 7 y 12*. Informe físico GGRC1026-CIGMA-IIGE-Ecuador.
- PRODEMINCA - BGS. (1997). *Proyecto de Desarrollo Minero y Control Ambiental – PRODEMICA. (1997)*. Reporte Número 6. Control de Calidad de los Datos Geoquímicos. Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico Minero Metalúrgico – Servicio Geológico Británico.
- Quevedo L. (1981). *Investigaciones geoquímicas, geofísicas y geológicas en El Torneado-Las Juntas, provincia de Bolívar centro occidental del Ecuador*. Segundo Informe. Informe físico CIGMA-IIGE.
- Quevedo L., P. J. (1985). *Proyecto Noroccidente Río Junín Agosto 1985, Vol. 1.- Investigación de minerales metálicos: prospección geológica, geoquímica y geofísica*. Informe físico CIGMA-IIGE.
- Quevedo L., P. J. (1985). *Proyecto Noroccidente Río Junín Agosto 1985, Vol. 2.- Investigación de minerales metálicos: prospección geológica, geoquímica y geofísica, 1985*. Informe físico CIGMA-IIGE.
- San Martín H. y Elizalde L. (1978). *Investigaciones geológicas, geoquímicas y geofísicas en Cochabamba, provincia de Bolívar*, Informe físico CIGMA-IIGE.
- San Martín H., L. O. (1979). *Exploración de minerales en Cochabamba, provincia de Bolívar, Ecuador*, Informe físico CIGMA-IIGE.
- Williams M. (1997). *Geoquímica y ambiente, informe físico, que reposa en el Centro de Información Geológico, Minero y Ambiental (CIGMA)*.
- Williams, T. M., Dunkley, P. N., Cruz, E., Acitimbay, V., Gaibor, A., Lopez, E., Baez, N., & Aspdén, J. (2000). Regional geochemical reconnaissance of the Cordillera Occidental of Ecuador: economic and environmental applications. *Applied Geochemistry*, 15(4), 531-550. [https://doi.org/10.1016/S0883-2927\(99\)00059-1](https://doi.org/10.1016/S0883-2927(99)00059-1)

Contribución de autoría:

Conceptualización, Curación de datos, Análisis formal, Investigación, Metodología, Supervisión, Validación-Verificación y Redacción - borrador original: Fernanda Andrade Mantilla

Curación de datos, Investigación y Visualización-Preparación: Pablo Cobacango

Redacción - revisión y edición: Fernanda Andrade Mantilla y Pablo Cobacango

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses