

ARTICULO CIENTIFICO

LOS ATRIBUTOS, NUEVA ESTRATEGIA PARA LA SELECCIÓN DE LOS GOSSANS CON ORO-PLATA EN CUBA

ATTRIBUTES, A NEW STRATEGY FOR THE SELECTION OF GOSSANS WITH GOLD - SILVER IN CUBA

 **JESÚS MANUEL LÓPEZ KRAMER^{1*}**,  **ELMIDIO ESTÉVEZ CRUZ²**,  **JOSÉ ANTONIO DÍAZ DUQUE³**

¹Instituto de Geología y Paleontología. IGP. Servicio Geológico de Cuba. La Habana, Cuba. E-mail: kramer@igp.minem.cu

²Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saiz". Departamento de Geología Facultad de Ciencias Técnicas. Pinar del Río, Cuba.

E-mail: elmidio2013@gmail.com

³Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría". Departamento de Geociencias. . La Habana, Cuba.

E-mail: jadduque@gmail.com

*Autor para correspondencia: jesusmanuellopezkramer@gmail.com

RESUMEN: Las investigaciones geológicas y tecnológicas para los gossans en Cuba comenzaron hace 25 años al ser investigados los asociados a los yacimientos Hierro Mantua y Castellano. Esto fue el inicio de una nueva era y un reto para la minería del oro en Cuba. Los trabajos de prospección en los gossans no han logrado obtener recursos significativos de menas, al aplicarse criterios de selección de los objetivos a prospectar basados en juicios que en la práctica no han demostrado su sostenibilidad y en las plantas se presentan problemas con la recuperación y calidad del doré. El principal propósito fue la reinterpretación de la información nacional e internacional relacionada con el oro en los perfiles de alteración supergénica propuesta por diferentes autores. Esto permitió argumentar científicamente la jerarquización de los gossans vírgenes atendiendo a su similitud con los patrones establecidos y trazar las futuras estrategias, el orden y los métodos para los trabajos geológicos. El resultado principal es una herramienta que permite la actualización del Programa Integral de Desarrollo del Oro y de la Proyección estratégica de las investigaciones geológicas para oro en el archipiélago cubano hasta 2030. Se concluye que los niveles de favorabilidad son un instrumento científico para una gestión más eficiente que justificará desechar los anteriores criterios prefijados de selección. Los materiales empleados fueron los resultados de las investigaciones precedentes en las menas primarias y los gossans. Los métodos y técnicas de la investigación fueron: el empírico, mediante la observación (investigación bibliográfica), los teóricos, hipotético-deductivos y analítico-sintéticos, y los particulares, geológicos, geoquímicos y geofísicos.

Palabras clave: Cuba, estrategia, evaluación, gossans con oro y plata, potencialidades.

Recibido: 12/01/2026

Aceptado: 14/03/2026

Conflictos de interés: Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

Contribución de los autores: **Conceptualización, Curación de datos, Investigación, Metodología, Redacción-borrador inicial, Redacción-revisión y edición, Supervisión:** Jesús M. López-Kramer. **Conceptualización, Curación de datos, Supervisión, Investigación:** Elmidio Estévez Cruz. **Curación de datos, Investigación, Metodología, Redacción-revisión y edición, Supervisión, Visualización:** José A. Díaz-Duque.



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



ABSTRACT: Geological and technological research for the gossans in Cuba began 25 years ago, when those associated with the Hierro Mantua and Castellano deposits were investigated. This was the beginning of a new era and a challenge for gold mining in Cuba. The prospecting work in the gossans has not been able to obtain significant resources of ores, as selection criteria for the targets to be prospected based on judgments that in practice have not demonstrated their sustainability and in the plants, there are problems with the recovery and quality of the doré. The main purpose of the development of this work consisted of the reinterpretation of the national and international information related to gold in the profiles of supergene alteration proposed by different authors. This allowed us to scientifically argue the hierarchy of the virgin gossan according to their similarity with the established patterns and to trace the future strategies, order and methods for the geological works. The main result achieved is a tool that allows the updating of the Comprehensive Gold Development Program and the Strategic Projection of geological research for gold in the Cuban archipelago until 2030. It is concluded that the levels of favorability are a scientific instrument for a more efficient management that will justify discarding the previous pre-established selection criteria. The materials used were the results of the previous investigations in the primary ores and the gossans. The methods and techniques of the research were empirical through observation (bibliographic research), the hypothetical-deductive and analytical-synthetic, and the geological, geochemical and geophysical particulars.

Key words: Cuba, strategy, evaluation, gossans with gold and silver, potentialities.

INTRODUCCIÓN

Los gossans constituyen la principal fuente para la obtención de oro y plata en Cuba, siendo necesario realizar investigaciones que permitan la selección de los nuevos depósitos que garanticen un volumen de menas que den continuidad a las operaciones en las tres plantas de procesamiento existentes. La presencia de pequeños depósitos primarios de diferentes génesis, unido a la limitante establecida para la selección de los objetivos para la prospección de aquellos depósitos con oro ubicados en un radio no mayor de 50 km de las plantas, la inexistencia de una clasificación a partir de la utilización de patrones cubanos para los gossans y la poca experiencia en su exploración entre otros factores, han generado un margen de error importante en cuanto a la selección de los objetivos a prospectar, incluyendo los criterios técnicos obtenidos en los trabajos de prospección y explotación que se realizan.

En el país han existido explotaciones en los gossans de los yacimientos Hierro Mantua (VMS siliciclástico - máfico) y Castellanos (SEDEX proximal), los cuales llegaron a producir unos 3 500 kg de doré. Actualmente la prospección ha estado dirigida básicamente a un grupo de depósitos de variados tipos genéticos: VMS máfico - ultramáfico: Lote Grande., bimodal - máfico: Zona Barita y epitermal de sulfuración alta: la zona Big Golden Hill. Con una marcada diferencia con los resultados obtenidos a partir de la explotación de los gossans maduros desarrollados sobre depósitos tipo SEDEX y VMS. La [tabla 1](#) muestra la producción nacional estimada en unos 4 800 kg de oro en los últimos 28 años, según López- Kramer et al. (2024), período comprendido entre 1995 hasta 2024.

El principal propósito del desarrollo de este trabajo radica en la necesidad de reinterpretar la información nacional e internacional relacionada con el oro en los perfiles de alteración supergénica propuesta por [Smirnov \(1982\)](#), [Velasco-Roldan \(2013a\)](#) entre otros, a la luz de los avances en las investigaciones desarrolladas y el incremento del conocimiento de la actividad geológica.

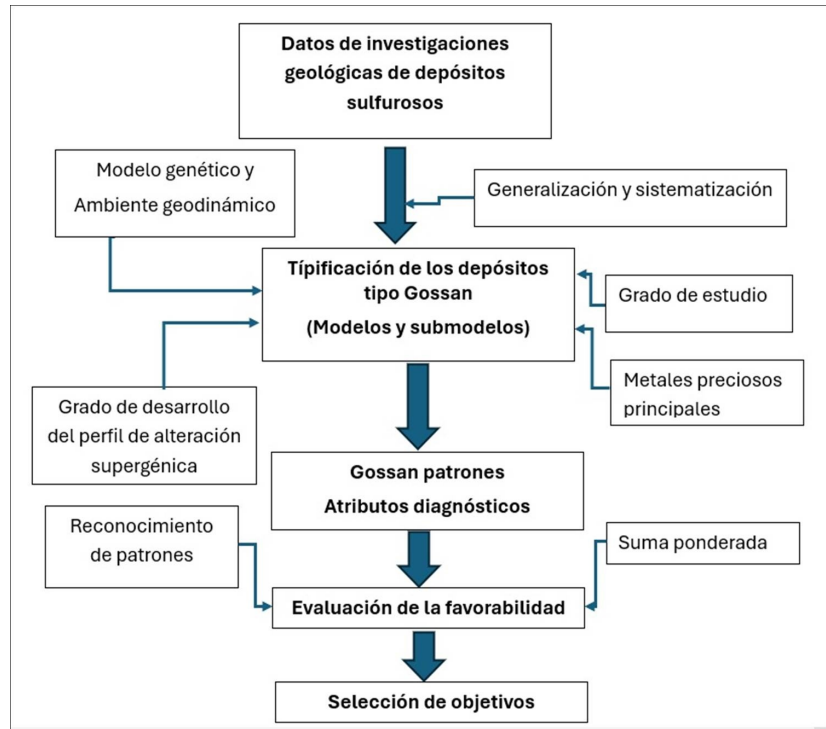


Figura 1. Diagrama de flujo. Fuente: elaboración propia

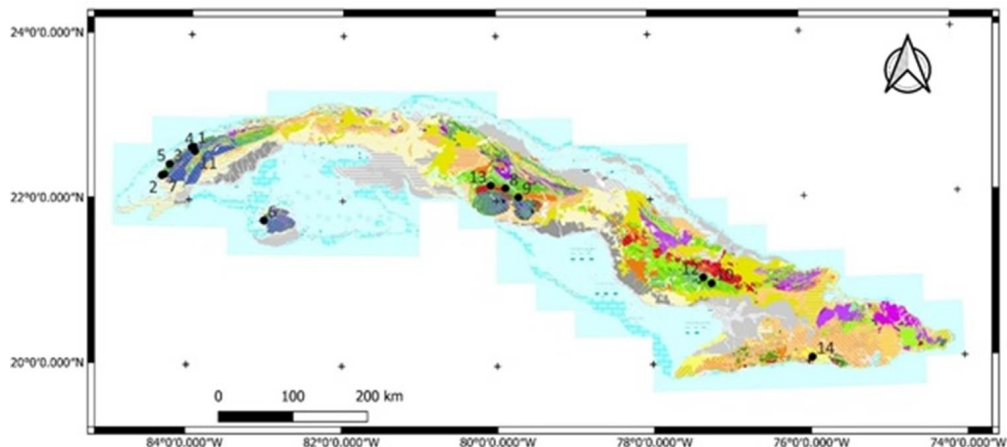


Figura 2. Localización de los principales tipos genéticos de yacimientos y los gossans asociados, representados sobre el mapa geológico de Cuba escala 1: 100 000 (IGP/SGC, 2016). Leyenda: 1- Santa Lucía, 2-Union Juan Manuel, 3-Loma de Hierro, 4-Castellanos, 5-Hierro Mantua, 6-Delita, 7- 8-Unión II, 9-Los Cerros, 10-Golden Hill, 11-,12-Florenca, 13-San Fernando, 14-Oro Barita. Fuente: Elaboración propia.

El tipo exhalativo-sedimentario (SEDEX) se desarrolla en la Formación San Cayetano J_{1-2} : Castellano (proximal) y Santa Lucía (distal). En el macizo metamórfico Isla de la Juventud, sobre depósitos de Au orogénico, hospedados en secuencias siliciclásticas del J_1 , K, aparece Delita y en el Escambray, sobre depósitos del tipo Mississippi Valley (MVT), subtipo Irish de edad $J-K_1$ se encuentran Carlota y Guachinango. En el arco volcánico cretácico (AVC), sobre depósitos VMS, tipo bimodal máfico, se hallan San Fernando y Los Cerros; mientras que entre los epitermales de alta sulfuración está Golden Hill y en los de baja sulfuración, Florenca. En el Cinturón Ofiolítico Septentrional (COS), sobre yacimientos VMS máfico-ultramáficos, en las regiones occidental, central y oriental, un grupo de depósitos cuyos representantes son Júcaro, Lote Grande, mientras que la Zona Barita es el representante de los VMS bimodal máficos del Arco Volcánico Paleógeno (AVP).

Tipos genéticos de depósitos primarios

A nivel internacional constituyen objetivos atractivos para la prospección de oro en los gossans aquellos que según los modelos de [Torres-Zafra et al. \(2017\)](#), se describen como depósitos de menas primarias con un gran tonelaje de sulfuros masivos. Por su mayor tonelaje de menas primarias se contemplan a los depósitos tipo exhalativo-sedimentarios (SEDEX), los sulfuros masivos volcanogénicos (VMS) y los del tipo Valle del Mississippi (MVT).

En [López-Kramer et al. \(2022\)](#), sobre la base de los modelos genéticos de yacimientos primarios descritos en [Torres Zafra et al. \(2017\)](#) y de los datos obtenidos de las exploraciones nacionales e internacionales, se demuestra que, como promedio, el gossan contiene el 25-30% del volumen de los recursos auríferos del depósito. Esta relación indica la necesidad de centrar los trabajos de investigación geológica en los objetivos con mayores volúmenes de recursos de menas primarias conocidos y los factores económicos (ley y tonelaje y su importancia), destacando la evidencia empírica de los mineros apoyada en la práctica acumulada, en la que se enuncia: se puede esperar un buen yacimiento de cobre aquel que posea un gran gossan.

Los depósitos tipo SEDEX

Ubicados en las secuencias siliciclásticas con Zn, Pb, Au y Ag de tipo exhalativo-sedimentarios de Pinar del Río. Estos depósitos comparten rasgos similares con los MVT subtipo Irish. Comúnmente aparecen agrupados espacialmente y con un predominio de la yacencia estrato controlada, con cuerpos lenticulares potentes y yacencia suave, que pueden aflorar formando gossans masivos. Sus representantes son: Castellano, Santa Lucía, Loma Hierro, Mella, Nieves, Sur, Baritina, Brooklyn, Loma Colorada, Otilia, Malcasado, Francisco, Cándida, Dora, Lola y Amistad. Siendo los yacimientos Castellano, Santa Lucía, Loma Hierro los mejor estudiados. Los gossans de los yacimientos Castellano y Santa Lucía alcanzan una longitud que oscila entre los 700-800 m.

Los depósitos tipo MVT subtipo Irish

Emplazados en rocas carbonatadas en la provincia de Cienfuegos. Estos al igual que los SEDEX comúnmente aparecen agrupados espacialmente y con un predominio de morfología estrato-controlada, con cuerpos lenticulares potentes y yacencia suave, que pueden aflorar formando los gossans masivos. Ejemplos: Carlota con el cuerpo número 1 con un gossan que se extiende por 1 300 m y 150 m de espesor, Guachinango con varios cuerpos que afloran, uno de ellos se extiende por 200 m y 60 m de espesor.

Los VMS

Tipo siliciclástico-máfico. Por su tamaño y estructuras, estos pueden llegar a ser atractivos y tienen como características el ser concordantes con las rocas circundantes. En Pinar del Río, los VMS de este tipo mejor estudiados son Hierro Mantua y el campo mineral Unión-Juan Manuel con gossans que se extienden por unos 1 200 m de longitud por el rumbo. Son interesantes otras manifestaciones como Copales, Carril, Loma Colorada de Mantua y Brooklyn, ubicados al oeste y noreste del yacimiento Hierro Mantua.

Tipo bimodal-máfico. Aunque sus gossans suelen ser pequeños, por la tendencia a su ubicación espacial cercana y otras características similares, en su conjunto pueden resultar atractivos. Entre sus principales rasgos se destacan el marcado control estructural a través de la agrupación de depósitos, o de su alineamiento con fallas o la intersección de estas, la existencia de calderas y otras estructuras sinvolcánicas.

Estos depósitos se destacan por poseer una estructura compleja, compuestas por lentes de sulfuros masivos y de yacencia abrupta, normalmente estos son concordantes con la estratificación de las rocas circundantes y son infrayacidos por amplias zonas mineralizadas cortantes con mineralización en *stockworks* (*stringer zones*) que pueden aflorar con minerales oxidados. Por ejemplo, en Los Cerros, San Fernando, Zambumbia y El Sol, en los que la zona de *stockworks* aflora formando un gossan no masivo. Es característico en estos depósitos la presencia de zonas con elevados contenidos de oro y plata. En Santa Rosa se obtuvieron valores cercanos a los 15 g/t de Au y hasta 969 g/t de Ag, lo que denota un enriquecimiento inusual de metales preciosos para este tipo de mineralización, en San Fernando los valores de Au alcanzan los 4-5 g/t.

Algunos ejemplos de las dimensiones de los gossans: San Fernando con una extensión por el rumbo alrededor de los 420 m y alcanza los 11 m de espesor y los Cerros, con una extensión de unos 130 m y 5 m de espesor.

Con algunas diferencias en los depósitos, Independencia y Antonio, con estructuras subconcordantes, cuerpos de sulfuros masivos que afloran con ángulos de buzamiento suaves y pueden dar lugar a gossans masivos en superficie. Por ejemplo, Antonio, con una extensión por el rumbo de 300 m y alcanza los 7 m de espesor.

Tipo máfico-ultramáficos. Por lo general son pequeños, tienen estructuras en vetas poco potentes y ángulo de buzamiento abrupto, bandeados, estratificados, *stockworks*, brechas y diseminados. Estos gossans son los menos atractivos. Por ejemplo, en Cuba occidental, provincia de Artemisa, Júcaro-Buena Vista en occidente; en el centro, Jobosi- Trillones; en Camagüey, Río Negro y en Holguín, Monte Rojo. Existe un marcado control estructural en los depósitos.

En los VMS del tipo bimodal-máfico y sus similares, los máfico-ultramáficos, se destaca, como principal diferencia con respecto a los VMS siliciclástico-máficos y los SEDEX, un menor desarrollo de los gossans en superficie. Esto está motivado por su estructura y tipo de mineralización, ya que ambas características influyen en la exposición de las menas primarias y, por consiguiente, en la formación del gossan, (raíz filoniana, mineralización en *stockwork*, brechas, vetas subverticales). En estos depósitos, la neotectónica puede marcar la diferencia entre sus diferentes sectores.

Epitermales de sulfuración alta. Por su tamaño y estructuras pueden llegar a ser atractivos. Esto está motivado por su tendencia a estar controladas espacialmente por estructuras volcano-tectónicas, constituyen distritos y campos metalogénicos con la presencia de varias zonas minerales agrupadas que, aunque pequeñas, en su conjunto pueden resultar perspectivas. Los gossans del yacimiento Golden Hill (las zonas minerales Little Golden Hill, Three Hill y Big Golden Hill), por ejemplo, tienen dimensiones similares que oscilan entre los 250-300 m por el rumbo, y 40-60 m de espesor.

Epitermales de sulfuración baja. Por sus contenidos de Au (sobre los 3,2 g/t), pueden llegar a ser atractivos. No obstante, su estructura en vetas estrechas, pobres en sulfuros y sus limitados recursos de Au (t), son restricciones a tener en cuenta. Por ejemplo, los gossans del depósito Florencia (las zonas minerales Norte y Sur), alcanzan espesores que varían ente 9-11 m.

Modelos y submodelos de depósitos definidos para Cuba

Tomando como referencia el grado de desarrollo genético (maduración) en el desarrollo del perfil de meteorización a partir de la superficie hacia la profundidad, su mineralogía característica y su grado de estudio, López-Kramer et al. (2018 y 2022) los clasifican como:

- I. Gossans maduros.
- II. Gossans inmaduros.
- III. Gossans vírgenes.

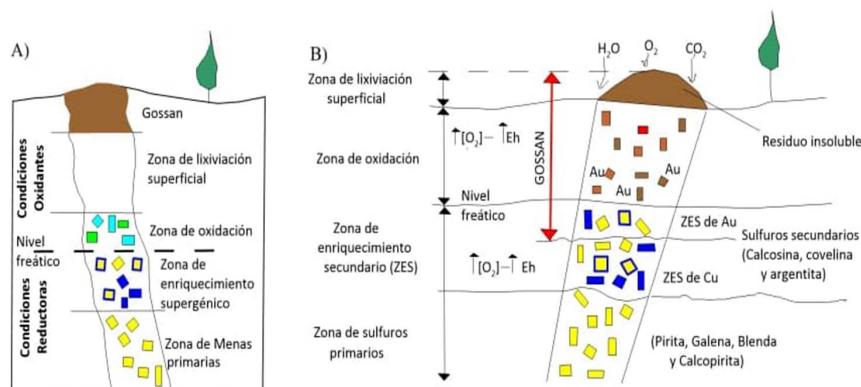


Figura 3. A) Esquema de gossan maduro clásico; B) Gossan maduro con oro y plata. Fuente: López-Kramer et al. (2022)

Las cantidades y cualidades de los gossans expresadas de estos tres grupos revisten gran importancia ya que los gossans maduros e inmaduros por su grado de estudio son tomados como patrones para la prospección. Identificar y clasificar un gossan como inmaduro permitirá profundizar en su estudio e identificar los elementos negativos que influyen en el proceso tecnológico. La composición de las menas de un gossan clasificado como inmaduro influye en los resultados de la eficiencia y calidad del doré. Lo que constituye sólo un factor entre muchos otros. Este es un tema a estudiar durante las investigaciones geológicas y tecnológicas que permitirá diseñar a tiempo las alternativas de variantes al proceso a emplear en cada depósito, con el objetivo de mejorar los indicadores. A su vez los trabajos mencionados describen tres submodelos:

1. Gossans maduros con Au y Ag.
2. Gossans maduros con Ag.
3. Gossans inmaduros con Au y Ag.

Gossans maduros

El perfil de alteración exógena originado a partir de la oxidación de los sulfuros puede ser considerado como maduro, cuando se puede establecer una zonación vertical más o menos desarrollada de la alteración supergénica. Esta zonación puede ser variable y depende de un grupo de factores, siendo característico para los gossans maduros el predominio de los minerales oxidados y la formación de neominerales en las diferentes zonas y subzonas que constituyen su perfil.

Para establecer la diferencia entre el concepto de gossan abordado con anterioridad, en la figura 3A se muestra el esquema de un gossan maduro clásico y sus zonas. En la Figura 3B el esquema propuesto por López-Kramer et al. (2022), que tiene en cuenta, para un gossan clasificado como maduro, la distribución de las menas auríferas en el perfil con sus zonas y subzonas.

Los gossans maduros se forman a partir de depósitos de diferentes génesis con menas piritó-polimetálicas y piritó-cupríferas, con estructuras masivas o semi masivas, en forma de lentes potentes, con ángulos de buzamiento entre 45-60°, ubicándose los mismos entre los 70 y 170 metros por encima del nivel del mar. Por ejemplo, Castellano, Santa Lucía, Unión-Juan Manuel, Loma Hierro, Hierro Mantua, la zona 14 de Matahambre y Little Golden Hill, de Golden Hill.

Submodelo gossans maduros con Au y Ag

Es característico para este submodelo el predominio de los minerales oxidados y la formación de neominerales en las diferentes zonas y subzonas, así como la prevalencia de oro sobre la plata y la presencia como Au y Ag nativos. Los valores para el Au alcanzan 2,7 g/t y la plata 10 g/t. Son características la zonación vertical y el incremento de la ley promedio de oro con la profundidad.

Para algunos ejemplos internacionales se cita la información ofrecida en Velazco-Roldan (2013), para los gossans de Riotinto, en la que muestra contenidos promedios para el oro y la plata de 1-56 g/t, siendo para el gossan de Tharsis 1,7 y 29 g/t respectivamente. El producto principal es el oro, con un papel secundario la Ag.

Se desarrollan a partir de depósitos tipo SEDEX, VMS y epitermales de sulfuración alta. Los SEDEX (proximal), se desarrollan a partir de depósitos con menas masivas: polimetálicas, pirítico-polimetálicas con barita, barítico-polimetálica, cupríferas y barítica. Los VMS desarrollados sobre depósitos con menas masivas: piríticas con cobre y cobalto y pirítico-cupríferas y los epitermales de sulfuración alta desarrollados sobre depósitos con menas masivas pirítico-cupríferas.

Los representantes cubanos son: los SEDEX, el yacimiento Castellano (proximal), como VMS, el yacimiento Hierro Mantua, epitermales de sulfuración alta, el yacimiento Big Golden Hill (Zona mineral Little Golden Hill). En superficie predominan las formas alargadas, que por el rumbo pueden alcanzar 1 km formando un relieve positivo. Su espesor puede llegar a los 60 metros.

Los SEDEX se desarrollan en rocas siliciclásticas de la Formación San Cayetano J₁₋₂. Los VMS se forman en rocas siliciclástico-carbonatadas ricas en materia orgánica de La Formación Esperanza (J₃th-K₁^{val}), con subordinadas manifestaciones de magmatismo en diferentes grados. Los epitermales de sulfuración alta ocurren sobre rocas de la Formación Crucero Contramaestre (Turoniano-Campaniano Inferior), según el Léxico Estratigráfico de Cuba (LEC), compuesta por areniscas, tefroides, conglomerados, gravelitas, tobas, tufitas, lavabrechas y andesito-basaltos.

Ejemplos mundiales lo constituyen: Cerro de Maimón en República Dominicana (Andreu et al., 2015), Cinturón Pirítico Ibérico (Velasco-Roldan, 2013b), Riotinto, Tharsis, San Miguel, Las Cruces (Yesares et al., 2011), Alto de la Mesa (Riotinto); Cueva de la Mora; Cerro Colorado (Riotinto); Confesionarios; Herrerías; Lagoa-Salgada; La Joya; La Lapilla; Lomero-Poyatos; La Zarza; Peña del Hierro; Sao Domingos; San Miguel; San Telmo.

Tomando como referencia una vertical a partir de la parte superior aflorada del cuerpo mineral y hacia la profundidad, en los gossans de Au-Ag están presentes las zonas: de lixiviación superficial, de oxidación, de transición o de enriquecimiento secundario y por último la de sulfuros primarios. Teniendo en cuenta la composición química y mineralógica en el perfil de los gossans, Velasco-Roldan (2013b), compila los datos de varios autores, demostrando que las zonas superiores del gossan son relativamente más pobres en S, As, Pb, Ba, Sn, Sb, Ag y Au con respecto a las partes más profundas. Las variaciones en las concentraciones de los metales preciosos hacia la profundidad en el perfil son altas (de 1 a 105 ppm para la plata y de 0,13 a 10,5 g/t para el oro), esto muestra el significativo incremento hacia las partes inferiores del gossan con respecto a las menas primarias.

En contraste, la parte superior del perfil es más rica en Fe, SiO₂, Al₂O₃, pobre en S y As y una clara tendencia al decrecimiento de los contenidos de Ag y Au comparados con la parte inferior. Por ejemplo, la zona mineral Little Golden Hill, clasificada como gossan maduro desarrollado sobre yacimientos de tipo epitermal de sulfuración alta. Pimentel et al. (2002, 2018) consideran el perfil de meteorización bien desarrollado sobre de los sulfuros masivos con una zona de oxidación, diferenciando el límite con la zona de transición o de enriquecimiento supergénico de oro, incluyéndola dentro de la zona de oxidación. Por debajo de esta, ya en los sulfuros, describe la zona de enriquecimiento supergénico para cobre de los mantos de calcosina y covelina, formados a partir del cobre lixiviado.

En las menas se han determinado. hematita-goethita, limonita, wad (coloidal), minerales del grupo de las arcillas, sulfuros parcialmente oxidados, carbonatos y sulfatos de cobre, malaquita, azurita calcosina, covelina. Nativos: cobre nativo, oro (alta-media pureza) y plata. Otros minerales que aportan oro y plata: minerales del grupo de la jarosita eléctrum. Otros: bornita, siderita, limonita, goethita, lepidocrocita, melanterita, calamina, azurita, zincita, tenorita, halloysita, malaquita, cuprita, turquesa, smithsonita, hidrogoethita, xauthosiderita, vavelita, vivianita, svanbergita,

hinsdalita, monheimita, calcantita, florencita, pirolusita, psilomelano, delafosita, cerusita, bixbyita y asbolana.

La presencia en las rocas circundantes de sulfuros diseminados provoca el incremento de la auto alteración de éstas, con el incremento de sílice, hierro y el déficit de los elementos originales en la roca, aunque su estructura original se puede preservar. Lateralmente al gossan, las rocas de caja presentan un irregular blanqueamiento lo que las hace difíciles de identificar, con alteración al grupo de los minerales arcillosos, resultando una mezcla de colores claros (blanco) con el típico rojizo - carmelita de los óxidos de hierro.

En la ganga se han determinado cuarzo, barita, alunita, caolinita, sericita, cuarzo, fosfato de calcio, materia carbonosa, óxidos e hidróxidos de hierro, de manganeso, limonita.

Firma geoquímica. La respuesta geoquímica en las investigaciones de los gossans es diferente según el tipo genético de yacimiento sobre el que se desarrolla el gossan, de las rocas de caja de cada depósito en específico y su clasificación. La movilidad de los distintos elementos metálicos durante la oxidación depende de las condiciones físico-químicas de cada depósito y del comportamiento de cada elemento en dichas condiciones.

Los muestreos de suelos con análisis de Au, y litogeoquímicos revelan anomalías de metales base y preciosos (Au, Ag). En la prospección del depósito Antonio fue muy positivo el análisis de Hg.

La presencia de indicadores geoquímicos y mineralógicos es frecuente en los sedimentos fluviales de las principales cuencas de este tipo, en las que se destaca la ocurrencia de minerales como oro nativo, electrum, Au-Ag-Hg y Au-Cu, otros como cinabrio y Hg nativo, en Jaguas y en concentrados mineralógicos pesados. En los concentrados de minerales pesados pueden presentarse en concentraciones anómalas hasta varios kilómetros de distancia. Flujo de dispersión: anomalías de Au, Ag, Mo, Sn, W, Cu y Zn en flujos de sedimentos.

Firma geofísica. La respuesta geofísica en las investigaciones de los gossans es diferente según éstos clasifiquen como maduros o inmaduros. Esto está motivado por los cambios mineralógicos (óxidos, hidróxidos, sulfuros) que tienen lugar y que influyen en las variaciones de las propiedades físicas de la mineralización primaria, por lo general altamente contrastante.

El método de REDOX acompañado por las mediciones de potencial espontáneo y la susceptibilidad magnética en los suelos ha sido efectiva en el estudio de algunos gossans en Cuba, así como el uso del georradar ha mostrado utilidad en la cartografía de sus límites verticales.

Para los trabajos regionales en un inicio es recomendable la utilización de métodos de teledetección, y los gossans patrones. Mediante la interpretación de imágenes satelitales multiespectrales es posible obtener su caracterización y criterios de selección. Para poder desplegar toda la capacidad predictiva se recomienda asignarle a los gossans clasificados como vírgenes un determinado nivel de favorabilidad. Esto último ayudaría, durante la cartografía geológica, incluir itinerarios de búsqueda para reclasificar y seleccionar nuevos objetivos y trazar las futuras estrategias de prospección, mostrando en los mapas los depósitos reclasificados, atendiendo a los niveles de favorabilidad y la madurez que se presupone poseer.

Internacionalmente las prospecciones en los gossans para oro están dirigidas, por su mayor tonelaje de menas primarias, a los depósitos tipo SEDEX, los MVT y los VMS. Para Cuba, [Torres-Zafra et al. \(2017\)](#) destacan los depósitos de Zn, Pb, Ag y Au de tipo exhalativo sedimentario (SEDEX), hospedados en secuencias siliciclásticas de Pinar del Río, como Castellano, Santa Lucía, por su tamaño y gran tonelaje de sulfuros masivos, estos se convierten en objetivos atractivos para la prospección y adecuados para la tecnología instalada *Heap Leaching - Merryl Crowe*. Dentro de la familia de los yacimientos VMS, los del tipo siliciclástico - máfico, por su tamaño y estructuras, pueden llegar a ser atractivos. Por los mismos criterios, los depósitos epitermales de sulfuración alta también pueden llegar a ser atractivos. Los epitermales de sulfuración baja suelen serlo menos.

Submodelo de gossans maduros con Ag

A nivel internacional son descritos yacimientos que coinciden con este submodelo. En Velazco-Roldan (2013a) se describe que en el yacimiento Cerro Colorado, Riotinto, muy cercano al contacto entre el gossan con los sulfuros, se desarrolló una zona rica en plata. En esta zona predomina la goethita con argentojarosita que posiblemente aporta la plata.

Por su parte, en las investigaciones de Lunar et al. (1982), para los gossans con plata determinaron que, en los yacimientos de Pb, Zn de la Unión (Sierra de Cartagena) los sulfuros encierran un contenido medio en Ag entre 15 y 20 ppm, siendo el aporte de la Ag en la zona de sulfuros, mayoritariamente en la galena; una cantidad significativa de Ag aparece contenida en sulfuros accesorios, como la tetraedrita, mineral que se presenta en forma de inclusiones en los distintos sulfuros. Otro ejemplo de aportes de plata es referido en los sulfuros de la cantera Los Blancos, en la que se ha determinado tetraedrita conteniendo 25% de Ag. La mineralogía y geoquímica del gossan de Pb, Zn de La Unión, presenta características comparables con otras zonas oxidadas, como, por ejemplo, el gossan de Riotinto, Huelva (Amorós et al., 1980). Sin embargo, en el gossan los principales minerales portadores de la plata pertenecen al grupo de la jarosita, (plumbojarosita, argentojarosita y natrojarosita, minerales que pertenecen a la serie isomorfa de la jarosita).

Durante el proceso de transformación de las menas primarias en un gossan se produce la removilización de la plata, ocurriendo concentraciones locales. La ley Ag de la zona oxidada es netamente superior a las zonas de sulfuros, lo que parece hablar a favor de un proceso de concentración residual.

Buguelsky et al. (1985) brindan información sobre depósitos de Cuba Occidental en los cuales sus menas primarias cupro-polimetálicas reportan altos contenidos de plata como es el caso de Nieves Prida con contenidos de Ag que varían entre los 100-160 g/t. En el depósito Lola se desarrollaron trabajos de explotación entre 1941 y 1951, hasta los 12 m de profundidad muestran resultados con contenidos de plata que varían entre los 61,2-90 g/t.

Otras manifestaciones de Cu, Zn y Pb con Ag como Nuestra Señora de Las Mercedes, Antonio María, El Tronco (la mineralogía reportó presencia de Ag nativa en las menas) y Limpios de Francisco. De forma general puede señalarse la ausencia de comentario alguno sobre la relación espacial entre los depósitos oxidados y las menas sulfurosas primarias relacionadas con ellos, más allá de señalar su existencia, no se hicieron determinaciones de Au y Ag, a pesar de existir evidencias sobre la presencia de estos metales.

Como ejemplos de gossans para este submodelo se describen Loma Hierro y Santa Lucía. En ambos depósitos los gossans están muy bien marcados en el relieve y su morfología. Tienen como características comunes que el gossan va variando en el perfil sin cambios significativos, la zona de transición se describe como pequeña, directamente sobre los cuerpos de sulfuros que ha sido alterada por los óxidos e hidróxidos de hierro de color rojo a carmelita, lo que indica la proximidad del contacto con el cuerpo mineral limonítico-hematítico. Los espesores varían entre 1-20 m, estando los máximos relacionados con el hundimiento del cuerpo mineral hacia la zona central.

La zona de sulfuros primarios está ampliamente desarrollada en Santa Lucía. El gossan es potente y alcanza los 60 m de espesor.

Las secuencias siliciclásticas y carbonatadas ricas en materia orgánica de Pinar del Río, albergan depósitos de sulfuros conocidos con Pb, Zn, Cu, Co, y Ba y suelen presentar contenidos medios muy altas de Ag. Sus representantes más estudiados son los yacimientos Loma Hierro con 1,7 MMT (promedio 163 g/t de Ag) y Santa Lucía con 22 MMT (8% de Zn+Pb) en sus menas primarias, no se conocen estudios específicos para la evaluación de Ag en el gossan. Los gossans formados sobre las menas pirito - polimetálicas de los yacimientos Santa Lucía (SEDEX distal) y los cupro-polimetálicas de Loma Hierro, son tomadas como submodelos de gossan maduro con Ag.

Ambos yacimientos poseen rasgos que parcialmente los diferencian de los patrones típicos para el tipo de gossans maduros con Au-Ag. Entre estas diferencias se destacan los altos contenidos de plata en las menas primarias y sus gossans con respecto al oro, llegando a ser el metal predominante y el poseer una mineralogía distintiva.

El trabajo de [Lara-Blanco et al. \(1998\)](#) destaca la intensidad de los procesos hipergénicos que facilitaron la formación de una corteza de meteorización bien desarrollada que afectó a las rocas y cuerpos minerales presentes. Estos procesos originaron un corte geológico típico, donde se desarrolla un perfil tropical. Presencia de caolinización y granos de cuarzo, que le confieren un color blanco-amarillento. Por su parte, [Lastra-Rivero y Lara-Blanco \(1999\)](#) profundizan en la geoquímica y metalogenia de la estructura Francisco-Loma Hierro, del distrito metalogénico Dora-Francisco, Cuba Occidental, esclareciendo un grupo de particularidades sobre la distribución de un conjunto de elementos meníferos y acompañantes en los suelos. Como resultado, separa dos zonas con características metalogénicas distintivas: la zona A ubicada al sur, en la que se desarrollan las anomalías geoquímicas complejas de Ag-Pb-Zn-Ba-Sb, que coinciden con la mineralización tipo SEDEX oxidada Loma Hierro y la zona B, con anomalías complejas de Cu-As-Bi, relacionadas con mineralización cuprífera en stockwork de los depósitos Francisco y Loma Roja.

El depósito Loma Hierro tiene características únicas, al presentar un gossan con un 80% de sus minerales oxidados. Su importancia económica está dada por los altos contenidos de plata en el gossan, aportados por minerales del grupo de los haluros. Los haluros de plata están asociados típicamente a la goethita y oxi-hidróxidos de hierro, cuyo tamaño varía desde inclusiones de 4 x 10 µm a 35 x 95 µm, hasta granos libres por encima de 140 x 180 µm. La zona de transición se describe una franja que ha sido alterada por los óxidos e hidróxidos de hierro de color rojo a carmelita, lo que indica la proximidad del contacto con el cuerpo mineral limonítico-hematítico.

Por su parte, la zona de sulfuros primarios es muy limitada al estar totalmente meteorizado. La mineralización de sulfuros está asociada con la barita. Minerales como acantita/argentita están presentes como relleno en las fracturas, variando desde 5 µm hasta 10-40 x 90 µm en la barita.

El gossan fue investigado metalúrgicamente mediante el método hidrometalúrgico *Bath Leaching* con buenos resultados.

En el depósito Santa Lucía su gossan fue parcialmente removido en la década 70-80 del pasado siglo, para el destape y extracción de las menas sulfurosas para la producción de ácido sulfúrico por sus altos contenidos de azufre. Posteriormente, a finales de la década 1990-2000, el gossan se explotó para su procesamiento por el esquema de la planta de Castellano, demostrándose que las menas de plata de Santa Lucía responden satisfactoriamente al procesamiento por lixiviación en pilas, obteniéndose un doré con altos contenidos de Ag y muy poco de Au.

En la parte superior de la zona de oxidación una ínfima parte de la mineralización sulfurosa se conserva en forma de relictos. Debajo de esta, la zona de sulfuros primarios está ampliamente desarrollada.

Se separan tres tipos de menas:

- Piríticas de Pb-Zn: con los minerales principales de: pirita, pirita globular, melnikovita, calcopirita, esfalerita, galena. No metálicos: cuarzo, carbonatos, hidrómicas.
- Baríticas de Pb-Zn: pirita, calcopirita, esfalerita, galena. No metálicos: barita y cuarzo.
- Oxidadas: goethita, hidrogoethita, ocre de Fe, cerusita, covelina, calcosina, plumbojarosita, ocre de Pb y Ag.

Los minerales de plata descritos en las menas primarias de Santa Lucía son plata nativa, strenberguita y minerales del grupo de los cobres grises (tetraedrita- tenantita). El doré obtenido en la planta de Castellano fue principalmente de plata con muy poco oro. Aunque no se ha podido encontrar el informe, en la década de los años 80 del pasado siglo, Shadlun T.N y Dobrovólskaya M.G en los laboratorios del IGEM, realizaron un estudio detallado de las menas de este yacimiento.

Sin embargo, no se pudo consultar, por lo que no se tiene constancia de las fases minerales portadoras de la plata en el gossan, posiblemente estas sean sulfosales, jarosita o la galena rica en plata en las menas primarias.

Mineralogía de mena. Argentojarosita, tetraedrita, grupo de la jarosita, (plumbojarosita, argentojarosita y natrojarosita), haluros de plata (clorargirita y yodargirita) y en menor grado la presencia de los sulfuros de plata (argentita/acantita), galena rica en Ag. Cuarzo, alunita, caolinita, óxidos e hidróxidos de hierro, de manganeso, limonita.

Las texturas más características son las laminadas, de estratificación remanente, resultante de la meteorización de las menas primarias, la masiva y areno-arcillosa.

Gossans inmaduros con Au y Ag

En estas zonas con oxidación incipiente, la hipergénesis no ha sido lo suficientemente favorable para el desarrollo del gossan, montera de hierro, sombrero de hierro o gossan inmaduro, y se alejan del comportamiento del gossan maduros desde todos los puntos de vista y de la conocida clasificación de los clásicos. El problema para la prospección no es la clasificación al cambiar el nombre, lo importante es el fenómeno en sí y sus consecuencias. No tener en cuenta el criterio genético ha motivado errores al seleccionar los objetivos y enfocar la prospección hacia una zona de oxidación incipiente, en la que los procesos de oxidación no fueron lo suficientemente intensos para oxidar los sulfuros y lo que se observa es una zona de oxidación que inmediatamente pasa a una zona de mezcla de los minerales sulfurosos y de óxidos total o parcialmente transformados con elevados porcentajes de sulfuros totales (St), hasta el punto de ocasionar problemas en la recuperación de los metales y la baja calidad del doré al incidir en la cinética de la lixiviación (más lenta, mayores consumos de cianuro, cal) los costos se elevan, ocasionan problemas al medio ambiente por la liberación de potenciales generadores del drenaje ácido. Identificar y clasificar un gossan como inmaduro nos ayuda a profundizar en su estudio e identificar los elementos negativos que se reflejó en la tecnología instalada *Heap Leaching-Merryl Crowe* que requiere de menas oxidadas y los % de recuperación del oro y plata y parámetros de las plantas son bajos por la cantidad de cianidas. Este es un tema a estudiar durante las investigaciones geológicas y tecnológicas, para poder diseñar a tiempo las alternativas de variantes del proceso más viable para cada depósito, lo cual permita mejorar los indicadores.

Se forman a partir depósitos de una variada génesis con menas pirito-polimetálicas y pirito-cupríferas, estructuras diseminadas, en *stockwork*, vetíticas o lentes poco potentes con ángulos de buzamiento abruptos 60-70°. Esto provoca la pobre internación de los agentes de la meteorización sobre los sulfuros que componen el cuerpo mineral primario, por lo que no presentan zonación hacia las profundidades. Comienza con una zona de lixiviación superficial, seguida por otra de mezcla caracterizada por la coexistencia de minerales primarios y de óxidos, total o parcialmente transformados con elevados porcentajes de sulfuros totales (St). Los valores de Au son altos y varían entre 6-3 g/t, siendo pobres en plata.

A diferencia de los gossans maduros, en los gossans inmaduros con Au y Ag el aporte del oro y la plata se ha determinado por varios minerales: oro nativo de media - baja pureza, aurocuprita, amalgama de Au-Ag-Hg, electrum. Aportan plata: plata nativa, argentita, querargirita, además de minerales de Au-Ag-Te: calaverita, hessita, petzita, (su descomposición aporta oro y plata), y los haluros de plata, principalmente en forma de clorargirita (AgCl), menos como bromargirita (AgBr), yodargirita (AgI).

Se desarrollan a partir de depósitos tipo VMS bimodal-máfico y los máfico-ultramáficos. Además, sobre los yacimientos epitermales de sulfuración baja, por su limitados recursos y complejidades tecnológicas, no son objetos de la prospección para oro ni se conocen ejemplos internacionales de su explotación.

Predominan las formas alargadas que por el rumbo pueden alcanzar 2 km (lentes poco potentes, vetas, zonas de brechas-*stockworks*) formando un relieve positivo. En profundidad su espesor es pobre predominando los 9-11 m. No posee un perfil de meteorización definido.

Mineralogía de mena. Óxidos e hidróxidos amorfos de hierro, hematita, magnetita, martita, epidota, plagioclasas, clorita, minerales del grupo de las arcillas, feldespatos, carbonatos la malaquita, cuarzo, anfíboles (actinolita, tremolita y hornblenda), piroxenos, zircón, limonita, anatasa, brookita. Minerales de oro: oro nativo, electrum: Au- Ag- Hg, Au- Cu, telurios de Au y Ag. Minerales de plata. plata nativa, y argentita, amalgama de plata, capgaronnita/iltisita, haluros de Ag yodargirita, clorargirita, querargirita. Se observan sulfuros parcialmente oxidados, pirita, calcopirita, pirrotina, esfalerita, galena. Bismutinita (Bi_2S_3); casiterita (SnO_2); circón (ZrSiO_4), claustalita (PbSe). Otros minerales pesados detectados fueron la greenockita (CdS); la ilmenita (FeTiO_3); la monacita ($\text{TR(PO}_4\text{)}$) donde TR es una tierra rara, sobre todo Ce y tungstenita ($\text{WO}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$). Cuarzo, alunita, caolinita, barita, clorita, talco, nontronita, goethita (esta presenta las características típicas de una goethita amorfa e hidratada), dickita, sericita, moscovita, nontronita, sulfato de hierro, brucita, diásporo, hidrogoethita y lepidocrocita.

Textura con vacíos cavernosos, porosa, arenosa formada por óxidos e hidróxidos de hierro, limonita (la limonita no es un mineral, es un mineraloide formado por minerales que no se pueden identificar en el campo a simple vista y provienen de óxidos de hierro hidratados asociados a los óxidos como la goethita, hematita). Con colores rojizos que se corresponden al predominio de la goethita, mientras que el marrón oscuro se corresponde a hematita-goethita, lo que sugiere la formación de hematita.

Firma geoquímica. La respuesta geoquímica en las investigaciones en los inmaduros el gossan está parcialmente oxidado con la presencia de pirrotita pirita, calcopirita, otros componentes por lo que la firma geoquímica será diferente.

Los muestreos de suelos con análisis de Au, y litogeoquímicos revelan anomalías de metales base y preciosos (Au, Ag). En la prospección del depósito Antonio fue muy positivo el análisis de Hg.

La presencia de indicadores geoquímicos y mineralógicos son frecuentes en los sedimentos fluviales de las principales cuencas fluviales en los que se destacan la presencia de minerales como oro nativo, electrum, Au-Ag-Hg y Au-Cu, otros como cinabrio y Hg nativo, en Jaguas y en concentrados mineralógicos pesados. En los concentrados de minerales pesados pueden presentarse en concentraciones anómalas hasta varios km de distancia. Flujo de dispersión: anomalías de Au, Ag, Mo, Sn, W, Cu y Zn en flujos de sedimentos.

Firma geofísica. Se tienen referencias de mínimos magnéticos débiles y máximos en los gossans inmaduros de los depósitos El Pilar y en Big Golden Hill que pueden ayudar en la definición de sus límites horizontales.

Otras guías de exploración. Entre los gossans desarrollados sobre depósitos VMS tipo bimodal-máfico y sus similares, los máfico-ultramáficos, se destaca como principal diferencia con respecto a los VMS tipo siliciclástico-máfico y los SEDEX, su menor desarrollo en superficie. Está motivado por su estructura y tipo de mineralización, ambas influyen en la exposición de las menas primarias y por consiguiente la formación del gossan, (raíz filoniana, mineralización en *stockwork*, brechas, vetas, subverticales). En estos depósitos la neotectónica puede marcar la diferencia en los diferentes sectores de los depósitos.

Ejemplos cubanos: Golden Hill las zonas minerales Three Hill y Big Golden Hill, Zona Barita, Lote Grande, San Fernando, Florencia, San José de Malezas, Delita.

Gossans vírgenes

Se clasifican como gossans vírgenes o por evaluar, aquellos que formaron parte de alguna investigación para las menas primarias en un depósito de sulfuros, pero las menas del gossan, aunque se estudiaron en mayor o menor grado algunos parámetros, no han sido investigados específicamente para oro y plata, o aquellos en los que no se cuenta con suficiente información para evaluarlo.

La influencia de la clasificación de los gossans en los trabajos de investigación geológica

En la monografía de López-Kramer et al. (2022) se propone de clasificación basada en patrones destacándose la existencia diferentes tipos genéticos de yacimientos primarios con los que estos se asocian, sus diferencias y analogías. En la **Tabla 2** se muestran algunos datos de yacimientos y depósitos mejor conocidos.

Tabla 2. Los gossans patrones y su clasificación. Fuente: López-Kramer et al. (2022)

	Yacimientos y depósito/Clasificación	Recursos (kg)	Ley Au (g/t)
1	Hierro Mantua. Siliciclástico - máfico (maduro)	2 000	1,5
2	Castellano SEDEX (maduro)	5 000	2
3	Matahambre SEDEX (maduro)	800	2
4	Loma Hierro SEDEX (maduro)	10 000 (onzas)	193 (Ag)
5	Little Golden Hill. Epitermal de sulfuración alta. (maduro)	241	2,53
6	Three Hills. Epitermal de sulfuración alta (inmaduro)	75	1,29
7	Big Golden Hill. Epitermal de sulfuración alta (inmaduro)	574	0, 79
8	Florencia Epitermal de sulfuración baja (inmaduro)	227	3,24
9	San Fernando. Bimodal-máfico (inmaduro)	150	5
10	San José de Malezas. Máfico-ultramáficos (inmaduro)	15	3
11	Lote Grande Máfico-ultramáficos (inmaduro)	130	5,9
12	Zona Barita. Bimodal - Máfico (inmaduro)	1 100	1,9
13	Delita. Orogénico en secuencias siliciclásticas	3 100	3,58

Nota: Golden Hill es el nombre del yacimiento y está compuesto por varias zonas minerales Little Golden Hill (LGH) + Three Hills (TH) + Big Golden Hill (BGH) y Castle Rock. Los recursos y ley de oro que se muestran en la tabla se corresponden solamente a los de Little Golden Hill y Three Hills. Big Golden Hill se evaluó aparte con recursos de 0,58 t y ley 0,81 g/t. Delita y Florencia se destacan por gossans formados sobre depósitos propiamente auríferos.

En la **Tabla 2** se diferencian los gossans ubicados del 1 al 5, en cuanto al tipo genético del depósito primario de origen, recursos y leyes, clasificados como gossans maduros, destacándose, en estos sus mayores volúmenes de recursos y leyes más bajas en comparación con los ubicados del 6 al 13 en la que los gossans inmaduros predominan los menores volúmenes de recursos, pero con leyes más elevadas.

Los atributos

Reclasificar los gossans vírgenes por provincias, en maduros e inmaduros, atendiendo a los criterios discutidos en la monografía, asignarlo a uno de los tipos (patrones) descritos y finalmente, asignarle un determinado nivel de favorabilidad. Esto ayudaría durante la cartografía geológica, incluyendo itinerarios de búsqueda para reclasificar y seleccionar sus nuevos objetivos y trazar las futuras estrategias de prospección, mostrando en los mapas los depósitos reclasificados, atendiendo a los niveles de favorabilidad y la madurez que se presupone poseen.

Es necesario actualizar y confeccionar nuevos mapas con los depósitos reclasificados atendiendo al nivel de favorabilidad y la madurez que se presupone poseen. Esto último ayudaría a las empresas territoriales del Grupo Geominsal a seleccionar sus nuevos objetivos y trazar las futuras estrategias de prospección. La **Figura 4** muestra la distribución de los gossans y su clasificación por las diferentes provincias, siendo necesario definir y aplicar los niveles de favorabilidad para la evaluación de las potencialidades para oro y plata.

Con el objetivo de incrementar los recursos que permitan dar continuidad a las operaciones de las plantas y argumentar científicamente los métodos de selección de los objetivos a prospectar que permitan identificar nuevas fuentes de menas oxidadas Se propone actualizar aspectos tales

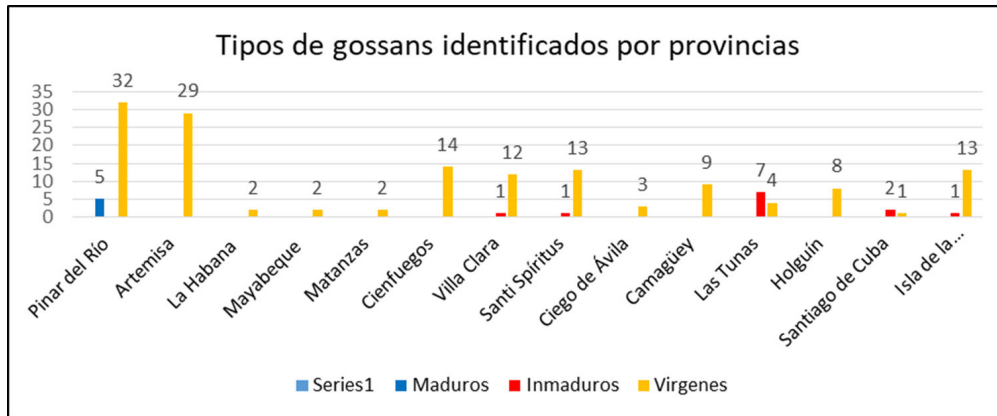


Figura 4. Distribución de los gossans y su clasificación por provincias. Fuente: López-Kramer et al. (2022)

como: El Programa Nacional para el desarrollo de la Geología. Argumentar continuidad de la prospección de los depósitos conocidos con gossans vírgenes en sus flancos y en profundidad (contornearlos totalmente y hasta una profundidad de estudio racional). Esto unido a la tipificación para la investigación de los gossans de una metodología, a diferentes escalas, sus métodos y las metodologías, entre estos la red de muestreo a utilizar durante la prospección, tipos de muestreos y su orientación, teniendo en cuenta la variabilidad vertical de los gossans, uso de laboreos mineros verticales, pozos criollos, calicatas, la longitud de muestras, y otros; también, la metodología para los estudios tecnológicos, tipos de análisis químicos y otros a utilizar.

Confeccionar mapas atendiendo al nivel de favorabilidad y la estrategia de selección, determinar cuántos entran dentro de cada nivel y que distribución espacial tienen. Para poder desplegar toda la capacidad predictiva es necesario asignarle a cada atributo un determinado peso en base a su importancia (tipo de depósito, recursos primarios evaluados y así sucesivamente). La suma de todos estos valores permitirá clasificar el orden de prioridad de los objetivos de forma más coherente. En la Figura 5 se propone la estrategia correspondiente. Se recomienda asignarle a los gossans clasificados como vírgenes un determinado nivel de favorabilidad.

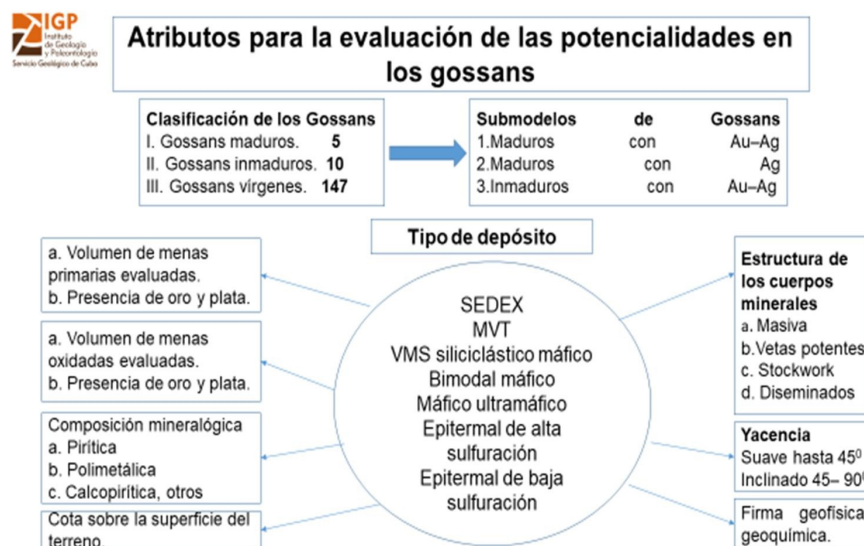


Figura 5. Estrategia para la reclasificación de los gossans. Fuente: elaboración propia

Los atributos presentados no son obligatorios, pueden ser incluidos otros según criterios específicos.

- Favorabilidad o potencial $Fav = \sum_{i=1}^n \gamma_i A_i$
- A-Atributos principales
- γ -Importancia o peso de los atributos

Es necesario conciliar las ponderaciones a los atributos y a las clases que los conforman, ya que serán aplicados en varios depósitos para poderlos jerarquizar por el potencial.

A partir de las experiencias acumuladas en las investigaciones geológicas y la explotación de los gossans, es imprescindible, durante la exploración establecer:

- Las firmas geoquímicas que permitirán diferenciar los gossans estériles de los mineralizados
- El patrón de migración de los metales preciosos en el perfil de meteorización y los niveles de distribución de estos.
- Las fases minerales portadoras de los metales preciosos y su importancia en las menas (%) para entender el balance y posible influencia en la recuperación a los métodos de beneficio empleados.

CONCLUSIONES

Queda demostrada la relación entre los tipos genéticos de depósitos primarios, el perfil de meteorización y la clasificación de los gossans con sentido práctico para los trabajos de investigación geológica.

No analizar los factores geológicos (genéticos, mineralógicos, estructurales, geomorfológicos, entre otros) fueron algunos de los factores de no lograr los objetivos propuestos en el sentido geólogo minero y económico en las investigaciones geológicas desarrolladas.

Los niveles de favorabilidad aplicados a los gossans vírgenes son una herramienta científica que se propone para una gestión más eficiente que justificará desechar los criterios prefijados de selección anteriores y argumentar la evaluación de las potencialidades y la selección de los nuevos objetivos teniendo en cuenta los tipos genéticos y sus atributos.

El impacto principal esperado es el aporte de una herramienta que permita la actualización del Programa Integral de Desarrollo del Oro y de la Proyección estratégica de las investigaciones geológicas para oro en el archipiélago cubano hasta 2030.

El gran dilema al explicar la zonalidad vertical de los gossans, radica en que estos se han evaluado para algunos casos y en otros no, no siempre existe una exposición completa del perfil que permita un muestreo representativo de todas las zonas, además, a esto se le suma la distribución irregular del oro y la plata y la deficiencia de no contar en los trabajos de investigaciones geológicas de los análisis correspondientes.

REFERENCIAS

- Andreu, E., Torró, L., Proenza, J. A., Domenech, C., García-Casco, A., Villanova-de Benavent, Chávez, C., Espaillat, J. y Lewis, J. F. (2015). Weathering profile of the Cerro de Maimón VMS deposit (Dominican Republic): Textures, mineralogy, gossan evolution and mobility of gold and silver. *Ore Geology Reviews*. 65(1), 165-179. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2014.09.015>.
- Buguel'sky, Y. Y., Vázquez, O., Grigórieva, I. I., Dobrovólskaya, M., Cabrera, R., Kravchenko, G., López-Kramer, J. M., Laverov, N., Malinovski, E. P., Pavlov, N., Pantaleón, G., Ponce, N., Safonov, Y. G., Tolkunov, A. E., Formell Cortina, F. y Hernández, J. (1985). Yacimientos de minerales metálicos de Cuba. Editorial Nauka, 246 p.
- Lara-Blanco, J. y Lastra-Rivero, J. F. (1996). Reporte. Potencial para menas con Au-Ag en el Distrito metalogénico Dora-Francisco. A.E.I Holmer Gold Mines-GeoMinera S.A.

- Lara-Blanco, J., Lastra-Rivero, J. F. y Neeland (1998). Trabajos de exploración desarrollados por la A.E.I Holmer Gold Mines-Geominera S.A entre 1994 y 1998 en el yacimiento Loma Hierro. Provincia de Pinar del Río. Inédito. Archivo de la Oficina Nacional de Recursos Minerales.
- Lastra-Rivero, J. F. y Lara-Blanco, J. (1999). Geoquímica y mineralogía del depósito argentífero Loma Hierro, Cuba Occidental. Universidad de Pinar del Río, Departamento de Geología. Revista Minería. 16 (2), 3-19.
- López-Kramer, J. M., Pimentel Olivera, H., Arce Blanco, M., Pérez Aragón, R. O., Santa Cruz-Pacheco Sarlabous, M., Peñalver Hernández, L. L. y Gallardo Eupierre, E. (2022). Monografía. Los Gossans con oro y plata del Archipiélago Cubano. Editorial: Centro Nacional de Información Geológica. ISBN 978-959-7271-00-0.
- López-Kramer, J. M., Rodríguez-Romero, M., Alonso-Pérez, J. A., Capote-Marrero C. y González-Castellano, D. (2018). Análisis de las Investigaciones Geológicas para oro del Programa Nacional de Desarrollo de la Geología. Geoinformativa. 11(1). 6-18.
- López-Kramer, J. M. (2019a). Clasificación de los gossans con oro y plata del archipiélago cubano. Ponencia en Fórum de Ciencia y Técnica. Instituto de Geología y Paleontología, Servicio Geológico de Cuba.
- López-Kramer, J. M. (2019b). Estado actual de las investigaciones geológicas en los gossans con oro y plata del archipiélago cubano. Geoinformativa. 12(1). 31- 38.
- López-Kramer, J. M., Pimentel Olivera, H. y Arce-Blanco, M. (2021). Minerales portadores de oro y plata en los gossans en explotación. Cuba. Infomin. 13 (enero-diciembre).
- López-Kramer, J. M., Pérez-Mayo, H. y Rodríguez-Romero, M. (2019a). El Programa Nacional de Desarrollo de la Geología 2013-2019. Principales resultados para oro. Geoinformativa. 12(2), 32-39.
- López-Kramer, J. M., Rodríguez-Romero, M., Alonso, J. A., Capote-Marrero, C. y González-Castellano, D. (2017). Proyección estratégica de las investigaciones geológicas para oro en el archipiélago cubano. Informe Final. Archivo IGP/SGC.
- López-Kramer, J. M., Toledo-Sánchez, A. C. y Echevarría-Hernández, B. T. (2019b). Los haluros de plata en los gossans del archipiélago cubano. Consideraciones sobre sus fuentes, metalúrgicas y climáticas. Fórum de Ciencia y Técnica. Instituto de Geología y Paleontología.
- Lunar, R., Manteca, J. I., Rodríguez, P. y Amorós, J. L. (1982). Estudio mineralógico y geoquímico del gossan de los depósitos de Fe, Pb, Zn de la Unión (Sierra de Cartagena). Boletín Geológico y Minero. 93(3), 46-55.
- Pimentel-Olivera, H. O., De la Torre, A., Gómez, O., Lugo, R. y Roque, F. (2002). Informe final de la Exploración detallada Oro en menas oxidadas Golden Hill. Trabajos complementarios. Empresa Geominera Camagüey. Inédito. Archivo IGP/SGC.
- Pimentel-Olivera, H. O., Rodríguez, F. E. y Sánchez, R. F. (2018). Informe Final de la Exploración Detallada de las menas oxidadas de Big Golden Hill. Empresa Geominera Camagüey, Inédito.
- Smirnov, VI (1982). Geología de Yacimientos Minerales. Editorial MIR.
- Torres-Zafra, J. L., Lavaut-Copa, W. D. y Cazañas-Díaz, X. (2017). Modelos descriptivos - genéticos de depósitos minerales metálicos para el Mapa Metalogénico de la República de Cuba a escala 1 250 000. ISBN 978-959-7117-74-2. Editorial. Centro Nacional de Información Geológica.
- Velasco-Roldan, F. (2013a). El oro asociado a los sulfuros masivos de la Faja Pirítica Ibérica. Departamento de Mineralogía y Petrología, Facultad de Ciencia y Tecnología. España. Macla. nº 19. Revista de la Sociedad Española de Mineralogía.
- Velasco-Roldan, F. (2013b). Gossans y zonas de enriquecimiento supergénico. Curso Yacimientos+Metalotectos. Ore Geology Reviews. 53. 181-203. <https://www.ehu.eus/documents/4553497/5337422/Gossans/ce56f933e3e6-49f0-8dd3-748c92ab7124?version=1.0>
- Yesares, L., Nieto, J. M., Sáez, R., Ruiz de Almodóvar, G. y Videira, J. C. (2011). Enriquecimiento de Au - Ag - Hg en el Gossan de Las Cruces (Sevilla). Macla nº 15. Revista de la Sociedad Española de Mineralogía. 199 - 200.