

**RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN
GEOLÓGICA Y MINERA DEL PROYECTO
DE ORO DE SALAMÓN (LEÓN)**



2002

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN GEOLÓGICA Y MINERA DEL PROYECTO DE ORO DE SALAMÓN (LEÓN)

RESULTS OF THE GEOLOGICAL AND MINING INVESTIGATION ON SALAMÓN GOLD PROJECT (LEÓN)

*Cabrera, R., Crespo, J.L., Jiménez, S.
SIEMCALSA, c/ Incas 5, 47008 Valladolid (Spain).
e-mail: siemcalsa@siemcalsa.com*

RESUMEN

El proyecto de oro de Salamón está situado en el norte de la Península Ibérica, en la vertiente sur de la Cordillera Cantábrica, 55 km al NE de León. En 1985 se descubrió la presencia de oro, y desde entonces se ha venido llevando a cabo una exploración regional y local, que incluye cartografía, geoquímica, geofísica, calicatas y sondeos, así como estudios mineralógicos, estructurales y estratigráficos.

El yacimiento está situado en la Falla de León, una importante estructura tardihercínica que se extiende más de 100 km en dirección E-O, y en cuyo entorno se encuentran muchas minas e indicios mineros. Cerca del yacimiento y en relación con el mismo aparecen diques y pequeños stocks de rocas ígneas. La mineralización encaja principalmente en las calizas, pizarras bituminosas y brechas sedimentarias del Grupo Lena (Carbonífero), y en menor medida en otras unidades estratigráficas estefanienses.

Las alteraciones de las rocas encajantes relacionadas con la mineralización son fundamentalmente descarbonatización-dolomitización, silicificación y argilitización. La mineralización epitermal se desarrolló en dos fases: un estadio precoz predominante, con sulfuros de grano fino, principalmente pirita y pirita arsenical, portadores de oro, contenidos en una matriz de jaseroide y dolomita, y un estadio tardío con minerales de Cu, Zn, As, Sb y Hg. Hay además una mineralización supergénica, resultado de la oxidación de los minerales previos. El estadio precoz ha sido datado en 269 ± 5 Ma (Pérmico), edad concordante con la de otros yacimientos del distrito y la de las rocas ígneas. Los resultados de los estudios llevados a cabo hasta ahora llevan a la conclusión de que Salamón es un yacimiento de oro tipo Carlin.

Se han estimado unas reservas de 450.000 t de material mineralizado con una ley de 7.86 gAu/t, en un lentejón de 22 m de potencia máxima abierto lateralmente y en profundidad. Los ensayos metalúrgicos realizados concluyen que más del 90% del oro puede ser recuperado por tostación bajo condiciones especiales.

ABSTRACT

Salamón gold project is located in the north of the Iberian Peninsula, on the southern slope of the Cantabrian Mountains, 55 km NE of the provincial capital León. The presence of gold was discovered in 1985, and since then a regional and local exploration has been carried out, including mapping, geochemistry, geophysics, trenching and drilling, as well as mineralogical, stratigraphic and structural studies.

The deposit is located on the León fault, which is a late-Variscan, E-W trending, deep structure extending for more than 100 km, with many mines and occurrences located near it. The deposit is also close to small stocks and dykes of igneous rocks to which the mineralisation is related. The mineralisation is hosted mainly by the limestones, bituminous shales and sedimentary breccias of the Lena Group (Carboniferous), and in lesser measure in other stratigraphic units of the Stephanian.

The hydrothermal alterations of the host rocks related to the orebodies are fundamentally decarbonatisation-dolomitisation, silicification and argillitisation. The epithermal mineralisation was developed in two phases: an early dominant stage, with very fine crystalline gold-bearing sulphides, mainly pyrite and arsenic-bearing pyrite, in a matrix of jasperoid and dolomite, and a later stage with of Cu, Zn, As, Sb and Hg. Furthermore, there is a supergene mineralisation, product of the oxidation of the previous minerals. The early stage has been dated as 269 ± 5 Ma (Permian), and this agrees with the ages of the other deposits of the district and the igneous rocks. The results of the studies carried out until now lead to the conclusion that Salamón is a Carlin-type gold deposit.

A resources of 450,000 t of mineralised material, with an average grade of 7.86 gAu/t, has been estimated in a lens with a maximum width of 22 m, open laterally and in depth. Metallurgical testwork carried out concludes that more than 90% of the gold can be recovered by roasting under special conditions.

1. INTRODUCCIÓN

El yacimiento de oro de Salamón fue descubierto en 1985, en el transcurso de una exploración regional para oro. Desde entonces se han venido realizando trabajos de investigación en la zona, primero a cargo de BP Minera España, en 1985-89, y luego de SIEMCALSA, actual propietaria del proyecto, desde 1990 hasta ahora. Como resultado, se han cubicado unas reservas de 450.000 t con 7.86 gAu/t.

El proyecto ha pasado por dos periodos: de 1985 a 1996, y de 1997 hasta la actualidad. En el primero se ha hecho una investigación de tipo geológico-minera, con trabajos de geoquímica, geofísica, cartografía y sondeos, principalmente, así como estudios mineralúrgicos. En la segunda etapa han predominado los estudios de tipo científico, encaminados a conocer a fondo aspectos geológicos del yacimiento como la mineralogía, la estratigrafía y la estructura. Este tipo de conocimiento se ha considerado necesario para plantear con más garantías de éxito nuevos trabajos de investigación minera.

2. HISTORIA DEL PROYECTO

La presencia de oro en Salamón fue descubierta por BP Minera España en 1985, dentro de una investigación regional de oro en la Zona Cantábrica. BP buscaba yacimientos de dos tipos: t. Salave y t. Carlin, y llevó a cabo un amplio reconocimiento y muestreo de intrusivos e indicios mineros en el área de La Pernía-Riaño. Una vez detectada la presencia de oro, BP desarrolló en el área una importante investigación geológico-minera: cartografía geológica a varias escalas, geoquímica de suelos, ensayos con varias técnicas geofísicas y sondeos mecánicos.

En 1988 BP ofreció a SIEMCALSA entrar en el proyecto y, tras diversas vicisitudes, que incluyen la venta de la rama de metales de BP a nivel mundial al Grupo RTZ a principios del año 1989, SIEMCALSA comienza como operador la investigación del proyecto en 1990, después de firmar un nuevo acuerdo con ese grupo. Desde un principio, el planteamiento de SIEMCALSA ha incluido la investigación local y regional. Se trataba de encontrar otros posibles depósitos, que junto a Salamón, hicieran viable el proyecto. La idea es que el metalotecto principal es la Falla de León y la investigación regional se ha centrado en una franja de unos 6 km de anchura y más de 30 km de longitud siguiendo esa estructura. En ese área, de unos 200 km², se ha hecho cartografía geológica de E. 1:10.000, reconocimiento de indicios mineros, se han tomado muestras de arroyos, estudio de posibles lineaciones, etc. La investigación local, en el entorno de Salamón, en un área de unos 2 km², ha incluido la realización de cartografía geológica de diversas escalas (1:10.000, 1:2.000, 1/500), toma de muestras de roca, toma de nuevos perfiles de geoquímica de suelos, nuevos sondeos, estudios mineralúrgicos, etc. Desde Enero de 1998 SIEMCALSA es el único titular del proyecto.

Simultáneamente con la investigación aplicada, se ha profundizado mucho en el conocimiento de la geología del proyecto. A. Paniagua colaboró con BP durante su investigación, realizando estudios de muestras, cuyos resultados han sido resumidos en dos artículos recientes (18 y 19). El pasado año se terminó un estudio estructural de la zona, realizado por J.L. Alonso y A. Marcos, de la Universidad de Oviedo. Actualmente O. Fadón, de la Universidad de Salamanca, está desarrollando una Tesis Doctoral sobre la mineralogía del yacimiento, y P. Barba, de la misma Universidad, está llevando a cabo un estudio sedimentológico.

3. GEOLOGÍA

El yacimiento de oro de Salamón está situado en un punto singular dentro de la Zona Cantábrica, donde confluyen varias de las unidades tectónicas mayores en que se divide habitualmente: Región del Esla, Cuenca Carbonífera Central y Unidad del Pisuerga-Carrión.

Por otra parte, la mineralización está asociada a una fractura E-W, del sistema de la Falla de León, una importante estructura de más de 100 km de longitud, jalonada por una serie de cuencas intramontañosas estefanienses. Otras estructuras lineales importantes próximas son las fallas del Porma (NE-SW) y de Ventaniella (NW-SE).

Aunque en la Zona Cantábrica son relativamente escasas las rocas ígneas, Salamón se encuentra en el borde occidental de la Unidad del Pisuerga-Carrión, donde intruyen varios *stocks* y diques de carácter básico e intermedio (4), relacionados con las grandes lineaciones regionales. Desde el punto de vista minero, Salamón se encuentra en el Distrito de As-Sb-Au de Riaño-Estalaya (24).

3.1 Estratigrafía

Los materiales relacionados con la mineralización son todos ellos carboníferos y pertenecen al Grupo Lena (Westfaliense), Grupo Maraña (Westfaliense-Estefaniense), y Cuenca de Reyero-Salamón (Estefaniense). Al sur de la Cuenca estefaniense de Reyero-Salamón se encuentra la Unidad del Esla, con materiales de edades comprendidas entre el Cámbrico y el Namuriense, repetidos en diversos mantos y escamas.

Al norte de la Falla de León, en el extremo oriental de la Cuenca Carbonífera Central, aflora el Grupo Lena. La estratigrafía de este sector ha sido descrita con detalle por Barba et al. (3) y su cartografía se puede ver en (13). El G. Lena en esta zona está constituido por una alternancia de calizas, margas, lutitas y areniscas. Estos materiales están organizados en alternancias de niveles decimétricos a métricos, o bien en tramos homogéneos de escala decamétrica, lo que ha dado lugar a una división interna del G. Lena en unidades litoestratigráficas de menor rango. Concretamente, la zona mineralizada que contiene las reservas cubiertas se sitúa en torno al contacto entre un tramo potente de calizas masivas, y un tramo de lutitas y areniscas con intercalaciones calcáreas. Tanto los niveles carbonatados como los detríticos son frecuentemente bituminosos.

El Grupo Maraña aparece discordante sobre el anterior. Se trata de una unidad constituida mayoritariamente por lutitas, con brechas calcáreas y conglomerados, en la que destacan olistolitos calcáreos, a veces de grandes dimensiones (hasta 1

km). Este grupo representa una cuña clástica generada en el cabalgamiento frontal del Manto del Ponga y la Cuenca Carbonífera Central. (21).

Siguiendo la Falla de León hay una estrecha cuenca intramontañosa carbonífera, denominada Cuenca de Canseco-Rucayo-Reyero-Salamón (16). Está constituida por conglomerados polimícticos, areniscas, pizarras y capas de carbón. En el sector oriental, denominado Reyero-Salamón, estos materiales aparecen discordantes sobre los de la Cuenca Carbonífera Central o el Grupo Maraña, quedando cobijados al sur por el Paleozoico inferior de la Región del Esla.

3.2 Estructura

Salamón se encuentra en un punto donde confluyen varias de las unidades tectónicas mayores de la Zona Cantábrica, en una zona de una gran complejidad, donde a la tectónica tangencial de cabalgamientos y pliegues a ellos asociados se le añade, a partir del Estefaniense B, una tectónica más profunda, caracterizada por la presencia de grandes fallas de desgarre, que frecuentemente reactivan fracturas anteriores e involucran el basamento (21). Es a esta actividad tardihercínica o posthercínica a la que parece estar asociada la mineralización.

De las grandes fracturas existentes en el área es la Falla de León la que está más estrechamente ligada al yacimiento. Es una fractura con una larga historia, que actuó primero como estructura lateral (*tear fault*) del emplazamiento hacia el este de la Cuenca Carbonífera Central, y después como falla inversa relacionada con el acortamiento N-S. Posteriormente ha sufrido rejuegos, que pueden haber llegado a ser alpinos, como sucede con las fallas de Sabero-Gordón y Ventaniella, estructuras que llegan a desplazar materiales terciarios (14).

La estructura de detalle de la Unidad del Esla, situada al sur de Salamón, ha sido estudiada por Alonso (1), mientras que la tectónica al norte de la Falla de León la estudió Heredia (13).

3.3 Rocas ígneas

Al este de Salamón se ha descrito un variado grupo de rocas ígneas, que intruyen la Unidad del Pisuerga-Carrión, asociadas a fracturas de desgarre profundas (4). Se trata de pequeños *stocks*, diques y sills, de composición gabroídica a cuarzodiorítica. Se ha sugerido la participación en la génesis de estas rocas de material básico profundo, posiblemente del manto superior, que en su ascenso habría sufrido contaminación cortical, dando lugar a la gran variedad de rocas de este conjunto.

En el área del proyecto aflora localmente uno de estos diques, de solo 2-5 m de potencia, pero con mucha continuidad lateral, que ha sido intersectado en

numerosos sondeos. Como no siempre es posible verlo en superficie, su posición se ha deducido en parte de las secciones de los sondeos. Con estas limitaciones, se puede decir que es relativamente tardío, puesto que corta todas las unidades estratigráficas y estructuras, y subparalelo a la estructura mineralizada principal. Por otra parte tiene una fuerte alteración hidrotermal sobreimpuesta (19). Según Fadón (10) su composición es la de un microgabro o una microdiorita, y está carbonatizado y silicificado. Presenta una fuerte concentración de minerales opacos, pirita, pirita arsenical y arsenopirita, los mismos minerales que constituyen la mineralización precoz en las rocas sedimentarias.

4. INVESTIGACIÓN GEOLÓGICO-MINERA

El yacimiento de Salamón se suele dividir en dos mitades, denominadas Salamón Este y Oeste, a un lado y otro del pueblo que le da nombre. Los trabajos de investigación geológico-minera se han centrado principalmente en ellas, y son, por tanto, las zonas mejor conocidas. Existen además otras zonas dentro del proyecto, anexas a las otras dos, donde también se han conseguido buenos resultados, pero que aún están insuficientemente investigadas: son las zonas de Las Salas, La Oveja y Roblo. Se hace a continuación una breve discusión de las técnicas de investigación minera usadas y los resultados más sobresalientes obtenidos (20, 22 y 23).

4.1 Cartografía geológica y litogeoquímica

Se ha realizado cartografía a diversas escalas. Toda el área del proyecto está cartografiada a E: 1/10.000. El conjunto de las zonas de Salamón E y O, así como la zona de Las Salas, se han cartografiado a E: 1/2000. La zona de Salamón E que concentra la mayor parte de los sondeos, y que contiene las reservas cubicadas, se ha hecho a E:1/500.

Durante la realización de las cartografías de detalle se han tomado muestras de roca para análisis químico. En el tiempo que lleva SIEMCALSA como empresa operadora del proyecto se han recogido 139 muestras de roca aflorante, correspondientes sobre todo a las zonas de Salamón E y O, de las cuales 53 tienen valores de más de 1 gAu/t, y 25 más de 10 gAu/t. Hay una muestra que alcanzó los 198.8 gAu/t. Estos resultados son más sobresalientes si se tiene en cuenta la escasa presencia de sulfuros y, en todo caso, que el oro es invisible, es decir, que en muchos casos las muestras se toman sobre distintas facies de alteración. Hay que señalar asimismo los buenos resultados obtenidos en la zona de Las Salas, anexa a Salamón O.

4.2 Geoquímica de suelos

Los resultados de geoquímica de suelos son muy destacables, así como su estrecha relación con la geología, litogeoquímica, etc. Las zonas de Salamón E y O están cubiertas por una malla de 100 por 25 m, aunque las áreas de más interés están densificadas a 50 por 25, e incluso 25 por 12,5 m. La dirección de las líneas es aproximadamente N 5° E. Se han tomado en total 957 muestras, que se han analizado para varios elementos: Au, Ag, As, Sb, Hg, Cu, Zn y Pb, detectándose en todos ellos zonas anómalas.

Destacan especialmente las anomalías de Au y As. La anomalía de oro de Salamón Este, de más de 1.000 mg Au/t, tiene 400 m de longitud, que serían 500 si se añade la zona de La Llueza, situada al NE. Hay 8 muestras de más de

10.000 mg/t, siendo el valor máximo de 18.800 gAu/t. Con el As se distinguen zonas análogas, aunque los valores más altos de este elemento están en Salamón O, alcanzando los 12.500 gAu/t.

4.3 Geofísica

Se han intentado varias técnicas: magnetometría, VLF, PI, SEV, radiometría, etc., y los resultados, al contrario que los de geoquímica, son decepcionantes, y sólo localmente han resultado de interés.

4.4 Geoquímica de arroyos

Esta técnica se ha usado en la investigación regional, con una densidad aproximada de 1 muestra cada km², detectando diversas anomalías de As, Sb, Hg y Cu, aunque quizás lo más destacable es el buen comportamiento del oro. En el caso de Salamón, la anomalía se sigue aguas abajo a lo largo del río Dueñas, hasta la desembocadura de éste en el río Esla a unos 3 km, con valores de varias decenas de mgAu/t. Además de la anomalía de Salamón, la geoquímica de sedimentos de arroyo ha puesto de manifiesto otra importante anomalía de oro, proveniente de la zona de La Oveja, y una zona anómala en plata, que se ha denominado Roblo.

4.5 Calicatas

Se han hecho 37 calicatas, con una longitud total de 953 m excavados, en las zonas de Salamón E y O, y en Las Salas. Los mejores resultados se obtuvieron, en general, en Salamón E, aunque la intersección más llamativa corresponde a Salamón O: es la calicata T-16, con 7 m con 11.2 gAu/t.

4.6 Sondeos

En Salamón se han realizado 35 sondeos, que totalizan 6.500 m perforados, la mayor parte de ellos en Salamón E. El resultado más sobresaliente se obtuvo en el sondeo 31, en el que se intersectaron 29 m (22,2 m de potencia real) con 20,5 gAu/t. Este resultado es la media ponderada de 28 muestras de 1 m aproximadamente cada una, de las que solo 3 tienen valores inferiores a 10 gAu/t. Se han tratado estadísticamente 876 muestras de los sondeos, analizadas para varios elementos, y se han establecido los coeficientes de correlación. Destaca la correlación positiva del oro con la plata, arsénico, antimonio y mercurio, todos ellos mayores de 0,5. Los mejores resultados se han obtenido en

los sondeos de Salamón E. Las otras zonas sondeadas han sido Salamón O y Las Salas.

4.7 Reservas de mineral

En Salamón se han cubicado 450.000 t de mineral, con 7,86 gAu/t. Estas reservas se encuentran en Salamón E, en un lentejón que tiene una potencia máxima de 22 m, la intersectada en el sondeo 31. El depósito está abierto lateralmente y en profundidad (5 y 6).

4.8 Mineralurgia

La mena de Salamón es refractaria. El oro se encuentra en la pirita arsenical y la arsenopirita, que están en granos de algunas decenas de micras. Por tanto la investigación en mineralurgia ha sido importante, tanto para BP como para SIEMCALSA. La conclusión final de estos trabajos es que se puede obtener una recuperación del 80% utilizando una tostación oxidante clásica, o de más del 90% con una tostación especial (11).

5. ESTUDIOS GEOLÓGICOS

Los estudios geológicos realizados han tenido como objetivo conocer la naturaleza de la mineralización y sus posibles zonaciones, así como los factores geológicos que la controlan. Para estos trabajos se ha contado con la colaboración de geólogos especialistas de las universidades de Oviedo y Salamanca. Hay que señalar que los estudios mineralógicos y sedimentológicos todavía están en curso, y que buena parte de los resultados aún no han sido publicados por sus autores, de modo que los apartados que vienen a continuación son solamente un avance del estado de los trabajos.

5.1 Alteración y mineralización

Las rocas encajantes de la mineralización se encuentran afectadas por intensos procesos de alteración hidrotermal, fundamentalmente descarboxilación-dolomitización, silicificación, y con menor desarrollo, argilitización y carbonatización tardía (9, 10 y 19).

La mineralización en Salamón se ha producido en dos fases. El estadio precoz, que es el predominante, se caracteriza por la diseminación de sulfuros de grano muy fino en una matriz de cuarzo-calcedonia (jasperoide) y dolomita; los minerales principales son la pirita arsenical y la arsenopirita, con contenidos en oro de hasta el 1%. La mineralización tardía se presenta en bolsadas y filones con ganga de cuarzo y carbonatos, o reemplazando a la mineralización precoz; los minerales principales son pirita, calcopirita, esfalerita, tennantita, cinabrio, rejalgar y estibina (9 y 19).

La mineralización del estadio precoz de Salamón ha sido datada por el método U-Pb en 295 ± 5 Ma (19). Este dato es parecido al obtenido en las minas Providencia (270 ± 12 Ma) y Profunda (273 ± 11), unos yacimientos epitermales de Cu, Co, Ni, con Au, en rocas carbonatadas situados en las proximidades de la falla de León, 40 km al oeste de Salamón (17). El depósito de todos ellos se habría producido por tanto en el Pérmico. Por otra parte, esas edades concuerdan con la única datación de los intrusivos de la Unidad del Pisuerga-Carrión, los 277 ± 1 Ma de Peña Prieta obtenidos por Gallastegui *et al.* (12).

5.2 Control estructural y control sedimentario

J.L. Alonso y A. Marcos, de la Universidad de Oviedo, han realizado una modelización estructural del área de Salamón, con el objetivo de investigar el previsible control estructural del yacimiento de oro. El trabajo (2) incluye dos nuevas cartografías geológicas, a E: 1/10.000 y 1/2000. Estos autores interpretan que el proceso de mineralización podría estar relacionado con un episodio de reactivación de fracturas previas, y que tiene lugar principalmente en una zona

extensional frágil, allí donde las fracturas intersectan contactos geológicos con alto contraste de ductilidad.

Por otro lado, P. Barba, de la Universidad de Salamanca, está realizando un estudio sedimentológico para el que ha testificado 10 sondeos. El trabajo aún no está terminado, pero las observaciones realizadas hasta ahora apuntan a que gran parte de la mineralización podría estar localizada en una determinada facies de brecha sedimentaria.

5.3 Tipo de yacimiento

Las características expuestas hasta ahora del proyecto Salamón son análogas a las de los yacimientos de tipo Carlin (7, 8 y 15): están situados en zonas de fallas de alto ángulo; hay un reemplazamiento selectivo con sílice de las rocas carbonatadas carbonosas a lo largo de esas zonas; hay una diseminación muy fina de sulfuros (menos del 1%) en las rocas carbonatadas bituminosas y los jasperoides asociados; presencia de diques; la mineralización la constituyen pirita, rejalgar, oropimente, con arsenopirita, cinabrio, fluorita, barita y estibina, en una ganga de cuarzo, calcita y materia orgánica. A éstos se pueden añadir otros datos, como el tipo y características de la alteración asociada, las temperaturas y presiones de formación, la presencia de azufre pesado posiblemente de origen evaporítico en el estadio precoz, y la existencia de una oxidación hipogénica posterior (19). Todo ello apunta a que el yacimiento de oro de Salamón es de *tipo Carlin*.

6. CONCLUSIONES

- El yacimiento fue descubierto en 1985 durante una exploración minera regional llevada a cabo por BP Minera España.
- SIEMCALSA es desde 1990 la empresa operadora del proyecto, y desde 1998, propietaria de los derechos mineros.
- En la investigación realizada se ha hecho cartografía geológica a varias escalas, litogeoquímica, geoquímica de suelos, geoquímica de sedimentos de arroyos, 37 calicatas, 35 sondeos con recuperación de testigo, ensayos mineralúrgicos, y estudios mineralógicos, estructurales y sedimentológicos.
- El yacimiento encaja en una serie de alternancias de calizas y lutitas del Grupo Lena (Westfaliense), en las pizarras con olistolitos calcáreos del Grupo Maraña (Estefaniense), y en los conglomerados y areniscas estefanienses de la Cuenca de Reyero-Salamón.
- La mineralización está asociada a procesos de alteración hidrotermal, principalmente dolomitización y silicificación.
- Consta de dos estadios hipogénicos: un estadio precoz, con pirita arsenical y arsenopirita, y un estadio tardío con calcopirita, tennantita, esfalerita y galena,

principalmente. Existe un estadio supergénico con gran variedad de óxidos, hidróxidos, sulfatos, arseniatos y carbonatos.

- El oro está asociado al estadio precoz, incluido en la red de los disulfuros y sulfoarseniuros. Es por tanto una mena refractaria.
- La fase precoz ha sido datada en 269 ± 5 Ma (Pérmico).
- El control de la mineralización puede ser estructural, sedimentario, o un combinado de los dos. El estructural está en relación con una zona extensional frágil y con contactos geológicos con alto contraste de ductilidad. El sedimentario lo constituye un tipo determinado de brecha sedimentaria.
- Las características geológicas, mineralógicas y geoquímicas son similares a las de los yacimientos tipo Carlin.
- La zona más rica del yacimiento consiste en un lentejón de 22 m de potencia máxima, que contiene unas reservas de 450.000 t con 7.86 g Au/t, y se sitúa en Salamón E.
- El yacimiento está abierto en profundidad en la zona del lentejón, e insuficientemente investigado en otras zonas.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Alonso, J. L. (1985): *Estructura y evolución tectonoestratigráfica de la región del Manto del Esla (Zona Cantábrica, NW de España)*. Tesis Doctoral. Diputación Provincial de León. 276 p.
- (2) Alonso, J.L., Marcos, A. (2001): *Modelización estructural del área de Salamón (León)*. SIEMCALSA, informe interno.
- (3) Barba, P., Heredia, N., Villa, E. (1991): Estratigrafía y edad del Grupo Lena en el sector de Lois-Ciguera (Cuenca Carbonífera Central, NO de España). *Rev. Soc. Geol. España*, 4 (1-2): 61-77.
- (4) Corretgé, L. G., Cienfuegos, I., Cuesta, A., Galán, G., Montero, P., Rodríguez Pevida, S., Suárez, O., Villa, L. (1987): Granitoides de la Región Palentina (Cordillera Cantábrica, España). *XI Reunión sobre la Geología de Oeste Peninsular (Porto, 1985)*, Memorias, 1: 469-501.
- (5) Crespo, J.L. (1998): The Salamón Gold Project (León, España). In: Arias, D., Martín Izard, A., Paniagua, A., (Eds.), *International Meeting of Gold Exploration and Mining in NW Spain*, Oviedo, Facultad de Geología, Universidad de Oviedo, pp. 86-95.
- (6) Crespo, J.L., Moro, M.C., Fadón, O., Cabrera, R. y Fernández, A. (2000): The Salamón Gold Deposit (León, Spain). *Journal of Geochemical Exploration*, 71: 191-208.

- (7) Berger, B. R. (1986): Descriptive model of carbonate-hosted Au-Ag. In: *Mineral deposit models*. (Cox, D. P., Singer, D. A., Eds.): U.S. Geological Survey Bulletin, 1693. 379 p.
- (8) Berger, B. R. and Bagby, W. C. (1991): The geology and origin of Carlin-type gold deposit. In: *Gold Metallogeny and Exploration*. (Foster, R. P., Ed.): Blackie and Son Ltd., p. 210-248.
- (9) Fadón, O., Moro, M.C., Cabrera, R., Fernández, A. (1998): Preliminary results on the morphology and mineral distribution of the Salamón gold deposit (león, Spain). In: Arias, D., Martín Izard, A., Paniagua, A., (Eds.), *International Meeting of Gold Exploration and Minig in NW Spain*, Oviedo, Facultad de Geología, Universidad de Oviedo.
- (10) Fadón, O. (1999): El yacimiento de oro de Salamón (NE León): geología, mineralogía y geoquímica. Tesis de licenciatura, Univ. Salamanca, 155 pp.
- (11) García Frutos, F.J. y Álvarez Rodríguez, R. (1999): Influencia de la mineralogía y liberación en los posibles procesos de tratamiento de menas auríferas refractarias del Proyecto "Salamón", en la provincia de León. *Boletín Geológico y Minero*, 110-2: 159-168.
- (12) Gallastegui, G., Heredia, N., Rodríguez Fernández, L. R., Cuesta, A. (1990): El stock de Peña Prieta en el contexto del magmatismo de la Unidad del Pisuerga-Carrion (Zona Cantábrica, N de España). *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, 15: 203-217.
- (13) Heredia, N. (1991): *Estructura geológica de la región del Mampodre y áreas adyacentes (Zona Cantábrica)*. Tesis Doctoral (Inédita). Univ. de Oviedo. 320 p.
- (14) Heredia, N., Alonso, J. L., Rodríguez Fernández, L. R. (1990): *Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, n° 105 (Riaño)*. Segunda serie (MAGNA), Primera edición. ITGE. Madrid.
- (15) Kuehn, C.A. and Rose, A. W. (1991): Geology and Geochemistry of Wall-Rock Alteration at the Carlin Gold Deposit, Nevada. *Econ. Geol.*, 87: 1691-1721.
- (16) Navarro Vázquez, D., Muñoz, J. L., Santos, J. A. (1987): *Investigación geológico-minera del Estefaniense de los sectores Canseco-Rucayo y Reyero-Salamon (León) 2ª fase*. IGME, Informe interno n° 11193. 1 t.
- (17) Paniagua Condado, A., Fontboté, L., Fenoll, P., Fallick, A. E., Moreiras, D. B., Corretgé, L. G. (1993): Tectonic setting, mineralogical characteristics, geochemical signatures and age dating of a new type of epithermal carbonate-hosted, precious metal-five element deposits: the Villamanin area (Cantabrian Zone, northern Spain). In: *Current research in geology applied to ore deposits*. (Fenoll, P., Torres-Rúiz, J.A. & Gervilla, F., Eds.). p. 531-534.
- (18) Paniagua Condado, A., Loredó, J., Fenoll Hach-Alí, P., Rodríguez Pevida, L. S. (1997): Extrapolation at low temperatures of the arsenopyrite geothermometer con contrasting with fluid inclusion data: the example of Salamón (Spain). *XIV ECROFI*: 255-256. Nancy .

- (19) Paniagua Condado, A., Rodríguez Pevida, L. S., Loredó, J., Fontboté, L., Fenoll Hach-Alí, P. (1996): Un yacimiento de Au en carbonatos del Orógeno Hercínico: el área de Salamón (N León). *Geogaceta*, 20 (7): 1605-1608.
- (20) Pineda, A.(1996): *Estudio Geológico a Escala 1:1.000 del Area de Salamón (León)*. SIEMCALSA, Informe interno.
- (21) Rodríguez Fernández, L. R., Heredia, N. (1987): La estratigrafía del Carbonífero y la estructura de la Unidad del Pisuerga-Carrión. NO de España. *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, 12: 207-229.
- (22) SIEMCALSA (1990, 1991 y 1992): *Investigación en el Área de Sabero (León y Palencia) de sus posibilidades mineras (excepto minerales energéticos). Fase I, II y III*. Informes internos.
- (23) SIEMCALSA (1993, 1995, 1997b, 2001): *Memoria de los trabajos realizados en el proyecto Salamón (León)*.. Informes internos.
- (24) SIEMCALSA (1997a): *Mapa Geológico y Minero de Castilla y León E. 1:400,000*. Macrolibro, S.A. Valladolid, 459 p.