

V. GEOLOGIA DEL DISTRITO (Proyecto La India)

El proyecto La India se ubica dentro de la porción norte de la provincia fisiográfica de La Sierra Madre Occidental en el distrito Mulatos, Figura 1. A unos 5 km al NW del poblado de Matarachic. Se conforma, principalmente, por una secuencia de rocas volcánicas definidas por McDowell (1993) como *Upper Volcanic Complex (UVC,)* y *Lower Volcanic Complex (LVC, McDowell and Keiser, 1977)*. La mineralización principal de oro se hospeda en las secuencias dacítica-andesítica de edad Eoceno – Oligoceno y es controlada principalmente por estructuras pre-existentes como fallas, sistemas de fracturas y brechas, también se asocia a zonas de sílice “vuggy” en cuerpos tabulares sub-verticales.

La alteración se muestra como el zoneamiento típico de un sistema epitermal del alta sulfuración según el modelo de Hedenquist et al., (2000), con zona de sílice masivo, cuerpos de sílice “vuggy”, una frontera de alteración argílica avanzada donde se observan diferentes niveles de silicificación con variaciones de alunita-dickita y caolinita, después, un halo de alteración argílica que es definido por la presencia de caolinita, smectita-illita, smectita que gradúa a una alteración clorita-smectita a propilítica. Los rasgos estructurales son dominados por fallas de tipo normal con orientación NW y NE 10°- 30°, un segundo grupo E-W y otro N-S. Un plano geológico del área de estudio se presenta en la figura 4, mostrando los rasgos geológicos y estructurales más sobresalientes en esta área.

V.1. Estratigrafía

V.1.1. Secuencia inferior de tobas andesíticas

Esta unidad de rocas volcánicas de composición andesítica con un espesor mayor a 100 m. Consiste principalmente de tobas andesíticas de cristales, líticos y sedimentos tobaceos, intercalada con posibles secuencias de flujos andesíticos como se muestra en la foto 1. Puede presentar planos de estratificación o flujo y se compone principalmente de fragmentos líticos y cristales finos de plagioclasa y escasos ferromagnesianos en una matriz muy fina de color grisáceo a verde oscuro. Esta secuencia se presenta regularmente fresca con débil cloritización a propilitización y en algunos casos se observa con débil a moderada agilización.

V.1.2. Secuencia volcánica félsica.

Se compone por rocas de composición félsica de origen volcánico con una variación importante en cuanto a texturas y contenido mineralógico. La base de este paquete está representada por tobas dacíticas con 5 – 7 % de cristales muy finos de cuarzo, seguida por tobas de cristales y fragmentos, con un mayor contenido de cristales de cuarzo entre 5 – 10 %; la localización de estas unidades se muestra en el mapa de la figura 6.

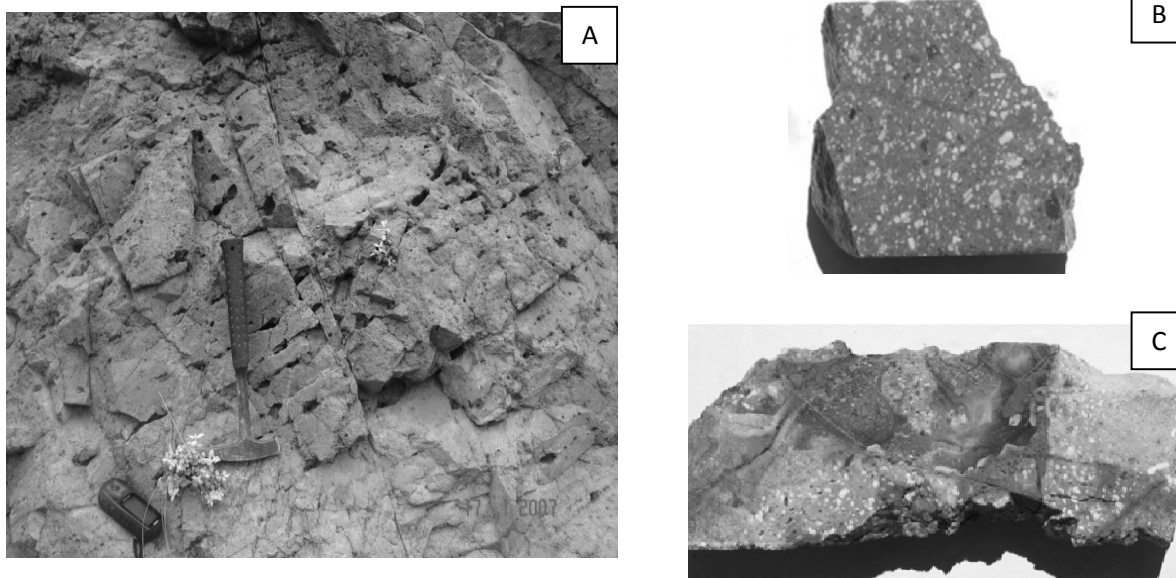


Foto 1.- A) Muestra una roca de composición andesítica con líneas de flujo. B) Textura porfírica C) Toba de fragmentos.

En esta unidad se encuentran alojados los principales cuerpos mineralizados. Estratigráficamente se ubica por encima de la secuencia inferior de tobas andesíticas, y está cubierta discordantemente por unidades más jóvenes, principalmente de composición andesítica a basáltica, Staude, (2001), figura 5.

Se localizan principalmente en zonas con realce topográfico, en su mayoría, con alteración argílica, argílica avanzada, sílice masiva y algunas zonas con sílice “vuggy” según el reporte técnico de Ebert-Shane (2004). Esta unidad se compone principalmente de tobas de cristales-líticas e ignimbritas de composición dacítica a riodacítica. La textura puede ser fina con 2% - 5% de cristales pequeños de cuarzo, también con un textura fragmentada-porfídica compuesta por 20% – 40% de feldespato potásico + albita generalmente alterados en una matriz microcristalina

con 2% - 5% de cristales de cuarzo Jenkins, D. M. (1994), con escasos planos de estratificación o flujo.

La secuencia de composición riódacítica se encuentra interestratificada con tobas dacíticas, generalmente presente con una fuerte alteración, donde solo es posible observar una abundancia de 5-10% de cristales de cuarzo en ocasiones hasta de 2 mm de diámetro, redondeados y/o quebrados, en ocasiones quedando como relictos de lo que pudo ser una textura fragmentada fina.

Dentro de la secuencia volcánica félsica se hayan algunos horizontes de roca con cristales y relictos de horblenda y/o biotita, que posiblemente correspondan a domos de composición dacítica; aunque es difícil de diferenciarlos debido a la fuerte alteración.

V.2.3. Rocas volcánicas post mineral

Riolítica

La base de esta secuencia es de textura eutaxítica de composición riódacítica, con un espesor que varía entre 1 – 5 m. El resto, se conforma por tobas de cristales y fragmentos de composición riolítica con 10% a 20 % de fragmentos líticos y 10% – 20% de cristales de feldespato, biotita y cuarzo, en una matriz afanítica o vítrea de color marrón-rosado, intercalada con rocas vulcanoclásticas de composición riolítica a dacítica. Estas rocas se caracterizan por presentar fragmentos mayores de 2 cm de composición riolítica, compuestos por fragmentos de cristales de feldespato, biotita y

cuarzo principalmente, en una matriz fina vítrea con una coloración rozada a blanco, esta misma unidad presenta estratos con textura eutaxítica. Se encuentra distribuida al suroeste y sur de la propiedad, en la parte superior del cerro El Duraznito, Pinosa y Cascabel, figura 5. Estratigráficamente se encuentra encima de la unidad de tobas dacíticas y debajo de la secuencia de conglomerados y flujos basálticos de la Formación Baucarit (?), Figura 6.

Andesitas-Basaltos

Estratigráficamente, estas rocas se encuentran encima de la secuencia volcánica félsica y regularmente en contacto por falla. Se caracterizan por presentar una secuencia constituida por intercalaciones de lavas, tobas, aglomerados y tobas arenosas de composición andesítica a basáltica de color rojizo a gris y gris verdoso, que pueden variar desde varios centímetros hasta decenas de metros. Las secuencias lávicas presentan texturas de flujo, y se componen principalmente de cristales finos de plagioclasa ligeramente alterados con una variable abundancia de anfíboles. Las tobas líticas son de color rojizo a gris oscuro o verdoso con fragmentos líticos generalmente de 0.5 – 1 cm llegando alcanzar hasta > 10 cm, y tobas de cristales, principalmente compuestas por 20 – 30% de cristales de plagioclasa con una variable abundancia de anfíboles en una matriz microcristalina a vítrea de color rojizo a gris oscuro. Es común observar vetillas de calcita cortando esta secuencia.

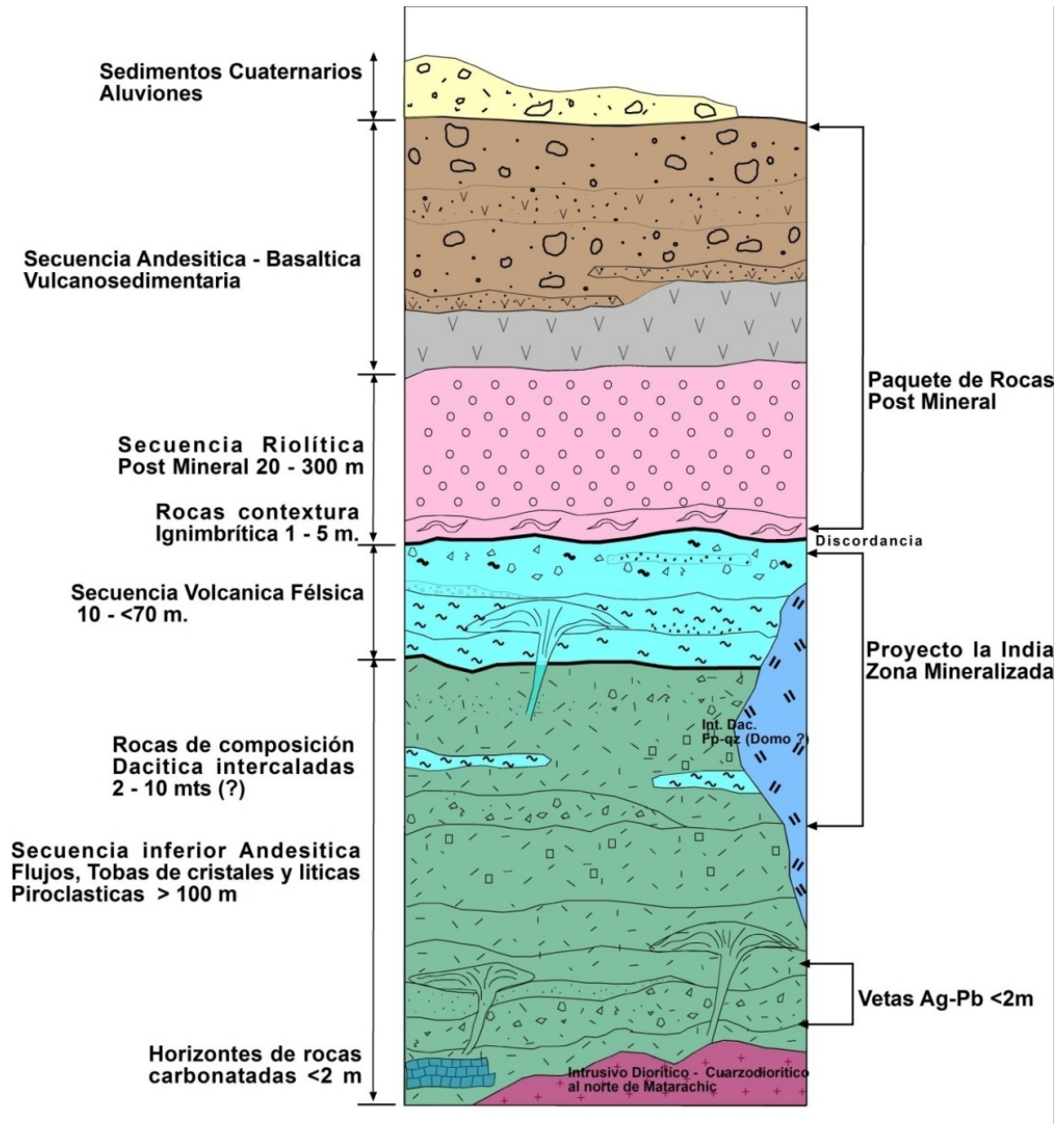


Figura 5.- Columna estratigráfica simplificada sin escala, propuesta para la zona del proyecto La India.

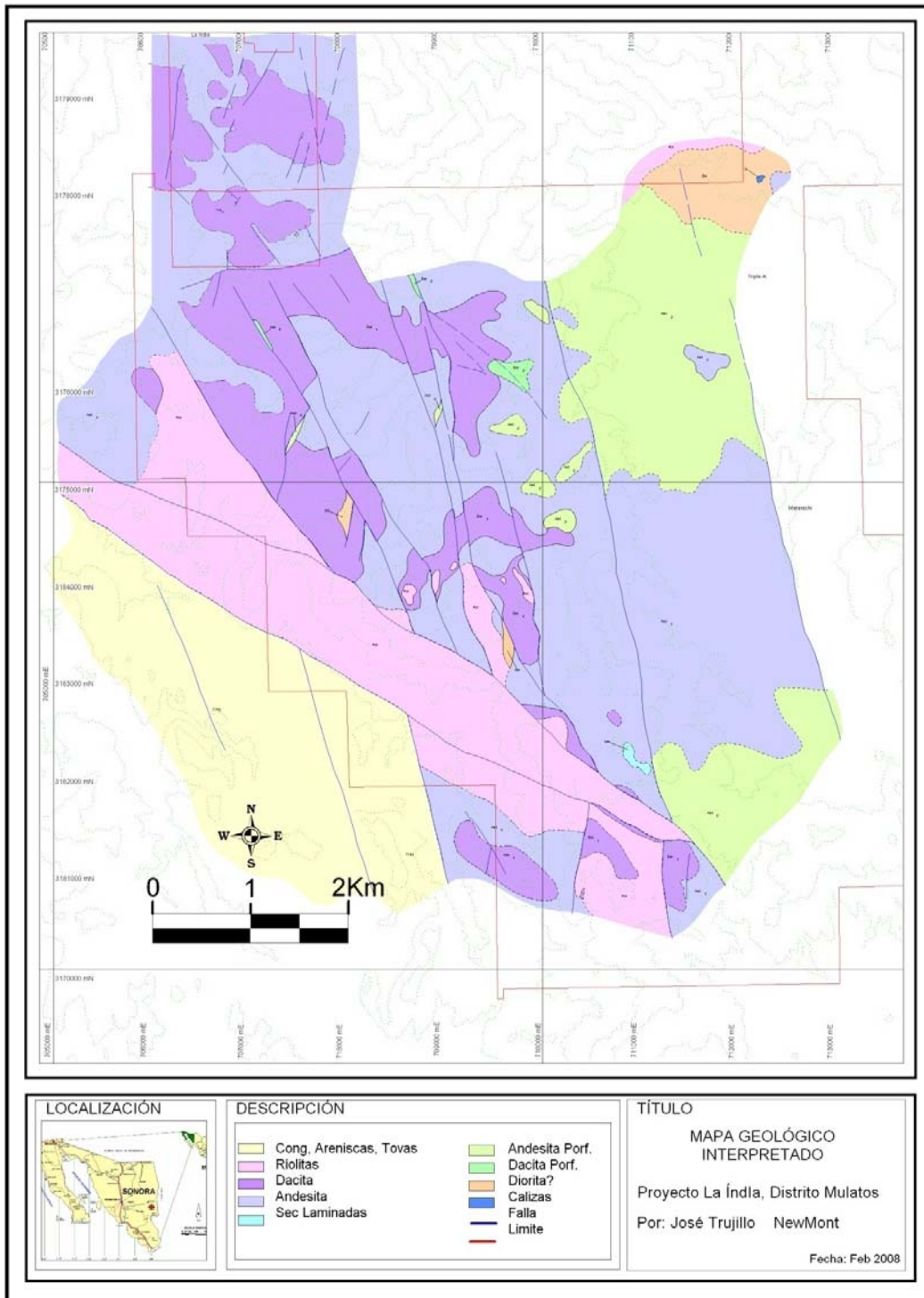


Figura 6.- Mapa geológico interpretado del proyecto La India.

V.2.4. Rocas intrusivas

Pórfido granodiorítico (?)

Aflora en la porción noroeste del area de estudio y se compone de 20 - 40% de fenocristales de feldespato (1 – 5 mm), 3 – 10% de ojos de cuarzo (1 – 2 mm), 10% Biotita (3 mm) y 2 – 8% de anfíboles (1 – 3 mm). En zonas con fuerte alteración y lixiviación, con solo presencia de ojos de cuarzo de hasta 3 mm, utilizada para la clasificación de esta unidad.

Intrusivo diorítico a cuarzodiorítico, Granodiorítico (?)

Se localiza principalmente al noreste en la zona de Alamillos, también, en Pinosa y al NE y E de Los Puertos. Se presenta con una textura equigranular fina a porfírica, de color gris a verde oscuro, se compone principalmente de cristales de plagioclasa y feldespato en menor proporción, también biotita, hornblenda y escasos cristales de cuarzo (0 – 5 %), estratigráficamente se encuentra afectando a la secuencia volcánica andesítica y está cubierto por una secuencia de rocas andesíticas-basálticas más jóvenes Ebert (2004)

Domos Dacíticos (?)

Este cuerpo intrusivo dacítico se localiza exclusivamente en la zona de La India, La Viruela, y norte de La Española. Se compone de 10 – 30% de fenocristales

de feldespato, (1 – 4 mm) y 1 – 4% de ojos de cuarzo entre 1 – 2 mm de diámetro, dentro de una matriz afanítica de color café claro, localmente presenta bandeamiento de flujo. En zonas fuertemente alteradas, su presencia puede ser reconocida por la presencia de los ojos de cuarzo. En los bordes, es posible encontrar texturas fragmentales y algunas zonas de brechada y se presenta principalmente afectando rocas de composición félsica.

Granitoide.

Se encuentra en la parte sur del área, pobremente descrito y clasificado como un intrusivo granítico de biotita que afecta la secuencia volcánica andesítica inferior. Una unidad similar es reportada por Staude, J.M. (2001), siendo clasificado como un intrusivo granodiorítico-cuarzomonzonítico ubicado como unidad basal en la columna estratigráfica regional del depósito Mulatos.

V.2 Geología Estructural

Se conforma por una gran cantidad de fallas de tipo normal orientadas principalmente NW y NE 10°- 25° con ángulos de inclinación entre 60°- 80° hacia el NE y NW, algunas veces dispuestas una tras otra formando escalonamiento y fuerte fracturamiento-brechamiento, Foto 3. Se tiene un grupo de estructuras con orientación casi E-W y otras N-S con una fuerte inclinación

También se pueden observar zonas de brecha con fragmentos subangulosos a subredondeados, cementadas por una fuerte silicificación + hematita. Estas

brechas afectan a rocas silicificadas, las cuales frecuentemente muestran valores interesantes de Au (0.1 – 1 ppm Au) como es el caso de Los Puertos, Cebadilla, Cerro de Oro y algunas zonas en Cieneguita y Española como se muestra en la Foto 2. La localización y distribución de las principales estructuras en el área de estudio se muestra en la figura 6.

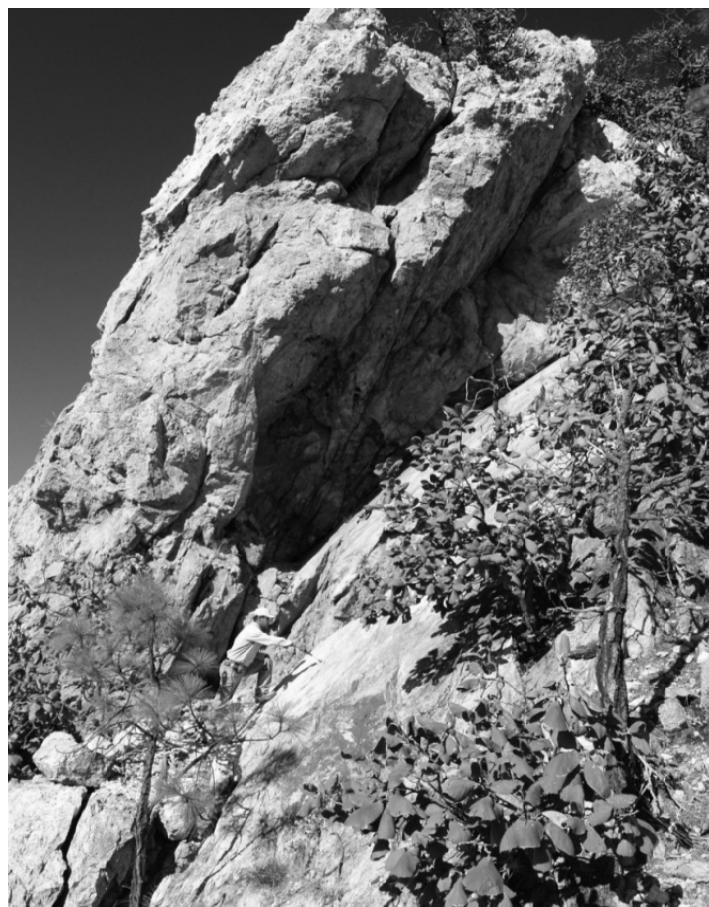


Foto 2.- Muestra una zona de falla normal y fuerte fracturamiento afectando a una secuencia de rocas dacíticas silicificadas.



Foto 3.- Roca silicificada fuertemente brechada y cementada por sílice +hematita.

V.3 Alteración

A lo largo y ancho de todo el distrito se pueden observar extensas zonas de roca fuertemente silicificadas que son bordeadas por un halo de alteración compuesta por moderada a débil silicificación con un variable contenido de arcillas, y zonas con débil cloritización a propilitización en las partes distales.

Las diferentes zonas de alteración que se muestran en la 7 fueron caracterizadas y cartografiadas mediante observación de campo, también se determinó que dicha alteración está controlada tanto litológica como estructuralmente.

A continuación se describen los diferentes tipos de alteración presentes en el área de estudio.

V.3.1. Alteración Argílica Avanzada (AA)

En este grupo, además de la presencia de arcillas, se incluyen diferentes tipos y grados de silicificación que regularmente acompañan a este tipo de alteración. Esta asociación mineralógica ha sido incluida en el modelo de alteración de los sistemas de AS, y es importante porque puede alojar la mineralización económica, principalmente de Au. A continuación se describen los diferentes estilos de esta alteración:

Sílice masivo (SM), se caracteriza por presentar una fuerte silicificación de tonos gris claro – blanco, y un reemplazamiento total de la roca a excepción de cristales de cuarzo (si los hay), eliminando por completo la textura y composición original de la roca. Por observaciones de campo, este estilo de alteración sílice masivo (**SM**) se dispone en forma de estratos que pueden ser de hasta 30 m de espesor. Las rocas afectadas con este tipo de sílice generalmente presentan valores anómalos del orden de <0.3 g/t de Au (McDougall, 1995), aunque se ha observado mediante muestreo de roca en obras mineras que en el contacto inferior de estos cuerpos, ocurren zonas con alta ley de Au, como es el caso de La Esmeralda, Cieneguita y La Mina Cruz.

Sílice “vuggy” (SV) se refiere a una fuerte silicificación, en donde la textura y composición del protolito no puede ser identificada. Los fragmentos y cristales han sido removidos y la matriz reemplazada por sílice, dando origen a una roca sumamente porosa y permeable como se muestra en la foto 4. Esta alteración presenta un alto potencial de mineralización, pero su distribución es irregular y escasa en superficie.



Foto 4.- Muestra de roca con alteración SV; las cavidades están rellenas con alunita.

Sílice calcedónico – opalina (Scal), se caracteriza por una fuerte alteración silíceea de color blanco lechoso, y a diferencia de las anteriores se preserva la mayor parte de la textura original de la roca, con presencia de algunas fracturas concoideas.

Sílice Alunita (S Al); corresponde a una moderada a fuerte silicificación con un marcado contenido de alunita + (caolinita > dickita) que generalmente bordea los cuerpos de SM o SV, y que permite en cierta medida determinar la textura y

contenido mineralógico de la roca original, además de presentar zonas con valores de 0.1 hasta > 1gr/t de Au.

Sílice Clay (SC), se clasifica de este modo ya que el grado de silicificación es débil, asociado principalmente con arcillas como caolinita, también dickita, alunita illita y montmorillonita. Puede estar combinada con zonas de S Al en forma irregular y por lo general es posible determinar la textura original del protolito. Contiene valores anómalos de Au, incluso, puede contener >1gr/t de Au pero normalmente asociados a estructuras o vetillas en zonas con óxidos.

V.3.2. Alteración Argílica (Clay)

Esta alteración se extiende en gran parte del área del proyecto, y puede variar en intensidad de débil a moderada y fuerte. No presenta silicificación y el contenido de arcillas como caolinita, illita y smectita es muy característico. Muestra valores anómalos de Au y algunas zonas con valores de hasta 0.5 gr/t pero que están asociados a estructuras o vetillas de cuarzo y cuarzo-alunita. Cuando se presenta una alteración argílica muy fuerte, no es posible determinar el protolito y solo se pueden observar cristales o fragmentos de cuarzo.

V.3.3. Alteración Propilítica – Cloritización

Esta alteración se encuentra bordeando a las demás y con mayor presencia en superficie, sobre todo en la parte este del área en las zonas bajas de Los Puertos, Norte de Matarachi y partes bajas entre Cieneguita y La Española. También varía en intensidad de débil a moderada, se identifica fácilmente por su coloración verdosa y la presencia de minerales verdes como clorita-epidota + carbonatos. Existen zonas de cloritización débil a moderada que se han observado a profundidad en algunos barrenos, se caracteriza por una coloración verde claro, y contenido de clorita + pirita.

V.4. Mineralización

La mineralización económica consta principalmente de Au con menores cantidades de Cu en forma de enargita y escasa calcopirita. La mineralización se halla fuertemente asociada a zonas con alteración sílice “vuggy”, con 15% - 30% de pirita fina diseminada y en fracturas con trazas de alunita > caolinita, en cuerpos subestratiformes a irregulares, con valores promedio de 1.5 gr/t de Au. También está asociada a zonas con fuerte brechamiento y fracturamiento relleno de cuarzo-hematita, hematita especularita y en ocasiones barita también con valores por encima de 1 gr/t de Au.

Se tienen zonas con alta ley de hasta ± 10 gr/t de Au por debajo de grandes cuerpos silicificados (SM) y fuertemente fracturados – brechados, en las zonas de

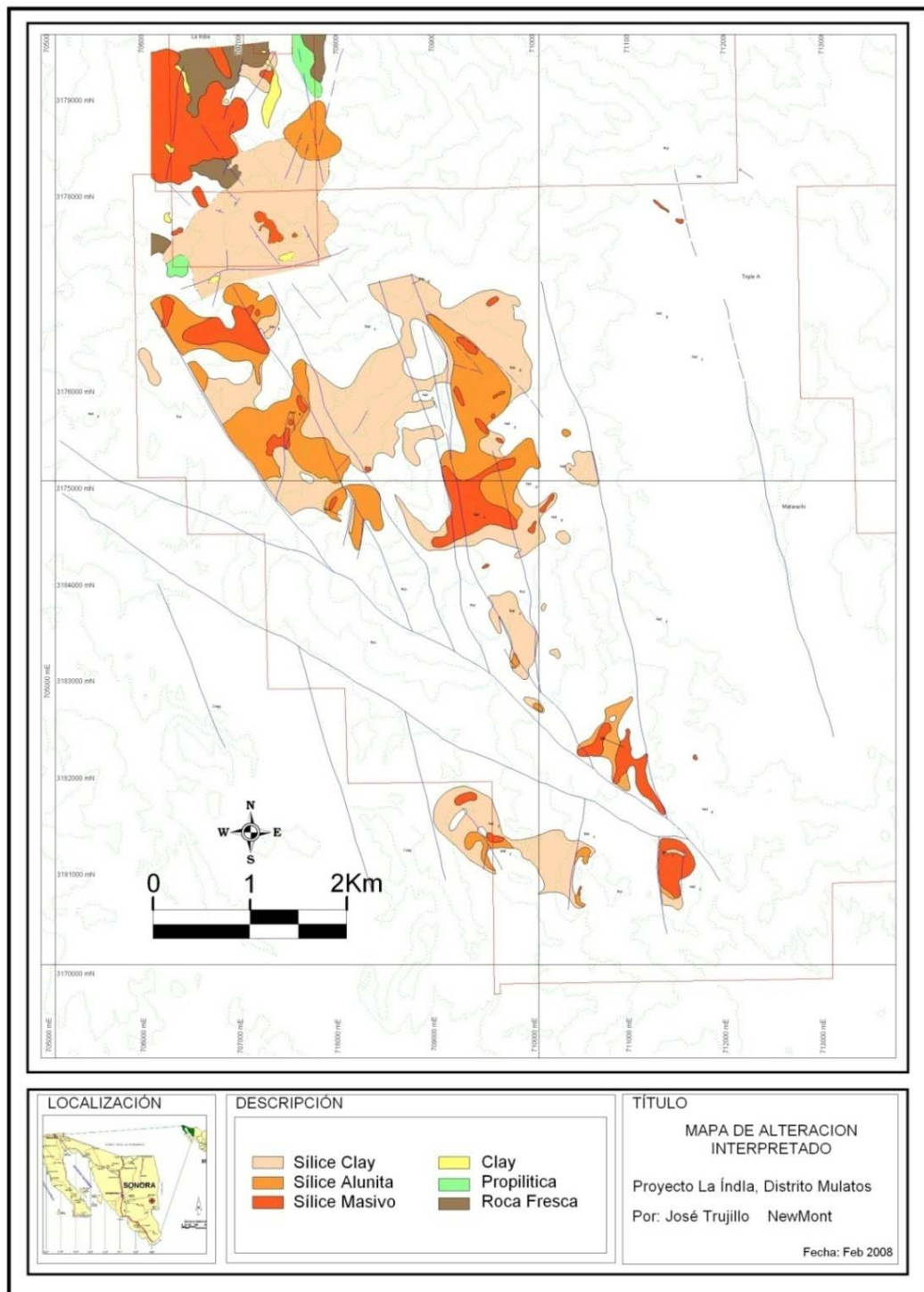


Figura 7.- Mapa simplificado de alteración, donde se muestran los diferentes estilos de alteración y su distribución en la zona del proyecto.

contacto con rocas alteradas a S AI – SC, con fuerte fracturamiento y brechamiento y presencia de dickita, alunita y caolinita + óxidos de hierro (hematita) en vetillas y fracturas.

Por último se tienen pequeñas áreas no mayores a 250 m con alteración de sílice alunita, sílice clay y clay en la parte alta del cerro La Viruela, donde se reportan valores con Au > de 1gr/t, donde también existen pequeñas obras de gambusinos.

A la fecha no se ha realizado ningún estudio específico para determinar mineralogía y fases paragenéticas, pero se sabe que en el depósito de Mulatos la mineralogía incluye Au nativo, Au electrum, pirita aurífera, electrum encapsulado en pirita, enargita, tenantita, esfalerita, tetrahedrita, famatinita, luzonita, bismutinita, y covelita, (Staude, 2001).