

**ARTÍCULO CIENTÍFICO**  
**SCIENTIFIC ARTICLE**

**LA CLASIFICACIÓN DE LOS  
GOSSANS. IMPLICACIONES PARA  
LA PROSPECCIÓN**

**THE CLASSIFICATION OF THE GOSSANS.  
IMPLICATIONS FOR PROSPECTING**

Jesús Manuel López Kramer  
Ramón Omar Pérez Aragón  
Emiliano Gallardo Eupierre  
Higinio Pimentel Olivera

**REVISTA GEOINFORMATIVA**  
**No.1. 2022**

### Jesús Manuel López Kramer

Instituto de Geología y Paleontología. Servicio Geológico de Cuba. La Habana. Cuba.

[kramer@igp.minem.cu](mailto:kramer@igp.minem.cu)  
0000-0003-4223-3155

### Ramón Omar Pérez Aragón

Instituto de Geología y Paleontología. Servicio Geológico de Cuba. La Habana. Cuba.

[ramon@igp.minem.cu](mailto:ramon@igp.minem.cu)  
0000-0002-4619-6235

### Emiliano Gallardo Eupierre

Empresa Geólogo Minera del Centro. Cuba.

[emigallardo1984@gmail.com](mailto:emigallardo1984@gmail.com)

### Higinio Pimentel Olivera

Empresa Geólogo- Minera de Camagüey. Cuba.

[higiniopimentel1951@gmail.com](mailto:higiniopimentel1951@gmail.com)

Recibido: 12 del 9, 2021  
Aprobado: 11 del 10, 2021

## RESUMEN

Los gossans constituyen un tipo genético industrial de yacimientos. En Cuba se reportan 161, de los cuales se explotan 3: Lote Grande, el campo mineral Golden Hill, y una zona mineral enriquecida en oro del yacimiento El Cobre, denominada Barita. Todos con escasos recursos. Del Presupuesto del Estado anualmente se destina cerca del 33 % del financiamiento para los trabajos de investigación geológica para oro. Se necesitan investigaciones que permitan lograr una mayor efectividad en la selección de los nuevos depósitos y obtener un mayor volumen de menas. La presencia de pequeños depósitos primarios de diferentes génesis, la inexistencia de una clasificación a partir de la utilización de patrones cubanos para los gossans y la poca experiencia en su exploración, generan un margen de error importante en cuanto a la selección de los objetivos a prospectar. Con el fin de argumentar de forma científica las direcciones de las investigaciones geológicas se toman como puntos de partida el grado de estudio de las menas primarias, la existencia de 141 gossans vírgenes y las principales regularidades formuladas a partir de los gossans patrones por geoambientes. El impacto principal esperado es el aporte de una herramienta general que ayude a una selección más eficaz de los objetivos para la exploración geológica por provincias, dando prioridad a aquellos objetivos de mayores perspectivas para el desarrollo de la actividad minera.

**Palabras clave:** clasificación; gossan; oro; plata; prospección; Cuba

## ABSTRACT

The gossans constitute an industrial genetic type of deposits. In Cuba, 161 are reported, of which 3 are exploited: Lote Grande, the Golden Hill mineral field, a mineral zone enriched in gold from the El Cobre deposit, called Barita. All of them with limited resources. The government budget annually allocates approximately 33 % of funding for geological research work for gold. Research is needed to achieve greater effectiveness in the selection of new deposits and obtain a greater volume of ores. The presence of small primary deposits of different genesis, the non-existence of a classification based on the use of Cuban patterns for gossans and the little experience in their exploration, generate a significant margin of error in terms of selecting the targets to be prospected. Starting from the degree of study of the primary ores, the existence of 141 virgin gossans (of which their potentialities to host Au and Ag ores are unknown) and the main regularities formulated from the standard gossans by geoenvironments, a classification is proposed, where empirical evidence, supported by accumulated practice, are key factors taken into account. The main expected impact, is the contribution of a general tool that helps a more efficient selection of the objectives for the geological exploration of this type of gold deposits by provinces, giving priority to those objectives with the greatest prospects for the development of the mining activity.

**Key words:** classification; gossan; gold; silver; prospecting; Cuba

## INTRODUCCIÓN

**E**n Cuba se han identificado alrededor de 161 gossans con oro y plata (López Kramer et al., 2021), estos son un indicador directo de la mineralización sulfurosa primaria de varios metales. Entre sus principales ventajas se destaca la económica, ya que son aflorantes, lo cual facilita su prospección, minado a cielo abierto y el consiguiente destape de las menas sulfurosas subyacentes. Por ello es necesario, una vez detectados, investigar el uso integral de todo el depósito y aplicar las soluciones que permitan dar continuidad a la operación minera con las menas primarias. En este sentido se impone dar continuidad a las investigaciones que admitan la asimilación de la mineralización cupro-auríferas, sulfuroso-polimetálica en Zona Barita, Golden Hill, Florencia, entre otros.

En [Kramer et al. \(2018 a, 2019 b\)](#), se brinda un análisis sobre las investigaciones geológicas realizadas y proyectadas para oro del Programa Nacional de Desarrollo de la Geología, particularizándose en el estado actual de las investigaciones geológicas en los gossans con oro y plata del archipiélago cubano.

Los trabajos en los levantamientos geológicos a diferentes escalas, desarrollados por los centros de investigación y colaboración internacional, permitieron obtener información básica sobre los depósitos de menas primarias, no siendo así sobre los gossans.

Los datos derivados de las exploraciones nacionales e internacionales demuestran 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, destacando que la ley y el tonelaje varían considerablemente de un tipo de depósito a otro. Teniendo en cuenta la evidencia empírica apoyada en la práctica acumulada, se puede enunciar que un buen yacimiento es aquel que posee un gran gossan.

Entre las estrategias que se llevan a cabo por el Programa Nacional de Desarrollo de la Geología (PNDG), está acelerar los estudios geológicos encaminados al incremento del grado de conocimiento de los recursos auríferos de diferentes génesis. Las subfases de Prospección y de Exploración se corresponden con las investigaciones geológicas de mayor riesgo y son las que deciden, o no, el éxito de desarrollar el proyecto minero o desechar un área; por tanto, estas son las que mayores recursos técnicos y mayor experticia requieren del geólogo. En términos generales, la Prospección requiere de profesionalidad, la Exploración tiene más de oficio. ([López-Kramer et al., 2020 c](#)). Por ello, es necesario partir de criterios de selección argumentados.

La exploración es la actividad geológica que antecede directamente al inicio de la actividad minera (Geología Económica que comienza con el proyecto minero), donde se deben demostrar las dimensiones, posición, características mineralógicas, recursos, definir tecnologías de procesamiento y el valor económico del depósito mineral. Esto permitirá desarrollar el proyecto minero de explotación que definitivamente establecerá las reservas minerales (probables y probadas) del ya constituido yacimiento, en caso de no existir conflictos de intereses que lo invalide para la explotación (financieros, ambientales, de mercado, políticos, estratégicos de último momento).

Sin pretender elaborar una guía de exploraciones sobre la base de la experiencia acumulada, se resaltan algunos aspectos de las investigaciones geológicas y tecnológicas de los gossans. Teniendo en cuenta las

deficiencias y los conocimientos obtenidos, para trabajos futuros será necesario tipificar la metodología para la investigación de los gossans, los métodos y metodologías de prospección-exploración para estos (red, tipos de muestreos y su orientación, la variabilidad vertical de los gossans, uso de laboreos mineros verticales, pozos criollos, calicatas, la longitud de muestras; también, la metodología para los estudios tecnológicos, tipos de análisis químicos y de otros análisis utilizados). Se señala, como necesario, detallar la información con ilustraciones gráficas de los diferentes tipos de gossans, sus respectivos perfiles (litologías y sus espesores, quimismo y minerales principales), así como las texturas y estructuras de las menas por zonas o subzonas.

Una primera aproximación en la prospección ha de ser mediante un muestreo, el cual debe ser amplio debido a la gran variedad mineralógica y química que puede encontrarse en los gossans y una cartografía detallada, con especial atención en las características de relieve, erosión, estructuras, tamaño y continuidad de las zonas oxidadas, así como la presencia de minerales secundarios, carbonatos, sulfatos, además de goethita y hematita. Las características mineralógicas, texturales y geoquímicas dependen del pH del medio, cuanto mayor es la acidez, la preservación de texturas relicticas es más difícil y la lixiviación es mayor.

Será necesario lograr establecer una firma geoquímica multielemental, característica de gossans mineralizados y como criterios de discriminación, una geoquímica multielemental, que permita la correlación entre los distintos elementos presentes; la manipulación estadística es bastante fiable, no solo para discriminar entre gossans y otros "ironstones" (rocas ferrosas), sino también -en ocasiones- para conocer el tipo de mineralización primaria de la que provienen.

A continuación se muestra un resumen de los resultados del primer quinquenio (2013-2018) de los proyectos financiados por el Presupuesto del Estado en el estudio de las menas oxidadas y posibles objetivos a desarrollar por empresas (Tabla 1).

**TABLA 1.** Resumen de los proyectos para menas oxidadas por empresas financiados por el Presupuesto del Estado (2013-2018) y posibles objetivos a desarrollar

<b>Empresas</b>	<b>Proyectos</b>	<b>Comentarios</b>
Geominera Pinar. Geominera Isla de la Juventud.	0	No se han presentado proyectos de investigaciones para oro en gossans.
Geominera Centro.	2	Exploración Lote Grande y Flancos de Lote Grande.
Geominera Camagüey.	4	Exploración complementaria. Menas oxidadas Florencia y Big Golden Hill.
Geominera Oriente.	1	Trabajo Técnico Productivo en los alrededores de Barita: No se han presentado proyectos de investigaciones para oro en gossans en Holguín, Granma ni en Guantánamo. No se han desarrollado trabajos para definir el potencial para oro en los gossans en la Sierra Maestra.
CIPIMM	1	TTP Agentes modificadores.

**Fuente:** Actas Departamento de Atención a la Geología (DAG) del IGP/SGC. (López-Kramer, et al., 2018 a)

En la Tabla 1 se destaca la ejecución nula de proyectos en la zona occidental del país y mínima en la zona central y en la oriental, estando concentrados los proyectos en aquellas empresas con plantas de procesamiento.

La Tabla 2 muestra la variedad de tipos genéticos de depósitos incluidos en los proyectos y el estimado de los recursos. Es de destacar que, en todos los casos, los recursos de menas primarias evaluados son pequeños.

Centro: en Lote Grande, al que le restan unas 1000 t de menas, y San Fernando (solamente un pequeño sector enriquecido), en el que se estiman unos 150 kg de Au con 5 g/t. En exploración, el depósito San José de Malezas, con unos 15 kg de Au estimados por proyecto.

En Centro-Oriente se desarrollan trabajos en el campo mineral Golden Hill y sus alrededores, en los que se estiman unos 1 300 Kg de Au.

Oriente: concentrados en el yacimiento El Cobre y sus alrededores, en la zona mineral enriquecida en oro y denominada Barita.

**TABLA 2.** Estimado de los recursos de oro por tipos de depósitos en los gossans (1997–2021)

Nombre y tipo del depósito	Recursos de Au (t)	Ley Au (g/t)	Observaciones
Lote Grande. Sulfuros masivos volcanogénicos (VMS) Máficos-Ultramáficos	0,13	5,9	Operación minera
San José de Malezas. VMS Máficos-Ultramáficos	0,015	3	Según proyecto de exploración
Barita. VMS. Bimodal-Máficos	1,1	1,9	Operación minera
San Fernando. VMS Bimodal-Máficos	0,15	5	Según proyecto de exploración menas ricas
Golden Hill* (LGH+TH+BGH) Epitermal de alta sulfuración	1,7	2,07	Operación minera
Alrededores de Golden Hill* Epitermal de alta sulfuración	1,3	1,7	Recursos indicados según proyecto de prospección
Florencia Epitermal de baja sulfuración	0,227	3,24	Informe de Exploración
Maclama-Iron Hill* Epitermal de baja sulfuración	0,163	3,24	Según Tarea Técnica propuesta de Exploración

**Fuente:** Informes de Investigación Geológica correspondientes. Archivos ONRM. Departamento de Atención a la Geología (DAG) del IGP/SGC

\* 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 ton y ley 0,81 g/t.

\* Alrededores de Golden Hill incluye 3 sectores: Cebadero 2, Tuckahoe y Villa María.

\* Maclama-Iron Hill. Incluye varios sectores (Georgina, Abucha) del campo mineral Jobabo.

En la [Tabla 3](#) se muestra un resumen de los trabajos ejecutados por provincias en los gossans. Es de destacar que en estos no siempre se investigaron oro y plata. Los trabajos regionales los investigaron como menas para obtener hierro, azufre, o como parte de los yacimientos cuyo interés principal eran las menas primarias. En los muestreos regionales desarrollados por las empresas geomineras se tomaron, solamente, pocas muestras puntuales para Au. La falta de expertos en los gossans se debía a que no se pensaba que fueran necesarios, puesto que hasta hace solo 25 años, los consideraban un tipo genético industrial de yacimientos.

En la [tabla 3](#) se refleja la cantidad de gossans identificados por provincias, aquellos de los que se han podido obtener sus coordenadas (López-Kramer et al., 2021). En [Cazañas-Díaz, et al. \(2014\)](#), se refieren las evidencias sobre la existencia de gossans (crestones de hierro) en otras provincias no contempladas, por las razones anteriores, en Habana-Matanzas, Camagüey, Victoria de Las Tunas y Oriente (Gibara, Holguín, Baracoa). Por su parte, [Rodríguez-Vega et al. \(2001\)](#), destaca que en la zona de Sagua-Baracoa se ha encontrado mineralización

de Au, Ag y platinoideos y refiere la existencia de mineralización aurífera en las rocas del AVC, al parecer asociadas a sistemas de tipo de baja sulfuración y en las rocas del COS. En la tesis doctoral de [Ramayo-Cortés \(2003\)](#) se señala que en el río Quesigua se observaron vetillas de oro en gossans y la existencia de un gossan con oro en la zona del Sitio, próximo a la carretera entre Moa y Sagua de Tánamo.

**TABLA. 3.** Resumen de los principales trabajos ejecutados para las investigaciones geológicas en los gossans identificados por provincias

<b>Provincias y municipio especial</b>	<b>Observaciones</b>
Pinar del Río	Reconocimiento regional para hierro por el Consejo de Ayuda Mutua Económica (CAME). Empresa Geominera Pinar del Río. Reconocimiento regional en sectores seleccionados con muestras puntuales para oro (no se incluyeron áreas bajo contrato de la Asociación Económica Internacional (A.E.I) en sectores conocidos.
Artemisa	Reconocimiento regional para oro Empresa Geominera Pinar del Río en sectores seleccionados con muestras puntuales para oro. Levantamiento 1: 50 000 limitado a una parte del territorio.
La Habana	Sin reconocimiento regional para oro. No levantamiento 1: 50 000.
Mayabeque	Sin reconocimiento regional para oro. No levantamiento 1: 50 000.
Matanzas	Sin reconocimiento regional para oro. No levantamiento 1: 50 000.
Isla de la Juventud	Sectores con trabajos de reconocimiento en gossans para Fe.
Cienfuegos	Reconocimiento regional para hierro, CAME. Reconocimiento en sectores seleccionados con muestras puntuales para oro.
Villa Clara	Reconocimiento en sectores seleccionados con muestras puntuales para oro. Trabajos de prospección por las A.E.I.
Sancti Spíritus	Reconocimiento en sectores seleccionados con muestras puntuales para oro. Trabajos de prospección por las A.E.I. Sectores con trabajos de exploración o/explotación. Prospección y Exploración Oro Flancos Lote Grande.
Ciego de Ávila	Trabajos de prospección por las A.E.I. Sectores con trabajos de: reconocimiento /exploración para oro. El Pilar.
Camagüey	Trabajos de prospección por las A.E.I. Sectores con trabajos de: reconocimiento /exploración /explotación Florencia.
Las Tunas	Sectores con trabajos de reconocimiento/exploración/explotación. Yacimiento Big Golden Hill y Prospección de oro, alrededores de Golden Hill, Maclama, Iron Hill.
Holguín	Trabajos de levantamiento 1: 50 000 en algunos sectores y de reconocimiento/prospección. Trabajos de investigación relacionados con tesis de doctorados y publicaciones por la Universidad de Moa.
Santiago de Cuba	Trabajos en algunos sectores alrededores de Barita de reconocimiento / exploración /explotación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

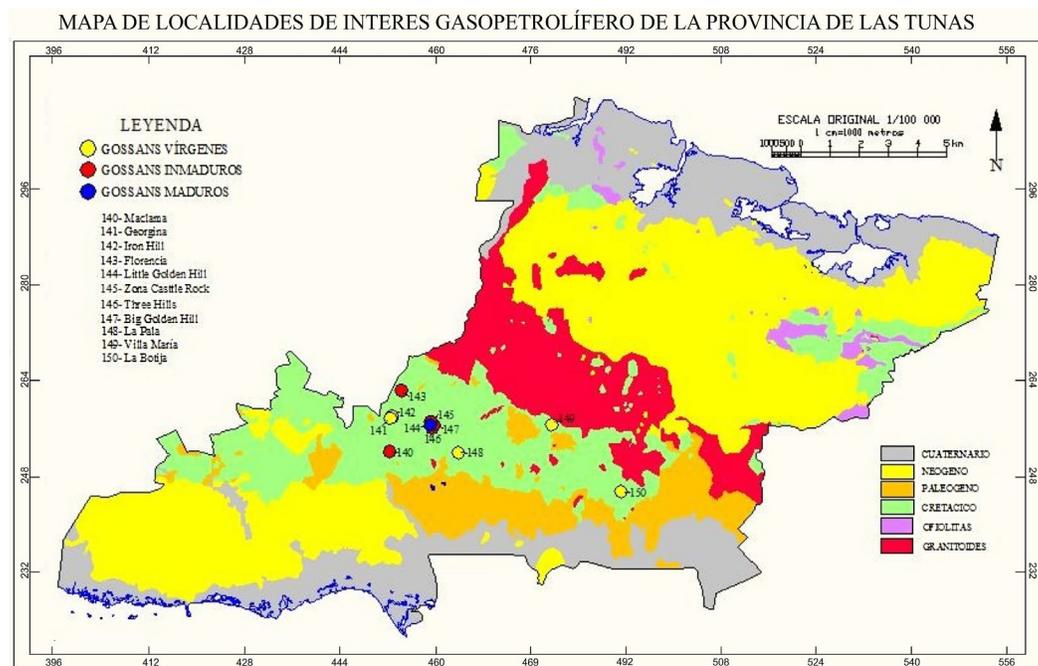
Con el objetivo de evaluar las implicaciones de la clasificación de los gossans para la prospección, se tomaron como referencias la evaluación y la sistematización de las investigaciones precedentes en las menas primarias y gossans, tales como archivos de la ONRM, del IGP/SGC, trabajos de investigación de las universidades y propios de los autores, así como la bibliografía actualizada y su análisis.

La clasificación y los depósitos incluidos en este estudio se seleccionaron por su ubicación en diferentes ambientes geotectónicos. Se utilizaron las principales regularidades formuladas (López-Kramer et al., 2021), a partir de los gossans patrones por geoambientes y del conocimiento acumulado para estos a nivel nacional, por lo que esta clasificación, con el desarrollo de los trabajos específicos de prospección en gossans por provincias debe ser reevaluada.

Las fuentes estadísticas utilizadas fueron tomadas del Departamento de Atención a la Geología (DAG) del IGP/SGC.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los gossans del archipiélago cubano, atendiendo al desarrollo del perfil de intemperismo, se clasifican como maduros, inmaduros y vírgenes, según López-Kramer et al. (2021). Un ejemplo de esta clasificación se muestra en la Figura 1.



**FIGURA 1.** Mapa de ubicación y clasificación de los gossans de la provincia de Las Tunas, atendiendo al desarrollo del perfil de intemperismo según López-Kramer et al. (2021). Única provincia que contiene los tres tipos de gossans

Los gossans maduros se forman a partir de depósitos de diferentes génesis con menas pirito-polimetálicas y pirito-cupríferas, con estructuras masivas o semimasivas en forma de lentes potentes, con ángulos de buzamiento bajo entre 45-60°, ubicándose los mismos entre los 70 y 170 metros por encima del nivel del mar. Ej.: Castellanos, Santa Lucía, Loma Hierro, Hierro Mantua, zonas 14 de Matahambre y Little Golden Hill, de Golden Hill.

Es característico para los gossans maduros el predominio de los minerales oxidados y la formación de neominerales en las diferentes zonas y subzonas. Predominan Au y Ag nativos. Los valores promedios de Au son próximos a 2 g/t.

Los gossans inmaduros se forman a partir de depósitos de diferentes génesis con menas piritó-polimetálicas y piritó-cupríferas, con estructuras diseminadas, en *stockwork*, vetítica o lentes poco potentes, con ángulos de buzamiento abruptos 60-70°. Ej.: Lote Grande, Zona Barita, Florencia, San Fernando, San José de Malezas, Delita.

Para los gossans inmaduros es característico que, debajo de la zona de lixiviación superficial, se desarrolle una zona de transición en la que coexisten minerales primarios sulfurosos y óxidos total o parcialmente transformados, con elevados porcentajes de sulfuros totales (St);°. Esto, al interferir en la cinética de la lixiviación, ocasiona problemas en la recuperación de los metales, dando lugar a una baja calidad del doré. Los valores de Au varían entre 6-3 g/t. Predomina el Au nativo, pero es común la presencia de otros minerales que aportan oro y plata como eléctrum, Au-Ag-Hg, Au-Cu, telururos y haluros (López-Kramer et al., 2021 c).

Se clasifican como gossans vírgenes o que necesitan ser evaluados, aquellos que formaron parte de una investigación para las menas primarias en un depósito de sulfuros, pero las menas del gossan —aunque se estudiaran o no algunos parámetros— no han sido investigadas específicamente para oro y plata, o aquellos gossans en los que no se cuenta con suficiente información para evaluarlos.

La necesidad de la reinterpretación de la información a la luz de los avances en las investigaciones desarrolladas y el incremento del conocimiento de la actividad geológica, obliga a dirigir la proyección de las prospecciones hacia los gossans vírgenes identificados, detallando perímetros de interés, incluyendo los criterios técnicos sobre los trabajos en los gossans con contenidos de oro que se desarrollan actualmente, pero no excluyendo zonas no estudiadas o con referencias no confirmadas.

Partiendo de la distribución de los gossans por regiones, provincias y su clasificación, se analizan sus implicaciones para la prospección y las investigaciones tecnológicas, la composición mineralógica de los cuerpos minerales sulfurosos y su estructura, los tipos genéticos de depósitos primarios y los precios del oro y la plata.

## DISTRIBUCIÓN DE LOS GOSSANS POR REGIONES, PROVINCIAS Y SU CLASIFICACIÓN

Para el análisis de la distribución de los gossans por regiones (Figura 2) en la región Centro- Oriental se incluyen las provincias de Ciego de Ávila, Camagüey, Las Tunas, Holguín y Santiago de Cuba. Destacándose que su cantidad decrece sensiblemente de la región Occidental a la Oriental.

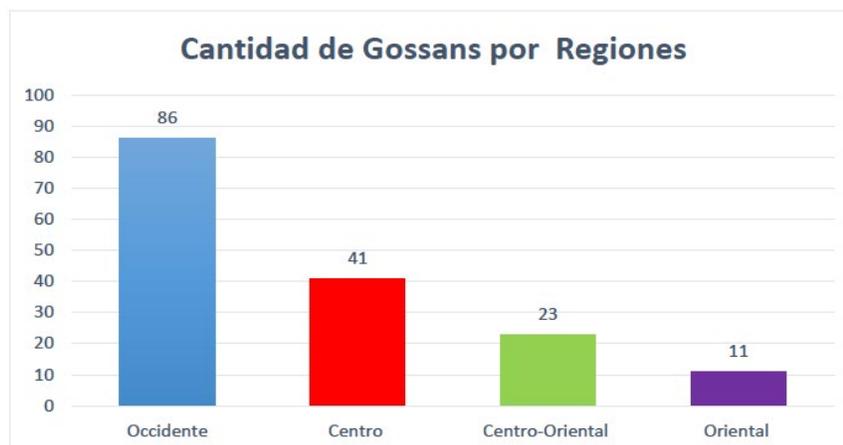
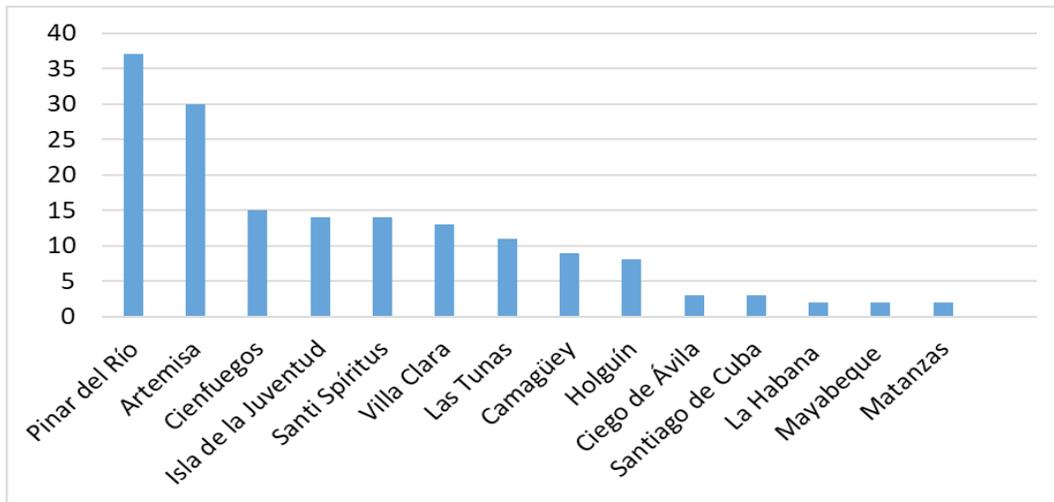


FIGURA 2. Distribución gossans por regiones. Tomado de López-Kramer et al. (2021 a)

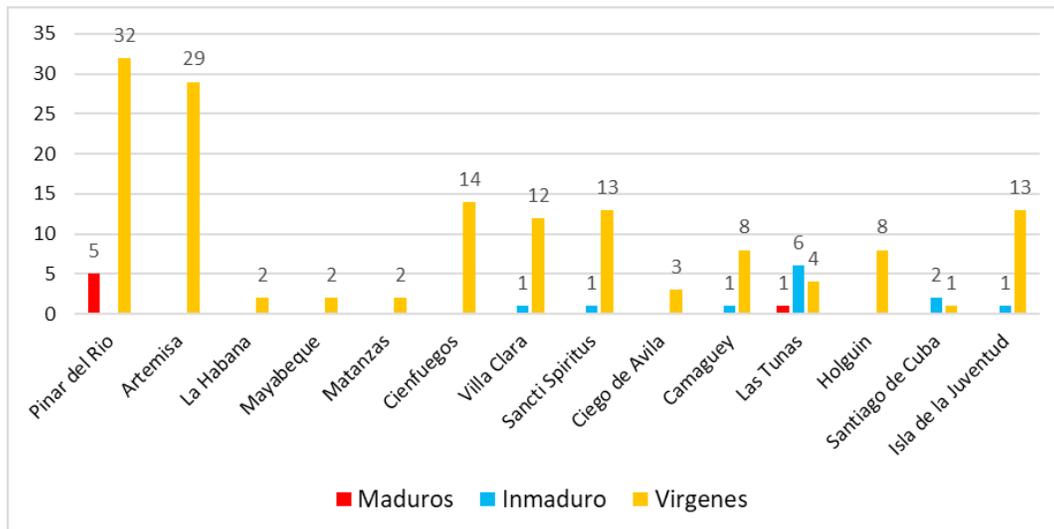
En la Figura 3 se particulariza la cantidad de gossans por provincias y el municipio especial Isla de la Juventud.



**FIGURA 3.** Cantidad de gossans por provincias y el municipio especial Isla de la Juventud. Tomado de López-Kramer et al. (2021)

No se reportan gossans en las provincias de Guantánamo ni Granma. Esto pudiera ser atribuible a la falta de cultura del estudio de los gossans durante los años de los levantamientos geológicos. La menor cantidad se encuentra en las provincias de La Habana, Mayabeque y Matanzas. Es notable que, en las provincias de La Habana, Mayabeque, Matanzas y en parte de Artemisa, no se realizaron levantamientos geológicos a escala 1: 50 000. Además, los afloramientos de rocas del basamento deformado son mucho más limitados.

En la Figura 4 se representa la cantidad y clasificación de los gossans, destacándose los vírgenes, concentrados en las provincias de Pinar del Río, Artemisa, Cienfuegos, Villa Clara, Sancti Spiritus, Camagüey, Las Tunas, Holguín y el municipio especial Isla de la Juventud. La mayor cantidad de estos representan objetivos para futuras prospecciones. En Las Tunas se destaca lo complejo de la estructura del yacimiento Golden Hill, en el que se desarrolló el gossan clasificado como maduro de la zona mineralizada Little Golden Hill; y dos zonas clasificadas como inmaduros, nombradas Big Golden Hill y Three Hills.



**FIGURA 4.** Cantidades de gossans por provincias diferenciándose los maduros, inmaduros y vírgenes

## **SOBRE LOS PRECIOS DEL ORO Y LA PLATA**

A finales de los 90, el precio del oro y la plata tocaron sus valores mínimos permisibles para la minería, cotizándose el oro por debajo de los 250 USD/onza y la plata en 3,50 USD/onza ocasionando el cierre de minas y el abandono de los proyectos de exploración a nivel mundial, hecho que también afectó a nuestro país al retirarse las A.E.I., quedando inconclusos varios proyectos para oro y plata en diferentes fases de investigación que se habían iniciado en 1993.

En el mundo minero, el oro y la plata han sido los metales más exitosos de los últimos tiempos, ya que a partir de 2001 registran un alza sostenida en sus precios, alcanzando la onza de oro 256,60 USD, con un período de alzas continuas durante 8 años, multiplicando por 4 su valor y estableciendo el oro un nuevo récord ¡a 1.923,20 dólares!

Los precios del oro en marzo del 2015 se mantuvieron firmes y próximos a valores máximos por más de dos semanas, se negoció a 1.192,30 USD la onza troy. El 5 de agosto de 2015, el oro marcó un mínimo en cinco años al cotizarse a 1.082,40 dólares por onza; el jueves 6 los precios empezaron a subir lentamente.

En el año 2020 el precio del oro acumuló una ganancia de +370,55 USD por onza, llegando a romper el máximo histórico de la Bolsa de Metales de Londres de 2.067, 15 USD/onza.

La plata, al igual que el oro, continuó con su tendencia alcista, registrando un precio promedio de 20,2 USD/oz, lo cual significó un incremento de 37,64 % respecto al promedio del año anterior. Su tendencia al alza ha estado correlacionada con la cotización del metal amarillo; sin embargo, el incremento en su cotización ha sido significativamente mayor. El mercado de la plata es más pequeño que el del oro y tiene, además, un componente de demanda industrial, por lo que los movimientos en su precio tienden a amplificarse con mayor fuerza que los del metal amarillo.

Según [www.kitco.com](http://www.kitco.com) y [www.preciooro.com](http://www.preciooro.com), el 5 de diciembre de 2021, el precio del oro se cotizó en 1.786,47 USD/onza y la plata en 22,52 USD /onza.

## **IMPLICACIONES DE LA CLASIFICACIÓN PARA LA PROSPECCIÓN Y EN LAS INVESTIGACIONES TECNOLÓGICAS**

Durante la prospección–exploración de los gossans, la atención de los geólogos comúnmente se concentra en determinar los contenidos de oro y plata, sin prestar mucha atención a la presencia de los sulfuros primarios ni de los minerales arcillosos.

En la tecnología por Heap Leaching Merrill-Crowe existe un grupo de factores en los gossans con un perfil de meteorización inmaduro que, aunque con altos contenidos de oro, influyen negativamente en su recuperación.

### **La influencia de los minerales arcillosos:**

Su incremento ocasiona la baja permeabilidad en las pilas durante la irrigación de las soluciones en sectores de estas, el encharcamiento y la creación de canales preferenciales, evitando el contacto-disolución de los minerales.

Elementos cianicidas en sectores del gossan, o su incremento en profundidad por la baja oxidación de las menas y el incremento de las menas sulfurosas. Los sulfuros, en dependencia de su solubilidad en cianuro, así como de los iones que aportan, son consumidores de cianuro y oxígeno que pueden generar películas delgadas en la superficie de los granos de oro restándoles solubilidad.

Ejemplos existen en los depósitos Florencia, Barita, Big Golden Hill, y Lote Grande, todos con un perfil de

meteorización clasificado como inmaduro. Particularmente, esta situación negativa se manifiesta en las menas que son procesadas mediante la tecnología por lixiviación en pila (*Heap Leaching*) y menos en las procesadas por el esquema "carbón en lixiviación" (*Carbon-in-Leach C.I.L.*).

Identificar y clasificar un gossan como maduro o inmaduro nos ayuda a profundizar en su estudio e identificar los elementos negativos que influyen en el proceso tecnológico. Este es un tema a profundizar durante las investigaciones geológicas y que se definirá en las tecnológicas, para poder diseñar a tiempo las alternativas de variantes del proceso más viable para cada depósito, lo cual permitirá mejorar los indicadores de explotación.

## COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DE LOS CUERPOS SULFUROSOS Y SU ESTRUCTURA

Con respecto a la composición mineralógica de los cuerpos minerales sulfurosos masivos se destacan los lentes con bajo ángulo de buzamiento, ricos en pirita ( $\text{FeS}_2$ ) con altos contenidos de azufre (53,8 %). La mineralización pirítica, al ponerse en contacto con el agua y el oxígeno, ayuda a la generación del drenaje ácido o puede autocombustionarse con la oxidación de los sulfuros. Ej.: Santa Lucía, Mella (El Mono), Carlota.

### Tipo genético de depósito primario

A nivel internacional, las prospecciones en los gossans para oro están dirigidas por su mayor tonelaje de menas primarias a los depósitos tipo exhalativo-sedimentarios (SEDEX), los Mississippi Valley Tipe (MVT) y los sulfuros masivos volcanogénicos (VMS). Los modelos, según [Torres-Zafra et al. \(2017\)](#) indican que los depósitos de menas primarias con un gran tonelaje de sulfuros masivos constituyen objetivos atractivos para la prospección de los depósitos.

### Los depósitos tipo SEDEX

Ubicados en las secuencias siliciclásticas con Zn, Pb, Au y Ag tipo exhalativo-sedimentarios de Pinar del Río. Estos depósitos comparten rasgos similares con los MTV 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 MTV 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 la yacencia estrato controlada, con cuerpos lenticulares potentes y yacencia suave, que pueden aflorar formando potentes 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 de espesor.

### Los VMS

#### Tipo siliciclástico-máfico:

Su tamaño y estructuras, estos pueden llegar a ser atractivos y tienen como características el ser con cordantes con las rocas encajantes. En Pinar del Río los VMS de este tipo mejor estudiados son Hierro Mantua y el Campomineral Unión-Juan Manuel con gossans que se extienden por unos 1200 m de longitud por el rumbo. Son interesantes otras manifestaciones como Copales, Carril, Loma Colorada de Mantua, y Brooklyn, que se ubican 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 características similares, en su conjunto pueden resultar atractivos. Entre sus principales características se destacan el marcado control estructural a través de la agrupación de depósitos, o de su alineamiento por fallas o la intersección de estas, la existencia de calderas y otras estructuras sinvolcánicas.

Estos depósitos se caracterizan por poseer una estructura compleja compuesta por lentes de sulfuros masivos y yacencia abrupta, normalmente estos son concordantes con la estratificación de las rocas encajantes y son infrayacidos por amplias zonas mineralizadas cortantes con mineralización en *stockworks* (*stringer zones*) que pueden aflorar con minerales oxidados. Ej.: 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. Ej. 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 son: San Fernando, con una extensión por el rumbo que oscila entre 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 y ángulos de buzamientos suaves que afloran, pueden dar lugar a gossans masivos en superficie en los que el gossan suele ser masivo. 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, ángulo de buzamiento abrupto, bandeados, estratificados, *stockworks*, brechas, y diseminados, siendo los gossans de estos últimos menos atractivos. Ej.: Artemisa, Júcaro-Buena Vista en occidente; en centro, Jobosi-Trillones; en Camagüey, Río Negro; y en Holguín, Monte Rojo. Existe un marcado control estructural en los depósitos.

Entre los VMS de 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 por su menor desarrollo de los gossans en superficie. Esto motivado por su estructura y tipo de mineralización, ambas 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 en los diferentes sectores de los depósitos.

**Epitermales de alta sulfuración:**

Por su tamaño y estructura, los depósitos epitermales de alta sulfuración pueden llegar a ser atractivos. Esto está motivado por su tendencia a estar controlados espacialmente por estructuras volcano-tectónicas que 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) tienen dimensiones similares que oscilan entre los 250-300 m por el rumbo, y 40-60 m de espesor.

**Epitermales de baja sulfuración:**

Por sus contenidos de Au (sobre los 3.2 g/t) pueden llegar a ser atractivos. No obstante, por su estructura en

vetas estrechas, pobre en sulfuros y limitados recursos de Au (t) son una limitante a tener en cuenta. Ej.: Los gossans del depósito Florencia (las zonas minerales Norte y Sur) alcanzan espesores que varían ente 9-11 m.

## CONCLUSIONES

El impacto principal esperado es el aporte de una herramienta que ayude a una más eficaz selección de los objetivos para la exploración geológica de este tipo de depósitos auríferos por provincias, dando prioridad a aquellos objetivos de mayores perspectivas para el desarrollo de la actividad minera.

La generalización para los depósitos primarios y los gossans del archipiélago cubano permitió sistematizar las características más generales de unos 161 gossans, por geoambientes, provincias y el municipio especial; de estos, 6 fueron clasificados como maduros, otros 11 como inmaduros y los restantes (144) están aún vírgenes. Las cantidades y cualidades expresadas de estos 3 grupos son la herramienta fundamental para trazar de forma científica las direcciones de las investigaciones geológicas.

Se destacan como primeras prioridades los gossans vírgenes desarrollados sobre depósitos del tipo genético SEDEX, MVT, VMS y los epitermales de alta sulfuración de las regiones occidental y centro-oriental en las que se concentra la mayor cantidad de estos.

Como segunda prioridad se llama la atención sobre las regiones poco estudiadas como Holguín y Sagua-Baracoa, desarrolladas, fundamentalmente, dentro de un ambiente geológico con predominio de los complejos de la asociación ofiolítica y del AVC.

El AVP, teniendo en cuenta su bajo nivel de estudio, en específico sobre los gossans y los tipos de mineralización descritos, debería incluirse en una etapa inicial en los planes de postgrado- doctorales de las universidades.

## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer el apoyo en la divulgación de las investigaciones sobre los gossans a: Dr. Enrique Castellanos Abella, Director de Geología del MINEM; a los Drs. Waldo Lavaut Copa y Xiomara Cazañas y a los MsC Rolando Batista González, Jorge Luis Díaz Zafra y Mabel Rodríguez Romero, del Instituto de Geología y Paleontología, por la lectura del manuscrito y las observaciones críticas que permitieron su mejora.

## REFERENCIAS

- Archivo del Departamento de Atención a la Actividad Geológica (DAG) del IGP/SGC. *Actas del Grupo de Control a la Actividad Geológica* (2017, 2018, 2019).
- Cazañas Díaz, X.; Torres Zafra, J.L.; Lavaut Copa, W.D.; Ríos Araujo, Y.; Cobiella Reguera, J.L.; Capote Marrero, C.R.; González Acosta, V.; López Kramer, J.M.; Llanes Castro A.; González Castellanos, D.; Ortega Rodríguez, Y.; Cobas, R.Y.; Torres, R.; Pantaleón Vento, G.; Torres La Rosa, M.; Bravo Patterson, F. y Figueroa, D. (2014): Informe Final. Proyecto 613101. *Mapa Metalogénico de la República de Cuba a escala 1:250 000*. Archivo IGP/SGC.
- López Kramer, J.M.; Pimentel Olivera, H.; Arce Blanco, M.; Pérez Aragón, R.O.; Santa Cruz Pacheco, M.; Peñalver Hernández, L.L. y Gallardo Eupierre, E. (2021): *Monografía. Los gossans con oro y plata del archipiélago cubano*. Editorial Centro Nacional de Información Geológica. 172 p. ISBN 978-959-7271-00-0.
- López Kramer, J.M.; Rodríguez Romero, M.; Alonso Pérez, J.A.; Capote Marrero, C.; González Castellanos, D. (2018 a): Análisis de las investigaciones geológicas para oro del Programa Nacional de Desarrollo de la Geología. *Geoinformativa*. 11. (1): 6-18. ISSN 2222-6621.

- López Kramer, J. M. (2019 b): Estado actual de las investigaciones geológicas en los gossans con oro y plata del archipiélago cubano. *Geoinformativa*. 12. (1): 31- 38. ISSN 2222-6621.
- López Kramer, J.M.; Pérez Mayo, H. y Rodríguez Romero, M. (2020 c): El Programa Nacional de Desarrollo de la Geología 2013–2019. Principales resultados para oro. *Geoinformativa*. 12 (2): 32-40.
- López Kramer, J.M.; Pimentel Olivera, H.; Arce Blanco, M. (2021 d). Minerales portadores de oro y plata en los gossans en explotación. *Infomin*. 13. enero-diciembre: 1992-2094.
- Ramayo Cortés, L. (2003): *Geoquímica y mineralogía de la mineralización epitermal de la región nororiental de la provincia Holguín. En los ejemplos de las manifestaciones minerales Hato Viejo y El Rifle-Los Calderos*. Tesis Doctoral. Centro de Información. ISMMM. 127p.
- Rodríguez Vega, A.; Díaz Martínez, R. (2001): La mineralización aurífera en Cuba: clasificación y rasgos geológico-geoquímicos para la prospección. *Revista Minería y Geología*. XVIII. (1): ISSN 0258 5979.
- Torres Zafra, J.L.; Lavaut Copa, W.D.; 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*. Instituto de Geología y Paleontología, Servicio Geológico de Cuba. ISBN 978-959-7117-74-2. Editorial CNDIG. La Habana.

[www.kitco.com](http://www.kitco.com) (2021).

[www.preciooro.com](http://www.preciooro.com) (2021).

Como citar:

López Kramer, J. M., Pérez Aragón, R. O., Gallardo Eupierre, E., Pimentel Olivera, H. (2022). La clasificación de los gossans. Implicaciones para la prospección. *Geoinformativa*. 15 (1) 18-31

Licencia:

Este artículo está protegido bajo una licencia Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA) la cual permite compartir (copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato) y adaptar (remezclar, transformar y crear a partir del material), por lo que los autores, son libres de compartir su material en cualquier repositorio o sitio web.

