



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

UNIVERSIDAD DE SONORA

División de Ciencias Exactas y Naturales

Departamento de Geología

"Geología y técnicas de exploración
Aplicadas en la mina La Herradura y
prospectó Karina Municipio de Caborca,
Sonora, México"

MEMORIA

DE PRACTICAS PROFESIONALES

Para obtener el Título de:

Geólogo

P R E S E N T A:

Gabriel Arnulfo Esquer Flores



Director de Memorias de Prácticas Profesionales

Dr. Lucas Hilario Ochoa Landín

Hermosillo, Sonora, México

Junio 2021

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

Resumen

Las Prácticas Profesionales, son un conjunto de actividades realizadas por un alumno, que se encuentra trabajando de forma temporal en algún lugar, poniendo en práctica los conocimientos obtenidos en la carrera de geología. El objetivo principal es el de contribuir en la formación integral del futuro profesionalista, con el fin de que el estudiante desarrolle habilidades que le permitan desarrollarse en el mercado laboral.

Para llevar a cabo las Prácticas Profesionales siguió una serie de trámites, entre el Departamento de Geología de la Universidad de Sonora y la empresa minera que brindaba la oportunidad de realizarlas. En este caso la empresa corresponde a Fresnillo PLC, la cual es una empresa mexicana basada en la operación de negocios mineros de oro y plata en América y en la actualidad tiene a su cargo la operación de la mina La Herradura, una de las minas de mayor producción de Au a nivel nacional.

Durante el periodo comprendido entre julio y agosto del 2018 se presentó la oportunidad de realizar las prácticas profesionales, Durante este tiempo se tuvo la oportunidad de poner en práctica y reforzar los conocimientos, competencias y habilidades alcanzadas, al integrarse en un ámbito profesional y laboral como es la minería.

Las prácticas, fueron una experiencia muy enriquecedora, ya que de esta forma se siente uno más enterado de lo que es el mundo laboral, como profesional y personal, lo cual eso será determinante en la toma de mejores decisiones en el futuro.

Contenido

Lista de figuras	1
I. Introducción.....	3
I.1. Objetivos generales.....	4
I.2 Línea metodológica.....	4
II. Localización y Acceso a la mina.....	5
III. Antecedentes.....	6
IV. descripción del contexto.....	6
IV.1 Equipamiento e instalaciones.....	9
IV.2 Normas de seguridad.....	9
V. Descripción del entorno; físico, humano, cultural, económico, geográfico.....	10
VI. Descripción de las tareas realizadas.....	11
VI.1 beneficios obtenidos.....	12
VI.2 Análisis de experiencia adquirida	13
VI.3 Especificaciones.....	13
VII. Del programa y su diseño.....	13
VIII. desarrollo del proyecto minero.....	14
IX. De los objetivos del programa: grado de consecución.....	14
X. La metodología utilizada.....	15
XI. trabajos realizados en gabinete con datos geológicos (información restringida).....	15
XI.1. Factor metálico.....	15

XI.2. Distribución geoquímica.....	16
XI.3. Matriz de correlación.....	16
XI.4.Trend mineralógico.....	16
XII.-Trabajos previos en el área de estudio y zonas adyacentes.....	19
XIII. Generalidades del área.....	21
XIV. Síntesis sobre la geología en el área de la mina La Herradura.....	22
XIV.1. Ortogneis La Herradura.....	25
XIV.2. Cuarzitas y calizas paleozoicas.....	26
XIV.3 Meta-andesitas.....	27
XIV.4. Metariolita Karina.....	28
XIV.5. Granito.....	29
XIV.6 Dacita.....	29
XIV.7. Mineralización de la Mina La Herradura.....	30
XV. Mapeo Unidades Geológicas y Estructurales del prospecto Karina.....	32
XV.1. Cartografía del área prospecto Karina.....	33
XV.2. Meta-granito.....	35
XV.3. Orto augengneis.....	36
XVI. Conclusión.....	40
XVII. Sugerencias.....	42
Bibliografía.....	43

Lista de figuras

- Figura 1.** Ubicación de la mina la herradura en Caborca, Sonora. Pag.5
- Figura 2.** Fotografía mostrando una máquina perforadora de Diamante. Pag.7
- Figura 3.-** preparación de planilla para la barrenación en el área de Karina. Pag.8
- Figura 4.-** Bodega de logueo y geotecnia. Pag.8
- Figura 5.-** Campamento de geología de exploración. Pag.9
- Figura 6.-** (A) núcleos NQ obtenidos en la barrenación. (B) equipo para obtener la densidad de las rocas. (C) realizando la geotecnia. Pag.11
- Figura 7.-** tabla de correlación. Pag.16
- Figura 8.** Mina La herradura vista satelital del tajo centauro. Pag.21
- Figura 9.** Mostrando el mapa geológico regional del área de la mina La herradura. Pag.23
- Figura 10.** Sección geológica de La Mina la Herradura NW de sonora. Pag.24
- Figura 11.** A) Mostrando la unidad de orto gneis. En (B), se tiene un acercamiento de la roca. Pag.25
- Fotografía 12.-** Fotografía de la unidad de calizas y cuarcitas La Ventana. Pag.26
- Figura 13.-** afloramiento de meta-andesita El sahuaro (Jurásico Medio). Pag.27
- Figura 14.-** Fotografía mostrando un afloramiento de la unidad de metariolita. Pag.28
- Figura 15.-** Fotografía de la unidad granito Karina (Jurásico Medio). Pag.29
- Figura 16.-** fotografía de la unidad dacítica de Cerro Prieto (Jurásico Medio). Pag.30
- Figura 17.** Mostrando el plano geológico regional del área. Pag.32
- Figura 18.-** fotografía muestran el área cartografiada vista NE-SW. Pag.33
- Figura 19.-** Cartografía del área de Karina mostrando las distintas unidades litológicas. Pag.34

Figura 20.- Meta-Granito altamente fracturado con granos de tamaño media con alteración de sericita y hematita, con alta silicificación. Pag.35

Figura 21.- Orto Auge-Gneis débilmente fracturado con granos de tamaño medianos. Pag.36

Figura 22.- (A) Veta de cuarzo con un espesor de 50. (B) Orto Auge-Gneis débilmente fracturado con granos de tamaño medianos. Pag.37

Figura 23.- Dique andesítico altamente fracturado. Pag.37

Figura 24.- Veta de cuarzo lechoso. Pag.38

Figura 25.- Dique riolítico altamente fracturado. Pag.38

Figura 26.- (A) Dique riolítico muy silicificado. (B) se aprecia el espesor del dique con 3 m. Pag.39

Figura 27.- Indicador cinemático en una zona de cizalla. Pag.39

Figura 28.- (A) Tenemos dos diques. (B) se muestra una falla donde se encuentra los diques. (C) fotografía muestra el dique andesítico. (D) muestra del dique riolítico. Pag.41

I. Introducción

Las prácticas profesionales vienen a ser un conjunto de actividades realizadas por un pasante o estudiante de los últimos semestres de su carrera profesional desarrollando un trabajo de forma temporal en algún lugar, poniendo especial énfasis en el proceso de aprendizaje y entrenamiento laboral.

Las prácticas profesionales se han convertido en una etapa fundamental y una experiencia enriquecedora para todos los estudiantes universitarios próximos a graduarse, debido a que con las prácticas se crea un aprendizaje complementario al de la Universidad, algo que solo se puede experimentar en la vida laboral conociendo todo lo que interviene en una compañía minera, el cual es en este caso.

Las prácticas profesionales son el primer contacto laboral que tienen los estudiantes con las personas que manejan y se encargan de una operación minera, aportándoles nuevos conocimientos y aprendizajes que en la universidad siendo estudiantes no pueden adquirir, ya que ahí es solo formación académica, alejado de cierta manera de la realidad de lo que es en verdad el desempeño laboral. Es la oportunidad de aprender haciendo en una forma de colaboración y de aprendizaje mutuo entre las personas de ese mismo entorno, en la que todos (empresas, entidades, estudiantes) ponen, y todos ganan.

Las prácticas profesionales expone al estudiante frente a problemas y retos tangibles que no sólo le demandan el dominio de conocimientos técnicos, sino también habilidades para trabajar en equipo, tolerar la presión, planear el tiempo, relacionarse y sobre todo para comunicarse, una competencia imprescindible para afianzarse mientras se ejerce una profesión. En la experiencia de práctica no sólo se ponen a prueba conocimientos, sino la persona, como ser humano íntegro puesto al servicio de los intereses de una profesión y hacia con la empresa. Este último aspecto involucra un saber consciente del “para qué sirven” los conocimientos particulares de una disciplina.

I.1 Objetivos generales

El objetivo de las Prácticas Profesionales, es contribuir en la formación integral del futuro profesional, con el fin de que el estudiante desarrolle habilidades y competencias que le permitan desarrollarse e incluirse a las dinámicas que demanda el mercado laboral hoy en día.

La importancia de las prácticas, como alumno, es contribuir directamente a la formación integral, a través de la combinación de conocimientos teóricos adquiridos en el aula con los aspectos prácticos desarrollados y aplicado en el mercado laboral, desarrollando habilidades y actitudes que logre un desempeño profesional competente que permiten aplicar teorías a situaciones y problemáticas reales que contribuyen a la formación profesional del alumno.

Hasta hoy, la experiencia derivada de las Prácticas Profesionales, ha traído como resultado para los estudiantes de la Facultad de Geología mayores oportunidades para la contratación laboral en unidades receptoras estratégicas.

I.2 Línea metodológica

Estas prácticas profesionales tuvieron una serie de pasos para llegar a concluirse. Primeramente, como alumno interesado, se buscó una empresa minera que solicitara practicantes. Para esto, se llevó a cabo un proceso ya establecido entre Institución Académica y Empresa Receptora hasta obtener la aceptación por parte de la Empresa.

Segundo, estando en la mina se habló sobre las diferentes actividades que se implementan en una campaña de exploración, desde mapeo, muestreo, descripción de núcleo de barrenación (logeo), etc... Todo esto, después de haber tomado los cursos de inducción apropiados donde se explican reglas o requisitos, que se deben de tener presentes dentro de un área de trabajo como lo es la Industria Minera.

Seguido, se pasó al reconocimiento de todas las áreas e instalaciones de la mina, su funcionamiento, que es lo primordial, y conocer a algunos de los empleados de la empresa, especialmente aquellos que trabajan en departamento o área en que se desarrollaron mis prácticas.

Posteriormente, se revisó la geología y estratigrafía regional, la geología en la zona de los tajos, los tipos de vetas que contienen la mineralización, en este caso oro y plata, unidades que hospedan las estructuras mineralizadas, alteración asociada, estructuras, etc.

Una vez recabada toda esta información, se pasaba a designar un blanco para perforar y muestrear los núcleos.

Finalmente, los núcleos obtenidos son correctamente descritos y muestreados, con el propósito de definir leyes económicas factible para el proyecto. Para concluir, toda esta información recabada durante esta etapa de descripción de barrenos (logueo), es interpolada para hacer perfiles mostrando las diferentes unidades y contenidos de Au-Ag en distintos niveles y que permite el cálculo de reservas.

II. Localización y Acceso a la mina

La mina La Herradura se ubica a 80 km a NW de la ciudad de Caborca, Sonora y a 3.5 km al SW del Ejido (poblado) Juan Álvarez (Figura 1). El acceso a la mina desde la ciudad de Caborca, es tomando la carretera No.3 hasta llegar al poblado de La Y Griega durante un recorrido de aproximadamente 100 km, y donde se toma al NNW un camino de terracería hasta llegar a La mina La Herradura en una distancia 17km.

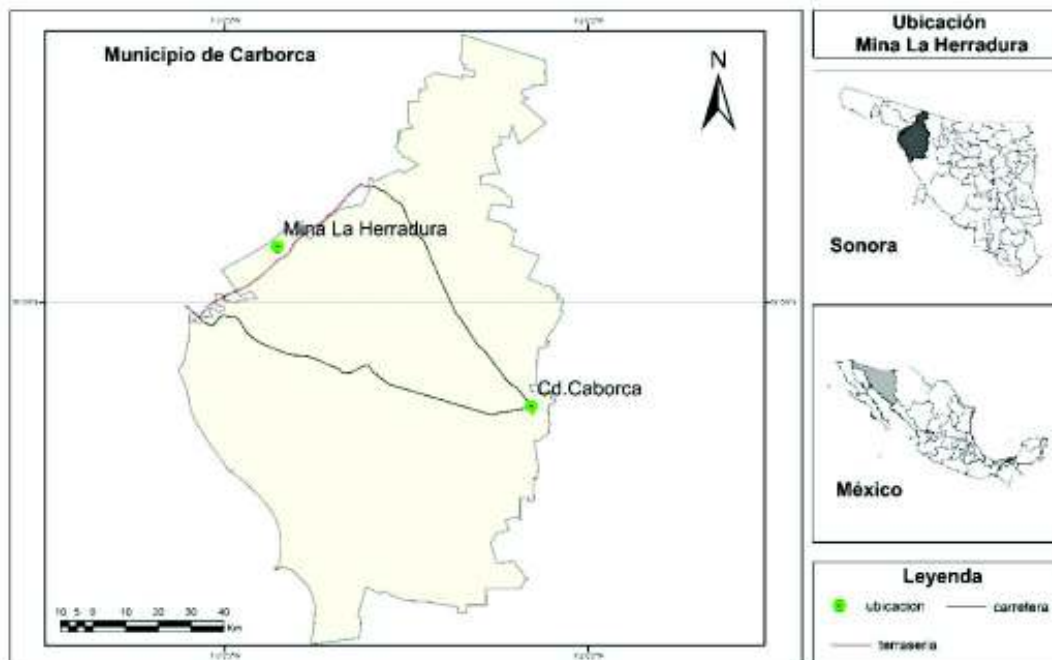


Figura 1. Ubicación de la mina La Herradura en Caborca, Sonora

III. Antecedentes

La operación de la mina La Herradura propiedad de minera PENMONT (asociación de Newmont Gold Company y Peñoles). Tiene como coordenadas UTM 3,447,500 N, 322,500 E, y coordenadas geográficas Latitud N 31°08'58.9060" y Longitud 112°51'43.2811".

La mina La Herradura, cuya razón social es Minera Penmont S. de R.L de C.V. está formada por la sociedad creada en 1990 por la empresa mexicana Grupo Peñoles, con la norteamericana Newmont Gold Co. Con participación de 56% y 44% respectivamente.

El proyecto de la empresa dio inicio en 1997 con la construcción de las instalaciones y replantes de la especie vegetales removidas al desmontar las áreas explotables. Simultáneamente comenzaron las actividades de contratación y capacitación personal, la adquisición del equipo y preparación de la mina para dar inicio a la operación en julio de 1998 invirtiendo en total 72 millones de dólares.

IV. Descripción del contexto

La mina La Herradura se encuentra dentro de la zona fisiográfica de Valles y Llanuras del Desierto de Sonora y se ubica dentro de la franja del Oro Orogénico orientada en una dirección NW-SE en Sonora y que se extiende dentro del suroeste de Estados Unidos. El área de la mina se localiza en un bloque de rumbo N50°W, que comprende un paquete de rocas metamórficas cuya extensión está delimitada por dos fallas las cuales son: Falla Ocotillo al SW y Falla Victoria al NE (Salvatierra y Novelo, 1995). Dentro de esta zona encuentran grandes lineamientos estructurales como zonas de cizallas y fallas orientadas preferentemente NW-SE y otras N-S, a las cuales se orientan los cuerpos mineralizados y en la mayoría de los casos ayuda a definir blancos de exploración. Un importante evento tectónico compresivo regional con rumbo NW-SE de extensión vertical y fallamiento inverso ocurrió en el Cretácico Superior-Cenozoico Inferior y es el directamente responsable de la formación de vetas y arreglo de vetillas hidrotermales de cuarzo y carbonatos que originaron el depósito de Au La Herradura. El pulso tectónico formó directamente las vetas económicas de mineral que consisten en vetas y vetillas de Qtz-Hm-Au (Romero, 2005).

Una etapa importante dentro de la parte productiva y de exploración de la empresa minera, es el de localizar nuevas áreas atractivas que puedan ser evaluadas con el propósito de incrementar las reservas de la mina, Esto se basa en conocer y buscar la geología adecuada,

donde contenga la mineralización económicamente factible para la empresa, el prospecto a explorar deberá presentar estas características para obtener reservas suficiente para cubrir gastos económicos de la mina o en mejor caso tener leyes altas para la empresa minera. Como es el caso del prospecto Karina, localizado al NE a 10 km de la mina La Herradura.

Lo cual tiene una gran exención (prospecto Karina) de área para explorar, se encuentra con una red de sondeo en varios puntos de prospecto Karina. Esta red de sondeos era llevada a cabo por dos empresas perforadoras ajenas a la empresa minera, se llama Xplore y Boytec perforación a diamante (Figura2). Para dar un blanco de sondeo, los geólogos se basaban en localizar ciertos sectores potencialmente favorables que conjugaran roca, alteración, estructuras y anomalías geoquímicas y geofísicas. Estos sondeos tenían una posición en el terreno, azimut e inclinación.



Figura 2. Fotografía mostrando una máquina perforadora de diamante de la empresa Boytec modelo LF-230, instalada en el tajo centauro al SE.

Al practicante se le asignó la tarea de ir al área del próximo sondeo, donde se ubicaría la maquinaria para la perforación. (Este trabajo siempre fue supervisado por el ingeniero geólogo). Con la ayuda del GPS y mapa del área, se dirigió al área de ubicación donde se prepararía la planilla para la máquina de sondeo, el azimut e inclinación que se le asignó al

sondeo fue por el ingeniero geólogo de la empresa donde el practicante en vehículo de la empresa se dirigió a la zona de la planilla una vez en el lugar se procedió a realizar el trabajo con la ayuda de brújula, estaca y banderilla como lo muestra la (Figura 3).



Figura 3.- preparación de planilla para la barrenación en el área de Karina

Después de este paso se proseguía a describir los núcleos (Figura 4) donde se tomaban muestras de todo el barreno y se mandaban analizar una parte a la misma mina y el otro resto a un laboratorio. Por último, si las muestras son factibles y pagan, se realiza una cubicación para tener un tonelaje con una ley y así saber si se seguirá con la exploración o explotación.



Figura 4.- Bodega de logueo y geotecnia.

IV.1 Equipamiento e instalaciones

Las instalaciones con que cuenta la mina La Herradura incluyen un campamento con habitaciones confortables (Figura 5), comedor, gimnasio, sala de cómputo, salón de juegos y video, canchas de fútbol. En el sector de la mina, se tienen casetas de vigilancia, quebradora, patios de lixiviación, laboratorio, planta de procesamiento, oficinas generales, consultorio médico, almacén, taller mecánico, gasolinera, cuarto de núcleos, bomberos etc.

Equipamiento consiste en maquinaria para extraer y remover tierra, perforadoras, carros, quebradora, yucle, pipas, etc.



Figura 5.- Campamento de geología de exploración

IV.2 Normas de seguridad

El trabajo que se desarrolla al interior de una mina, ya sea en explotación o en exploración, son considerados de alto riesgo, por lo que es primordial que antes de ingresar a ellas se conozca las principales reglas de seguridad que se deben implementar en estos centros de trabajos, las cuales son las siguientes.

Primeramente, las reglas del programa, se basan básicamente en tener una secuencia lógica en los trabajos, y sobre todo Cero Tolerancia, que permita al personal conocer y entender los riesgos del incumplimiento; que pueden llevar a lesiones o incluso la pérdida de la vida o daños a terceras personas. El personal está facultado para cumplirlas aún si el cumplimiento de estas implica parar el proceso Tolerancia.

De las reglas que se deben de seguir serían:

- Al realizar trabajos de campo, nunca andar solos, siempre hacerse acompañar con personas de la región y su ayudante
- Por ningún motivo se debe asistir a laborar en estado de ebriedad, o bajo la influencia de drogas.
- Programar adecuadamente la logística para NO viajar de Noche sobre todo en carreteras de un solo carril y en brechas, salvo en casos de extrema emergencia. La velocidad no debe exceder de 100 k/h.
- Cuando seamos víctimas de un asalto NO presentar resistencia.
- Equipo de protección personal.
 - Usar casco, lentes y calzado industrial.
 - Llevar chaleco reflejante, para ser visto por los operadores de diferentes maquinarias.
 - Usar protección auditiva en lugares donde el ruido es muy fuerte.
 - Tener guantes, identificación y respiradores contra partículas donde hay demasiado polvo en el aire.
- Planos de operación de mina. Donde toda mina debe tener, por lo menos salidas alternas y rutas de evacuación, por tal motivo es importante conocer los planos de mina, para saber dónde y que tipo de instalaciones hay.
 - Zonas minadas.
 - Salidas y rutas de emergencias.
 - Punto de reunión.
 - Lugares del servicio médico y extinguidores

V. Descripción del entorno; físico, humano, cultural, económico, geográfico

El municipio de Caborca, es una comunidad ubicada en el desierto de Sonora, con 81,309 habitantes aproximadamente y donde su economía depende de la minería y de otras actividades como la agricultura y ganadería. De las comunidades que más depende de la minería y se han beneficiado de ellas son el Ejido Juan Alvares y la Y griega entre otras, localizados a 5 km y 117km de la mina.

Las instalaciones de campamento de la Mina La Herradura se encuentran en el interior de la mina a 500m del tajo Centauro, hacia el sur se encuentran las plantas de procesamiento mineral, así como también las oficinas de minas y gasolineras.

El desarrollo del proyecto de exploración en Karina, se llevó a cabo en un entorno social regular-difícil, con un trato directo con ejidatarios y propietarios de las zonas aledañas a la mina tratando de negociar con ellos cualquier tipo de trabajo desarrollado en su terreno.

VI. Descripción de las tareas realizadas

Durante el periodo comprendido entre el 8 de julio al 10 de agosto del 2018, se dio la oportunidad de realizar las Prácticas Profesionales en el municipio de Caborca, sonora, en la Mina la Herradura, donde se dio la oportunidad de seguir aprendiendo, aplicando los conocimientos y habilidades adquiridos a lo largo de la carrera de Licenciatura en Geología en la Universidad de Sonora.

De las diferentes Tareas realizadas durante este periodo fueron:

- Geotecnia
- Descripción de núcleos de roca, para comprender como se comportaba la mineralización económica a profundidad.
- Toma de muestras de las principales estructuras en el área.
- Realización de perfiles, considerando las rocas descritas en los barrenos.
- Cartografía de las principales unidades rocosas que afloran dentro de la zona (prospecto Karina).

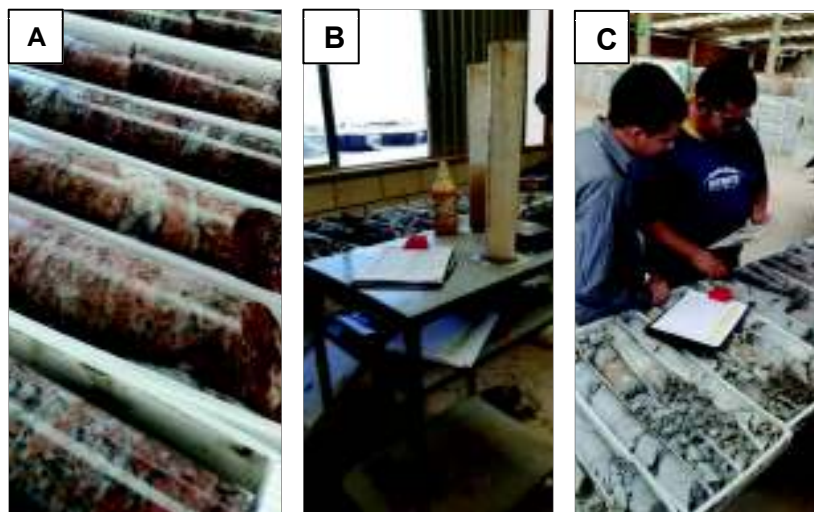


Figura 6.- (A) núcleos NQ obtenidos en la barrenación. (B) equipo para obtener la densidad de las rocas. (C) realizando la geotecnia en los núcleos de barrenación.

V.1 beneficios obtenidos

El haber realizado mis prácticas profesionales en esta unidad minera trajo consigo:

- Poner en práctica y reforzar los conocimientos, competencias y habilidades aprendidas en la carrera, al integrarse en un ámbito profesional y laboral como es la minería.
- Desenvolvimiento en unidades receptoras y proyectos en concordancia con el perfil profesional, en este caso es el enfocado a la minería.
- Conocer la realidad social que me permitiera desarrollar la capacidad de análisis y ser propositivo ante las necesidades que se presentan cotidianamente.
- Vincularme con la realidad de mi área profesional, que me permitió darme a conocer como un profesionista capacitado y con valores suficientes para cumplir con la responsabilidad social.
- Recibí asesoría y capacitación directa en la unidad receptora para el desarrollo de las actividades asignadas en la compañía.
- Saber dejar el orgullo de lado cuando no sabes alguna cosa y permitir asesoría académica para cumplir con las prácticas profesionales y por tal motivo acreditación satisfactoria de las mismas.
- El recibir apoyo económico que me ayudaron a cubrir gastos personales ocasionados por la realización de estas actividades.
- Enriquecimiento de mi currículum vitae, ya que las prácticas profesionales se consideran como experiencia laboral.
- Al concluir mis prácticas profesionales estoy más cerca de ser un profesionista competitivo y reafirme mis valores para responder a las exigencias del ámbito laboral.
- Toma de decisiones de gran responsabilidad para cuando surge un problema tangible y cotidiano en una empresa.
- Trato directo con el personal que labora en diferentes zonas de la mina.

V.2 Análisis de la experiencia adquirida

Las mejores experiencias que he tenido a lo largo de toda la carrera de Licenciatura en Geología, sin duda fueron las prácticas profesionales, el aprendizaje, satisfacción y experiencia adquirida en la empresa minera, el saber cómo es el funcionamiento en si de una planta

industrial, tratar al personal que labora en tu entorno, fue de mucha ayuda, mayor de lo que esperaba, en la finalización de mi carrera y en futuros trabajos.

Asumí un compromiso personal que pudiera demostrar, aportar y claro aprender todo o gran parte lo que conlleva una etapa tan importante para una mina como es la fase de exploración (prospecto Karina). También el compromiso para con la empresa, el cual me permitiera desarrollar los distintos roles de manera correcta, responsable y ejecutando actividades y conocimientos adquiridos durante la etapa de formación académica, y hoy puedo decir que logre la mayor o gran parte de las responsabilidades que me fueron encargadas durante mi estancia como practicante de Geología en la mina.

V.3 Especificaciones

Toma de decisiones de gran responsabilidad para cuando surge un problema tangible y cotidiano en una empresa.

- Trato directo con el personal que labora en diferentes zonas de la mina.
- Mejora en el trabajo individual y grupal para un fin en común.
- Mejoramiento del método de mapeo para exploración.
- Descripción de núcleos de rocas, sacar el porcentaje de recuperación y toma de muestras de los mismos.
- Crear secciones de los barrenos descritos y pasarlos a perfiles geológicos.
- Conocimiento de todo lo que conlleva el método de perforación. Cada parte de la máquina, tipos de barrenadoras, costos, manejo y calidad de perforación.
- Dar el azimut y ángulo a la barrenadora.
- Usar programa para archivar toda la descripción de la barrenación.
- Informes sobre avances del proyecto.

VII. Del programa y su diseño.

Para llevar a cabo las Prácticas Profesionales, se necesita haber cursado cierto número de créditos y materias, que sirvan para el desarrollo y aplicación de las mismas, como es Geología Estructural, Petrología de Rocas Ígneas, Yacimientos Minerales entre otras. Por tal motivo, dichas prácticas están diseñadas en función, de las necesidades de los estudiantes, para

integrarse y darse cuenta de lo que sucede en el mundo laboral, de lo que es el ámbito minero principalmente.

En el desarrollo de ellas, se llevan una serie de pasos, desde trámites escolares, hasta con la empresa.

VIII. Desarrollo del proyecto minero

En el caso de proyectos mineros, en la etapa de exploración, se presentan una serie de problemas, tanto en el desarrollo de actividades, como en lo económico, las cuales deben de superarse, ya que, en esta etapa, se invierte fuerte cantidad de dinero, por tal motivo si los problemas no se resuelven adecuadamente o no se encuentra lo esperado, se corre un gran riesgo de perder lo invertido.

Por esto la organización, es la etapa fundamental para cualquier tipo de actividad, donde se pone en juego gran cantidad de dinero, como es el caso de la exploración y una forma de tratar de evitar cualquier problema en su desarrollo se deben establecer:

- Establecer diferentes departamentos, como son, geología, laboratorio, topografía, planta, entre otros. Cada uno de ellos tiene una función en específico, y para lograr que todo fluya bien, se debe trabajar acoplados todos a la vez.

IX. De los objetivos del programa: grado de consecución

Principalmente, las actividades en el área de geología en la mina estaban designadas para los practicantes desde mucho tiempo antes de llegar a las instalaciones del proyecto.

Las cuales fueron:

- Información básica de la mina La Herradura (mina)
- Logueo de barrenos de exploración (Karina)
- Mapeo geológico en campo (Karina)
- Control del muestreo y geotecnia (Karina)
- Integración de datos geológicos
- Interpretación de datos geológicos en gabinete

Al momento de integrarse en el rol de las tareas establecidas, se procedió a dar un curso básico de seguridad y un recorrido por todas las instalaciones de la mina, para saber su

importancia y funcionamiento. Conforme iba pasando el tiempo, se presentaban problemas en el ámbito del de trabajo del geólogo, de los que se tenían previstos. Por tal motivo, se decidió que los practicantes, se involucraran en actividades, del ámbito geológico y así saber más sobre todas las diferentes etapas y procesos que intervienen a lo largo de un proyecto minero en exploración.

X. La metodología utilizada

Para todo tipo de trabajo, ya sea de construcción, industrial o como es en este caso la minería, se debe tener un plan de logística y del procesamiento que se debe implementar en una etapa de exploración minera (Karina), como fue el caso. Los pasos que se deben de realizar, deben ser los más simples, sencillo, baratos posibles, claro sin dejar algunas que puedan afectar al funcionamiento general del proyecto. Tampoco se pueden saltar pasos u omitirlos, ya que algunos son los importantes o de mayor jerarquía para el progreso del proyecto.

Es muy importante seguir una línea metodológica, apoyándose en bases científicas, económicas, sociales y ambientales, ya que, si alguna de estas no se toma en cuenta, podría repercutir directamente en los avances del proyecto y así hacer fracasar al mismo.

XI. Trabajos realizados en gabinete con datos geológicos (información restringida).

La actividad que se realizaron a través de datos geológicos fue realizar factor metálico de una estructura, distribución geoquímica, coeficiente de correlación de Pearson o matriz de correlación y Trend mineralógico del yacimiento.

Estos trabajos se llevaron acabo de datos geológicos que nos proporcionó la empresa, debido a propiedades de la empresa no se presentaron los datos ni mapas de los trabajos realizados.

XI.1. Factor metálico

Para poder desarrollar cada uno de los trabajos debimos obtener el factor metálico de la estructura, donde se presentaba una roca encajonante, brecha y veta. La estructura presentaba leyes de Au, Ag y Cu en la barrenación.

XI.2. Distribución geoquímica

Para la distribución geoquímica de la estructura se realizó una interpolación espacial de las coordenadas con valores asignados a las leyes promedio de mineral (Au, Ag y Cu) que presentaba toda la estructura mineralizada y con esta información se puede ver que zonas presentaba más mineralización de interés.

XI.3. Matriz de correlación.

Se realizó el coeficiente de correlación de Person con los valores de factor metálico de Au, Ag y Cu, esto con el propósito de ver si se comportan como un coeficiente de correlación directamente proporcionado o como coeficiente de correlación inverso es decir que no es proporcional.

Au - Ag	Au - Cu	Ag - Cu
Son inversamente proporcionales	Son inversamente proporcionales	Directamente proporcionales

Figura 7.- tabla de correlación de Person

XI.4. Trend mineralógico

Se nos asignó un total de 30 barrenos los cuales por lo menos 85 muestras que fueron recolectadas cada dos metros o un poco menos, en cada muestra se nos proporciona la información de la ley de Au, y el ancho de la muestra, el cual se obtuvo el factor metálico, esto primero dividiendo cada barreno por compósitos que tuvieran un valor de cut-off igual o mayor a 0.3 gr/ton.

Una vez ya separados los barrenos por compósito con cut-off mayor o igual de 0.3 gr/ton, se obtuvo de cada compósito el dato de ancho por ley, la sumatoria de los anchos y la sumatoria del ancho por ley, todo esto para obtener el factor metálico el cual solo se dividió la sumatoria de ancho por ley entre la sumatoria de los anchos.

Valor de profundidad del punto medio de cada compósito

Después de obtener el factor metálico, fue necesario sacar el punto medio de cada compósito para así obtener Z, y reducir al plano. Coordenadas de cada barreno dadas en el ejercicio

Después para obtener las coordenadas reducidas al plano primero se sacó la Z (profundidad), que se obtuvo multiplicando el $\text{Cos}60^\circ$ por el valor del punto medio de cada compósito. Utilizando la función trigonométrica del seno se obtuvo la reducción al plano siendo la fórmula: $\text{sen}\theta = Co/h$, despejando Co, se obtuvo: $\text{cos} = \text{Sen } \theta * h$.

En la mayoría de los barrenos el azimut era de 230° , y por lo tanto corresponde al cuadrante SW, siendo así los ángulos de 50° y 40° . Aplicando la fórmula ya dicha se obtenía el cateto opuesto (Co) de cada ángulo.

Ejemplo: Compósito 1, Barreno FCM-001.

Para el compósito 1, se obtuvo un FM= 0.342444, el cual solo se dividió la suma del ancho por ley entre la suma de los anchos.

Para obtener la Z que en este caso corresponde a la profundidad, primero es necesario sacar la profundidad de un punto medio (pm) del compósito, ya elegido el pm, se obtiene el Cos del ángulo 91

Dado en este caso fue de 60° en todos los barrenos, por lo tanto,

$\text{Cos}60^\circ = 0.5$ entonces $(0.5) (13.5) = 6.75$.

Utilizando la función trigonométrica del seno se obtuvo la reducción al plano siendo

la fórmula: $\text{sen}\theta = Co/h$, despejando Co, se obtuvo: $\text{cos} = \text{Sen } \theta * h$. Esto es para cada

ángulo es decir de 40° y 50° , y por lo tanto se obtendrán dos catetos opuestos uno

para obtener las coordenadas reducidas al plano de X, Y. $\text{cos} = \text{Sen } \theta * h$

$\text{cos} = \text{Sen } 50^\circ * 6.75 = 5.170797$

Por último, se obtiene ya X, Y reducida al plano esto solo restándole el cateto opuesto a las coordenadas originales dadas. Al final se elabora un mapa indicado el trend mineralógico de cada punto medio que se obtuvo de los barrenos, así como sus coordenadas reducidas al plano.



MINA LA HERRADURA CABORCA, SON.

Minera Penmont S. de R.L. de C.V. Distrito La Herradura

**Subdirección Regional de Exploración,
México e internacional
Fresnillo PLC**

**Reporte profesional, sobre cartografía geológica del área Mina la
Herradura y prospecto Karina.**



**Reporte profesional, sobre cartografía geológica del área Mina la
Herradura y prospecto Karina.**

Gabriel Arnulfo Esquer Flores

XII.-Trabajos previos en el área de estudio y zonas adyacentes

Los primeros estudios realizados en el área mina La Herradura y sus alrededores fueron los realizados por Merriam (1972), donde se publicó un mapa de reconocimiento geológico que abarca un cuadrángulo desde la parte norte de la ciudad de Caborca hasta el norte del campo volcánico El Pinacate. En este mapa se incluye el área mina La Herradura, donde se identifican rocas anortosíticas que son interpretadas como de edad precámbrica; calizas y dolomías, que se les asigna de la misma edad y anfibolitas pre-cretácicas y rocas graníticas cretácicas. Posteriormente, Koehnken (1976) realizó un estudio petrográfico muy puntual de las anortositas en dos zonas del NW de Sonora, donde incluye un par de muestras ubicadas dentro del perímetro del área mina La Herradura, específicamente al norte de Sierra Prieta, realizando una clasificación petrográfica de las mismas.

Calmus y Sosson (1995) realizaron un reconocimiento geológico preliminar de la carta topográfica Estación Sahuaro, en la cual se ubica la mayor parte del área de la mina La Herradura. Estos autores propusieron, por correlación geológica, que en la zona de Cerro Prieto existían rocas precámbricas gnéisicas y jurásicas volcánicas y que el contacto entre ellas era por cabalgadura. Además propusieron una historia geológica similar de estas rocas y estructuras de cabalgaduras con las encontradas al sur de Arizona (p.ej., cabalgadura de Quitobaquito Hills; Haxel et al., (1984)). Iriondo (2001), presenta un estudio detallado de cartografía, petrología, geoquímica, geocronología e isotopía para rocas de Quitovac justo al NE del área mina La Herradura. Este estudio hace énfasis en el basamento Paleoproterozoico con un detallado estudio de unidades geológicas desde el Paleoproterozoico hasta el presente. Hay que destacar que existe un enorme parecido geológico de la zona de Quitovac con respecto al área de la mina La Herradura ya que se reportan, básicamente, los mismos pulsos magmáticos y la existencia de rocas sedimentarias paleozoicas. Además, en este trabajo se propone que las rocas de Quitovac han tenido una historia de deformación Larámide muy significativa. Estos estudios han sido más recientemente refinados y publicados en Iriondo et al. (2004, 2005).

Según el SGM (2002) el área de la mina La Herradura se encuentra localizada en la zona del Graben de Altar, el cual está delimitado por dos grandes flancos de sierras que se encuentran acotadas por fallas normales en sus bordes.

Poole et al. (2004) realizaron un reconocimiento geológico en Cerro La Ventana, al oeste del área de la mina La Herradura, donde utilizaron fósiles de conodontos para definir que

estas rocas de facies carbonatadas y detríticas son unidades de edad paleozoica (Missisípico Temprano al Pérmico medio). Nourse et al. (2005) realizaron estudios en la porción NW del campo volcánico El Pinacate en Sierra Los Alacranes y Sierra Choclo Duro. De igual forma, estos autores hacen énfasis en el estudio de rocas del basamento Paleoproterozoico presentando una cartografía muy detallada de la zona donde se reconocen unidades geológicas similares a las existentes en el área de la mina La Herradura. Molina-Garza e Izaguirre (2006) reportan la edad de ~ 1075 Ma de las anortositas aflorando en el área de Sierra Prieta, además de realizar una comparación con otras rocas mesoproterozoicas a nivel continental a través del análisis paleomagnético de las mismas. Estas anortositas se reportan con más detalle en Izaguirre-Pompa e Iriondo (2007) como rocas que intrusionan a una secuencia de cuarcitas de edad mesoproterozoica. Campillo-Castelo (2008) reporta nuevamente las anortositas de Sierra Prieta y hace una comparación geoquímica con otras rocas anortosíticas encontradas en diferentes localidades de Sonora (p.ej., El Tecolote, El Taconazo).

Enríquez-Castillo (2008) y Enríquez-Castillo et al. (2008) presentan un estudio en la porción norte de Sierrita Blanca que se localiza aproximadamente 1 km al norte del perímetro del área Mina La Herradura. En estos estudios evidencian el fenómeno de reajuste isotópico (pérdida de plomo) en granitos y anortositas de edad mesoproterozoica (~ 1.1 Ga) por el efecto termal de cuerpos intrusivos laramídicos. Más recientemente Arvizu-Gutiérrez (2008) y Arvizu et al. (2008) realizan un estudio de la zona Sierra Pinta, al NW de la zona de estudio (Figura 1), donde evidencian la presencia de granitos de dos micas de edad pérmica, paragneises pérmicos e intrusiones de diques laramídicos; además de la ocurrencia de rocas volcánicas terciarias. Estos estudios también presentan la caracterización de rocas paleoproterozoicas (~ 1.76 Ga) en la Zona Canteras-Puerto Peñasco.

Quintanar-Ruiz (2008) presenta un estudio completo sobre el depósito aurífero La Herradura ubicado en la parte central del área de estudio. En este estudio se presentan edades paleoproterozoicas y jurásicas de las rocas encajonantes de la mineralización fechada entre ~ 50 – 60 Ma, sugiriendo una conexión temporal de este evento mineralizador con la orogenia Larámide, como previamente lo habían establecido Iriondo y Atkinson (2000) e Iriondo (2001).

Por último, Ornelas-Macías y Verdugo-Noriega (2009) realizaron un estudio, de la zona Cerro Prieto-Carina ubicada dentro del área de la mina La Herradura, sobre geología estructural de detalle donde proponen una falla con vergencia SW que hace que cabalguen rocas gnéissicas

de edad Precámbrica sobre rocas volcánicas jurásicas. Este estudio también contempla una sección de geología económica donde presentan geoquímica de la mineralización de oro orogénico.

XIII. Generalidades de la mina La Herradura

La Herradura es un depósito de gran volumen y baja ley, que contiene más de 3 millones de onzas de Au minables a tajo abierto, con una ley de ~ 1 g/t Au. El yacimiento es clasificado como mesotermal en zonas de cizalla del tipo Oro Orogénico, y donde la mineralización de Au ocurre en zonas de dilatación alojado en gneis cuarzo feldespático con un control de la mineralización estrictamente estructural.

La mineralización en este depósito es controlada por un sistema pre-mineral de fallas inversas reactivadas, con mineralización de oro en vetas y sistemas de vetillas de cuarzo, ubicadas en zonas de dilatación a lo largo de superficies de fallas desarrolladas preferentemente en gneis cuarzo feldespático. Las zonas mineralizadas se caracterizan por la presencia de cuarzo, hematita, especularita y wulfenita. Este depósito ha sido minado desde 1998 y aún tiene una vida operativa por más de 8 años, debido a la ininterrumpida labor de los trabajos de exploración. Una panorámica del tajo centauro se da en la Figura 8.



Figura 8. Mina La herradura vista satelital del tajo centauro, al NE se observa el ejido Juan Álvarez (obtenida de google earth)

XIV. Síntesis sobre la geología en el área de la mina La Herradura

La mina La Herradura se encuentra localizada dentro del Bloque Caborca, correspondiente a un basamento cristalino formado de rocas metamórficas siliciclasticas paleoproterozoicas con edades de 1.8 a 1.7 Ga (Anderson y Silver 1977; Silver 1978). Estas rocas presentan características similares a las de la provincia Yavapai en el SW de Norte América, y son sobreyacidas por una secuencia de rocas carbonatadas de plataforma de edad Proterozoico-Paleozoico, las cuales son cubiertas por rocas del Mesozoico conformadas por rocas sedimentarias de ambientes transicionales marinos de la Formación Santa Rosa, con flujos volcánicos del Jurásico Inferior sobreimpuesto (González-León, 1980). La traza de la hipotética megacizalla Mojave-Sonora definida por Silver y Anderson, (1974) y (1983) se encuentra a pocos kilómetros al noreste de la mina, según estos autores, está separando rocas más antiguas del basamento (1.8-1.7 Ga) del bloque Caborca al oeste de las rocas un poco más jóvenes (1.7-1.6 Ga) bloque de América del Norte. En esta región afloran intrusivos y rocas volcánicas con edades de U-Pb entre ~176 y 157 Ma (Jurásico Medio-Tardío), que forman parte del Arco Jurásico Continental, las cuales afloran sin aparente interrupción a ambos lados de la supuesta megacizalla.

Sobre el mismo basamento, en el noroeste de Sonora y sur de Arizona se emplazaron dos pulsos magmáticos más jóvenes con características geoquímicas de subducción similares a las del pulso jurásico; el primero representado con rocas graníticas con edades entre ~76 y 69 Ma (Cretácico Tardío) y el segundo por rocas volcánicas con edades entre ~24 y 23 Ma (Oligoceno). Las Figura 9, muestran la geología regional y una sección esquemática del área de la mina La Herradura y las unidades representativas son descritas a continuación mostrándose la sección en la Figura 10. (Información obtenida de tesis Izaguirre 2009).

A continuación, se da la descripción general de algunas de las unidades de este bloque Caborca que afloran en el área de la mina La Herradura.

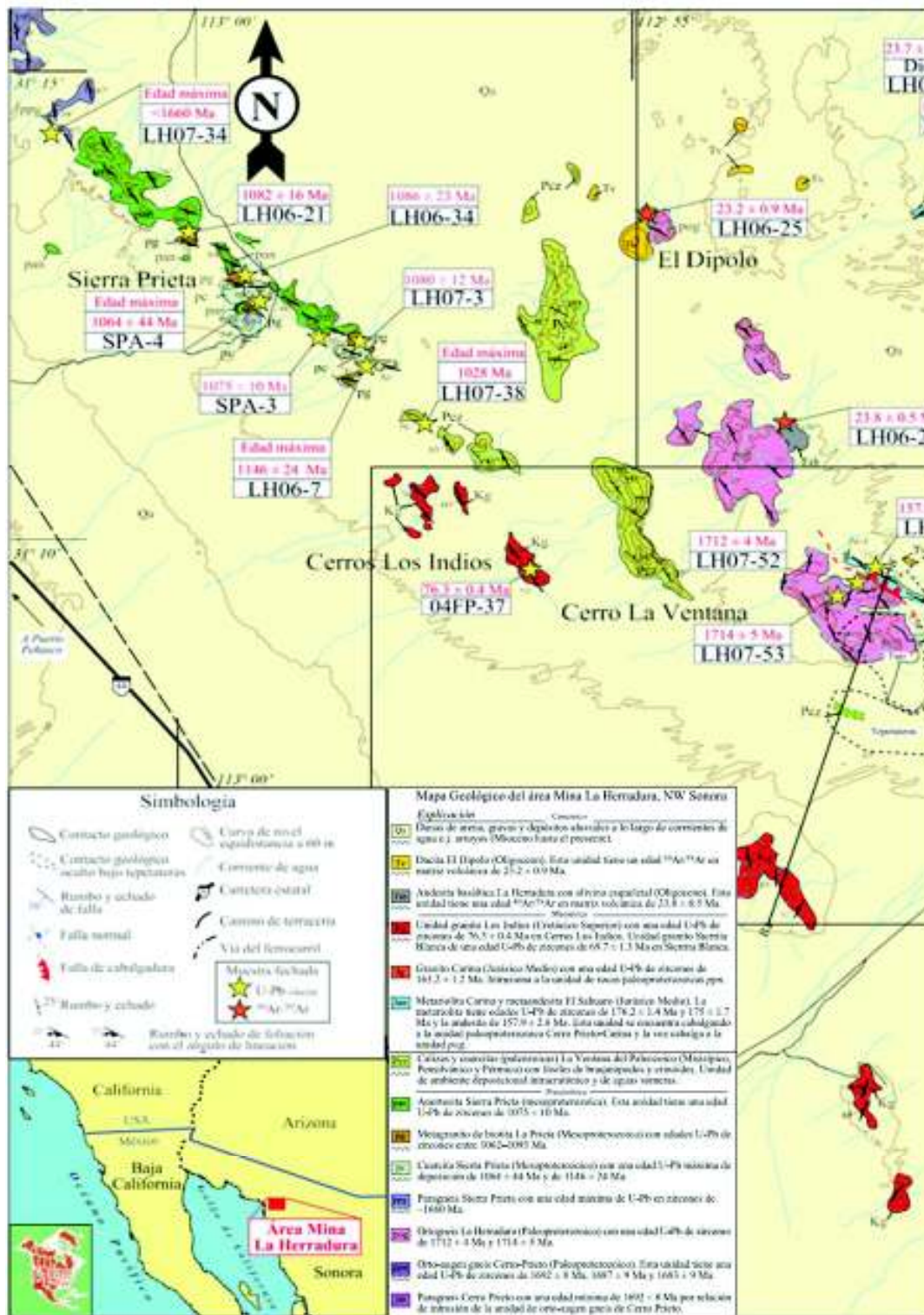


Figura 9. Mostrando el mapa geológico regional donde se ubica la mina La Herradura la línea de sección B-B' cortando el área de la mina y mostrada en la figura (obtenida de tesis Izaguirre 2009).

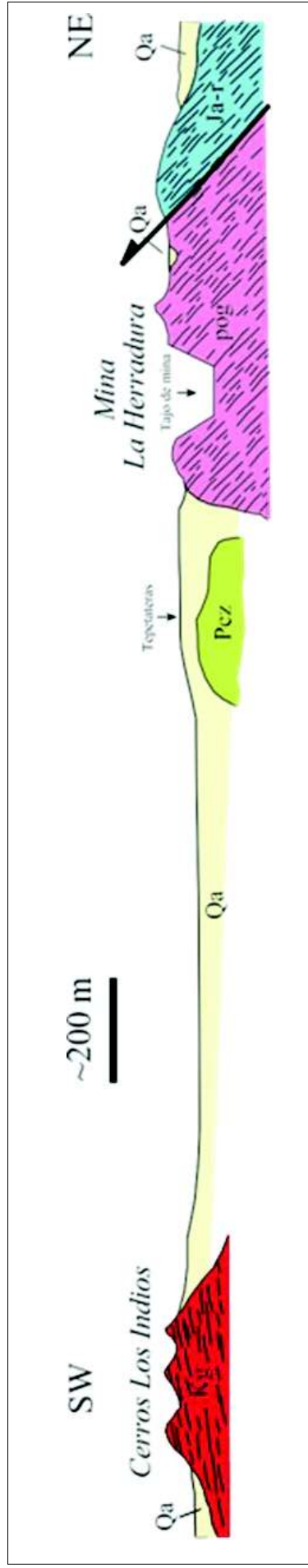


Figura 10. Sección geológica B-B' mostrada en la Figura 9 cruzando el área de la mina La Herradura en una dirección NE-SW (obtenida de tesis Izaguirre 2009).

XIV.1. Ortogneis La Herradura

La unidad denominada ortogneis bandeado del paleoproterozoico fechada por Izaguirre 2009 aflora de la Mina La Herradura. Sus afloramientos se disponen en una orientación NW-SE y en superficie presenta un color verde o gris oscuro con tonalidades café oscuras (Figura 11A). De acuerdo a Izaguirre (2009), esta unidad de ortogneis tiene una fuerte deformación con foliaciones promedio orientadas NW55°SE y echados hacia el NE. En la porción norte de la zona Mina La Herradura esta unidad fue cabalgada por la metaandesita El Sahuaro en una dirección NW55°SE y con una vergencia hacia el SW establecida a partir de indicadores cinemáticos. Esta unidad de ortogneis La Herradura tiene frecuentemente intrusiones de vetas y vetillas de cuarzo lechoso similares a los explotados en las minas Carina y Carolina en direcciones NW-SE y NE-SW. De hecho, esta unidad gnésica corresponde a la roca que hospeda la mineralización económica de oro en la Mina La Herradura (Quintanar-Ruiz, 2008).

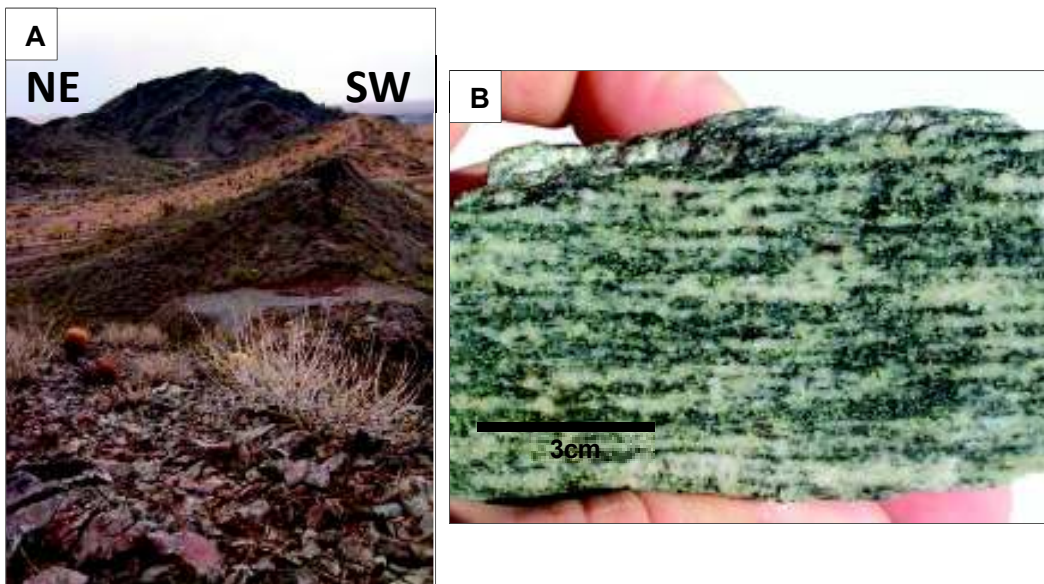
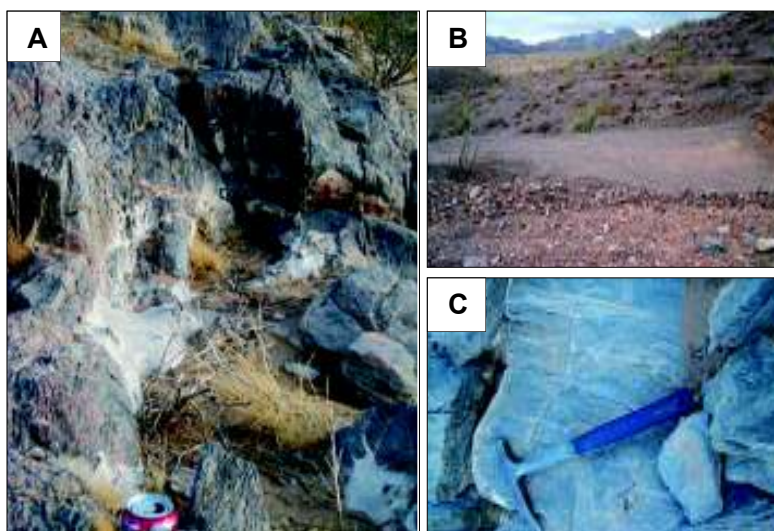


Figura 11. A) Mostrando una panorámica de la unidad de orto gneis, donde se observa una continuidad de 200m hacia el NW, e inclinados hacia el NE. En B), se tiene un acercamiento de la roca que compone esta unidad, donde se nota la textura bandeada con feldspatos. (Obtenida de tesis Izaguirre del 2009)

Inicialmente se pensó que el protolito de este ortogneis La Herradura pudiera ser el de una roca sedimentaria, es decir que se trataba de un paragneis, pero debido a la presencia de una mineralogía similar al de una roca plutónica granítica, aunado a la homogeneidad de las edades en los zircones fechados (por discutir más adelante), se concluyó que el protolito del gneis fue granítico.

XIV.2. Cuarcitas y calizas paleozoicas

Esta unidad paleozoica de calizas, cuarcitas, pedernal y en menor medida lutitas (Descrito por Izaguirre 2009) aflora en la porción NW de la mina La Herradura en el Cerro La Ventana. El color de los afloramientos es de un gris claro a un gris azulado con algunas coloraciones rojizas a lo largo de sus capas (Figuras 12B y C). La actitud general de las capas de esta unidad es de NW25°–75°SE con echados variables hacia el NE y espesores del orden de 300 m. Esta unidad presenta una deformación con pliegues isoclinales con ejes orientados NW-SE, con una foliación orientada NW-SE, subparalela a la estratificación con echados verticales y predominantemente hacia el SW. En las inmediaciones del afloramiento más grande, al norte de Cerro La Ventana, existe un paquete de lutitas y margas con un cizallamiento de hasta 15 metros de espesor y con textura de filitas de grado metamórfico



Fotografía 12.- Fotografía de la unidad de calizas y cuarcitas La Ventana (Paleozoico). En A) afloramiento con planos de foliación bien desarrollado. B) en el horizonte se puede observar el Cerro La Ventana apreciándose tonalidades diferentes representando las facies sedimentarias diferentes. C) nivel de calizas en Cerro La Ventana (Obtenida de tesis Izaguirre del 2009).

XIV.3 Meta-andesitas

Esta unidad jurásica meta-andesítica aflora en diversas zonas dentro y en las cercanías a la mina La Herradura, como es el caso en los alrededores de Cerro Prieto-Karina y al sur de Sierrita Blanca. La unidad se caracteriza por tener afloramientos de colores verde y gris oscuro (Figura 13A), con variaciones en sus foliaciones en algunas partes orientadas NW-SE y echados hacia el SW, mientras que en otras con echados son hacia el NE y SW. Basándose en algunas relaciones de campo, esta andesita aparentemente sobreyace a la unidad metariolítica Karina del Jurásico Medio. Esta andesita presenta una textura porfídica a glomeroporfídica con una mineralogía de fenocristales de plagioclasa y piroxeno fuertemente alterados a epidota clorita y sericita. Los fenocristales están embebidos en una matriz de plagioclasa fuertemente alterada y reemplazada a sericita, epidota y minerales opacos (Figuras 13B). También existen algunos cuarzos accidentales (xenocristales) que presentan bordes de corrosión que indican su inestabilidad por la reabsorción de los mismos.

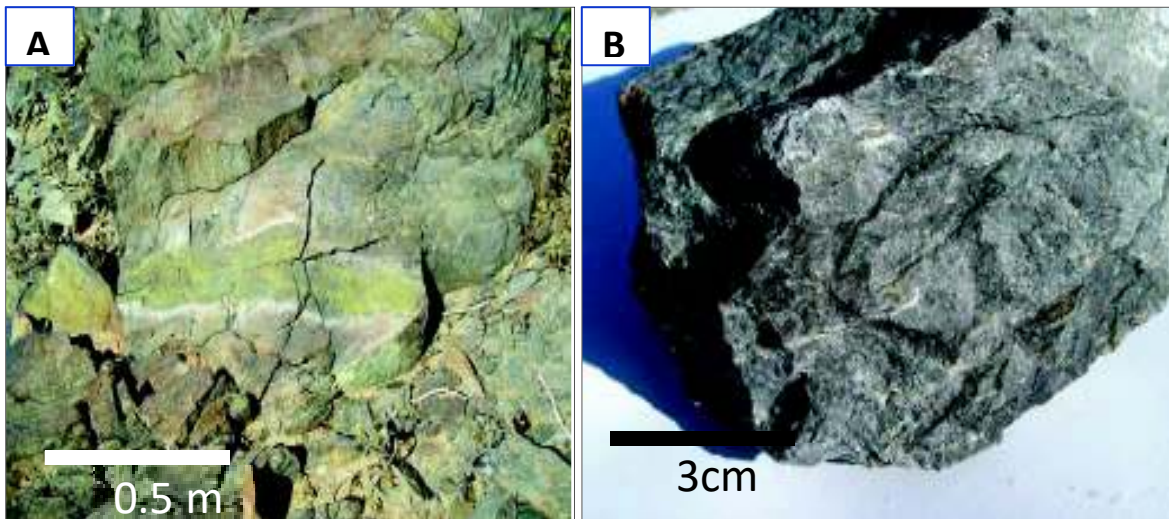


Figura 13.- Afloramiento de meta-andesita El Sahuaro (Jurásico Medio) (A) afloramiento de meta-andesita de color verde debido a la presencia de epidota y clorita (B) muestra de mano de meta-andesita con escasa alteración (Obtenida de tesis Izaguirre del 2009).

XIV.4. Metariolita Karina

Esta unidad del Jurásico Medio aflora en lado este-sureste de las instalaciones de la Mina La Herradura (Figura 14), y en partes dentro del área Cerro Prieto-Karina. En superficie esta unidad es de un color blanco con tonalidades verdosas claras en el área de Karina, mientras que en la Mina La Herradura los colores de esta metariolita son morados oscuros con tonalidades rosas. Regularmente, los afloramientos de esta unidad se alinean espacialmente en una dirección preferente NW-SE. En el área Mina La Herradura esta unidad no presenta deformación, pero en la zona Cerro Prieto-Karina presenta una fuerte deformación con foliaciones orientadas principalmente NW 25°–55° SE (Figura 14) y se encuentra cabalgando a la unidad gnéssica Cerro Prieto-Karina.



Figura 14.- Fotografía mostrando un afloramiento de la unidad de metariolita, presentando foliación con una dirección NW e inclinación hacia el SE (Obtenida de tesis Izaguirre del 2009).

XIV.5. Granito Karina

Esta unidad granítica del Jurásico aflora al norte de la zona Cerro Prieto-Karina. Sus afloramientos tienen una morfología de lomeríos bajos de colores café claro y grises claros (Figura 15A), y se disponen espacialmente en una dirección preferente NW-SE. Esta unidad no presenta una deformación visible e intruye claramente a las unidades paleoproterozoicas

de paragneis y orto-augen gneis de la zona Cerro Prieto-Karina. El granito Karina está compuesto por una mineralogía mayor de feldespato alcalino, plagioclasa y cuarzo, con menor presencia de hornblenda, biotita. La textura de este granito es equigranular y con un tamaño de grano medio (Figuras 15B).

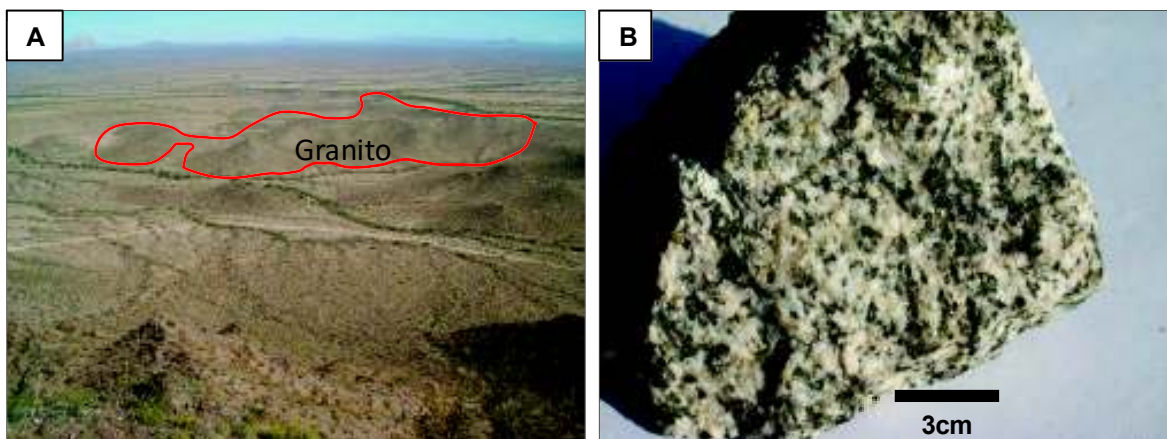


Figura 15.- Fotografía de la unidad granito Karina (Jurásico Medio). A) Vista de S a N de los lomeríos de esta unidad presente al norte de Cerro Prieto-Karina. B) muestra de mano donde se aprecia la textura equigranular de esta unidad (Obtenida de tesis Izaguirre del 2009).

XIV.6 Dacita

Esta unidad del Jurásico Medio fechada por Iriondo (2009), se constituye de una roca de composición dacítica y aflora solo en la porción norte del área Cerro Prieto-Karina figura 16. Los afloramientos presentan una pátina oscura aperlada característica del desierto con un color café-rojizo a gris oscuro, con una morfología muy distintiva ya que se asemejan a montículos cónicos bien formados. La distribución de estos afloramientos es muy limitada (Figura 16) y solo se conoce por la intrusión a la unidad granítica jurásica Karina. Esta roca no presenta una deformación visible en campo, y a nivel de afloramiento se distingue una textura porfídica (Figura 16B), donde se observa una mineralogía de cuarzo, plagioclasa y hornblenda, con abundantes mosaicos de cuarzo sobrecrecidos indicando una silicificación en la roca. El cuarzo tiene forma de ojos y las plagioclasas son tabulares con tamaños de 1-3 mm de largo.

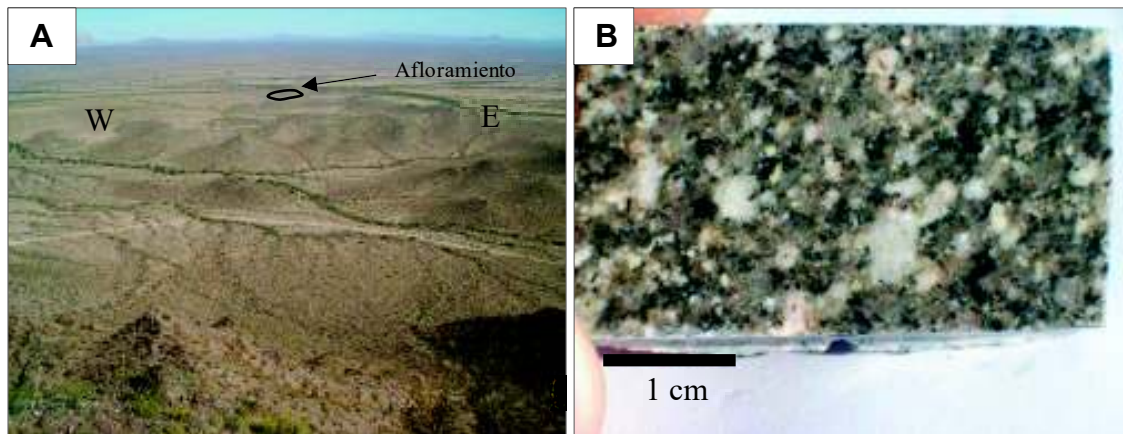


Figura 16.- fotografía de la unidad dacítica de Cerro Prieto (Jurásico Medio). (A) en esta fotografía se indica el afloramiento con una vista de W-E (B) muestra de mano donde se observa bien los fenocristales de feldespato y los ferromagnesianos embebidos en matriz de grano fino (Obtenida de tesis Izaguirre del 2009).

XIV.7. Mineralización de la Mina La Herradura

La zona mineralizada con oro en el área de la mina La Herradura se encuentra alojada en gneis cuarzo feldespático en estructuras principalmente de alto ángulo, aunque algunas son de bajo ángulo las cuales también y llegan a ser importantes económicamente hablando. Dentro de esta zona es característica la presencia de cuarzo en vetas acompañado de hematita, brechas y zonas de “stockwoks”. El cuarzo, regularmente se presenta en formas cristalinas, masivo y blanco lechoso con rasgos de deformación, acompañados regularmente con hematita terrosa como resultado la oxidación de la pirita.

Las soluciones depositadas corresponden a niveles de baja sulfuración, y la mineralización está alojada en un bloque lenticular de rocas metamórficas limitado por zona de cizallas. La zona de mineralización del oro se encuentra en zonas dilatas alojadas en gneis cuarzo feldespático, y las estructuras principales son de alto ángulo sin menospreciar las de bajo ángulo que también son muy importante y están mineralizadas. Es característico la presencia de cuarzo hematita; el cuarzo mesotermal está en vetas, brechas y stockwoks y se presenta en formas cristalinas, masivo y blanco lechoso con rasgos de deformación. Es común la hematita terrosa como la especularita y como resultado la oxidación de la pirita.

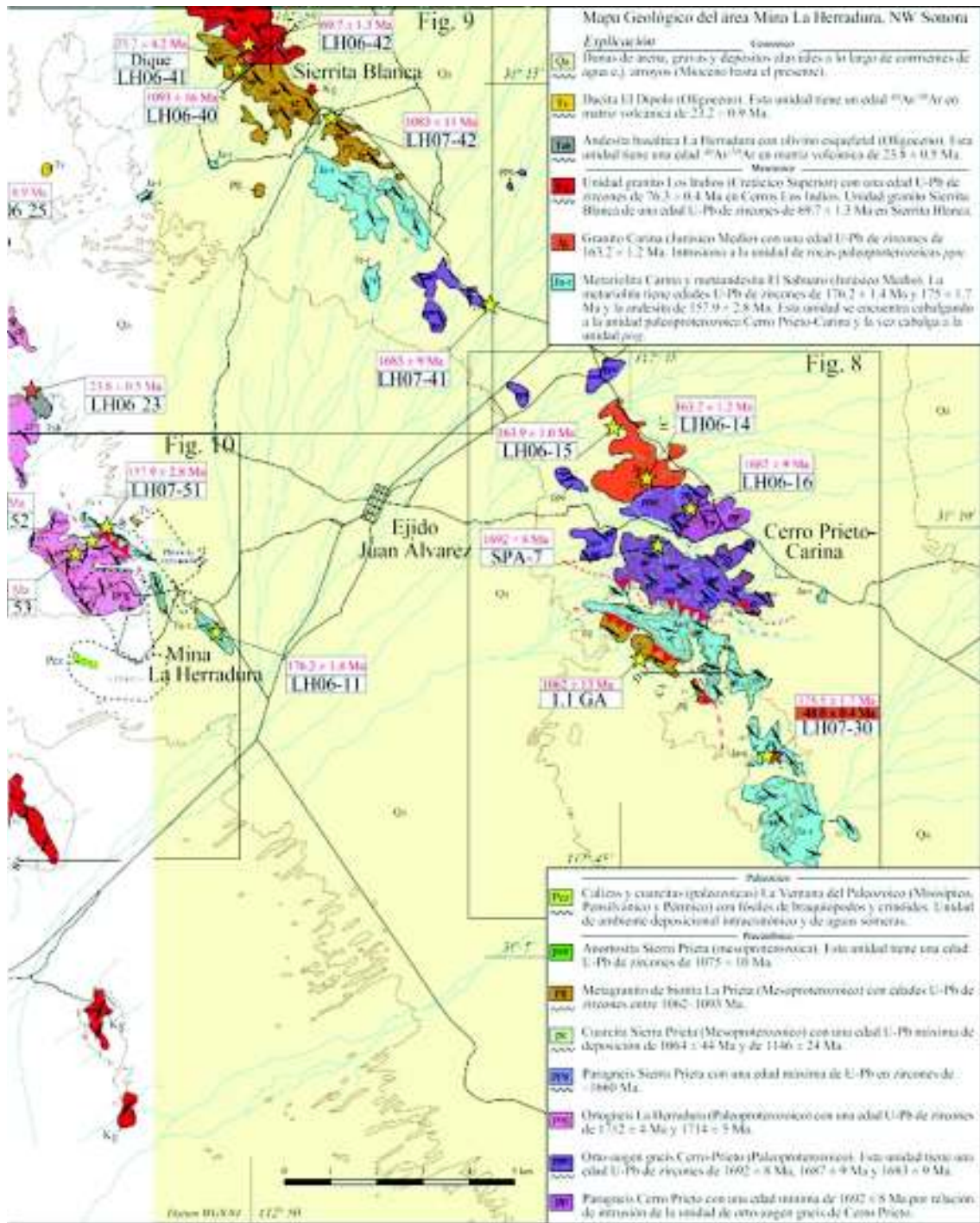


Figura 17. Mostrando el plano geológico regional del área y donde se muestra en rojo en el rectángulo del área de Karina cartografiado en esta ocasión esta presentado en la figura 19 (Obtenida de tesis Izaguirre del 2009).

XV. Mapeo Unidades Geológicas y Estructurales del prospecto Karina

En este mismo periodo, se llevó a cabo un reconocimiento de las zonas o áreas mineralizadas en el prospecto Karina, localizado a 12 km al NE de la mina La Herradura, con el propósito de comparar su geología, estructura y mineralización en ambas zonas. La geología a semi-detalle de esta área se llevó a cabo durante 2 semanas en el mes de estancia en La Mina La Herradura, realizando diferentes actividades y apoyando en parte al equipo de exploración de la compañía minera.

A continuación, se da una breve descripción del trabajo realizado en el prospecto Karina.

En el mapa regional de la (Figura 17), se muestran las dos áreas de La Herradura y Karina, en la cual se puede apreciar una fuerte alineación de sierras en sentido NW-SE, separadas por extensos valles y donde se observa una variación en litología, aunque con edades similares en ambas cordilleras, sugiriendo una deformación y tectónica extrema. En el mapa de la figura 17, se muestra en el área cartografiada y donde se presenta una litología más a detalle obtenida en esta etapa (ver figura 19), dentro de la cartografía que se realizó a semi-detalle se observó, por la escala variaciones en la litología presenta el mapa de la figura 17. Las estructuras que se encontraron en la zona, se presentan con mineralización y características de interés para definir y programar una red de barrenación, con la intención de encontrar leyes de oro u otro mineral de interés para la empresa.

La cartografía llevada a cabo en el área de Karina, abarcó un área aproximadamente de 800 m x 500 m, y una panorámica de las unidades que afloran en esta zona se da en la figura 18, y el mapa geológico en la figura 19 muestra detalle de la geología levantada, trabajo realizado con apoyo de un GPS.

A continuación, se da una breve descripción de las unidades presentes en esta zona.



Figura 18.- fotografía muestran el área cartografiada vista NE-SW, donde podemos observar las distintas unidades que se presentan.

XV.2. Cartografía del área prospecto Karina

El levantamiento litológico y estructural realizado en esta área se muestra en la figura 19, donde se presentan distintas litologías con estructuras similares en cada unidad litológica, indicando que fueron afectadas de similar manera. La estructura de mayor importancia, es la que corta al orto auge-gneis y a cuál está representada como una veta que corta a la unidad con anchos variables de 2 a 4 m aproximadamente y mantiene una dirección SE -NW con echados hacia el NE (parte centro de la figura 19), y donde se tienen varios trabajos artesanales de gambusino. Otras de las estructuras de gran importancia corresponde a una zona de falla, donde se encontraron dos diques de composiciones andesítico y riolítico emplazados siguiendo esta estructura, con fuerte presencia de harina de falla a todo lo largo de ella. A lo largo de este recorrido se encontraron zonas de vetillas y delgadas vetas no representativas para ser incluidas en este mapeo escala 1:2000, pero eran importantes para definir la continuidad de las estructuras y zonas mineralizadas. La mayoría de las estructuras se presentaban en el auge-gneis, lo cual esta unidad por sus características tenía mayor potencial en mineralización de interés en la zona.

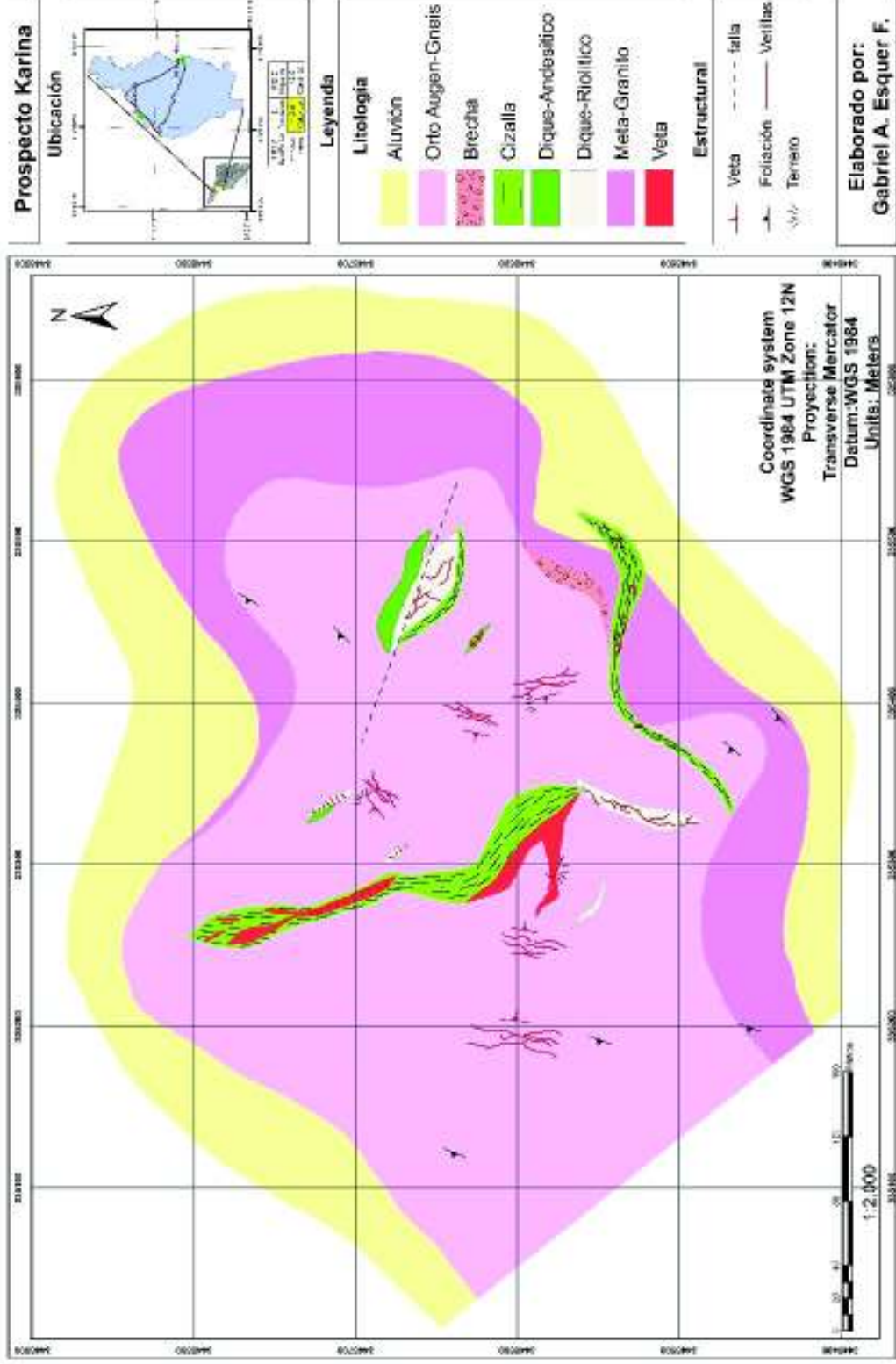


Figura 19.- Cartografía del área de Karina mostrando las distintas unidades litológicas y estructuras más importantes

A continuación, se da una descripción de las unidades que afloran dentro de este mapeo a semi-detalle.

XV.3. Meta-granito

Esta unidad mesoproterozoica fechada en ~ 1.1 Ga por Enríquez-Castillo (2008), aflora mayormente en la parte E-SE del área cartografiada en las orillas del orto-augengenis. En superficie presentan una coloración café a verde oscuro, con una textura granular de tamaño medio parcialmente sericitizada en sus feldespatos, con hematita distribuida en toda la roca y una débil silicificación cortada por calcita rellenando fracturas (Figura 20). Una de estas localidades se encuentra en la porción NE de Sierra Prieta que, de manera casi contemporánea, se relaciona a los afloramientos de la anortosita en la misma sierra. Una segunda ocurrencia de esta unidad es en la porción sur de Cerro Prieto- Karina y por último, aflora al sur de Sierrita Blanca. En su porción norte esta unidad ya ha sido fechada en ~ 1.1 Ga por Enríquez-Castillo (2008).

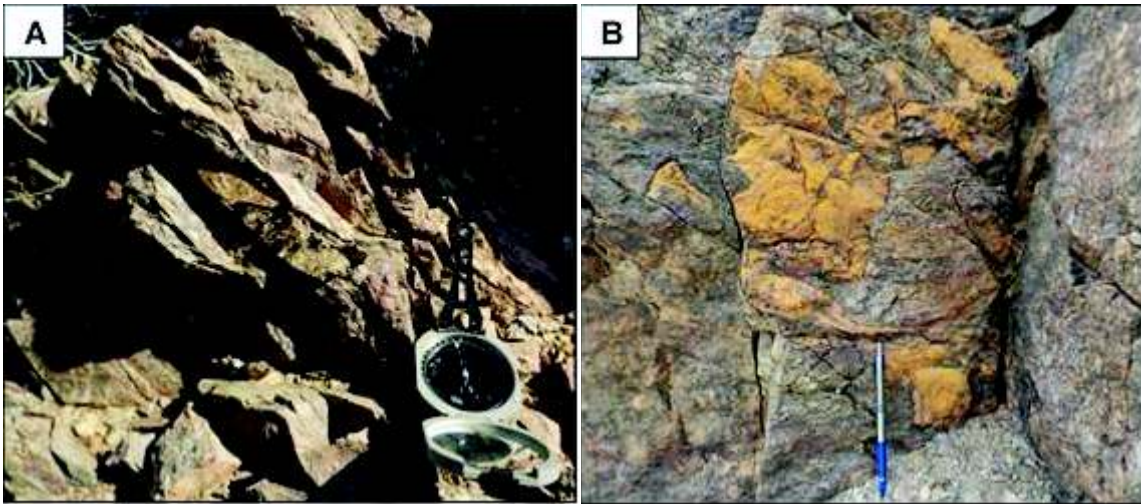


Figura 20.- Meta-Granito altamente fracturado con una granulometría de tamaño media y alteración de sericita y hematita, débilmente silicificado con presencia de vetillas de calcita rellenando fracturas. A) en la fotografía se puede observar el fracturamiento de la roca; B) presencia de oxidación en zona intemperizada.

XV.2. Orto-Augengneis

Esta unidad paleoproterozoica aflora en la zona de Cerro Prieto-Karina y en los lomeríos bajos del sur de Sierrita Blanca. En superficie es de un color que varía de gris a verde oscuro dependiendo de su contenido en biotita. Presenta una textura porfidoblástica y se compone esencialmente de una mineralogía representativa de feldespato alcalino (ortoclasa y microclina), cuarzo, plagioclasa, biotita, con una penetrativa foliación orientada NW-SE y echados variables SW y NE (Figura 21).

Esta unidad de orto-Augengneis es cortada por diques de composición andesita y rolita (Figura 23, 25 y 28) de color verde oscuro y rosa claro respectivamente, presentando ambos una textura fina y orientados en una dirección NE-SW y que también fueron afectados por la misma foliación NW-SE presente en el Orto-Augengneis, debido a la zona de cizallamiento con sus respectivos indicadores cinemáticos como se muestra (Figura 27). Esta unidad es cortada por una serie de vetas (Figura 24) y vetillas de cuarzo lechoso mineralizado con oro emplazadas siguiendo la dirección preferente SE-NW. (Figura 22).

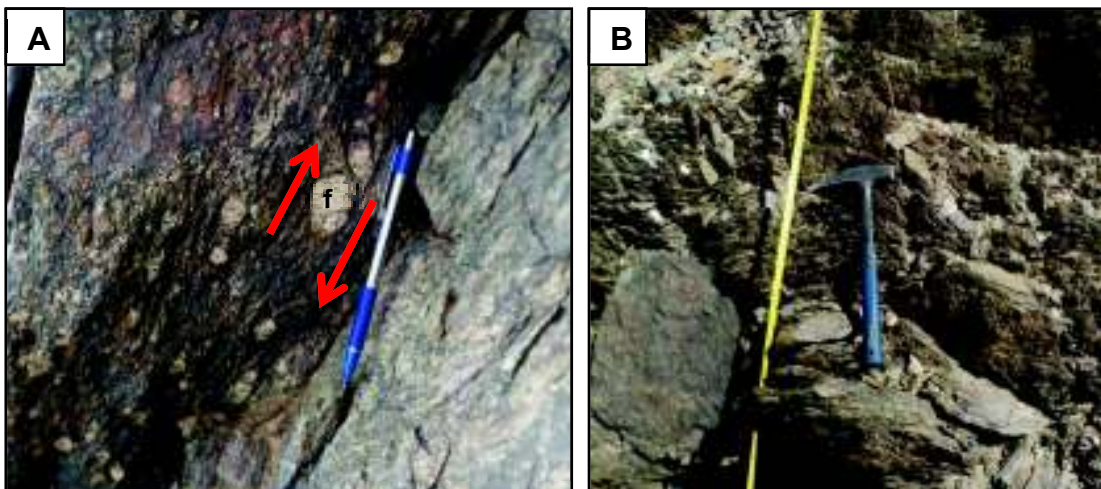


Figura 21.- Orto Auge-Gneis débilmente fracturado con fenoblastos de feldespatos de hasta 2 cm orientados según la foliación y débilmente alterados a sericita en A); y en B se observa la fuerte foliación presente en esta unidad.

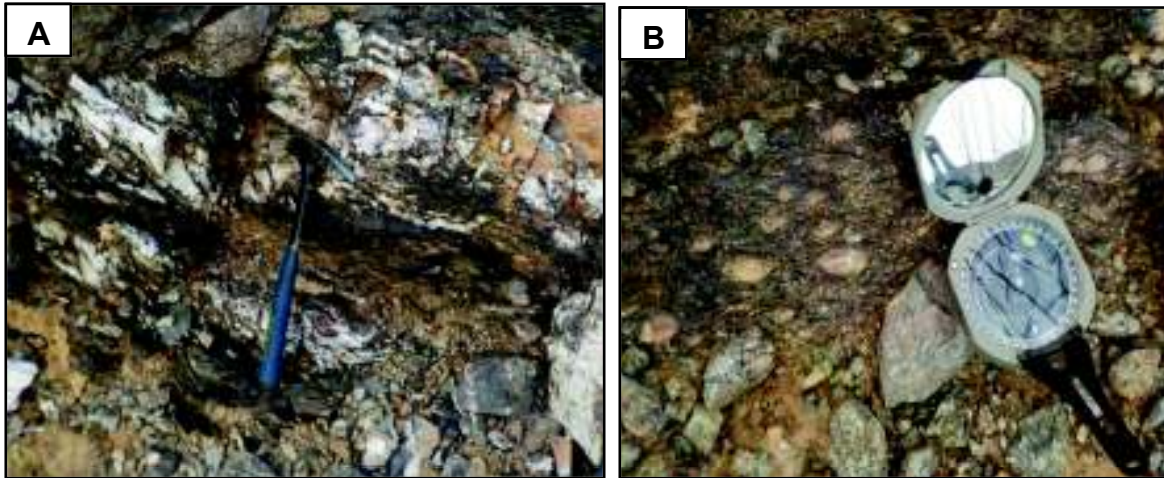


Figura 22.- A) Veta de cuarzo con un espesor de 50 cm emplazándose en la unidad orto-augengneis a lo largo de una zona de cizalla altamente fracturada con alteración de sericita y presencia de hematita con una baja cantidad de minerales magnéticos a lo largo de la veta, y una fuerte cantidad arcilla. B) Orto Augengneis débilmente fracturado con granos de tamaño medianos con alteración de sericita y hematita, muy silicificación con presencia de vetilla de calcita relleno de fracturas con feldespatos (porfidoclastos) de aproximadamente 2 cm.



Figura 23.- Dique andesítico altamente fracturado con alteración de sericita y hematita, muy silicificado, cortando la unidad del orto auge-gneis.



Figura 24.- Veta de cuarzo lechoso con un espesor de 50 cm emplazándose en un meta-granito muy milonitizado en zona de cizallada altamente fracturado con alteración de sericita y hematita, presenta baja cantidad de minerales magnéticos a lo largo de la veta.

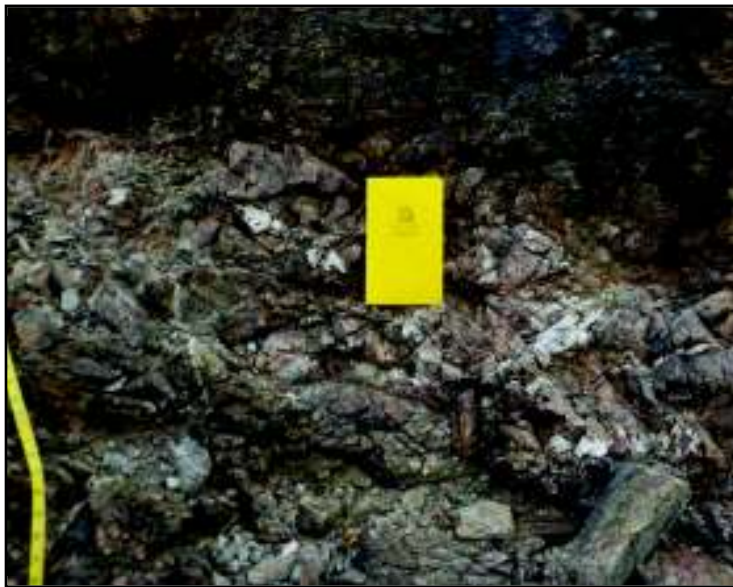


Figura 25.- Dique riolítico altamente fracturado con alteración de sericita y hematita, muy silicificado, cortando la unidad del orto auge-gneis, presenta vetillas de cuarzo lechoso muy soldado a lo largo del dique.

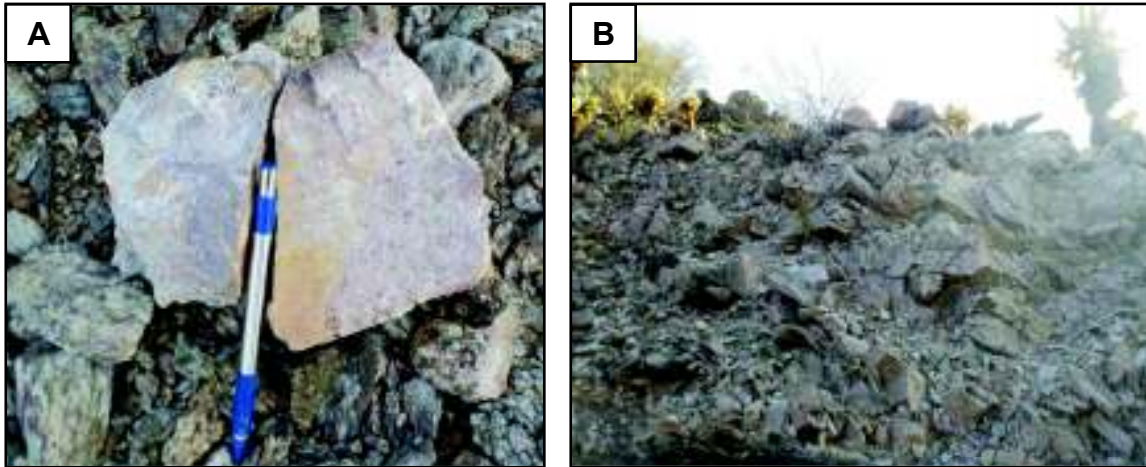


Figura 26.- (A) Dique riolítico altamente fracturado con alteración de sericita y hematita, muy silicificado, cortando la unidad del orto auge-gneis. (B) se aprecia el espesor del dique con 3 m.



Figura 27.- Indicador cinemático en una zona de cizalla donde se presenta una milonitización de las rocas, el indicador cinemático nos indica el movimiento de la cizalla que es un movimiento lateral compresional sinistral.

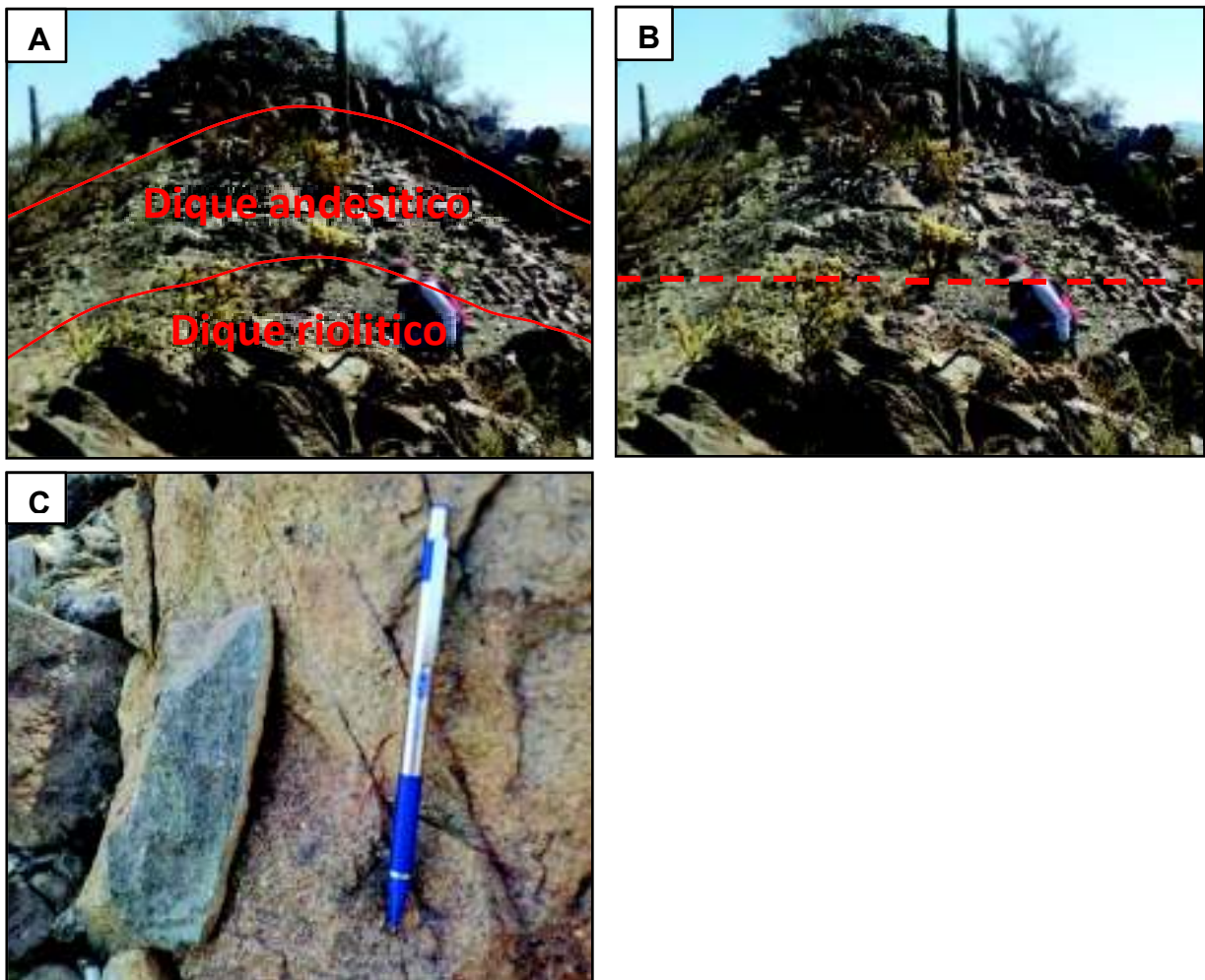


Figura 28.- (A) Tenemos dos diques de composición andesítico y riolítico que cortan a la unidad del orto auge-gneis, los diques se presentan altamente fracturado con alteración de sericita. (B) se muestra una falla donde se encuentra los diques riolítico y andesítico. (C) fotografía muestra el dique andesítico.

XVI. Conclusión

La práctica académica ha brindado muchas herramientas y ha sido fuente inspiradora para estructurar mi futuro. En particular, me pareció muy enriquecedora la experiencia ya que de esta forma estoy más enterado de lo que el mundo laboral espera de mi como profesional y eso me ayudará a tomar mejores decisiones.

El hecho de haber conocido diversos sectores en los que se puede desempeñar un profesional de determinada área, darse cuenta de qué tan hábil se es o no en el ejercicio de

funciones específicas y el grado de satisfacción experimentado al desempeñar ciertas actividades, permite configurar criterios importantes que impulsan la toma de decisiones fundamentales y orientan el curso de un proyecto de vida. Pero más relevante aún es que la práctica constituye el primer acercamiento a aquello que significa ser profesional.

Durante la práctica es muy importante la destreza para auto instruirse en varios temas, cosa que se hace constantemente en la universidad. Creo que la diferencia con la práctica es que definitivamente lo lleva a uno a contextualizar todo el mundo de ideas que se han visto en la carrera. La Universidad te sirve y es de una gran ayuda, pero no lo es todo.

La práctica, no sólo te fortalece en el ambiente laboral sino en el personal y el hecho de conocer nuevos ambientes, personas y estilos de vida, ayuda a convertirte en una persona tolerante con capacidad de adaptarte a situaciones nuevas y complejas. Me siento satisfecho con mi aprendizaje laboral, en el sentido de que uno aprende a que se puede aplicar en la realidad lo que aprendes en la Universidad y te da la satisfacción de que no has perdido el tiempo. Finalmente, esta práctica me ha ayudado a darme cuenta de que no me equivoqué al escoger la carrera que estoy estudiando.

Considero que a partir de ahora hay una mayor conciencia de la importancia del conocimiento aplicable; es decir, me parece que esta experiencia de práctica me ha llevado a distinguir con una mayor claridad el conocimiento útil del conocimiento inútil en lo que respecta a la realización de un trabajo práctico. En este momento, es importante resaltar que la práctica ha sido un "aterizaje" completo, ya que me he dado cuenta que las herramientas más valiosas que he recibido en la Universidad ha sido la capacidad crítica y de análisis.

Es el contexto el que le otorga una razón de ser al conocimiento. En otras palabras, la utilidad de un saber se encuentra estrechamente relacionada con qué tanto permite dar respuesta a las necesidades presentes en el sector externo, llámese empresa pública o privada. Dentro de este orden de ideas la práctica se convierte en una experiencia única de formación en un doble sentido: por una parte, le facilita a los estudiantes "elegir" áreas de profundización que le permitan contar con herramientas precisas para dar respuesta a las demandas de diversos sectores, por otra, da cuenta del sentido de la formación brindada en la universidad para el desarrollo de determinado sector.

Si bien las prácticas son por definición experiencias invaluable de formación y de proyección a corto y largo plazo, constituyendo además una herramienta fundamental para identificar la correspondencia entre la academia y la sociedad.

XVII. Sugerencias

- Las prácticas deben de realizarse en semestres más avanzados, ya que en el semestre que están propuestas, no se llevan materias decisivas para desarrollar al cien por ciento las tareas encomendadas en alguna empresa.
- Implementación de prácticas especializadas, en minería, agua, petróleo y ambiental.
- Proponer que se realicen cursos, sobre algún tipo de software básico, ya sea AutoCAD, ArcMap o Surfer, porque el impartido en las clases no es lo suficiente.
- Impartir más materias, referente a la operación minera, ya sea métodos de mapear en interior mina, formas de explotación y procesamiento mineral.
- Que se realice un curso, donde se muestre alguna idea general sobre cuanto se debe cobrar en algunos de los trabajos que realiza el geólogo.
- Que el Departamento de Geología, trate de buscar más opciones de empresas y lugares, para que los alumnos, no se queden sin realizar sus prácticas en el tiempo establecido y así evitar que ellos mismos busquen y se vayan sin realizar los trámites correspondientes.
- Impartir clases por separado de petrología y petrografía, al igual que separar las horas de teoría y laboratorio.
- Algunas de las materias optativas deberían de considerar para ser obligatorias, ya que algunas son esenciales para el trabajo de un geólogo.

Bibliografía

Andersen, T., 2002, Correction of common lead in U-Pb analyses that do not report ^{204}Pb : *Chemical Geology*, 192, 59–79.

Anderson, J.L., 1983, Proterozoic anorogenic granite plutonism of North America, en Medaris, L.G., Mickelson, D.M., Byers, C.W., Shanks, W.C., eds., *Proterozoic Geology: Geological Society of America Memoir*, 161, 133–154.

Anderson, T.H., Silver L.T., 1979, The role of the Mojave-Sonora megashear in the tectonic evolution of northern Sonora, en Anderson, T.H., Roldán-Quintana, J., eds., *Geology of northern Sonora*, University of Pittsburgh y Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Geological Society of America Annual Meeting, Hermosillo, Sonora, Guidebook, 27, 59–68.

Anderson, T.H., Silver L.T., 2005, The Mojave-Sonora megashear—Field and analytical studies leading to the conception and evolution of the hypothesis, en Anderson, T.H., Nourse, J.A., McKee, J.W., Steiner, M.B., eds., *The Mojave-Sonora Megashear Hypothesis: Development, Assessment, and Alternatives: Geological Society of America Special Paper 393*, 1–50.

Anderson, T.H., Silver, L.T., 1977, U-Pb isotope ages of granitic plutons near Cananea, Sonora: *Economic Geology*, 72, 827–836.

Anderson, T.H., Silver, L.T., 1978, The nature and extent of Precambrian rocks in Sonora, Mexico, en Roldán-Quintana, J., Salas, G.A., eds., *Resúmenes, Primer Simposio sobre la Geología y Potencial Minero en el Estado de Sonora*, Hermosillo, Instituto de Geología, UNAM, 9–10. 160

Anderson, T.H., Silver, L.T., 1981, An overview of Precambrian rocks in Sonora: *Revista del Instituto de Geología, UNAM*, 5, 131–139.

Arvizu, H.E., Iriando, A., Chávez-Cabello, G., Kamenov, G.D., Foster, D.A., Lozano-Santa Cruz, R., Solís-Pichardo, G., 2008, Paleoproterozoic (~1.76-1.73 Ga) Banded Gneisses from the Zona Canteras-Puerto Peñasco Area: A New Occurrence of Yavapai-Mazatzal(?) Type Rocks in NW Sonora, Mexico: Geological Society of America, 2008 Joint Meeting, Abstract with Programs, 145, 144 p.

Arvizu-Gutiérrez, H.E., 2008, El basamento paleoproterozoico Yavapai-Mazatzal en los alrededores de la Sierra Pinta, NW de Sonora: Su importancia para el entendimiento del magmatismo Pérmico y el inicio del margen continental activo del SW de Norte América: Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, Nuevo León, México, 181 p.

Bassett, K.N., Busby, C.J. 2005, Tectonic setting of the Glance conglomerate along the Sawmill Canyon fault zone, southern Arizona: A sequence analysis of an intra-arc strike-slip basin, en Anderson, T.H., Nourse, J.A., McKee, J.W., Steiner, M.B., eds., *The Mojave-Sonora Megashear Hypothesis: Development, Assessment, and Alternatives: Geological Society of America Special Paper 393*, 377–400.

Boucot, A.J., Poole, F.G., Amaya-Martínez, R., Harris A.G., Sandberg, C.A., Page, W.R., 2008, Devonian brachiopods of southwesternmost Laurentia: Biogeographic affinities and tectonic significance, en Blodgett, R.B., Stanley, G.D., Jr., eds., *The terrane puzzle: New perspectives on paleontology and stratigraphy from the North American Cordillera*: Geological Society of America Special Paper 442, 77–97.

Calmus, T., Sosson, M., 1995, Southwestern extension of the Papago terrane into the Altar Desert region, northwestern Sonora, and its implications, en Jacques-Ayala, C., González-León, C. M., Roldán-Quintana, J., eds., *Studies on the Mesozoic of Sonora and Adjacent Areas: Boulder, Colorado*, Geological Society of America Special Paper 301, 99–109.

Campillo-Castelo, J.A., 2008, Caracterización petrológica, mineralógica y geoquímica de las rocas anortosíticas del bloque Caborca, Sonora, México: Tesis de Licenciatura, Universidad de Sonora, Hermosillo, México, 84 p.163

Carta Geológica Minera, Caborca H12-4 Estado de Chihuahua, 2006 Servicio Geológico Mexicano, Escala 1:250000

Castiñeiras, P., Iriondo, A., Dórame-Navarro, M., Premo, W.R., Kunk, M.J., 2004a, Metamorphic evolution of the Bamuri Complex (Sonora, NW Mexico): New insights from field and petrographic data, en Frías-Camacho, V.M., Silva-Corona, J.J., Orozco-Esquivel, M.T., eds., *IV Reunión Nacional de Ciencias de La Tierra, Juriquilla, Querétaro, México, Libro de Resúmenes*, 49 p.

Enríquez-Castillo, M.A., 2008, Termocronología U-Pb y ^{40}Ar - ^{39}Ar de intrusivos de la Sierrita Blanca, NW Sonora: Ejemplo de interacción termal entre magmas graníticos y las rocas encajonantes del basamento metaígneo Mesoproterozoico: 165 Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, Nuevo León, México, 74 p.

Enríquez-Castillo, M.A., Iriondo, A., Chávez-Cabello, G., 2008, A Laramide Pb-loss event recorded in zircons from the Murrieta Mesoproterozoic (~1.1 Ga) Granite in Sierrita Blanca, NW Sonora, Mexico: Geological Society of America, Joint Meeting, Abstract with Programs, 145, 144 p.

Haxel, G.B., Wright, J.E., Riggs, N.R., Tosdal, R.M., May, D.J., 2005, Middle Jurassic Topawa Group, Baboquivari Mountains, south-central Arizona: Volcanic and sedimentary record of deep basins within the Jurassic magmatic arc, en Anderson, T.H., Nourse, J.A., McKee, J.W., Steiner, M.B., eds., *The Mojave-Sonora megashear hypothesis: Development, Assessment, and Alternatives*: Geological Society of America, Special Paper 393, 329–357.

Iriondo, A., Atkinson, W.W., Jr., 2000, Orogenic gold mineralization along the proposed trace of the Mojave-Sonora megashear: Evidence for the Laramide Orogeny in NW Sonora, Mexico: Geological Society of America, Abstracts with Programs, 32, 393 p.

Iriondo, A., Martínez-Torres, L.M., Kunk, M.J., Atkinson, W.W., Jr., Premo, W.R., McIntosh W.C., 2005, Northward Laramide thrusting in the Quitovac region, northwestern Sonora, Mexico: Implications for the juxtaposition of Paleoproterozoic

basement blocks and the Mojave-Sonora megashear hypothesis, en Anderson, T.H., Nourse, J.A., McKee, J.W., Steiner, M.B., eds., The Mojave- Sonora megashear hypothesis: Development, assessment, and alternatives: Geological Society of America Special Paper 393, 631–669.

Izaguirre-Pompa, A., Iriondo, A., 2007, Mesoproterozoic (~1.2 Ga) quartzite and intruding anorthosite (~1.08 Ga) from Sierra Prieta, NW Sonora: Mexican additions to the Precambrian history of SW Laurentia: Ores and Orogenesis, Program with Abstracts, Arizona Geological Society Ores and Orogenesis Symposium, Tucson, Arizona, September 24-30, 147 p.

Koehnken, P.J., 1976, Petrology of anorthosites from two localities in northwestern Sonora, Mexico: Tesis de Maestría, University of Southern California, Los Angeles, USA, 97 p.

Molina-Garza, R.S., Izaguirre, A., 2006, Paleomagnetismo y geocronología de anortositas c.a. 1.1 Ga en NW Sonora y el Grenville mexicano: *Geos*, 26(1), 189 p.

Nourse, J.A., Premo, W.R., Iriondo, A., Stahl, E.R., 2005, Contrasting Proterozoic basement complexes near the truncated margin of Laurentia, northwestern Sonora Arizona international border region, en Anderson, T.H., Nourse, J.A., McKee, J.W., Steiner, M.B., eds., The Mojave-Sonora megashear hypothesis: Development, Assessment, and Alternatives: Boulder, Colorado, Geological Society of America Special Paper 393, 123–182.

Ornelas-Macías, A., Verdugo-Noriega, G., 2009, Caracterización geológica estructural y de mineralización en el área Karina, municipio de Caborca, Sonora, México: Tesis de Licenciatura, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, 110 p.

Paleoproterozoic Mojave province in northwestern Mexico? Isotopic and U-Pb zircon geochronologic studies of Precambrian and Cambrian crystalline and sedimentary rocks, Caborca, Sonora, en Anderson, T.H., Nourse, J.A., McKee, J.W., Steiner, M.B., eds., The Mojave-Sonora megashear hypothesis: Development, Assessment, and Alternatives: Geological Society of America Special Paper 393, 183–198.

Poole, F.G., Perry, W.J., Jr., Madrid, R.J., Amaya-Martínez, R., 2005, Tectonic synthesis of the Ouachita–Marathon–Sonora orogenic margin of southern Laurentia: Stratigraphic and structural implications for timing of deformational events and plate-tectonic model, en Anderson, T.H., Nourse, J.A., McKee, J.W., Steiner, M.B., eds., The Mojave-Sonora megashear hypothesis: Development, assessment, and alternatives: Geological Society of America Special Paper 393, 543–596.

Poole, F.G., Sandberg, C.A., Amaya-Martínez, R., 2004, Biostratigraphy and paleotectonic setting of Paleozoic rocks north of Estacion Sahuaro, northwestern Sonora, Mexico: Geological Society of America, Abstracts with Programs, 36(5), 99 p.

Premo, W.R., Iriondo, A., Nourse, J.A., 2003, U-Pb zircon geochronology of Paleoproterozoic basement in northwestern Sonora, Mexico: Evidence for affinity to SW US provinces: Geological Society of America Cordilleran Section, Abstracts with Programs, 35(4), 67 p.

Quintanar-Ruíz, F.J., 2008, La Herradura ore deposit: An orogenic gold deposit in northwestern Mexico: Tesis de Maestría, Universidad de Arizona, Tucson, Arizona, USA, 97 p.

Servicio Geológico Mexicano (SGM), 2002, Carta geológica escala 1:250 000, H12-1, Puerto Peñasco.

Silver, L.T., Anderson, T.H., 1974, Possible left-lateral early to middle Mesozoic disruption of the southwestern North American Craton margin: Geological Society of America, Abstracts with Programs, 6(7), 955–956.

Stewart, J.H., 2005, Evidence for the Mojave-Sonora megashear—Systematic left–lateral offset of Neoproterozoic to Lower Jurassic strata and facies, western United States and northwestern Mexico, en Anderson, T.H., Nourse, J.A., McKee, J.W., Steiner, M.B., eds., The Mojave-Sonora megashear hypothesis: Development, assessment, and alternatives: Geological Society of America Special Paper 393, 209–231.

Aldo Izaguirre Pompa, 2009, Tesis El basamento paleoproterozoico (~1.71–1.68 Ga) Yavapai en el área Mina La Herradura en el NW de Sonora: Sus implicaciones para el desarrollo del arco magmático continental Mesozoico-Cenozoico del NW de México