

## **Pronóstico de un nuevo depósito de sulfuros de Pb y Zn en el distrito minero Matahambre-Mella, Cuba**

### **Forecast of a new Pb and Zn sulfide deposit at Matahambre- Mella mining district in Cuba**

Orestes F. Carballo-Otero<sup>1\*</sup>, Orlando R. Carraz-Hernández<sup>2</sup>, Ramón G. Pérez-Vázquez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geología y Paleontología, Cuba.

<sup>2</sup>Universidad Tecnológica de La Habana Cuba.

\*Autor para la correspondencia: [carballo@igp.minem.cu](mailto:carballo@igp.minem.cu)

---

#### **Resumen**

Como resultado de la reinterpretación del vuelo aero-electromagnético VTEMPlus, ejecutado en el año 2013 en las Alturas de Pizarras del Norte, provincia de Pinar del Río, se pronosticó un nuevo depósito de sulfuros de Pb y Zn en el distrito minero Matahambre-Mella, a unos cien metros de profundidad y con 10,4 millones de toneladas de mena en categoría de recursos especulativos. El presunto depósito, denominado Orilda, no coincidió con mineralizaciones conocidas ni con las anomalías anteriormente seleccionadas; estuvo vinculado a la anomalía B3, la cual sobresalió por su constante de tiempo de 4,56 ms y su concurrencia con otros criterios de prospección. Se recomienda realizar una exploración terrestre para comprobar la potencialidad minera de esta anomalía y examinar especialmente el área aledaña al SE de su epicentro, con las coordenadas Lambert Sistema Cuba Norte: X: 198 455, Y: 307 946

**Palabras clave:** Sulfuros de Pb y Zn; distrito Matahambre-Mella; VTEMPlus.

## Abstract

Because of the reinterpretation of VTEMPlus aero-electromagnetic flight, carried out in 2013 at Ls Alturas de Pizarras del Norte in Pinar del Río province, a new Pb and Zn sulfide deposit is predicted at Matahambre-Mella mining district, at a depth of about one hundred meters and with 10,4 million tons of ore in the category of speculative resources. The pretended deposit, called Orilda, does not match with known mineralization or with the previously selected anomalies, linked to the B3 anomaly, which stands out for its time constant of 4,56 ms and its concurrence with other prospecting criteria. It is recommended to carry out a terrestrial exploration to verify the mining potential of this anomaly and to examine especially the area adjacent to the SE of its epicenter, with the coordinates Lambert North Cuba System: X: 198 455, Y: 307 946

**Keywords:** Pb and Zn sulfides; Matahambre-Mella district; VTEM Plus.

---

## 1. INTRODUCCIÓN

El distrito minero Matahambre-Mella en las Alturas de Pizarras del Norte es conocido por sus yacimientos de sulfuros de cobre y polimetálicos, que históricamente han constituido una importante fuente de materias primas de metales básicos para la industria. En la actualidad sus minas están agotadas y por esta razón es perentorio encontrar nuevos recursos minerales para ese coto minero.

Los depósitos de sulfuros en ese distrito están hospedados en una antigua cuenca de sedimentación jurásica, representada básicamente por la formación San Cayetano, a cuyo miembro superior "Castellanos" sus lutitas y pizarras negras se asocian estratigráficamente a los depósitos de plomo y zinc estratiformes del tipo sedimentario-exhalativo (SEDEX), mientras que la mineralización de cobre se afilia a su miembro inferior innominado, que es predominantemente arenoso. Se aprecia, además, el control tectónico vinculado a fallas profundas que constituyeron en el pasado los canales de ascenso de los fluidos hidrotermales (Cazañas *et al.* 2017; Pérez-Vázquez, Estéves-Cruz y Romero-Espinosa 2017).

La yacencia, inicialmente horizontal, de los cuerpos minerales estratiformes en la cuenca de sedimentación se vio perturbada al final del eoceno por la orogenia alpina, que originó plegamientos cabalgados y escamados con fallas inversas, lo cual condicionó el buzamiento de los depósitos en dirección noroeste.

La principal propiedad física que distingue a los sulfuros de sus rocas hospederas es su conductividad eléctrica y por esta razón los métodos geofísicos electromagnéticos se utilizan habitualmente para su prospección, conjuntamente con la polarización inducida y el potencial espontáneo.

En el año 2009 se realizó un informe de generalización de los métodos electromagnéticos empleados en el NO de la provincia de Pinar del Río (Carballo-Otero y Moya 2009, 2015), cuya principal recomendación fue realizar un levantamiento aereolectromagnético en el dominio del tiempo (TEM) para todo el territorio, lo cual se materializó parcialmente en el año 2013, cuando la empresa minera EMINCAR S.A. contrata a la compañía geofísica canadiense GEOTECH Ltd., para sobrevolar 960 km<sup>2</sup> de la parte centro-oriental de a las Alturas de Pizarras del Norte (que incluye al distrito minero Matahambre-Mella), con su sistema electromagnético helitransportado del dominio del tiempo VTEM<sup>Plus</sup>, simultáneamente acompañado con un levantamiento aero-magnético de gradiente horizontal.

Según el reporte de interpretación de Geotech Ltd. (GEOTECH Ltd. 2013a) para todo este territorio fueron reveladas 27 anomalías de  $\partial Bs/\partial t$  con potencialidad minera, de las cuales solo dos corresponden al distrito Matahambre-Mella –anomalías **B2** y **A7**- coincidiendo la primera con el conocido prospecto Nieves (Figura 1).

En el año 2021 se realizó una re-interpretación del VTEM<sup>Plus</sup> en el área del distrito Matahambre-Mella (Carballo-Otero 2021). Un resultado imprevisto fue detectar la potencialidad minera de una tercera anomalía –la **B3**– que no coincide con mineralizaciones conocidas y que con una constante de tiempo de 4,56 ms parece indicar un depósito de sulfuros (Figura 2). El objetivo del presente trabajo fue examinar en detalle la anomalía **B3** como indicador de un posible nuevo depósito de plomo y zinc.

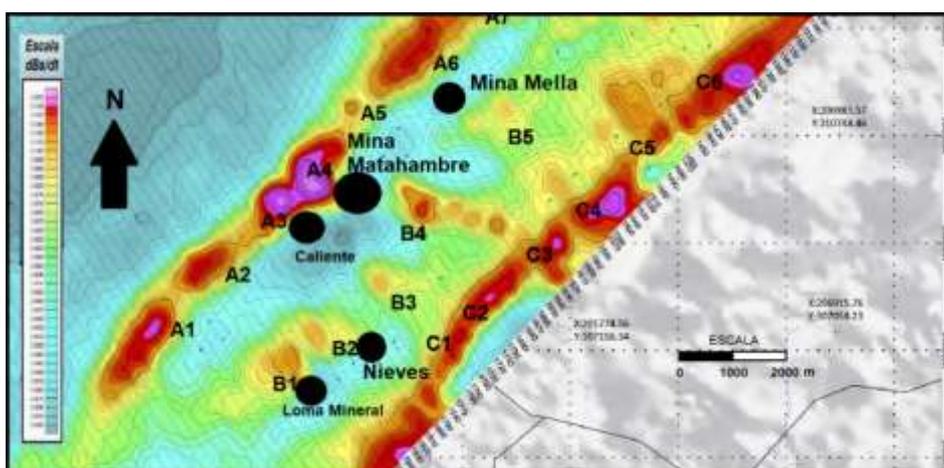


Figura 1. Mapa de contornos de isolíneas de la primera derivada del campo magnético secundario  $B_s$  con respecto al tiempo ( $\partial B_s/\partial t$ ) por el canal de 0,880 ms de Geotech Ltd., con la superposición de los depósitos en el distrito Matahambre-Mella: se observa el desplazamiento de las anomalías hacia el NO con respecto a los depósitos, a causa de la concentración las corrientes inducidas en el subsuelo en el sentido del buzamiento, fenómeno previsto mediante el modelaje (Carballo-Otero 2021). La débil anomalía B3 no coincide con ninguna mineralización conocida y su bajo gradiente es probablemente causado por un objeto electroconductor relativamente profundo, presuntamente un nuevo depósito de Pb y Zn situado al SE del epicentro de esa anomalía (Carballo-Otero 2021).

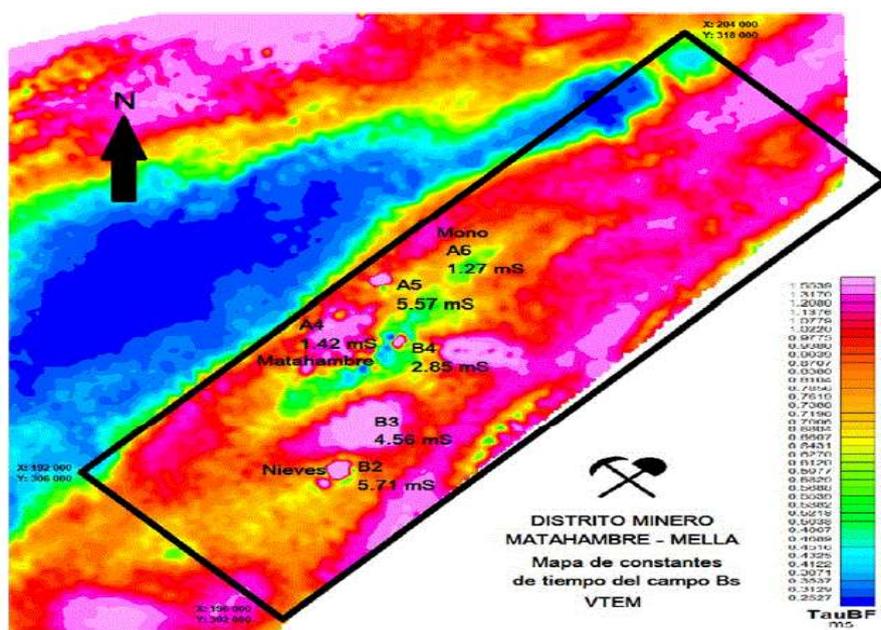


Figura 2. Mapa de las constantes de tiempo  $\tau$  del campo magnético  $B_s$  del VTEM<sup>Plus</sup> para el distrito minero Matahambre-Mella. La mayor Tau corresponde al conocido prospecto Nieves (B2). A5 y B4 son anomalías antrópicas (sub-estación eléctrica y tanques del acueducto, respectivamente). Las antiguas minas Matahambre y Mella (Mono) representadas por las

anomalías A4 y A6 evidencian su agotamiento mineral por las reducidas constantes de tiempo, por debajo del umbral de 2,5 ms. La anomalía B3 con  $\tau=4,56$  ms es la única con potencialidad minera, al no coincidir con ninguna mineralización conocida. Solo se representan los principales valores de Tau. Editado en base al mapa de Tau BF de Geotech Ltd. (Carballo-Otero 2021).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Básicamente se utilizó el informe interpretativo de Geotech Ltd. (GEOTECH Ltd. 2013a) y el mapa de  $\partial Bs/\partial t$  por el canal de 0,880 ms (GEOTECH Ltd. 2013b), así como el mapa de las constantes de tiempo  $\tau$  (GEOTECH Ltd. 2013c) y las pseudo-secciones de resistividad aparente por las líneas de vuelo del VTEM<sup>Plus</sup> (GEOTECH Ltd. 2013d).

Como mapa base se empleó a la hoja topográfica 3483 Pinar del Rio, a escala 1:100 000 (GEOCUBA 2017) y su correspondiente, el mapa geológico a igual escala (IGP 2017). Se estudiaron, además, informes geológicos correspondientes al área de estudio (Astajov *et al.* 1982; Rafikov y Bárzana 1984; Bárzana *et al.* 1988; Pérez-Vázquez, Estéves-Cruz y Romero-Espinosa 2017).

Como patrón interpretativo se utilizó el modelo de pronóstico VTEM para los depósitos de sulfuros confeccionado por el primer autor (Figura 3).

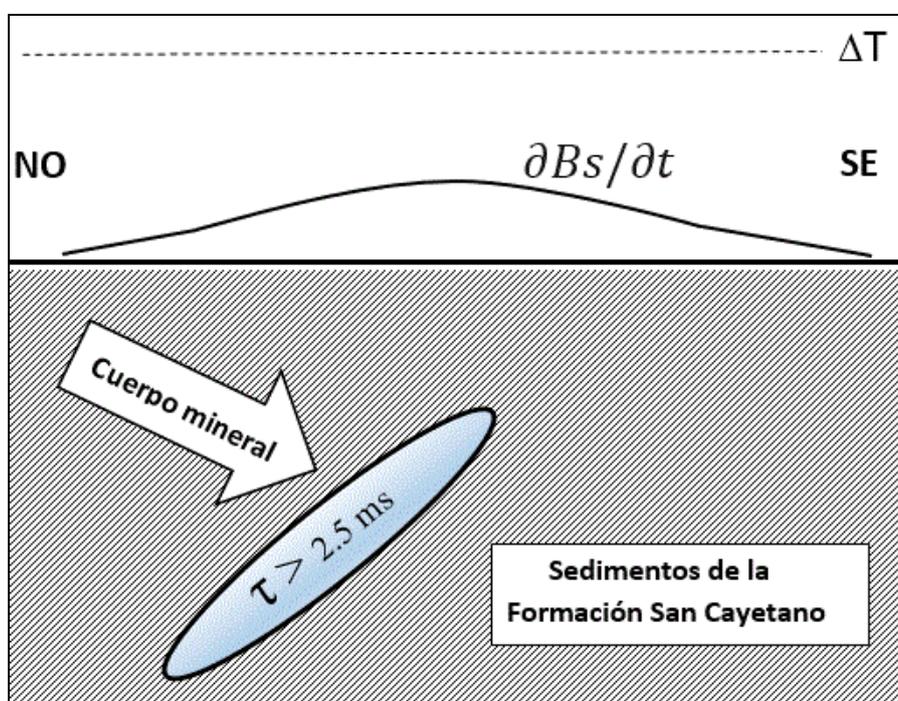


Figura 3. Modelo de pronóstico VTEM para los depósitos no aflorantes de sulfuros de Zn-Pb estratiformes tipo sedimentario-exhalativo (SEDEX) hospedados en los sedimentos de la formación San Cayetano. La anomalía VTEM<sup>Plus</sup>  $\partial Bs/\partial t$  de bajo gradiente está asociada a un cuerpo

mineral relativamente profundo. Se observa la ausencia de anomalía  $\Delta T$  al carecer de magnetismo sus menas. El umbral de discriminación de 2,5 ms se calculó estadísticamente como dos veces la media de las anomalías en el distrito minero Matahambre-Mella excluyendo los valores extremos. Confeccionado por Orestes Carballo-Otero.

### 3. RESULTADOS

La anomalía  $\partial Bs/\partial t$  **B3** presenta un bajo perfil (Figura 4), lo cual coincide con el modelo de pronóstico VTEM, que muestra a un objeto electroconductor relativamente profundo y sin anomalía magnética  $\Delta T$ .

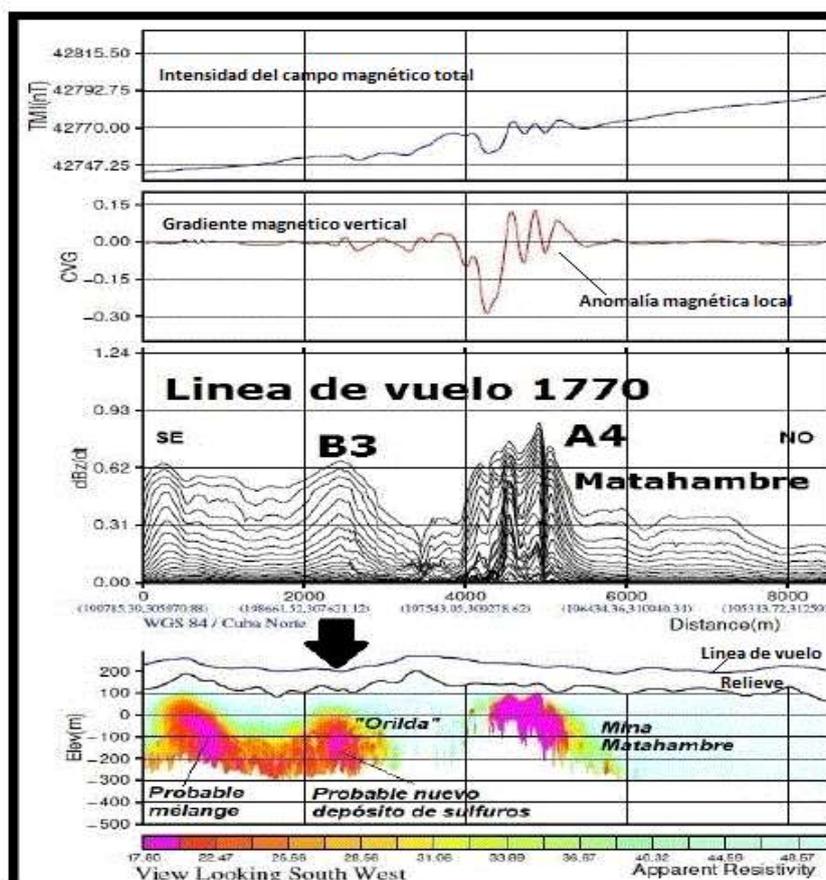


Figura 4. Perfil por la línea de vuelo 1770 con pseudo-sección de resistividad eléctrica donde se aprecia la anomalía VTEM<sup>Plus</sup> **B3** con potencialidad minera ( $\tau=4,56$  ms), al SE de la antigua mina y poblado de Matahambre. Sobre este hipotético depósito, cuyo tope superior se encuentra a una profundidad aproximada de 100 m, no se observa anomalía magnética al no poseer menas ferrosas oxidadas en la superficie. Se observan, además, las interferencias antrópicas sobre la anomalía VTEM **A4** asociadas a la mina Matahambre (Carballo-Otero 2021).

La constante de tiempo para los depósitos de sulfuros no magnéticos depende básicamente del producto de la masa mineral por su conductividad

eléctrica (Jmelevskovo y Bondarenko 1989; Carraz-Hernández 2017; Johansson 2017). Al ser colindante **B3** *Orilda* con el prospecto *Nieves* se asume que sus electroconductividades son semejantes y por esta razón la constante de tiempo es básicamente proporcional a la masa mineral.

Al poseer *Nieves* una masa de 13 millones de toneladas de Zn+Pb en categoría de reservas calculadas (Rafikov y Bárzana 1984), y al ser la constante de tiempo de **B3** un 20 % menor que la de *Nieves* se le atribuye proporcionalmente a *Orilda* 10,4 millones de toneladas de mena en categoría de recursos especulativos (Carballo-Otero 2021).

#### 4. DISCUSIÓN

La potencialidad minera de la anomalía **B3**, interpretada en base al parámetro  $\tau$  se ve reforzada al estar asociada a otros criterios de prospección de sulfuros (Figuras 5 y 6) establecidos para las Alturas de Pizarras del Norte (Torres-Zafra *et al.* 2004). Aunque los recursos deducidos para el supuesto depósito *Orilda* están sujetos a incertidumbres, los autores sostienen su utilidad como una primera aproximación al valor real, lo cual permite justificar la conveniencia de la verificación terrestre de la anomalía **B3**.

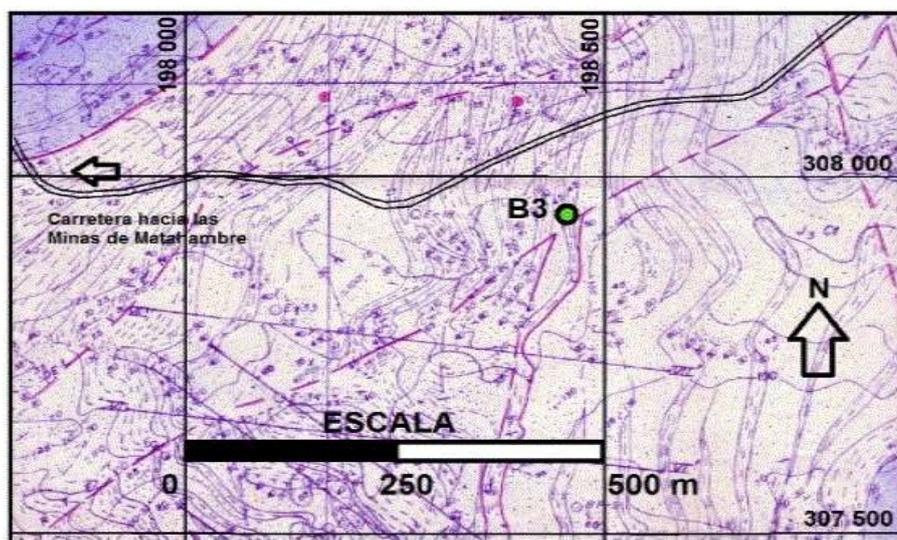


Figura 5. Ubicación de la anomalía VTEM<sup>Plus</sup> B3 sobre el Mapa Geológico Esquemático del Sector Matahambre-Nieves a escala 1:5000, confeccionado por Bárzana *et al.* (1988), escaneado y modificado por Carballo-Otero. Se observa que el epicentro de la anomalía **B3** está cercana a la confluencia de fallas -criterio tectónico- y en la frontera de las lutitas y pizarras negras del miembro Castellanos con las areniscas del piso inferior innominado de la formación San Cayetano -criterio litoestratigráfico-. Además, la anomalía está vinculada al relieve positivo -criterio geomorfológico- (Carballo-Otero 2021).

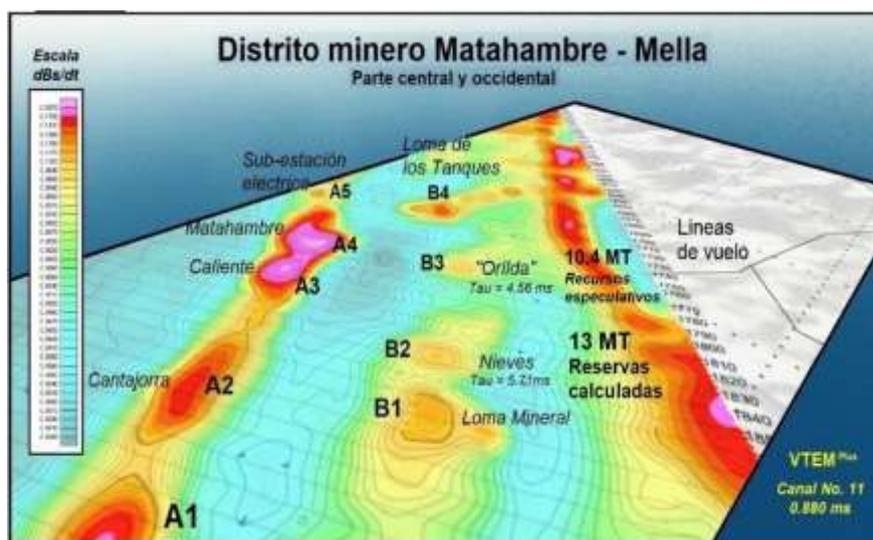


Figura 6. Representación pseudo-isométrica de un fragmento del mapa de contornos de isóneas de  $\partial Bs/\partial t$  del canal No. 11 de Geotech Ltd. correspondiente a la parte centro-occidental del distrito minero Matahambre–Mella. Se observa principalmente al presunto depósito *Orilda* con 10,4 MT de Zn+Pb en categoría de recursos especulativos. Se visualizan las líneas de vuelo cada 200 m. Confeccionado mediante Global Mapper y Paint (Carballo-Otero 2021).

## 5. CONCLUSIONES

- La anomalía VTEM<sup>Plus</sup> **B3** con coordenadas Lambert X: 198 455 Y: 307 946 señala la posible presencia de un nuevo depósito de sulfuros metálicos, presumiblemente de Pb y Zn, a unos 100 m de profundidad y con 10,4 millones de toneladas de mena en categoría de recursos especulativos.
- Se recomienda realizar una exploración terrestre *in situ* para comprobar la naturaleza mineral de esta anomalía, precisar sus contornos y evaluar su potencialidad minera, pero especialmente los autores proponen examinar el área aledaña al SE de su epicentro, por el posible desplazamiento de la anomalía VTEM con respecto al hipotético depósito, producto de la canalización de las corrientes inducidas por el electromagnetismo, como se observa en otros depósitos ya conocidos.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean testimoniar su gratitud al profesor Dr. José Antonio Díaz Duque, del Departamento de Geociencias de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica de La Habana (CUJAE), por la revisión del texto y sus constructivas sugerencias. Igualmente, los autores desean manifestar su agradecimiento al Servicio Geológico de Cuba, representado por el Instituto de Geología y Paleontología y a la Empresa Minera del Caribe

(EMINCAR S.A.) por el apoyo institucional para la realización del presente trabajo.

## 7. REFERENCIAS

- Astajov, K.; Solianik, V.; Vasiliev, V.; Martínez, D.; Fernández, R.; Oubiña, J.; Dimidov, S. y Santamaría, Z. 1982: *Levantamiento geológico a escala 1:50 000 en el NO de Pinar del Río*. 3 tomos. Inédito. La Habana: Fondo ONRM.
- Bárzana, J. A.; Rodríguez, E.; Salinas, A.; Méndez, D.; Estrada, N.; Romero, C.; Martínez, A. y Cuní, J. 1988: Informe búsqueda detallada de sulfuros de Cu y polimetálicos entre los yacimientos Matahambre y Nieves y flanco oeste de Nieves. Inédito. La Habana: Archivo técnico IGP.
- Carballo-Otero, O. 2021: *Efectividad del sistema aero-electromagnético en el dominio del tiempo VTEMPlus para localizar depósitos de sulfuros masivos en las Alturas de Pizarras del Norte, Pinar del Río, Cuba*. Tesis de maestría. Universidad Tecnológica de La Habana.
- Carballo-Otero, O. y Moya, J. 2015: Sistematización y generalización de la información electromagnética del NW de la provincia de Pinar del Río En: VI Convención Cubana de Ciencias de la Tierra (GEOCIENCIAS '2015). Ponencia. La Habana.
- Carballo-Otero, O. y Moya, J. 2009: Sistematización y generalización de la información electromagnética del NW de la provincia de Pinar del Río. No. Inventario 1363. La Habana: Fondo geológico ORMN.
- Carraz-Hernández, O. R. 2017: Métodos electromagnéticos. Tema 4: Métodos EM Transitorios (Conferencia No. 15 Sistemas TDEM aéreos). La Habana: Universidad Tecnológica de La Habana.
- Cazañas, X.; Torres, J.; Lavaut, W.; Cobiella, J.; Capote, C.; González, C.; López, J.; Bravo, F.; Llanes, I.; González, D.; Rios, Y.; Ortega, Y.; Torres, R.; Pantaleón, G.; Torres, M. y Figueroa, D. 2017: Metalogenia de Cuba: Memoria explicativa del Mapa Metalogénico de la República de Cuba a escala 1: 250 000. La Habana: CNIG-IGP.
- GEOCUBA. 2017: Mapa topográfico hoja 3483-IV Minas Matahambre, a escala 1:50 000. La Habana.
- GEOTECH Ltd. 2013a: Alturas de Pizarras del Norte: Geophysical interpretation report on a helicopter borne Versatile Time Domain Electromagnetic (VTEM) and Horizontal Gradiometer Survey. Aurora.
- GEOTECH Ltd. 2013b: Alturas de Pizarras del Norte: VTEM B-Field Map Profiles 1:50 000/ Time gates 0.220-7.036 ms. Aurora.
- GEOTECH Ltd. 2013c: Alturas de Pizarras del Norte: VTEM dBs/dt Map Decay Constant (Tau) 1:50 000. Aurora: Geotech Ltd.

- GEOTECH Ltd. 2013d: Alturas de Pizarras del Norte: VTEM Resistivity Depth Image (RDI) for Lines 1000-4210. pdf. Aurora.
- IGP. 2017: Mapa geológico hoja 3483 Pinar del Rio, a escala 1:100 000. La Habana.
- Jmelevskovo, V. K. y Bondarenko, B. M. 1989: *Elektrorazvedka: spravochnik geofizika*. Tomo I. Moscú: Nedra.
- Johansson, L. 2017: *Modelling and interpretation of VTEM data from Sopero, Sweden*. M. Thesis. Lulea University of Technology. Lulea.
- Pérez-Vázquez, R. G.; Estéves-Cruz, E. y Romero-Espinosa, M. S. 2017: Modelación descriptiva del yacimiento Santa Lucia (Zn-Pb-Ba), Pinar del Río (CUBA). Boletín de Geología, 39(mayo-agosto): 83-93.
- Rafikov, F. y Bárzana, A. 1984: Informe de búsqueda detallada en el sector Nieves y Loma Mineral y exploración orientativa en el sector Nieves. Inédito. La Habana: Fondo geológico ONRM.
- Torres-Zafra, J.; Moreira, J.; Lavandero, R. y Montano, J. 2004: Reevaluación metalogénica del potencial de los recursos minerales de Au, Ag y polimetálicos asociados a secuencias de materia orgánica en Pinar del Río. Inédito. La Habana: Archivo IGP.

## Información adicional

### Conflicto de intereses

Los autores no tienen conflictos de intereses que declarar.

### Contribución de autores

OFCO: Propuesta y desarrollo del tema de investigación; redacción del original; revisión y aprobación de la versión final. ORCH: tutor del estudio, redacción y revisión de la parte geofísica. Aprobación de la versión final. RGPV: tutoría, redacción y revisión de la parte geológica. Aprobación de la versión final.

### ORCID

OFCO, <https://orcid.org/0000-0001-8975-83099>

ORCH, <https://orcid.org/0000-0001-6866-061X>

RGPV, <https://orcid.org/0000-0002-8559-52711>

Recibido: 01/09/2022

Aceptado: 23/09/2022