



Estudio de exploración inicial: Proyecto geológico-minero Guanajuato México

First stage exploration study: geological project-Guanajuato-Mexico mine district



*



**



*Llerena Marcelo / marcelollerenc@gmail.com

**Guerrero R. Byron / bvguerrero@uce.edu.ec

***Espinosa J. Denisse / dcespinosa@uce.edu.ec

Docentes FIGEMPA

Resumen

El presente proyecto se enfocó en determinar la existencia de recursos minerales metálicos (oro y plata) a través de modelos geológicos-alteraciones, geoquímicos y estructurales, con la finalidad de definir recursos y reservas; las fuentes de compilación de información fueron del gobierno, empresas privadas y misiones extranjeras, las cuales permitieron identificar a través del Sistema de Folios la compilación, estandarización y análisis de la información, justificando la primera fase de la exploración inicial del proyecto. Se utilizó las herramientas de mapeo geológico-estructural, alteraciones, muestreo geoquímico de rocas y arcillas, obteniendo un modelo geológico de yacimientos epitermales de baja sulfuración y determinando la existencia de mineralización para Au, Ag, y otros elementos metálicos. Los resultados obtenidos permitieron proponer cuatro targets o blancos de perforación, con la posibilidad de ser capaces de identificar los vectores que indiquen distritos mineralizados con alto potencial de prospección y explotación, generando nuevas zonas geológicamente favorables y potencialmente prospectivas.

Palabras clave: exploración; sistema epitermal de baja sulfuración; mineralización; cinturón metalogénico

Abstract

This project has focused on determining the existence of (gold and silver) mineral resources through geological-alterations, geochemical, structural models; in order to be able to define drilling targets, the source of information were gathering from the government, private companies and foreign missions. It could be identified through the Folios System, standardization compiling and analysis of information, this process has been justifying the exploration first stage study of the project, using tools like geological structural mapping, alteration, geochemical sampling of rocks and clay generated, of a product of the different field work carried out. As a result has been obtaining a geological model of low sulfidation epithermal deposits and it has been determining the existence of mineralization of Au, Ag, and other metal elements. The results has allowed to generate four prospected geology terrains (targets) targets, with the possibility of being able to trace the vectors that indicate zones for Au-Ag mineralization with high potential for exploration and development, generating new geologically favorable areas.

Keywords: exploration; low sulfidation epithermal system; mineralization; metallogenic belt

Introducción

El distrito de Guanajuato-México se encuentra dentro del cinturón o corredor metalogénico caracterizado por diseminados, vetas y stockworks de Au-Ag-Cu, en donde se ubica el Proyecto. Esta tipología de yacimientos minerales ha sido tradicionalmente una de las más importantes en este país en términos económicos, constituyéndose en uno de los primeros productores de plata en el mundo.

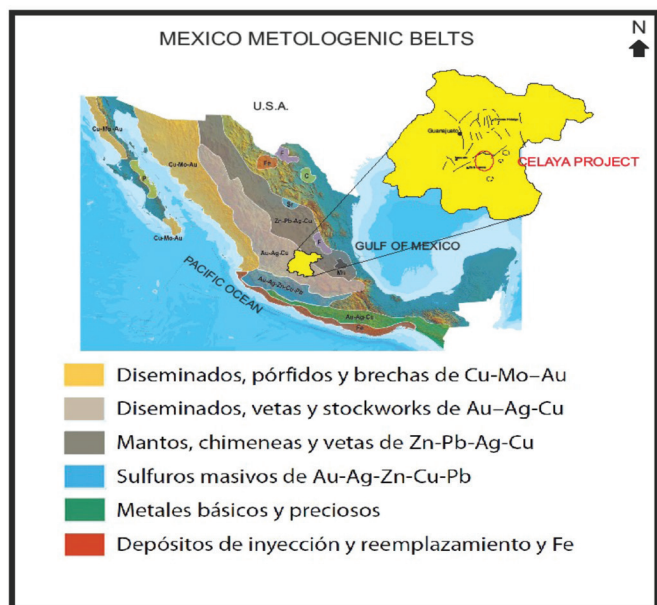


Figura 1. Cinturón de Metalogenia México
Fuente: Servicio Geológico Mexicano, 2014

La información del Servicio Geológico Mexicano, 2014, y Camprubi-Albinson 2006, permitió identificar las zonas de minas no metálicas de alunita y caolín (arcilla), identificando la existencia de un posible sistema epitermal de alta (HS) o baja (LS) sulfuración, permitiendo zonificar entre las áreas extensas de estos no metálicos lugares potencialmente prospectivos para Au y Ag.

Material y métodos

La metodología aplicada en el proyecto se basa en cuatro fases de trabajo multidisciplinario a través de diferentes métodos, utilizados por los equipos de trabajo. Cada grupo de trabajo aplica el método descriptivo para compilar y estandarizar los procedimientos utilizados en el Sistema de Folios como técnica de muestreo y recopilación, así como el método experimental para el mapeo geológico-estructural, alteraciones, muestreo, análisis e interpretación geoquímica de rocas y arcillas. Entre las fases de trabajo multidisciplinario tenemos:

La primera fase del proyecto se determina si se trata de un sistema epitermal de alta o baja sulfuración.

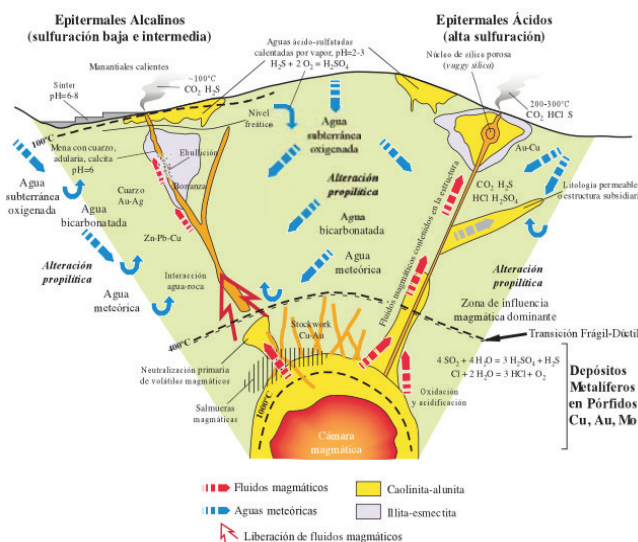


Figura 2. Modelo geológico de sistemas epitermales de alta y baja sulfuración

Fuente: Sillitoe y Hedenquist 1996

Según Sillitoe (1999), tradicionalmente se han distinguido dos tipos de depósitos epitermales ácidos y alcalinos. El primer tipo de depósito es el llamado enargita-oro, alunita, acido-sulfato o de alta sulfuración (HS). El segundo tipo recibe el nombre de depósito epitermal de adularia-sericita o de baja sulfuración (LS). La denominación de los términos alta sulfuración y baja sulfuración fue propuesta por Hedenquist, (1996) que se pueden observar en la Tabla 1.

Tabla 1. Principales características de los yacimientos de oro Epitermales asociados con rocas volcánicas.

	Baja Sulfuración (LS) (Adularia-Sericita) [16,60]	Alta Sulfuración (HS) (Sulfatada ácida) [16,60]
Forma del yacimiento	Predomina los filones en fracturas abiertas; Las Mineralizaciones tipo stockwork son frecuentes; los Reemplazamientos y diseminación son raros.	Predomina las mineralizaciones diseminadas, los reemplazamientos son frecuentes, los stockwork son raros y los filones generalmente muy raros.
Texturas	Filones, rellenos de cavidades (minerales bandeados, colofórmicos o en drusas) brechas.	Reemplazamientos de las rocas encajantes, brechas, filones.
Minerales	Pirita, electrum,	Pirita, enargita,
Metálicos	oro, esfalerita, Galena (arsenopirita)	calcopirita, tennantita, covelina, oro, Teleruros
Ganga	Cuarzo, calcedonia, calcita, adularia, illita, carbonato	Cuarzo, alunita, barita, caolinita, Pirofilita
Metales	Au, Ag, Zn, Pb (Cu, Sb, As, Hg, Se, Mo, Bi)	Cu, Au, Ag, As (Pb, Hg, Sb, Te, Sn, Mo, Bi)

Fuente: Hedenquist 2000

Mapeo geológico estructural y alteraciones

Dentro del mapeo geológico estructural y alteraciones se evidencia que el proyecto se encuentra en la intersección de dos grandes sistemas de fallas Taxco San Miguel de Allende, y el otro sistema de falla San Luis Tepehuanes aplicando las teorías de Nieto (2005), tal como se evidencia en la Figura 3.

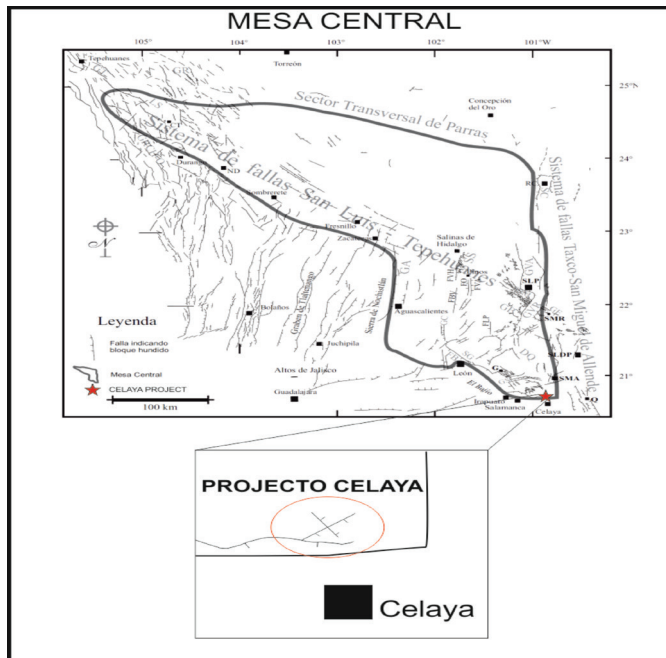


Figura 3. Mapa que muestra la localización de las estructuras de la mesa central.

Fuente: Nieto, A. et al 2005

En este sistema de fallas básicamente se evidencia los principales depósitos minerales de la mesa central como se evidencia en la Figura 4.

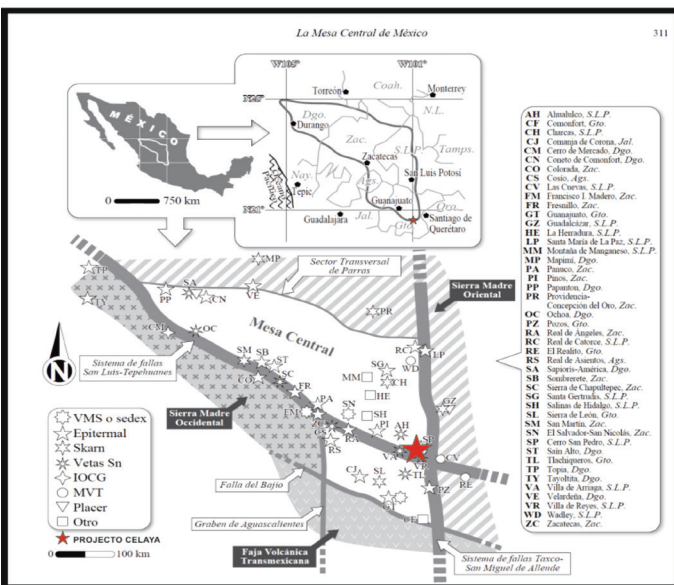


Figura 4. Mapa de la localización de los principales depósitos minerales de la mesa central.

Fuente: Nieto, A. et al. 2005

Se explica en la Figura 5 los yacimientos no metálicos del distrito de Guanajuato, en donde se evidencia que hay minas de Caolín y Alunita no metálicos.

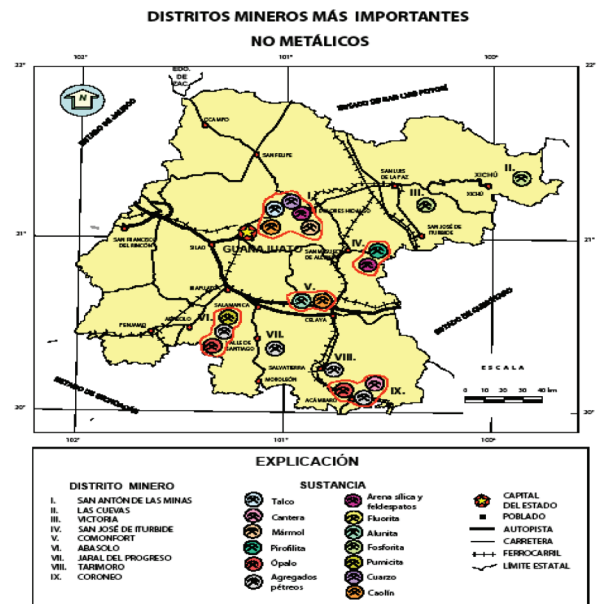
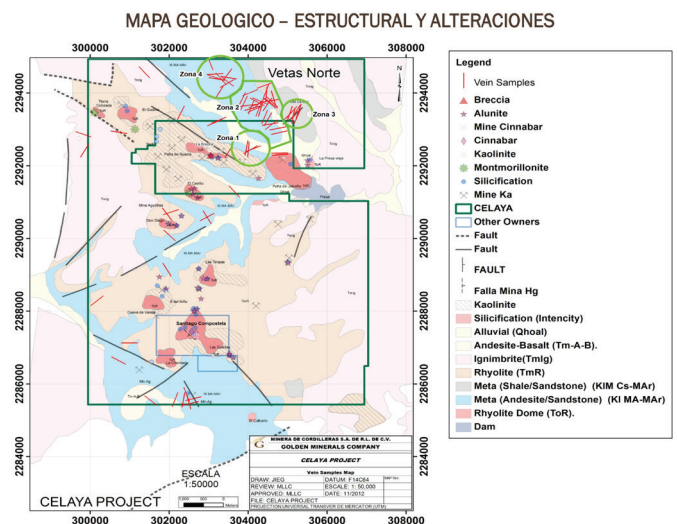


Figura 5. Mapa de minas para no metálicas Guanajuato

Fuente: Servicio Geológico Mexicano 2014

Alteraciones

Los minerales de alteración son también cruciales para definir si el yacimiento es HS o LS; los yacimientos de baja sulfuración LS se originan por aguas termales de pH prácticamente neutro; la temperatura decrece al disminuir la profundidad y aumentar la distancia a los conductos de los fluidos. De esta forma, cartografiando la situación de los minerales de alteración (especialmente los de la arcilla, p.e., Hishikari), se pueden dibujar las paleoisotermas e identificar los conductos de paleoflujo (vectorizar hacia las zonas de mayor temperatura).



El proyecto presenta un marco geológico regional de meta luitas-areniscas y meta andesitas-areniscas pertenecientes al Cretácico inferior (ubicadas hacia el suroeste y parte norte central de la concesión), las cuales se encuentran dispuestas en forma discordante con tobas riolíticas del Terciario (parte este y nororiental de la concesión).

Ignimbritas terciarias se localizan al oeste, al sur-este y hacia el borde nor-este, mientras que domos riolíticos terciarios están dispuestos a lo largo del centro, noroeste y la parte sur-occidental de la concesión. La interpretación del mapeo geológico-alteraciones nos dio como resultado que no todos los domos riolíticos, corresponden a estos; en realidad muchos son sinters silíceos (silica cups), correspondiendo a la parte superior de posibles sistemas epitermales, realizando las correcciones pertinentes en los mapas.

La presencia e interceptación de controles estructurales noroeste-sureste y noreste-suroeste, dispuestos en forma regional y de manera intensiva es muy evidente. A lo largo de la mayor parte de estas áreas estamos encontrando sistemas de vetas cortando las secuencias volcano-sedimentarias Cretácicas (meta andesitas-areniscas), las que presentan evidencias de un típico sistema epitermal de baja sulfuración (principalmente texturas), de edad geológica posterior.

Muestreo geoquímico de rocas y arcillas

Tabla 2. Resultados Pima (Zonamiento de Arcillas Junio 2012)

N	Muestra	Espect	Mineral	Mineral	Mineral	Tipo al
°		Ro	1	2	3	Alteración
1	CL-13 Mx		Alunita - K	Silice	Caolini ta	Argilica avanzada
2	CL-14 Mx	1	Silice	Haloisita		Argilica intermedia
3	CL-14 Mx	2	Silice	Montorillo Nita		Argilica intermedia
4	CL-14 Mx	3	Silice	Montorillo Nita		Argilica intermedia
5	CL-14 Mx	4	Anhidri ta	Silice		Argilica intermedia
6	CL-14 Mx	5	Silice	Anhidrita		Argilica intermedia
*	CL-15		Caolini ta			Argilica intermedia
7						intermedia

Muestreo geoquímico de arcillas

Para el análisis de muestreo geoquímico de arcillas se aplicó el siguiente modelo.

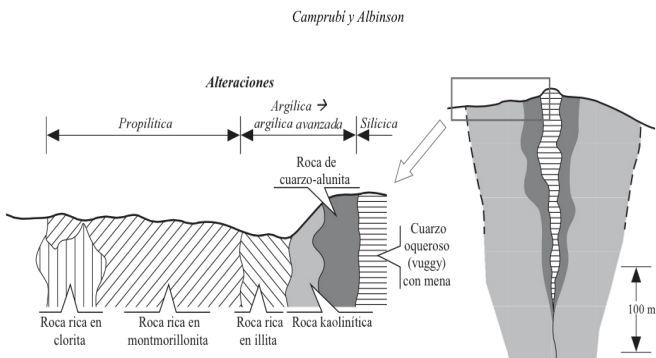


Figura 7. Esquema de Zonamiento-Vectorización de arcilla

Fuente: Basado en los depósitos de Summitville en Colorado (Stoffregen, 1987).

Se realizó el muestreo geoquímico de arcillas y para su análisis se utilizó el PIMA- Perú, con la finalidad de vectorizar las zonas de mayor temperatura, alteración y mineralización, se evidencia en la tabla 2, zonamientos de las alteraciones argilica intermedia, avanzada y Vuggy silica.

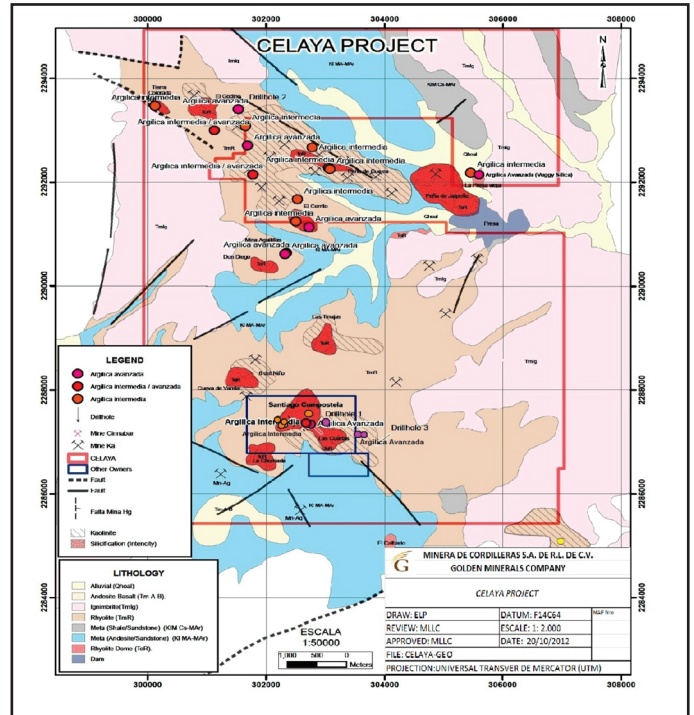


Figura 8. Mapa de Muestreo de Arcillas Vectorización y Zonamiento

Muestreo Geoquímico de Rocas

La geoquímica evidencia dos tipos de mineralización:

- Mineralización Proximal: Au-Ag, Pb, Zn, Cu, As, Te, Hg, Sb
- Mineralización Distal: Incr K, Rb, Decr Ca, Sr, Zn

Los elementos que predominan en los resultados geoquímicos del muestreo de rocas, correspondiente a las primeras jornadas en la Tabla 3 son: Hg, As, y Sb, evidenciando que el proyecto posiblemente se encuentra en la parte alta de un sistema epitermal.

Tabla 3. Resultados geoquímicos de muestras de rocas

(1era jornada-Junio 2012)

SAMPLE #	LOCATION	Au	Ag	As	Cu	Hg	Mn	Mo	Sb	Zn	Cu
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%
521201029	NW del El Cerrito	0.005	0.2	216	18	1	246	1	75	13	
521201030	Don Diego	<0.005	<0.2	23	1	1	20	3	6	3	
521201032	Mina Cu (4.5 Km NW proj.)	0.012	0.6	20	>10000	4	505	1	4	1520	2
521201034	SE de Las Cuartas	<0.005	<0.2	4	109	<1	12	<1	2	11	
521201035	NW del Calbario	0.01	1.6	16	304	1	11350	3	6	655	
521201036	SW De La Choriada	<0.005	<0.2	209	180	2	286	34	42	10	
521201038	SE de Peña Blanca	<0.005	<0.2	24	7	1	35	1	13	5	
521201039	Peña Blanca	0.032	<0.2	371	14	2	85	<1	26	13	
521201040	Peña Blanca	<0.005	<0.2	80	28	6	44	<1	11	10	
521201041	El Cerrito	<0.005	<0.2	17	3	1	17	1	6	3	



521201042	SW de Tierra	<0.005	<0.2	45	47	1	852	2	34	56
521201043	Colorada	0,091	0,2	2	5	7	50	<1	2	9
521201044	La Presa Vieja	<0.005	0,3	57	41	1	28	5	6	7
521201044	6 de niño	<0.005	0,3	57	41	1	28	5	6	7
521201045	Cueva de varela	<0.005	<0.2	347	8	2	40	15	<2	3
521201046	6 de niño	<0.005	<0.2	26	15	1	42	2	3	7
521201049	La Choriada	<0.005	<0.2	310	7	<1	166	86	39	11
521201050	Peña Blanca	0,05	<0.2	11	7	5	53	<1	4	9
521201051	Peña Blanca	<0.005	<0.2	27	6	1	50	<1	10	3
521201053	El Cerrito	0,007	<0.2	63	40	1	1320	1	15	56
521201054	NW de Tierra	<0.005	<0.2	59	1	1	15	3	<2	2
521201054	Colorada	<0.005	<0.2	59	1	1	15	3	<2	2
521201055	SW de Peña Blanca	<0.005	<0.2	38	67	1	1750	1	5	64
521201056	Mina de Hg.	<0.005	0,2	4	4	2	32	<1	<2	9
521201057	Mina de Hg.	<0.005	<0.2	3	4	1	46	<1	<2	3
521201058	Mina de Hg.	<0.005	<0.2	3	1	34	32	<1	<2	<2
521201059	Mina de Hg.	<0.005	<0.2	3	3	49	20	<1	<2	3
521201060	Mina de Hg.	<0.005	<0.2	<2	3	219	35	<1	<2	2
521201061	Mina de Hg.	<0.005	<0.2	4	3	38	61	<1	<2	10
521201062	NW El Godino	<0.005	<0.2	57	7	1	49	2	2	4

A medida que se van explorando diferentes sectores en el proyecto, se encontró mineralización para Au en valores bajos como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultados geoquímicos de muestras de roca (5ta jornada–Sept. 2012)

SAMPLE	Au	Ag	As	Cu	Hg	Mo	Sb	Zn
	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
521201168	<0.005	<0.2	175	23	3	1	18	28
521201169	62	<0.2	608	24	5	<1	27	3
521201171	<0.005	<0.2	25	13	<1	2	76	4
521201172	128	0,2	314	189	8	246	1120	18
521201173	15	<0.2	51	32	2	8	440	9
521201175	<0.005	<0.2	88	25	<1	1	70	131
521201176	6	0,2	597	43	<1	3	131	84
521201177	12	<0.2	553	23	<1	3	99	59
521201178	<0.005	<0.2	105	17	<1	<1	49	14
521201179	92	0,2	51	4	1	<1	2	7
521201180	437	0,6	101	5	<1	<1	7	8
521201181	120	10	78	4	1	<1	9	7
521201182	17	<0.2	39	<1	3	<1	3	6
521201183	7	<0.2	51	18	2	1	35	60
521201184	7	<0.2	39	14	1	1	18	43
521201185	5	<0.2	55	3	<1	<1	9	12
521201187	<0.005	<0.2	32	35	1	<1	8	17

A los seis meses del inicio de la fase de exploración se evidencia valores anómicos para Au mayores a 1 ppm, como se indica en la tabla 5, localizándose predominantemente en sistemas de vetas de baja sulfaración.

Tabla 5. Resultados de la jornada 8

SAMPLE	Au	LOCATION	Au	Ag	As	Hg	Sb
	ppm		ppb	ppm	ppm	ppm	ppm
521201256	0,056	ZONA 3	56	2,2	7	0	0
521201257	0,111	ZONA 3	111	9,7	5	0	0
521201259	0,053	ZONA 3	53	0,5	53	1	2
521201261	0,104	ZONA 3	104	1,1	74	0	3
521201262	2,54	ZONA 3	2540	4,3	76	2	3
521201263	0,233	ZONA 3	233	1	62	6	5

521201264	0,273	ZONA 3	273	0,9	15	0	0
521201265	0,18	ZONA 3	180	19,5	55	1	4
521201266	0,946	ZONA 3	946	5,8	6	0	0
521201267	0,059	ZONA 3	59	0,6	64	0	0
521201270	0,071	ZONA 3	71	3,3	22	0	0
521201272	0,128	ZONA 3	128	1,5	7	0	0
521201273	0,38	ZONA 3	380	1	142	1	7
521201274	0,189	ZONA 3	189	2,3	7	0	0
521201277	0,444	ZONA 3	444	0,6	63	0	3
521201279	0,202	ZONA 3	202	1	58	0	21
521201503	1,105	ZONA 2	1105	3,2	7	0	2
521201504	1,21	ZONA 2	1210	18,9	4	3	2
521201505	3,91	ZONA 2	3910	12,9	509	3	40
521201506	0,174	ZONA 2	174	1	39	0	4
521201507	0,081	ZONA 2	81	0,6	95	0	5
521201511	0,244	ZONA 2	244	0,6	72	0	5
521201520	6,13	ZONA 2	6130	7,4	355	1	14
521201521	0,224	ZONA 2	224	1,7	34	0	3

El muestreo geoquímico dio como resultado que posiblemente nos encontramos en los niveles altos de un típico sistema epitermal LS. Una distribución extensa de alteración de carbonato hacia vetas de cuarzo en bandas indicativas de ebullición es evidente en la zona norte del proyecto. (Saunders and Hames, 2005-2006).

Resultados

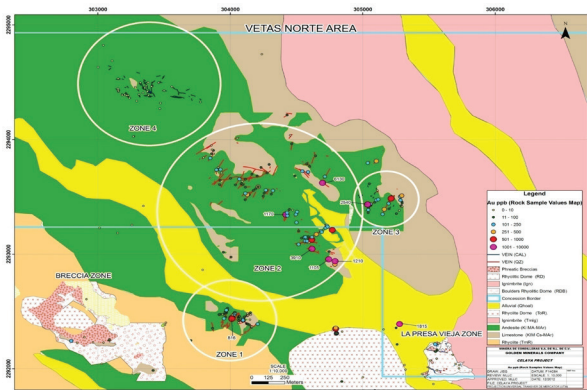


Figura 9. Resultados para Au vetas norte sector 1

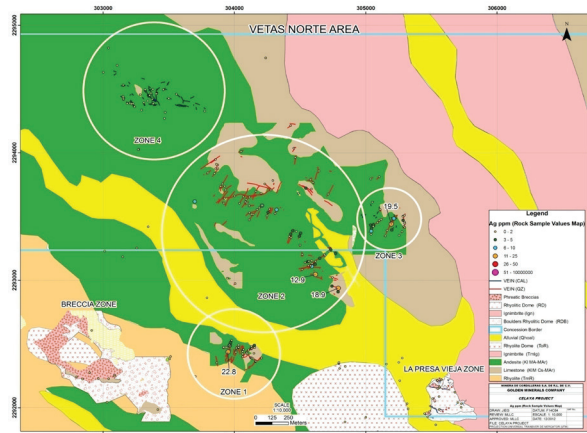


Figura 10. Resultados para Ag vetas norte sector 1

Utilizando la metodología de mapeo geológico- alteraciones, estructural, geoquímica de rocas y arcillas, y aplicando el Sistema de Folios, se determinó que el Proyecto es un Sistema Epitermal de baja sulfatación (LS), el cual se encuentra mineralizado para Au -Ag, y otros

minerales indicadores como: Hg, As, Sb, se evidencia en las Figura 9 y 10.

A lo largo de la mayor parte de estas áreas se encontraron sistemas de vetas, cortando las secuencias volcano-sedimentarias cretácicas (meta andesitas-areniscas), las mismas que presentan evidencias de un típico sistema epitermal de baja sulfuración (principalmente texturas) con mineralización para Au y Ag.

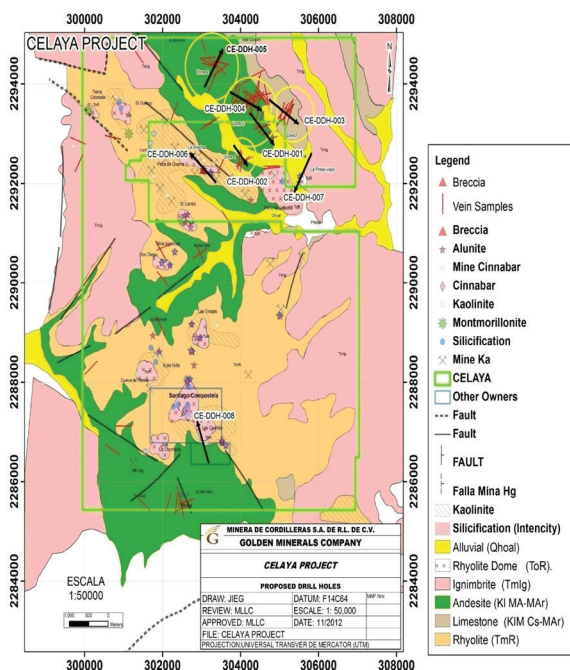


Figura 11. Resultados para Au, Ag vetas norte Sector 1

Conclusiones

La recopilación de información permitió determinar la existencia de una alteración típica para un sistema epitermal.

La aplicación del sistema de folios en el mapeo geológico-alteraciones y estructural estableció que nos encontramos en la parte superior de un sistema epitermal de baja sulfuración.

El producto del análisis del muestreo geoquímico de arcillas permitió vectorizar de manera eficiente las zonas más calientes en el sistema epitermal de baja sulfuración.

El análisis del muestreo geoquímico de rocas evidenció la existencia de mineralización para Au, Ag en el caso de estudio.

Recomendaciones

Se proponen cuatro zonas potencialmente prospectivas, las cuales constituyen targets o blancos para una primera fase de perforación, con la finalidad de definir recursos y reservas en el proyecto.

Se recomienda utilizar esta metodología de trabajo exploratorio en otros distritos de México que presenten características geológico-alteraciones, estructurales y geoquímicas similares.

Referencias bibliográficas

Barnes, H.L., 1979, Solubilities of ore minerals, en Barnes, H.L. (ed.), *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*, 2.ª edición: New York, New York, E.U.A., John Wiley & Sons Interscience, 404-460.

Camprubí, A., González-Partida, E., Iriando, A., Levresse, G., 2006, Mineralogy, fluid characteristics and depositional environment of the Paleocene low-sulfidation epithermal Au-Ag deposits of the El Barqueño district, Jalisco, Mexico: *Economic Geology*, 101 en prensa.

Camprubí, A., 1999, Los depósitos epitermales Ag-Au de Temascaltepec (Estado de México), México: Barcelona, España, Universitat de Barcelona, Col·lecció de Tesis Doctorals Microfotografades, 3528, 252 p.

Saunders and Hames, 2005-206, Auburn University, *Geochronology of Volcanic-Hosted Low-Sulfidation Au-Ag Deposits*, Winnemucca-Sleeper Mine Area, Northern Great Basin.

Hedenquist, J.W., 1996, Hydrothermal systems in volcanic arcs. Origin of and exploration for epithermal gold deposits: Genève, Suiza, Département de Minéralogie, Université de Genève, 139 p.

Hedenquist, J.W., Arribas, A. Jr., Urien-Gonzalez, E., 2000, Exploration for epithermal gold deposits: *Reviews in Economic Geology*, 13, 245-277.

Nieto-Samaniego, A.F., Alaniz-Álvarez, S.A., Camprubí, A., 2005, La Mesa Central de México: estratigrafía, estructura y evolución tectónica cenozoica: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 57, 285-317.

Sillitoe, R.H., 1999, Styles of high sulfidation gold, silver and copper mineralisation in porphyry and epithermal environments, en PACRIM'99, Bali, Indonesia, 29-44.

Sillitoe, R.H., 1995b, Exploration of porphyry copper lithocaps: *Australasian Institute of Mining and Metallurgy Publication Series*, 9/95, 527-532.

Sillitoe, R.H., 1993, Epithermal models: genetic types, geometrical controls and shallow features, en Kirkham, R.V., Sinclair, W.D., Thorpe, R.I., Duke, J.M. (eds.), *Mineral Deposit Modeling: Geological Association of Canada Special Paper*, 40, 403-417.

Steven, T.A., Ratté, J.C., 1960, Geology of deposits of the Summitville district, San Juan Mountains, Colorado: U.S. Geological Survey Professional Paper, 343, 70 p.

Stoffregen, R.E., 1987, Genesis of acid-sulfate alteration and Au-Cu-Ag mineralization at Summitville, Colorado: *Economic Geology*, 82, 1575-1591.

Servicio Geológico Mexicano SGM 2014.