



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Guía para la práctica de
Geología Física: Una
experiencia de aprendizaje
activo en campo**

MATERIAL DIDÁCTICO

Que para obtener el título de

Ingeniera Geóloga

P R E S E N T A

Selma Báez Carreón

ASESOR DE MATERIAL DIDÁCTICO

Dr. Aldo Ramos Rosique



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2024

**Guía para la práctica de Geología Física:
Una experiencia de aprendizaje activo en campo**

C O N T E N I D O

I.	INTRODUCCIÓN	1
	Aprendizaje activo en campo	1
	Práctica Virtual	3
	Objetivo del trabajo	4
	Justificación	4
	Contenido de la tesis	4
II.	GUÍA DE CAMPO	5
	Objetivo general	5
	Objetivos particulares	5
	Equipo personal de trabajo	5
	Recomendaciones	5
	Evaluación	6
	¿Cómo usar esta guía?	6
	Hospedaje	6
	Itinerario	7
	Método de trabajo	8
	Formatos de identificación de minerales y rocas	9
	Estaciones 1 a 9	11-19
	Recorridos 1 a 2	20-21
	Guía de la Práctica de campo virtual	22
III.	SOLUCIÓN A LAS ACTIVIDADES	39
	Soluciones a las actividades de la guía	39
IV.	DISCUSIÓN & CONCLUSIONES	48
	Discusión	51
	Conclusiones	60
V.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
	Referencias	62

1. INTRODUCCIÓN

Para las licenciaturas de Ingeniería Geológica, Geofísica, en Minas y Metalurgia, y Petrolera, las asignaturas de Geología Física y Geología General, representan el primer acercamiento del estudiantado con el mundo de las geociencias a lo largo de su carrera; de tal manera que la importancia de estos cursos radica, no solo en impartir los conocimientos que les servirán como base a lo largo de su carrera, sino también en motivarlos a continuar.

El programa de estudio vigente de las asignaturas las define como cursos teórico-prácticos y en los que se requiere la realización de una práctica de campo como recurso didáctico, con el fin de aplicar los conocimientos adquiridos para cumplir y complementar los objetivos planteados. La práctica de campo representa la culminación del curso, pues implica la aplicación de diversas habilidades adquiridas en él, como la identificación de rocas y minerales, la interpretación de los procesos formadores de dichos materiales, así como relacionar en espacio y tiempo los aspectos geológicos observados.

La práctica de Geología Física usualmente tiene una duración de tres días en las que cada profesor o profesora planea su itinerario de manera independiente para cumplir los objetivos específicos del curso. Por otro lado, la práctica de Geología General es de dos días únicamente. En este trabajo, se presenta una guía para una práctica de tres días, pero que fácilmente se puede adaptar a dos, si se suprime el tercer día del itinerario propuesto.

Con la intención de unificar objetivos y experiencias de aprendizaje, se desarrolló la presente guía de campo como un material didáctico que pueda ser empleado por profesorado y alumnado, con el fin de llevar una práctica de campo eficiente, divertida e inspiradora.

1.1 Aprendizaje activo en campo

El aprendizaje en campo se refiere a salir físicamente al entorno natural, realizar observaciones, tomar muestras, realizar mediciones de objetos, estructuras, y analizar procesos y fenómenos (Mogk y Goodwin, 2012). En el campo los y las estudiantes tienen una experiencia práctica y directa con los escenarios de la naturaleza en su contexto total. Mientras que, en el laboratorio, las muestras que se analizan están aisladas de su entorno natural, generando que la razón por la que se recolectan y analizan estas muestras no sea clara para todas las personas del grupo, sobre todo cuando se trata de principiantes.

Por lo anterior, es importante procurar los materiales y elementos adecuados, para un correcto y mejor aprovechamiento por parte de las y los estudiantes en campo. El aprendizaje activo es un enfoque de enseñanza en el que quien estudia, participa en el proceso de aprendizaje mediante el desarrollo del conocimiento y la comprensión (Cambridge International, 2019). Este método de enseñanza tiene sus bases en la teoría de aprendizaje denominada Constructivismo, que se centra en el hecho de que los y las alumnas construyen su propio conocimiento. El aprendizaje activo también fomenta la autonomía de los y las estudiantes, les brinda la posibilidad de involucrarse más en su proceso de aprendizaje, así como de tener mayor control sobre lo que aprenden.

Las prácticas de campo en las geociencias buscan integrar los temas desarrollados a lo largo del curso a través de una visita a campo en la que se ponga en práctica lo visto en clase y se facilite el entendimiento de conceptos geológicos. En las geociencias las prácticas y experiencias en campo conforman una parte esencial en la que se puede desarrollar un sentido de las relaciones espaciales, la escala y el tiempo geológico por medio del pensamiento crítico (Lathrop y Ebbett, 2006).

La metodología de las prácticas de campo conlleva al cuestionamiento y la comprensión de quienes asisten, por medio de un trabajo sistemático bajo la guía del profesor o profesora que los acompaña, quien orienta sus observaciones, monitorea sus preguntas y dirige una discusión para ayudar a la concentración, priorización y evaluación de ideas y observaciones de los estudiantes. La comprensión e interpretación de los alumnos puede plantearse mediante diferentes representaciones, como esquemas, ejercicios o argumentos verbales que se pueden compartir con el grupo, de manera que logren separar las observaciones relevantes de las que no lo son tanto (Mogk y Goodwin, 2012).

El entorno natural permite que quienes asisten a la práctica (con la orientación del profesor) tomen sus propias decisiones sobre qué observar, cuál es el propósito, y cómo van a representar e interpretar estas observaciones.

Los estudios en campo ofrecen ventajas únicas para resolver problemas geológicos. Los materiales y estructuras se pueden identificar de forma más sencilla cuando podemos establecer relaciones que pueden cotejarse inmediatamente. El estudiar estas asociaciones lleva a descubrir nuevas características y a generar más ideas (Compton, 1985).

El análisis en campo se basa en tres tipos de información, siendo el primero la información inductiva, es decir, los hechos directos que se obtienen mediante la observación y la medición directa de rasgos y estructuras; esta información enriquece y amplía el conocimiento al recopilar y organizar los datos obtenidos. El segundo tipo de información es la interpretativa, donde los y las geocientíficas crean asociaciones entre materiales y estructuras que pueden conducir al descubrimiento de nuevas características y a la generación de ideas. Por último, el tercer tipo de información consta en establecer relaciones temporales, donde se ordenan los acontecimientos geológicos, algo esencial para el estudio de la Tierra (Compton, 1985).

Otro punto por tratar en el aprendizaje en campo es el denominado “dominio afectivo en el aprendizaje” (actitudes, creencias, emociones, motivación, percepciones, valores), que en ciencias de la Tierra involucra cuatro componentes: motivación, emoción, confianza y conexión con el medio (van der Hoeven Krafet et al., 2011). Al combinar estos cuatro factores, el estudiantado puede experimentar mayor interés por el aprendizaje. En las prácticas de campo a menudo los estudiantes experimentan una sensación de asombro ante la novedad de presenciar directamente el registro de los fenómenos naturales y sus evidencias; y más aún, cuando llegan a comprenderlos, esto también desemboca en que se sientan motivados a aprender más.

Dentro de las estrategias de aprendizaje activo incluidas en la guía presentada en este trabajo escrito, se hace uso de preguntas y actividades destinados a pensarse y resolverse colaborativamente por los y las estudiantes en sus respectivas brigadas, brindando así la oportunidad a que discutan conceptos e ideas entre sí. Las técnicas de aprendizaje colaborativo ofrecen oportunidades para que quienes participan, lo hagan de manera activa, que se fomente la interdependencia entre ellas y ellos, y la conexión con el entorno de aprendizaje.

Un aprendizaje significativo en campo ocurre cuando las y los estudiantes saben dónde están, saben qué deben hacer, y cuál es su objetivo; mientras se mantiene su comodidad y seguridad en el entorno al que se enfrentan, reduciendo así el factor de incertidumbre en ellos. De esta manera, los estudiantes pueden estar más abiertos a explorar y aprender. Si surgen imprevistos o novedades cognitivas, geográficas y

psicológicas, esto puede influir negativamente en su aprendizaje. Esto es, mientras mayor sea el elemento de novedad, más afectado se verá el aprendizaje de forma negativa (Mogk y Goodwin, 2012).

La detallada planificación de las prácticas de campo reduce el impacto negativo del factor de novedad en el grupo. Esto se logra si las y los estudiantes poseen una comprensión de los conceptos básicos que observarán en campo, y si se les proporciona información sobre las herramientas necesarias para cada estación, dándoles a conocer el itinerario diario, así como los tiempos de desplazamiento entre estaciones. Entonces, una planificación adecuada ayuda a minimizar imprevistos y novedades, brinda confianza a los estudiantes y les permite mantenerse motivados, emocionados y establecer una conexión con lo que aprenden. El aprendizaje en campo a menudo puede implicar incomodidad, confusión y frustración; los instructores y los compañeros pueden ayudar a fomentar emociones positivas para contrarrestar aquellas que pueden llevar a los estudiantes a desconectarse y transformarlo en una experiencia de aprendizaje (Boekaerts y Minnaert, 2006).

Así como se ha abordado la importancia y ventajas que traen las prácticas de campo para la educación de estudiantes de las geociencias, es de relevancia también mencionar las complejidades que estas conllevan. Según Kean y Enochs (2001), algunos de los aspectos negativos relevantes para este trabajo abarcan problemas logísticos como la falta de tiempo de planificación por parte del instructor del curso, papeleo burocrático, y el tamaño de la población estudiantil (cuando estos son grupos grandes). Por su parte Anderson (1980), también señala como problemática que, al no tener una práctica bien construida y planificada, algunos estudiantes ven en estas una oportunidad de distracción del aprendizaje, en lugar de una oportunidad educativa con potencial de adquirir y comprender información. Por otra parte, a diferencia de los análisis en laboratorio donde todos los materiales tienen una relevancia hacia el aprendizaje, en el análisis en campo gran parte de los objetos no son relevantes, y para quien estudia no es obvio en qué enfocar la atención.

1.2 Práctica Virtual

Las prácticas de campo consisten en un recorrido organizado para observar y estudiar los fenómenos y relaciones geológicas. La observación directa en el terreno es fundamental para comprender los procesos geológicos, y la importancia de una salida a campo radica en reunir datos de diferentes escalas y lugares para obtener una visión completa.

Sin embargo, las circunstancias pueden limitar el acceso al campo en el entorno de aprendizaje. Aunque excepcionales, estas situaciones han demostrado ser muy difíciles tanto para el personal como para los estudiantes, ya que es necesario implementar actividades sustitutivas, generalmente en un intervalo de tiempo limitado (Paz-Álvarez et al. 2022). Al mismo tiempo, el hardware y el software de las computadoras están madurando hasta un estado en el que las visitas virtuales a sitios geológicos pueden proporcionar parte de la información y la interacción que frecuentemente se adquieren durante las visitas reales (Hurst, 1998).

Entre las tareas principales de las prácticas de campo se encuentra: examinar el área de estudio para observar y recopilar datos como parte de un reconocimiento, así como formular hipótesis sobre la historia geológica del área y los procesos que la afectaron. Ambas tareas bien pueden abordarse usando una computadora y transformando la experiencia de campo en un formato digital, donde se simplifica la extracción de información mediante la recopilación organizada de imágenes y datos, lo que permite su análisis y el registro de los resultados y conclusiones de manera más práctica.

Las ventajas del trabajo de campo virtual incluyen, entre otras: (1) la ausencia de problemas logísticos y económicos relacionados con el campo, (2) accesibilidad para estudiantes con capacidades diferentes y para aquellos que no pueden asistir a un viaje físico por otros motivos, (3) flexibilidad de los recursos didácticos, (4) acceso a la actividad en cualquier momento, (5) realización de los ejercicios tantas veces como sea necesario, y (6) funciona como un entrenamiento de habilidades de campo antes del trabajo de campo físico.

Retomando el punto dos del párrafo anterior, en las geociencias las formas de aprendizaje basadas en campo representan una limitante para los estudiantes con discapacidades y condiciones que no les permitan acudir a campo. Las geociencias, se ven fortalecidas por la diversidad en las personas, de manera que la innovación se puede impulsar a través de perspectivas diversas, dado que, si todos los profesionales tienen perspectivas similares, el progreso científico se estanca y es potencialmente limitado (Gilley et al., 2015).

1.3 Objetivo del trabajo

Que las y los estudiantes desarrollen un aprendizaje significativo mientras adquieren conocimiento de manera autónoma, por medio del aprendizaje activo y del dominio afectivo. Por medio de una experiencia en la que cuenten con las herramientas e información necesaria para llevarlo a cabo.

Para resolver las problemáticas logísticas, el principal objetivo del presente trabajo es elaborar una guía de campo en la que se proporcione toda la información e instrucciones necesarias para la realización de una práctica completa, divertida, eficiente y realista.

Al utilizar la guía de campo, el desarrollo de la práctica debería llevarse a cabo de manera más eficiente, ya que se aprovecharía mejor el tiempo al contar con una estructura definida y actividades específicas en cada estación, así como algunas recomendaciones y una introducción a las estaciones.

1.4 Justificación

La guía de campo funcionará como un apoyo al profesorado, proporcionando instrucciones detalladas para llevar a cabo la práctica de campo de un curso de geología básica, como el de Geología Física o el de Geología General que se imparten en la Facultad de Ingeniería. La guía, facilitará la planificación de la práctica y permitirá enfocarse en otros aspectos de relevancia para el aprendizaje del alumnado.

Igualmente, representará una herramienta de aprendizaje para el estudiantado por medio de una serie de actividades a realizar, tomando en cuenta los objetivos y temario de la asignatura; de esta manera, permitirá al alumnado aplicar el aprendizaje activo a lo largo de la práctica.

1.5 Contenido de la tesis

Cap-2: se presenta la guía de campo tal y como se entrega al alumnado, con las instrucciones, requisitos, recomendaciones, itinerario y método de trabajo a seguir durante el recorrido. Cap-3: se da solución a los cuestionarios y/o actividades solicitadas en la guía, para dar una idea de las respuestas esperadas. Cap-4: se presentan la discusión y las conclusiones del trabajo, tomando en cuenta la experiencia adquirida durante tres prácticas de campo con grupos de la asignatura de Geología Física.

2. GUÍA DE CAMPO

2.1 Práctica de Geología Física

A continuación, se presenta la guía de la práctica tal y como se entrega a las y los estudiantes asistentes.

PRÁCTICA DE CAMPO DE GEOLOGÍA FÍSICA

La práctica se desarrollará en los días 03, 04 y 05 de mayo de 2024, como una excursión geológica a los Estados de Puebla y Oaxaca, los cuales presentan afloramientos de roca adecuados para cumplir los objetivos del curso.

OBJETIVO GENERAL

Que quienes asistan a la práctica aprendan a reconocer en el campo los diferentes tipos de rocas. Al mismo tiempo, que reconozcan las estructuras con las que se asocian y que observen las relaciones en espacio y tiempo que guardan entre ellas. Que al analizar lo anterior, deduzcan e interpreten los procesos que las originaron.

OBJETIVOS PARTICULARES

Que las y los estudiantes:

- Apliquen el método científico para trabajar durante la práctica de campo.
- Aprendan a clasificar los diferentes tipos de rocas en campo, por medio de la caracterización de los minerales y texturas que presentan, permitiéndoles interpretar su origen.
- Aprendan a reconocer e interpretar las estructuras frágiles y dúctiles que presentan las rocas en campo.

EQUIPO PERSONAL DE TRABAJO

- Mochila de campo
- Martillo de geólogo
- Navaja
- Lupa 10x o 20x
- Gotero con ácido clorhídrico diluido al 10%
- Guías de clasificación de rocas y minerales
- Libreta de campo
- Plumas, lápices, colores, marcador indeleble, cinta adhesiva
- Bolsas de plástico para muestras
- Botas de campo, pantalón largo, camisa de manga larga
- Impermeable, sombrero o gorra
- Cantimplora (suficiente agua)
- Protector solar

RECOMENDACIONES

- Leer el reglamento oficial de prácticas de la UNAM y de la FI.
- Leer la presente guía antes de que inicie el recorrido.

- Llegar puntualmente a la salida del autobús todas las mañanas de los tres días que dura la práctica.
- Para poder abordar el autobús (primer día): Identificación oficial (INE), credencial de estudiante y carnet de servicios médicos.
- Llevar el equipo de trabajo personal preparado.
- Llevar refrigerio para el desayuno y comida de los dos primeros días de la práctica.
- Llevar suficiente agua.
- Tener siempre mucho cuidado en los desplazamientos sobre la carretera, así como en senderos, arroyos, etc.

EVALUACIÓN

Para poder evaluar el aprendizaje en campo, se revisarán las libretas de campo de cada estudiante. Las libretas deberán contener los esquemas, croquis, secciones, columnas, diagramas y el registro de las actividades solicitadas. También se tendrá en cuenta la participación, seriedad, disciplina y desempeño de los y las asistentes.

¿CÓMO USAR ESTA GUÍA?

Esta guía te servirá como apoyo para que a tus notas de campo no les falte nada, úsala para estructurar tus ideas y poder anotarlas claramente. Para cada estación, en la guía encontrarás fotos del afloramiento y una serie de ideas y cuestionamientos que te permitirán reflexionar acerca de tus observaciones en campo y relacionarlas mejor con los conceptos que has aprendido en el salón. También, necesitas contar con las guías de clasificación de minerales y rocas que usaste en laboratorio; después de todo, el campo es un laboratorio natural.

El principal instrumento para el registro de la información que recabes durante la práctica es tu libreta de campo; en ella, tendrás que plasmar todo lo que vayas descubriendo durante nuestro recorrido geológico. El profesor(a) y su ayudante te asesorarán para que aprendas a desarrollar tus habilidades de observación, ordenar tus ideas y obtener conclusiones por tus propios medios.

HOSPEDAJE

Hotel Valladolid, en Huajuapán de León (primera noche)

- Dirección: C. Jiménez 12, Centro, 69000 Huajuapán de León, Oax.
-  953 530 0019
-  hvallad@hotmail.com

Cabañas El Cardenal, en San Juan Raya (segunda noche)

- Dirección: 75870, San Juan Raya, México
-  238 409 5279
-  contacto@sanjuanraya.com
-  <https://www.sanjuanraya.com/inicio.html>
- Servicios: Comedor

ITINERARIO

PRIMER DÍA

- 07:00. Salida del metro Copilco y traslado de la CDMX hacia la Estación 1 en Izúcar de Matamoros.
- 10:00 – 11:00. **Estación 1—Mi primer afloramiento.** En la entrada a Izúcar de Matamoros se visitarán afloramientos de roca a un costado de la carretera.
- 11:00 – 11:30. Traslado hacia la Estación 2. (17 km al sur de Izúcar rumbo a Tehuiztingo)
- 11:30 – 12:30. **Estación 2—La Cantera.** Se visitarán afloramientos en una cantera de material.
- 12:30 – 13:20. Traslado hacia la Estación 3. (15 km al SE de Tehuiztingo rumbo a Acatlán de Osorio)
- 13:20 – 14:50. **Estación 3—Primer Arroyo.** Se visitarán afloramientos de roca a lo largo de un arroyo en las inmediaciones del poblado de Piedra Blanca.
- 14:50 – 16:20. Traslado al hotel donde se pernoctará, ubicado en Huajuapán de León, Oax.

SEGUNDO DÍA

- 8:30 – 08:45. Salida del hotel rumbo a la Estación 4 rumbo a Zapotitlán Palmas.
- 08:45 – 09:45. **Estación 4—La estructura.** En las inmediaciones de Huajuapán de León se visitarán afloramientos de roca a un costado de la carretera.
- 09:45—10:05. Traslado a la Estación 5 rumbo a Ahuehuetitlán de González.
- 10:05 – 11:20. **Estación 5—Primera Migmatita** Antes de Ahuehuetitlán de González se visitarán afloramientos de roca a un costado de la carretera.
- 11:20 – 11:50. Traslado a la Estación 6 rumbo a San Miguel Ixitlán.
- 11:50 – 12:35. **Estación 6—Segunda Migmatita.** Pasando San Miguel Ixitlán se visitarán afloramientos de roca a un costado de la carretera.
- 12:35 – 13:20. Traslado a la Estación 7 rumbo a Santa Catalina Chinango, pasando por Tepejillo.
- 13:20 – 13:55. **Estación 7—Las Columnas.** Antes de Santa Catalina Chinango se visitarán afloramientos de roca a un costado de la carretera.
- 13:55 – 14:00. Traslado a la Estación 8 rumbo a Santa Catalina Chinango.
- 14:00 – 14:40. **Estación 8—El Volcán.** En Santa Catalina Chinango se visitarán afloramientos de roca a un costado de la carretera.
- 14:40 – 15:15. Traslado a la Estación 9 rumbo a Santiago Chazumba vía San Pedro y San Pablo Tequixtepec.
- 15:15 – 15:50. **Estación 9— El Río.** Se visitarán afloramientos de roca en la carretera Huajuapán-Tehuacán a un costado de la carretera.
- 15:50 – 16:50. Traslado al hotel donde se pernoctará, ubicado en San Juan Raya, Pue. vía Plan de Fierro.
- 18:00 –18:30. Actividad grupal.
- 20:00 –21:00. Cena grupal.

TERCER DÍA

- 07:10. Desayuno grupal.
- 08:10. Salida del hotel en dirección al Recorrido 1.
- 08:30 – 10:30. **Recorrido 1. Parque Cretácico.** Se visitarán afloramientos de roca a lo largo del lecho del río.
- 10:30 – 11:30. Traslado hacia el Recorrido 2.
- 11:30 – 12:30. **Recorrido 2. Bajo el mar.** En las inmediaciones de San Juan Raya se visitarán afloramientos de roca.
- 13:30. Regreso a la Ciudad de México. (Hora de llegada – 16:00-17:00).

MÉTODO DE TRABAJO

Durante la práctica, observarás, describirás e interpretarás las características de las rocas en afloramientos. En cada Estación, desarrollarás 3 actividades principales, que tendrás que registrar en tu libreta de campo:

(1) Descripción de afloramiento

Aléjate un poco del afloramiento (con cuidado) para apreciarlo a distancia y describe lo que ves. Realiza un dibujo-croquis general del afloramiento, asegurándote de incluir una escala para tener idea de sus dimensiones. Para describirlo bien, intenta contestar preguntas como:

- ¿Cuál es la característica más notable del afloramiento?
- ¿Reconoces algún rasgo planar? Es decir, algo que parezca estratificación, foliación, presencia de bandas, alguna disconformidad, otro rasgo. Inclúyelo también en tu dibujo.
- ¿Reconoces alguna estructura de deformación? Es decir, algo que parezca una fractura, una falla, algún pliegue. Indícalo en tu dibujo.
- ¿De qué tipo de roca(s) crees que esté formado el afloramiento? Es decir, consideras que son ígneas, sedimentarias, metamórficas, o piensas que hay más de un tipo de roca.
- ¿Puedes observar las mismas características en los cerros de alrededor?

(2) Descripción de rocas

Acércate al afloramiento y ahora obsérvalo con detalle. Para describir las rocas, usa fragmentos que se hayan desprendido del afloramiento; también puedes tomar una muestra con ayuda del martillo (recuerda usar gafas/lentes de seguridad); o bien puedes acercarte más al afloramiento para observar las rocas en su sitio original. Procura observar una superficie que no haya sido afectada por meteorización; esto puedes lograrlo rompiendo un poco la roca con tu martillo lo suficiente como para observar la superficie de ruptura con tu lupa. Describe los rasgos que no hayas podido observar a la distancia, pero también aporta más detalle a los rasgos que reconociste desde lejos. Los aspectos clave que tienes caracterizar son:

- *Mineralogía.* ¿De qué minerales está compuesta la roca?
- *Textura.* Para cada mineral que has identificado describe: tamaño, forma y abundancia. Indica si todos los minerales son del mismo tamaño, o si hay variaciones, especifica si la roca tiene matriz o algo similar. De ser posible y tomando en cuenta el tipo de roca, asigna un término específico a la textura (afanítica, fanerítica, porfídica, foliada, bien clasificada, etc.).
- Otros aspectos que notar son la presencia de fragmentos de roca, fósiles, otro tipo de clastos
- ¿Observas fracturas, fallas, pliegues, estratificación o foliación que no hayas observado desde lejos?
- Con estas ideas en mente, elige el formato que necesitas (rocas ígneas, sedimentarias o metamórficas) para poder terminar de describir la o las rocas del afloramiento. Asegúrate de completar la mayoría de los rasgos que se requieren en cada formato (incluidos en esta guía).

(3) Interpretación de observaciones

Para poder hacer una buena interpretación, intenta responder preguntas como:

¿Cómo se formaron las rocas que identificaste y en qué ambiente?, ¿Puedes enlistar los sucesos que dieron origen a las rocas, en el orden en el que ocurrieron?, ¿Qué tuvo que haber pasado para que este afloramiento exista tal y como lo observas?, ¿Cuánto tiempo pasó para que se formara el afloramiento?, ¿Qué esfuerzos estuvieron presentes para formar las estructuras que observas?, ¿Qué opinan tus colegas?

FORMATOS USADOS EN LABORATORIO PARA IDENTIFICAR MINERALES Y ROCAS

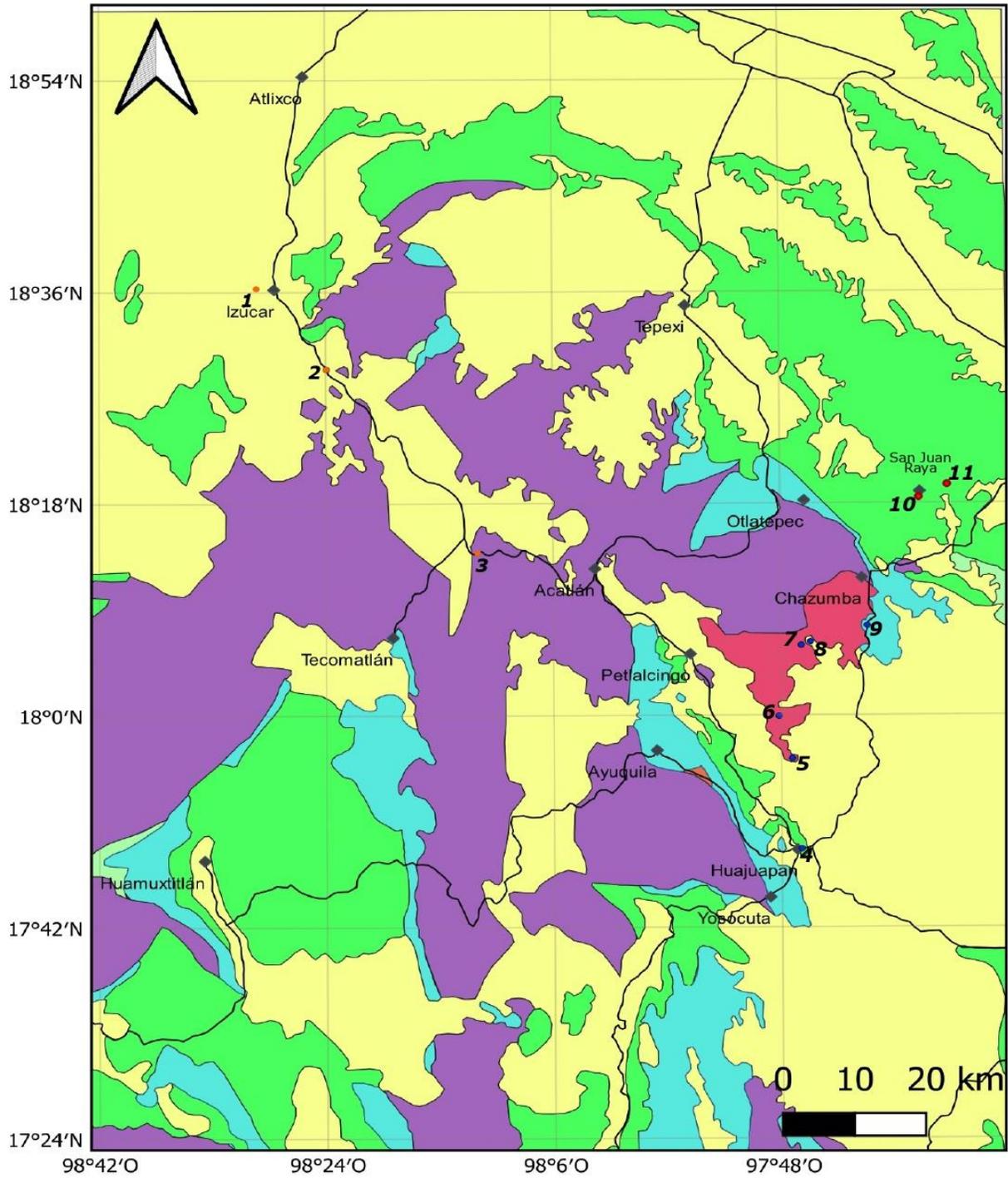
ANÁLISIS, IDENTIFICACIÓN Y USO DE LOS MINERALES	
Clave de la muestra	
Lustre	
Color	
Dureza	
Clivaje o fractura	
Raya	
Hábito	
Diafanidad	
Gravedad específica	
Otras propiedades	
Nombre	
Fórmula química	
Usos del mineral	

ANÁLISIS, IDENTIFICACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LAS ROCAS ÍGNEAS	
Clave de la muestra	
Textura	
Familia y subfamilia	
Mineralogía	
Nombre de la roca	
Contenido de sílice y otras características químicas	
Condiciones de formación y procesos involucrados	

ANÁLISIS, IDENTIFICACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS DETRÍTICAS	
Clave de la muestra (detritica)	
Tamaño de los clastos	
Naturaleza de los clastos (cuarzo, feldspatos, arcilla, líticas, otro)	
Redondeamiento y esfericidad de los clastos	
Selección de los clastos	
Nombre de la roca	
Ambiente y procesos de formación	

ANÁLISIS, IDENTIFICACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS QUÍMICAS O BIOQUÍMICAS	
Clave de la muestra (química)	
Características texturales	
Reacción con HCl	
Dureza	
Mineral constituyente	
Nombre de la roca	
Ambiente y procesos de formación	

ANÁLISIS, IDENTIFICACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LAS ROCAS METAMÓRFICAS	
Clave de la muestra	
Textura	
Mineralogía	
Nombre de la roca	
Protolito	
Facies metamórfica	
Tipo e intensidad del metamorfismo	



Leyenda

Símbolos

- Vías
- ◆ Localidades
- Estaciones
 - Primer día
 - Segundo día
 - Tercer día

Edades

Era	Periodo
Cenozoico	Indiferenciado
Mesozoico	Cretácico
	Jurásico
Paleozoico	Triásico
	Indiferenciado

Figura 1. Mapa geológico de la región visitada y ubicación de las estaciones de la práctica de campo. Modificada de Campos *et al.* (2013).

ESTACIÓN 1 – MI PRIMER AFLORAMIENTO

¡Felicidades! has llegado a tu primer afloramiento, ponte bloqueador solar y tu sombrero, agarra tu mochila con tu equipo de trabajo y manos a la obra. A continuación, verás unas imágenes del afloramiento y una serie de preguntas y planteamientos. Al responderlos, podrás registrar tus observaciones de forma más completa en tu libreta.



- Consulta en la Figura 1 a qué edad corresponden las rocas de este afloramiento. Toma nota en tu libreta.
- Dibuja (en tu libreta) el croquis general del afloramiento para que puedas describirlo mejor.
- ¿Por qué los estratos observados no se encuentran horizontales?
- ¿Qué unidad crees que sea la más antigua y por qué?
- ¿Cómo es la reacción de las rocas del afloramiento con el ácido clorhídrico? Tómallo en cuenta al clasificarlas.
- ¿Cuántas rocas diferentes reconociste? ¿Son todas del mismo tipo?
- Indica a qué roca corresponde cada parte de tu croquis.
- Encuentra la discordancia. ¿De qué tipo es? Explícalo brevemente. Inclúyela en tu croquis.
- Menciona algunas características causadas por la meteorización del afloramiento.

ESTACIÓN 2 – LA CANTERA

Hemos llegado a la segunda estación, ten en cuenta que en esta contaremos con poca sombra y el impacto del Sol llega a ser más intenso. Así que de nuevo no olvides protector solar y tu sombrero para protegerte del Sol. Ten precaución al acercarte a las paredes de la cantera, algunos bloques pueden ser inestables.



A. Vista general de la cantera. B. Acercamiento a la litología principal. C. Vista de una inclusión en el cuerpo rocoso. D. Vista de la textura de la roca.

- Consulta en la Figura 1 a qué edad corresponden las rocas de este afloramiento. Toma nota en tu libreta.
- Dibuja tu croquis.
- Según las características mineralógicas y texturales observadas, ¿en qué condiciones crees que se formó la roca?, ¿cómo fue su enfriamiento? ¿Puedes concluir de qué tipo de roca se trata?
- ¿Puedes notar evidencias de estructuras de deformación? ¿De qué tipo son? Registra esta información en tu libreta.
- ¿Por qué crees que se explote la roca aquí; para qué crees que se use?
- Explora el afloramiento, intenta encontrar componentes extraños al resto de la roca tal como se muestra en la imagen C. ¿Crees que sean más jóvenes que la roca que la contiene? Aplica los principios estratigráficos vistos en clase.

ESTACIÓN 3 – PRIMER ARROYO

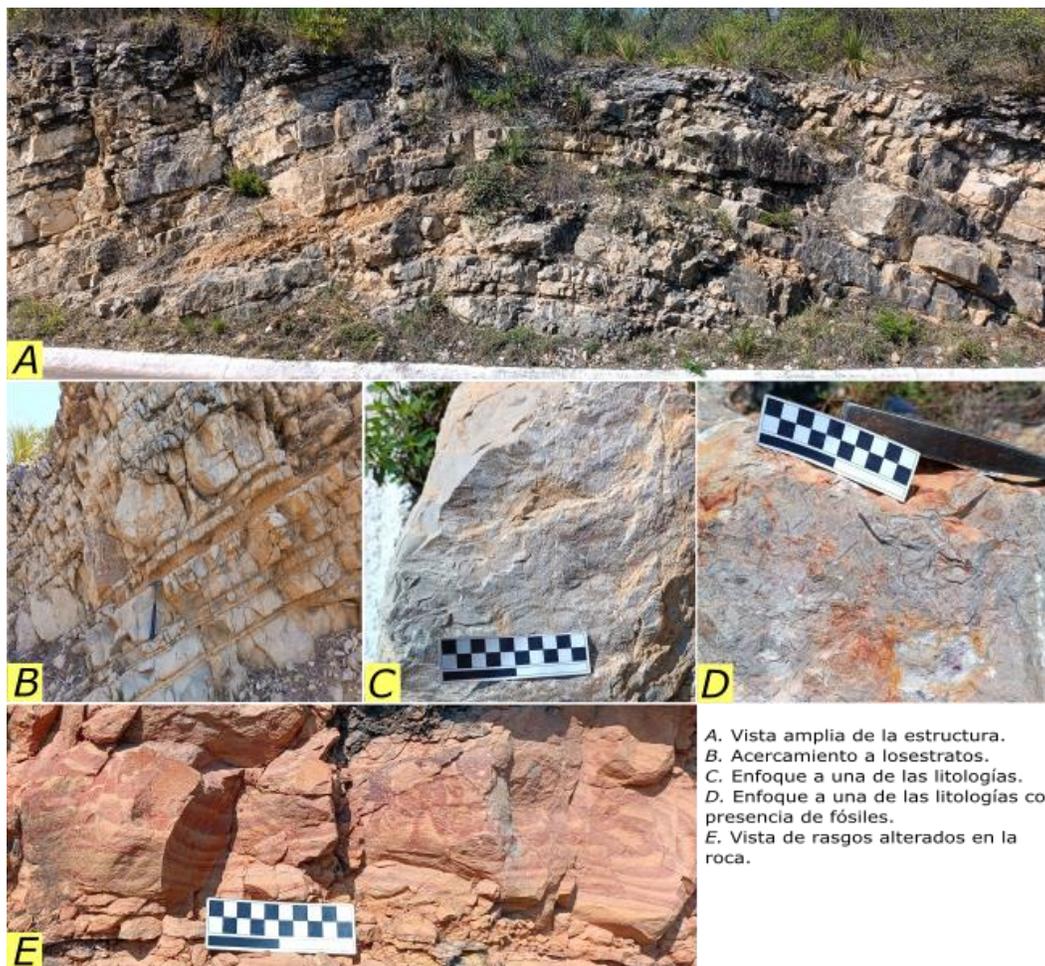
Para esta tercera estación debes considerar es que este será un recorrido más largo, así que toma tus medidas tales como hidratación y protección solar. Dicho esto ¡Comencemos! A lo largo del recorrido presta atención al afloramiento, intenta detectar los cambios en él y registra lo que observes en tu libreta.



- Consulta en la Figura 1 a qué edad corresponden las rocas de este afloramiento. Toma nota en tu libreta.
- Realiza varios croquis donde puedas registrar lo que observas en el recorrido.
- ¿A lo largo del recorrido las rocas van cambiando o permanecen iguales? ¿Cuántas rocas diferentes logras encontrar? Señálalo en tu croquis.
- ¿Cómo va cambiando el tamaño de los cristales a lo largo del recorrido?
- ¿Observas foliación en las rocas del arroyo? ¿Se ve igual la foliación para todas las rocas que encontraste?
- ¿Cómo cambia el grado de metamorfismo a lo largo del recorrido? ¿Cómo se relaciona el cambio en la textura de las rocas con el grado de metamorfismo a lo largo del recorrido?
- Mientras realizabas el recorrido, pudiste apreciar el sedimento en el lecho del arroyo ¿Qué características texturales pudiste apreciar en él (forma, tamaño, redondez, angularidad, selección, y madurez mineralógica)? ¿Qué roca crees que se formaría con la compactación y cementación del sedimento con dichas características?

ESTACIÓN 4 – LA ESTRUCTURA

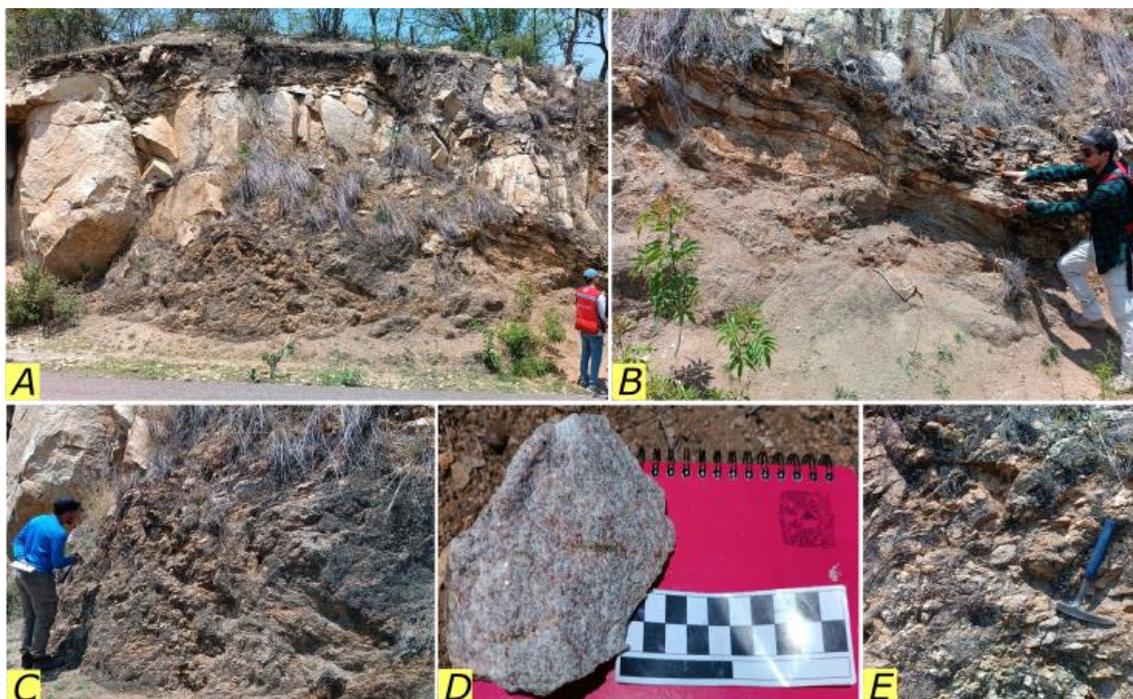
¡Hemos llegado a la primera parada del día! Prepara tu material, recuerda protegerte del Sol y mantenerte hidratado. En esta estación podrás observar las rocas desde ambos lados de la carretera, recuerda siempre tener precaución al cruzar. Apóyate de las imágenes que vienen a continuación para que observes diferentes detalles en tu recorrido por el afloramiento.



- Consulta en la Figura 1 a qué edad corresponden las rocas de este afloramiento. Toma nota en tu libreta.
- Dibuja en tu libreta un croquis que te ayude a describir los detalles importantes del afloramiento.
- ¿Cómo clasificarías las estructuras de deformación observadas?
- Señala las partes de la estructura en tu croquis.
- ¿Dónde se encuentra la parte más antigua en cada estructura? Señálalo en tu libreta.
- ¿A qué tipo de deformación crees que se relaciona esta estructura?
- ¿Qué régimen de esfuerzos crees que se presenta? Señala la dirección de los esfuerzos en el croquis de tu libreta.
- ¿Cómo es la reacción de las rocas del afloramiento cuando aplicas algunas gotas ácido clorhídrico sobre ellas? Considéralo al clasificarlas.
- ¿Encontraste los fósiles? ¿Observas alguna(s) otra(s) estructura(s) sedimentarias?
- Al recorrer el afloramiento encuentra rasgos que indiquen evidencias de meteorización. Menciónalos en tu libreta e indica en tu croquis la zona donde predominan estas características.

ESTACIÓN 5 – PRIMERA MIGMATITA

Para esta estación recuerda bajar tus herramientas de trabajo (martillo, lupa).



A. Vista general del afloramiento. B. Acercamiento al afloramiento C. Acercamiento a una primer litología. D. Muestra de una de una segunda litología. E. Enfoque a la primer litología.

- Consulta en la Figura 1 a qué edad corresponden las rocas de este afloramiento. Toma nota en tu libreta.
- Realiza tu croquis.
- Acércate al afloramiento y con ayuda de tus herramientas contesta: ¿Crees que haya rocas ígneas aquí? ¿En dónde se encuentran? Señálalo en el croquis de tu libreta.
- Explora el afloramiento, ¿Crees que haya rocas metamórficas aquí? ¿observas foliación? Señálalo en el croquis.
- Observa y analiza el afloramiento ¿crees que pueda haber algún movimiento en masa en él?
- ¿Qué tipo de roca es la parte oscura del afloramiento?
- ¿Qué tipo de roca es la parte clara del afloramiento?
- Toma varias muestras y contesta ¿Qué texturas identificas? ¿qué minerales identificaste? ¿qué rocas identificaste?
- ¿Cómo crees que se haya originado la asociación entre las rocas que identificaste en este afloramiento?
- ¿Por qué se encuentran juntos estos dos tipos de roca?

ESTACIÓN 6 – SEGUNDA MIGMATITA

Recuerda bajar tus herramientas de trabajo (martillo, lupa). No olvides mantenerte hidratado y protegerte del Sol.



A. Vista panorámica del afloramiento. B. Acercamiento al afloramiento C. Acercamiento a un extremo del afloramiento. D. Bloque con textura pegmatítica E. Enfoque a una textura de la roca. F. Muestra de una de las litologías. G. Enfoque a la textura pegmatítica

- Consulta en la Figura 1 a qué edad corresponden las rocas de este afloramiento. Toma nota en tu libreta.
- Realiza tu croquis.
- ¿Crees que haya rocas ígneas aquí? Señálalo en el croquis de tu libreta.
- ¿Crees que haya rocas metamórficas aquí? ¿observas foliación? Señálalo en el croquis.
- ¿Qué tipo de roca es la parte oscura del afloramiento?
- ¿Qué tipo de roca es la parte clara del afloramiento?
- Toma muestras y contesta ¿Qué texturas identificas? ¿qué minerales identificaste? ¿qué rocas identificaste?
- ¿Cómo crees que se haya originado la asociación entre las rocas que identificaste en este afloramiento?
- ¿Por qué se encuentran juntos estos dos tipos de roca?

ESTACIÓN 7 – LAS COLUMNAS

Como sugerencia para esta estación, mientras recorres el afloramiento presta atención a los cambios en la roca.



- Consulta en la Figura 1 a qué edad corresponden las rocas de este afloramiento. Toma nota en tu libreta.
- Recorre el afloramiento y realiza tu croquis.
- En esta estación podrás encontrar dos tipos de roca principales, trata de encontrar el contacto entre ellas y señálalo en el croquis de tu libreta.
- ¿Cuáles son los dos tipos de roca que se observan? Señala en tu croquis.
- ¿Observas foliación en alguna roca del recorrido? ¿De qué roca se trata?
- ¿Encontraste rocas ígneas? Según la textura que observas: ¿Cómo crees que haya sido el enfriamiento de esta roca? Explica ¿Qué roca es?
- ¿Cómo se formaron las columnas pseudo-hexagonales? Asegúrate de incluirlas en el croquis.

ESTACIÓN 8 – EL VOLCÁN

¡Penúltima parada del día! No olvides llevar contigo tu material de trabajo para poder caracterizar la roca que encuentres.

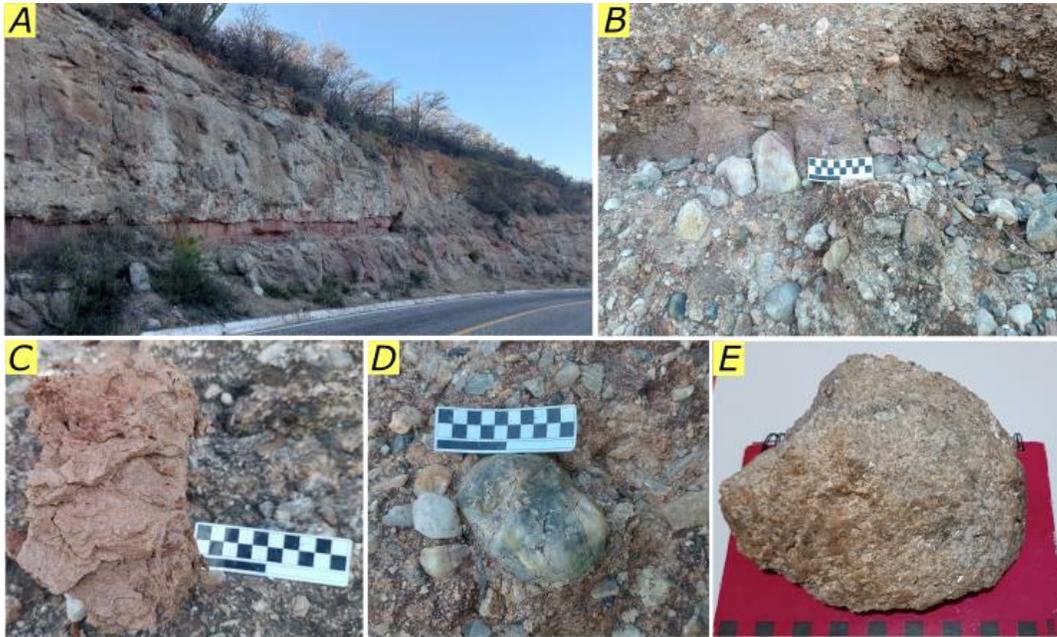


A. Vista general del la estación. B. Vista alejada de una segunda zona de la estación. C. Enfoque a la litología presente en el afloramiento. D. Vista de los estratos del afloramiento.

- Consulta en la Figura 1 a qué edad corresponden las rocas de este afloramiento. Toma nota en tu libreta.
- Realiza un croquis general.
- ¿Qué tipo de erupción crees que haya generado el afloramiento? (Pista: hay dos tipos de erupciones).
- ¿Crees que todo el afloramiento se formó debido a una sola erupción o a varias? ¿Por qué?
- ¿De qué tipo de depósito se trata: Depósito de caída o de flujo?
- ¿Ya encontraste las pómez? Descríbelas.

ESTACIÓN 9 – EL RÍO

¡Buen trabajo! Esta es la última estación del día, no olvides llevar contigo tus herramientas de trabajo (martillo, lupa, libreta).



A. Vista panorámica del afloramiento. B. Acercamiento al afloramiento. C. Muestra del estrato central D. Enfoque a uno de los clastos. E. Muestra de un segundo clasto del afloramiento.

- Consulta en la Figura 1 a qué edad corresponden las rocas de este afloramiento. Toma nota en tu libreta.
- Realiza un croquis del afloramiento para que puedas describirlo mejor.
- Describe la roca que forme cada estrato. Observa y describe las características texturales que notes. ¿Cómo es la redondez, selección, esfericidad, tamaño de los componentes, etc.?
- ¿Todos los estratos están formados de las mismas rocas? ¿Cuántas rocas diferentes encuentras?
- Con base en tus observaciones ¿Cómo es la madurez textural de las rocas de cada estrato?
- Según las características de la sucesión ¿A qué tipo de ambiente asociarías la formación del depósito?

RECORRIDO 1. PARQUE CRETÁCICO

En este recorrido podrás observar muchos detalles, tales como estructuras de deformación, disconformidades, estructuras sedimentarias, fósiles, etc. Sé observador y registra en tu libreta todo lo que consideres importante. Para estos recorridos no ocuparás el martillo, pero lleva contigo tu libreta para hacer anotaciones y tu lupa. Y no olvides protegerte del Sol y llevar contigo agua para el recorrido.

Consulta en la Figura 1 a qué edad corresponden las rocas de este afloramiento. Toma nota en tu libreta.

Realizarás varios croquis generales.

Presta atención a lo que te van explicando.

¿De qué edad son las rocas que se observan aquí?

¿Qué estructuras de deformación logras observar a lo largo del recorrido?

¿A qué tipo de deformación asocia cada una?

¿Hay estructuras sedimentarias visibles en el recorrido? ¿Cuáles son? ¿Qué información nos aportan acerca del origen de la roca que las contiene?

¿Qué rocas identificaste? ¿Cuáles son sus similitudes y diferencias?

¿Observas alguna discordancia? ¿De qué tipo es? Explícalo brevemente e incluye un esquema en tu libreta.

¿De qué son los fósiles que se encuentran en el recorrido? ¿Qué información nos aportan acerca de la formación de la sucesión rocosa?



RECORRIDO 2. BAJO EL MAR

¡Hemos llegado al último recorrido de la práctica! Este se enfoca en conocer la parte biológica de la zona, conoceremos muchas especies vegetales y diferentes fósiles. Recuerda mantenerte hidratado.



A. Fósiles en el recorrido B. Estructuras sedimentarias C. Fósiles en el recorrido D. Roca compuesta de fragmentos orgánicos

- Consulta en la Figura 1 a qué edad corresponden las rocas de este afloramiento. Toma nota en tu libreta.
- No tienes que hacer croquis, ve anotando todo lo que te van explicando.
- ¿Cuántos fósiles diferentes se encuentran aquí? Enlista algunos.
- ¿De qué edad son las rocas que contienen a los fósiles?
- ¿Qué rocas son las que contienen fósiles?
- ¿A qué ambiente sedimentario pertenecen los fósiles que se observan en el recorrido?
- ¿Hay estructuras sedimentarias visibles en el recorrido? ¿Cuáles son?
- ¿Cuál es la parte que más te gustó de este recorrido?

2.2 Guía para la Práctica Virtual Geología Física

¡Bienvenido al recorrido virtual de la práctica de Geología Física! Esta práctica se basa en la práctica de campo realizada por las y los alumnos de Geología Física.

Encuentra el recorrido aquí:

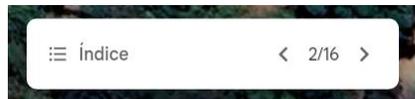
https://earth.google.com/earth/d/1uVhYuiKUJb_FWy5Az99pWEAZwOd_Wvk

Para que sacar mayor provecho de esta experiencia, a continuación, se mencionan algunas instrucciones generales.

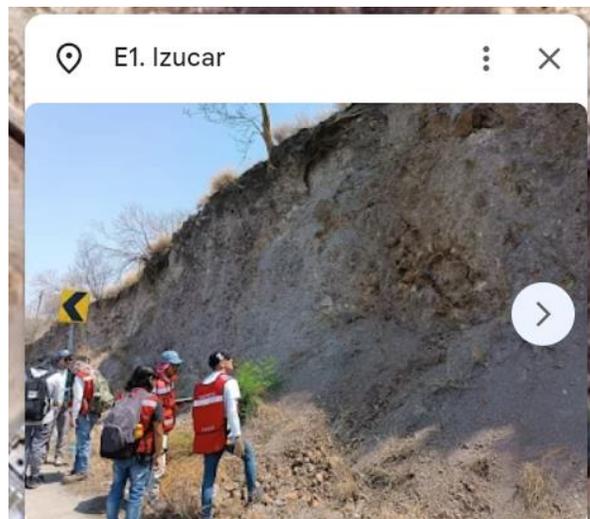
1. Cuando abras el recorrido presiona la pestaña “Presentación de diapositivas” para visualizar la práctica en el orden designado.

Un botón rectangular con un borde redondeado y un fondo blanco. A la izquierda hay un ícono de un reproductor de video (un triángulo dentro de un cuadrado). A la derecha del ícono, el texto "Presentación de diapositivas" está escrito en un color azul.

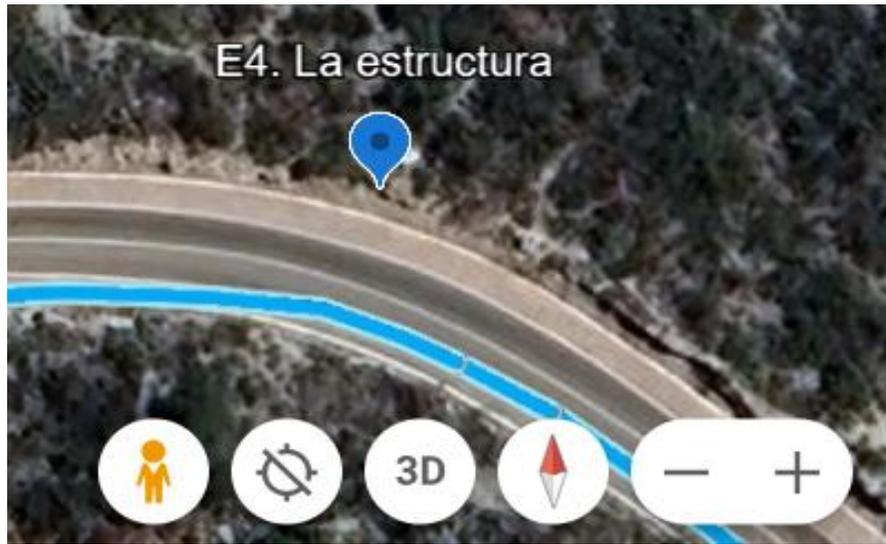
2. Con las flechas ubicadas en el extremo inferior izquierdo de la pantalla, podrás desplazarte de una estación a otra en el globo terráqueo de Google Earth.



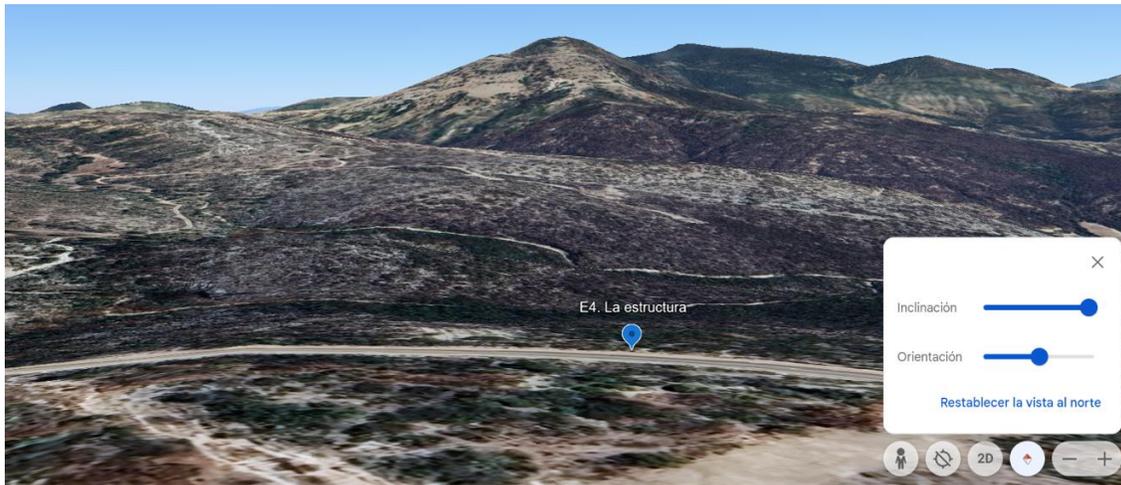
3. En cada estación se te presentara un cuadro en el que podrás encontrar diferentes fotografías que te mostrarán detalles de cada afloramiento.



4. A lo largo del recorrido virtual puedes hacer uso de la herramienta Street View, que te brindará una perspectiva del afloramiento en cuestión y te permitirá recorrerlo desplazándote por la carretera.



5. Otra herramienta de utilidad es que dando clic en el ícono de la brújula pues controlar la orientación e inclinación de lo que observas en pantalla. De esta manera podrás observar detalles como el relieve de la zona en que te encuentras.



6. Por último, en esta guía encontrarás lo siguiente:
- Una serie de planteamientos y preguntas por cada estación que se visita en la práctica virtual. Esta te ayudará a comprender el entorno geológico en cada estación. Deberás registrar tus observaciones, dibujos y respuestas en tu libreta.
 - Fotografías representativas de las características importantes de cada estación que deberás utilizar junto con el contenido multimedia de Google Earth para resolver los planteamientos del punto anterior.

ESTACIÓN 1 – MI PRIMER AFLORAMIENTO

¡Bienvenido a la primera estación de tu práctica virtual! Nuestro primer afloramiento se encuentra sobre la carretera, por lo que es posible aprovechar todas las herramientas de Google Earth, tales como Street View. Realiza tu recorrido virtual y revisa los planteamientos que se indican a continuación.



- Haciendo uso de Google Earth y las fotografías, dibuja en tu libreta el croquis general del afloramiento para que puedas describirlo mejor.
- ¿Por qué los estratos observados no se encuentran horizontales?
- ¿Qué unidad crees que sea la más antigua y por qué?
- La roca de color rojizo en el extremo izquierdo del afloramiento (Fig. A, B, E) tiene textura muy pobremente porfídica, con escasos fenocristales muy pequeños de anfíbol y plagioclasa. ¿De qué tipo de roca crees que se trate?
- Cuando los estudiantes intentaron clasificar las rocas de la sucesión estratificada, decidieron realizar una prueba con ácido clorhídrico para observar su reacción. Al realizar la prueba, notaron efervescencia en dos rocas diferentes, pero no en una. Una de las rocas que presentó efervescencia, que forma los estratos más gruesos y sobresalientes, tiene un aspecto masivo y cristalino. La otra roca que efervesció, de estratos más delgados y que no sobresalen tanto, tiene un aspecto similar a lodo

seco o clastos muy finos. La roca que no efervesció, de estratos menos abundantes y más delgados (Fig. F), también presenta una alta dureza (no la raya la navaja).

- ¿Cuáles son los 4 tipos de roca que se encuentran en este afloramiento? Indica a qué roca corresponde cada parte de tu croquis.
- La sucesión estratificada en el afloramiento descansa sobre la roca rojiza del extremo izquierdo. Este contacto es una superficie plana que se interpretó en campo como una superficie erosiva. ¿Cómo interpretas esta disposición de las rocas? ¿Qué tipo de discordancia es esta?

ESTACIÓN 2 – LA CANTERA

Hemos llegado a la segunda estación. Para esta estación no podrás hacer uso del Street View puesto que el punto no se encuentra sobre la carretera. Para resolver los siguientes planteamientos y actividades apóyate de las siguientes fotografías y las presentes en Google Earth. La pista sobre este afloramiento es que nos encontramos ante una roca de origen ígneo.



A. Vista general de la cantera. B. Acercamiento a la litología principal. C. Vista de una inclusión en el cuerpo rocoso. D. Vista de la textura de la roca.

- La roca que se presenta en la cantera tiene una textura porfídica (Fig. D) con fenocristales de feldespatos (feldespato alcalino y plagioclasa), biotita, cuarzo y muy poco anfíbol. Describe cómo ha sido el enfriamiento del magma para que la roca presente esa textura. ¿Crees que la roca es extrusiva o intrusiva?
- Si consideras la mineralogía de la roca ¿De qué roca crees que se trata?
- El afloramiento presenta un marcado fracturamiento vertical (Fig. A) ¿Qué tipo de deformación representan?
- Una cantera es un sitio del cual se extrae la roca para diversos usos y en este caso presenta una gran extensión. Dicho esto ¿Por qué crees que se explote la roca aquí; para qué crees que se use?
- Cuando se explora el afloramiento a detalle, se logra encontrar partículas extrañas distribuidas en él, estas tienen una tonalidad negra y presentan una textura afánítica que difieren del resto de la roca que las encajona (Fig. C) ¿Crees que sean más jóvenes que la roca encajonante? Aplica los principios discutidos en clase.
- Este afloramiento se ubica en una unidad conocida como Intrusivo _____ Tepenene. Esta unidad con textura porfídica forma diques que afectan a las rocas circundantes. ¿A qué profundidad asociarías la formación de la roca? ¿Cómo complementarías el nombre del Intrusivo Tepenene según su profundidad?

ESTACIÓN 3 – PRIMER ARROYO

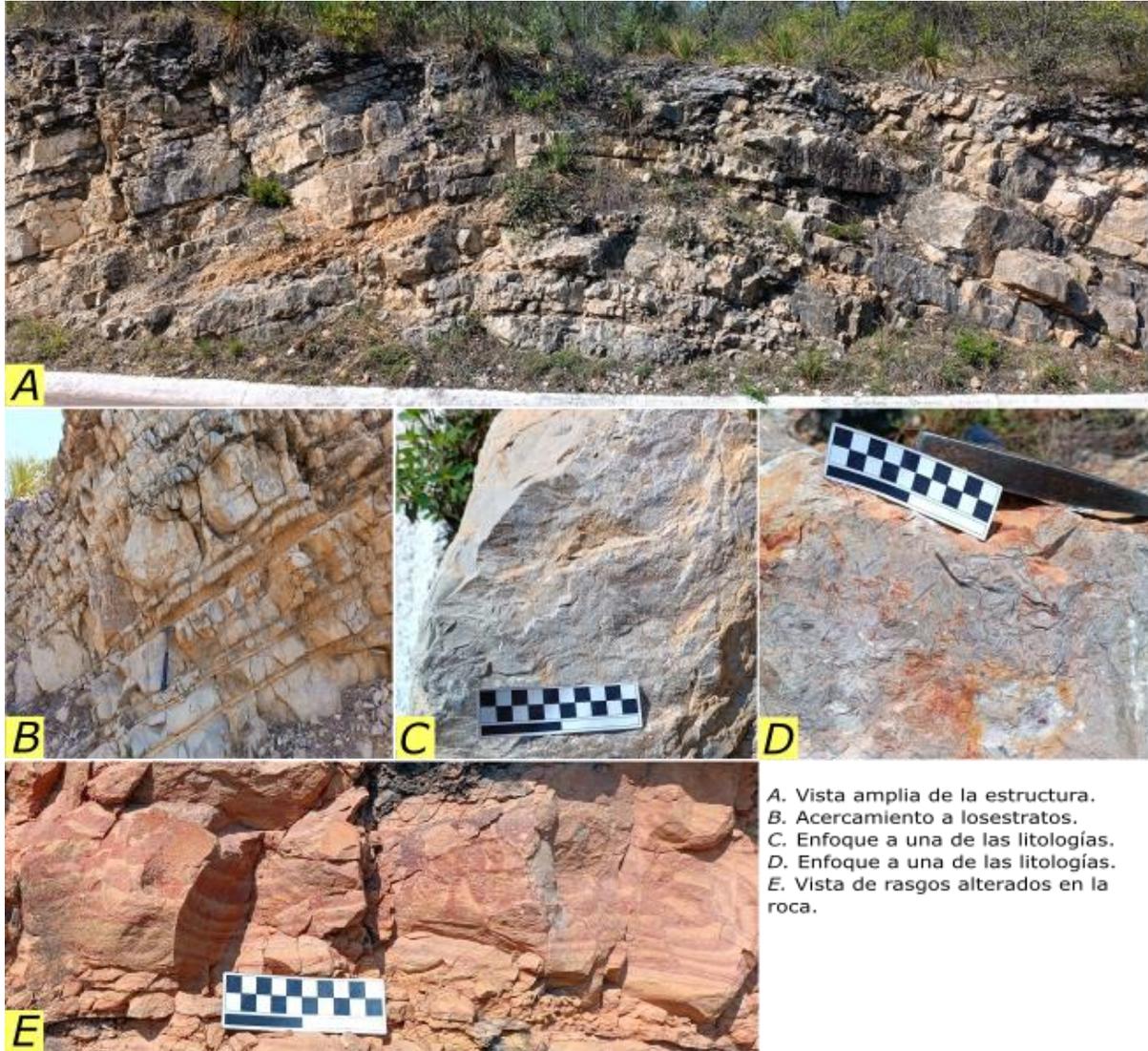
Nos encontramos en la tercera estación. ¡Comencemos! Esta estación no se ubica junto a la carretera, por lo que no podrás recorrerla mediante Street View. Sin embargo, en Google Earth puedes encontrar el trayecto marcado. Este registro incluye los cambios principales observados en las rocas a lo largo del recorrido, junto con fotografías de las rocas correspondientes a cada punto. Dicho esto, responde a las siguientes actividades.



- A lo largo del recorrido se observan tres tipos de roca metamórfica. En todas ellas se puede observar una textura de alineación preferencial de los minerales, que da un aspecto de capas y/o bandas en la roca. Dicho esto ¿dirías que las rocas en el recorrido están foliadas o no?
- La mineralogía del primer tipo de roca encontrada consta de micas y granate (Fig. D). La segunda roca tiene un marcado bandeamiento entre minerales de tonalidad clara, como feldespatos y cuarzo, y minerales de tonalidad oscura, correspondientes a minerales máficos (Fig. E). La tercera roca presenta cristales centimétricos y casi equidimensionales de feldespato potásico, dentro de una matriz de minerales máficos (Fig. F). ¿Qué rocas se encuentran en el arroyo?
- Mientras realizaban el recorrido, los estudiantes notaron cambios en la textura de las rocas, uno de ellos es que el tamaño de los cristales iba en aumento con cada tipo de roca encontrado. ¿A qué crees que se deba esto? ¿Cómo se relaciona el cambio en la textura con el grado de metamorfismo a lo largo del recorrido?
- ¿Cuál de las tres rocas que aparecen en el recorrido corresponde a un mayor grado de metamorfismo?

ESTACIÓN 4 – LA ESTRUCTURA

¡Bienvenido a la estación 4! Para esta estación podrás hacer uso de Street View y las demás herramientas de Google Earth. Ten en cuenta que es posible observar las rocas por ambos lados de la carretera. Apóyate de las imágenes que vienen a continuación y las que se encuentran en tu recorrido virtual para que observes diferentes detalles en tu recorrido por el afloramiento. Dicho esto, responde los planteamientos que vienen a continuación.



- Dibuja en tu libreta un croquis que te ayude a describir y registrar los detalles importantes del afloramiento.
- Basándonos en el principio de horizontalidad original, ¿qué conclusión puedes sacar sobre la disposición de los estratos que se observan en la Fig. A, crees que mantienen su disposición original o que han sido deformados?
- Según el comportamiento dúctil que tuvo el material al deformarse ¿Cómo clasificarías la estructura de deformación observada?
- Señala las partes de la estructura en tu croquis.
- ¿Qué tipo de régimen de esfuerzos afectó las rocas de tal manera que generó un acortamiento y engrosamiento en su estructura? Señala la dirección de los esfuerzos en el croquis de tu libreta.
- En el afloramiento los pliegues se presentan dos disposiciones. En la primera, los estratos de roca se arquean hacia arriba, formando un anticlinal; mientras que, en la segunda, los estratos se arquean

hacia abajo, formando un sinclinal. Ubica cada uno de estos pliegues en tu croquis y señala también dónde se encuentran las rocas más antiguas para cada uno de ellos.

- Cuando los estudiantes intentaron clasificar las rocas, decidieron realizar una prueba con ácido clorhídrico para observar su reacción. Realizaron la prueba en los dos principales tipos de rocas diferentes que encontraron y obtuvieron efervescencia en ambas. Una de las rocas forma estratos más gruesos y sobresalientes, y tiene un aspecto masivo y cristalino. La otra roca forma estratos más delgados y que no sobresalen tanto, y tiene un aspecto similar a lodo seco con partículas muy finas. ¿De qué tipo de rocas crees que se trata?
- Al recorrer el afloramiento, los estudiantes notaron que una zona destacaba. En esta zona, la roca presentaba una tonalidad rojiza, un marcado bandeamiento y la formación de círculos concéntricos entre tonalidades más oscuras y claras (Fig. E). ¿Cómo se llama el proceso por el cual los factores ambientales han afectado la roca para que presente estas características?

ESTACIÓN 5 – PRIMERA MIGMATITA

Esta estación se encuentra sobre la carretera, por lo que podrás aprovechar la visibilidad de street view para explorar el afloramiento y contestar.



A. Vista general del afloramiento. B. Acercamiento al afloramiento C. Acercamiento a una primer litología. D. Muestra de una de una segunda litología. E. Enfoque a la primer litología.

- Realiza el croquis del afloramiento en tu libreta.
- En el afloramiento se observan dos tipos de roca. El que se encuentra más al extremo izquierdo y en la parte superior es de un color claro y tiene una textura fanerítica con cristales de cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, y poca mica negra (Fig. D). En la parte inferior y derecha del afloramiento se observa una roca de color oscuro que presenta foliación, y su mineralogía consistía principalmente de micas oscuras (Fig. E). ¿Qué tipo de roca crees que corresponde a la parte clara de afloramiento y cuál a la parte oscura?
- ¿Crees que haya rocas ígneas aquí? Señala dónde están en el croquis de tu libreta.
- ¿Hay rocas metamórficas en el afloramiento? Señala dónde se encuentran en tu libreta.
- ¿Cómo crees que se haya originado la asociación entre las rocas que identificaste en este afloramiento?
- ¿Por qué se encuentran juntos estos dos tipos de roca?
- Por otra parte, los estudiantes se percataron de que en la zona de la roca de color claro existía la probabilidad de que ocurriera un movimiento en masa (Ver extremo izquierdo de la Fig. A). De que tipo de movimiento en masa crees que se trate.

ESTACIÓN 6 – SEGUNDA MIGMATITA

En esta estación nos encontramos sobre la carretera, por lo tanto, puedes aprovechar la visibilidad de street view para explorar el afloramiento.



A. Vista panorámica del afloramiento. B. Acercamiento al afloramiento C. Acercamiento a un extremo del afloramiento. D. Bloque con textura pegmatítica E. Enfoque a una textura de la roca. F. Muestra de una de las litologías. G. Enfoque a la textura pegmatítica

- Realiza el croquis del afloramiento en tu libreta.
- En el afloramiento se observan dos tipos de roca. El que presenta un color claro tiene una textura fanerítica con cristales de cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa y mica blanca y negra (Fig. F). Mientras que la parte de color oscuro del afloramiento corresponde a una roca que presenta foliación, y su mineralogía consiste principalmente de micas oscuras (Fig. E). ¿Qué tipo de roca crees que corresponde a la parte clara de afloramiento y cuál a la parte oscura?
- ¿Crees que haya rocas ígneas aquí? Señala dónde están en el croquis de tu libreta.
- ¿Hay rocas metamórficas en el afloramiento? Señala dónde se encuentran en tu libreta.
- ¿Cómo crees que se haya originado la asociación entre las rocas que identificaste en este afloramiento?
- ¿Por qué se encuentran juntos estos dos tipos de roca?

ESTACIÓN 7 – LAS COLUMNAS

Realiza un recorrido mediante street view y mientras te desplazas por el afloramiento presta atención a los cambios en las rocas.

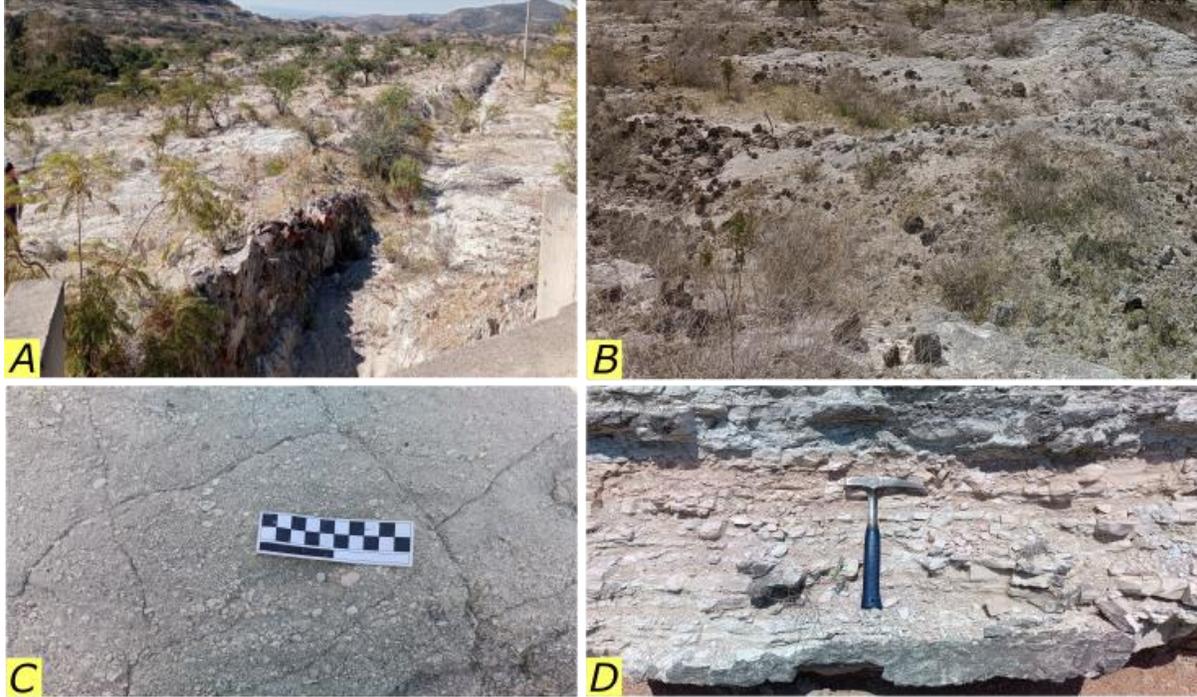


A. Primer litología del afloramiento.
B. Segunda litología.
C. Acercamiento a la primer litología.
D. Acercamiento a la segunda litología.
E. Contacto entre las litologías.
F. Vista de un extremo del afloramiento.
G. Vista textura segunda litología.

- Realiza el croquis del afloramiento.
- Al recorrer el afloramiento se encuentran dos tipos de rocas. La primera en aparecer presenta foliación y una mineralogía principalmente de micas (Fig. C). La segunda roca en aparecer tiene una tonalidad oscura, una textura afanítica y se compone de minerales máficos como piroxeno y olivino, y plagioclasa cálcica. ¿Cuáles son las rocas del afloramiento?
- Según las características texturales ¿cómo crees que ha sido el enfriamiento de la segunda roca (Fig. G)?
- ¿De qué tipo de erupción (efusiva o explosiva) proviene la segunda roca encontrada?
- Una observación importante es que la segunda roca encontrada se encuentra en forma de columnas pseudo-hexagonales (Fig. B y F). ¿Cómo crees que se formaron estas columnas de roca? Asegúrate de incluirlas en el croquis

ESTACIÓN 8 – EL VOLCÁN

Para esta estación puede servirte hacer uso de modificar la orientación y perspectiva en Google Earth. Observa todo el entorno y contesta.



A. Vista general del la estación. B. Vista alejada de una segunda zona de la estación. C. Enfoque a la litología presente en el afloramiento. D. Vista de los estratos del afloramiento.

- Realiza un croquis general
- En el afloramiento se observa principalmente material piroclástico tefra. También hay registros del intercalamiento de una lava solidificada (Fig. D). ¿Qué erupción ha generado la expulsión de cada material, respectivamente? Explica cómo eran las condiciones y características en el ascenso del magma para que se haya generado cada tipo de erupción.
- Observando la columna de estratos en el afloramiento a través de tus distintas herramientas, así como en la Figura D ¿Crees que todo el afloramiento se formó debido a una sola erupción o debido a varias? ¿Por qué?
- Entre las características del afloramiento, podemos observar cierta estratificación en el depósito de los materiales, una mala selección de los piroclastos y una nula gradación. De qué tipo de depósito crees que se trata: ¿Depósito de caída o de flujo?
- En la Figura C se observan partículas de pómez, ¿A qué estilo eruptivo se asocia este material?

ESTACIÓN 9 – EL RÍO

Utiliza las herramientas de Google Earth para realizar un recorrido por el afloramiento y responde las actividades que vienen a continuación.



A. Vista panorámica del afloramiento. B. Acercamiento al afloramiento. C. Muestra del estrato central D. Enfoque a uno de los clastos. E. Muestra de un segundo clasto del afloramiento.

- Realiza un croquis del afloramiento que te permita describirlo mejor y registrar tus notas.
- En el afloramiento puedes observar una secuencia de dos tipos de estratos. (Fig. A). El estrato que se encuentra en la base presenta clastos mayormente redondeados (Fig. B). El estrato superior a este tiene un menor espesor, una tonalidad rojiza y se compone de partículas muy finas, también tiene una apariencia parecida a lodo seco (Fig.C) ¿Qué nombre asignarías a la roca que compone cada estrato?
- En el estrato base hay dos tipos de clastos. Uno de ellos se conforma de un material con dureza al que la navaja no raya, tiene un lustre vítreo y una fractura concoide (Fig. D). El otro tipo de clastos corresponden a una roca con foliación y alto contenido en micas. ¿Cuáles son los dos tipos de clastos que hay?
- El estrato inferior tiene clastos con bordes mayormente no angulosos (Fig. B, D y E). y de tamaño bastante variado entre ellos. ¿Cómo es la redondez y la selección de los clastos en la roca? ¿Cómo concluyes que es la madurez textural de los clastos?
- Observando el estrato inferior se observa que hay un material más fino entre los clastos, y que estos no presentan un contacto directo entre sí. ¿Cómo están soportados los clastos?
- Según las características de la secuencia ¿Con qué tipo de ambiente asociarías la formación del depósito?

RECORRIDO 1. PARQUE CRETÁCICO

Este recorrido no cuenta con una posible visualización de Google Street view; sin embargo, puedes usar otras herramientas de perspectiva de Google Earth, así como las imágenes a continuación para contestar las actividades.



A. Vista general del recorrido
B. Inconformidad
C. Enfoque en el suelo con estructura sedimentaria
D. Roca compuesta de fragmentos orgánicos
E. Estratos en el recorrido
F. Enfoque a estructura sedimentaria
G. Estructura de deformación
H. Enfoque a estructura sedimentaria
I. Marcas de estructura sedimentaria

- ¿De qué edad son las rocas que se observan aquí?
- En la Fig. B se observa que los estratos inferiores se encuentran inclinados, esto es una disposición distinta al conjunto de estratos que los sobreyacen, pues estos están horizontales. ¿Qué tipo de discordancia se asocia a dicha disposición?
- ¿Qué estructuras sedimentarias reconoces en las figuras C, E y F respectivamente? ¿Qué información nos aporta acerca de la formación de la roca que las contiene?
- En la Fig. G se observa una estructura de deformación que ha ocasionado un desplazamiento en los estratos entorno a un plano, ¿Cuál es el nombre de esta estructura y a qué tipo de deformación se asocia?
- En la figura E se observan dos tipos de roca. Una de las rocas observadas presenta un tamaño de grano y conforma estratos que sobresalen más. El segundo tipo de roca se conforma por partículas muy finas, y los estratos no sobresalen tanto, tiene una apariencia de lodo seco. ¿Cuáles son los tipos de roca que hay en la figura E? ¿Cuáles son sus similitudes y diferencias?
- Por otro lado, en la figura D se encuentra un tipo de roca diferente a los anteriores. Esta roca se compone por agregados fósiles no consolidados. ¿Qué nombre recibe esta roca?
- Entre los diferentes fósiles que se encuentran en el recorrido se encuentran: Conchas, Turritelas, Nerineas, Trigonias, etc. Investiga a qué tipo de ambiente se asocian estos fósiles. ¿Qué información nos aportan acerca de la formación de la secuencia rocosa?

RECORRIDO 2. BAJO EL MAR

¡Hemos llegado al último recorrido de la práctica! Este se enfoca en conocer la parte biológica de la zona, conoceremos muchas especies vegetales y diferentes fósiles. Para este recorrido no hay visualización de Google Street view, sin embargo, puedes usar otras herramientas de perspectiva de Google Earth, así como las imágenes a continuación para contestar las actividades.



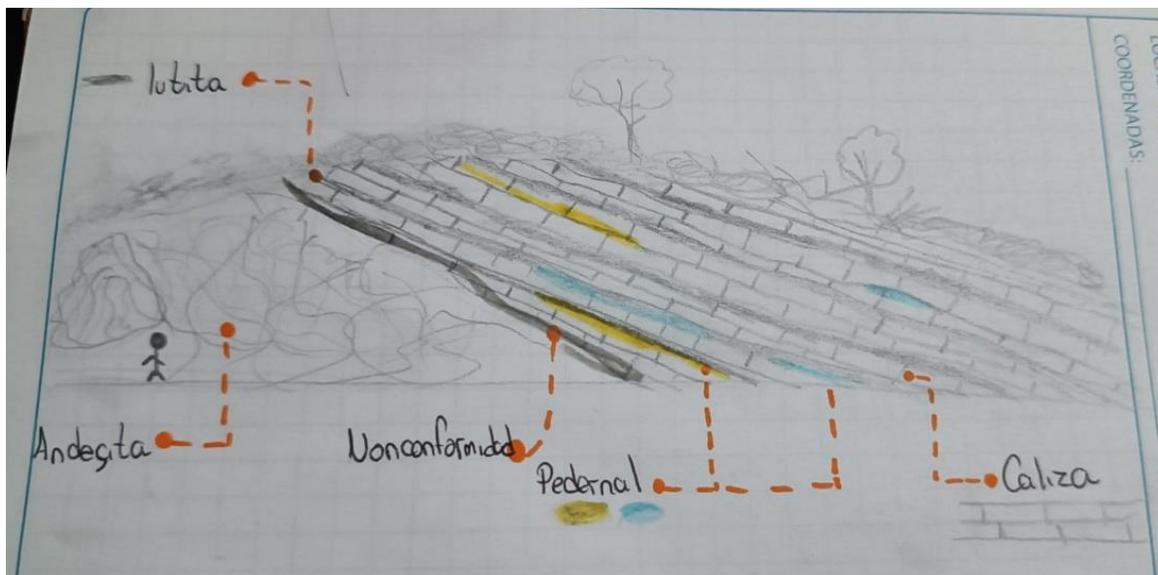
A. Fósiles en el recorrido B. Estructuras sedimentarias C. Fósiles en el recorrido D. Roca compuesta de fragmentos orgánicos

- ¿De qué edad son las rocas que contienen a los fósiles?
- En la figura D se encuentra un tipo de roca compuesta por agregados fósiles no consolidados, en este caso de conchas principalmente. ¿Qué nombre recibe esta roca?
- En el recorrido se observa una amplia variedad de fósiles, entre ellos: Corales, trigonias, conchas, turritelas, esponjas, nerineas, etc. ¿A qué ambiente sedimentario pertenecen dichos fósiles?
- En la figura B puedes observar círculos de rocas, estos rodean huellas de dinosaurio saurópodo, marcadas en la roca. ¿qué características tenía la roca para que se quedaran marcadas las huellas?

3. SOLUCIÓN A LAS ACTIVIDADES

ESTACIÓN 1 – MI PRIMER AFLORAMIENTO

Dibuja en tu libreta el croquis general del afloramiento para que puedas describirlo mejor.



¿Por qué los estratos observados no se encuentran horizontales?

Tomando en cuenta el principio de horizontalidad original, se puede concluir que los estratos fueron inicialmente horizontales, pero se han inclinado debido a un evento de deformación posterior a su depósito y formación.

¿Qué unidad crees que sea la más antigua y por qué?

Según el principio de superposición, las rocas que se encuentren hasta abajo en una sucesión son las más antiguas. Tomando en cuenta esto, la unidad que está por debajo de la secuencia estratificada, ubicada hasta el extremo izquierdo del afloramiento, sería la más antigua. Esta unidad no está estratificada y es rojiza.

¿Cómo es la reacción entre las rocas del afloramiento con el ácido clorhídrico? Tómallo en cuenta al clasificarlas.

No todas las rocas tienen minerales que reaccionen con el ácido. La roca roja de hasta la izquierda no efervesce. Todas las rocas estratificadas efervescen menos una. La que no efervesce es distintivamente diferente, se ve de color café, a veces azulada y blanca, y tiene una dureza mayor a la de la navaja.

¿Cuántas rocas diferentes reconociste? ¿Son todas del mismo tipo?

Se reconocieron 4 rocas diferentes. No son todas del mismo tipo.

A la roca roja de hasta la izquierda, se le observó una textura afanítica o muy pobremente porfídica, con muy pocos cristales (fenocristales) muy pequeños de algún mineral máfico, probablemente piroxeno o anfíbol. Se determinó que se trata de una andesita.

En las rocas estratificadas se pudo distinguir calizas cristalinas, de color gris a crema, formando los estratos más gruesos.

Los estratos color café/azulado/blanco, se clasificaron como pedernal, y forman lentes y bandas, son menos continuos y también menos abundantes.

También se distinguieron estratos de lutita, de menor espesor, con un aspecto de arcilla, laminado y que también efervescían.

Indica a qué roca corresponde cada parte de tu croquis.

Ver croquis arriba

Encuentra la discordancia. ¿De qué tipo es? Explícalo brevemente. Inclúyela en tu croquis.

La unidad a la izquierda, que es la más antigua, se encuentra por debajo de la sucesión estratificada, separada por una superficie planar que se interpretó como la discordancia. Como la roca de abajo es ígnea y la de arriba es sedimentaria, se determinó como una nonconformidad.

Menciona algunas características causadas por la meteorización del afloramiento.

La coloración rojiza que presenta la unidad más antigua podría representar evidencia de que está meteorizada y oxidada; también, se desintegra con facilidad (poco cohesiva).

ESTACIÓN 2 – LA CANTERA

Dibuja tu croquis.

Según las características mineralógicas y texturales observadas, ¿en qué condiciones crees que se formó la roca?, ¿cómo fue su enfriamiento? ¿Crees que la roca sea intrusiva o extrusiva?

La roca tiene textura porfídica. Por lo tanto, el magma que la formó primero se enfrió lento y luego rápido. Por ello creemos que la roca es extrusiva.

¿Puedes concluir de qué tipo de roca se trata?

Los fenocristales que distinguimos son: biotita, plagioclasa y/o feldespato alcalino, probable anfíbol, y poco cuarzo. Esto llevó a clasificarla entre una dacita y una riolita. Después la discusión grupal, el profesor nos indicó que la plagioclasa es más abundante que el feldespato alcalino, por lo que nos decidimos por dacita. El profesor también nos dijo que un análisis químico de la roca indica que se trata de una dacita.

¿Puedes notar evidencias de estructuras de deformación? ¿De qué tipo son? Registra esta información en tu libreta.

En el afloramiento hay múltiples fracturas grandes que podrían también representar fallas, si hubiera desplazamiento de las rocas. Las estructuras son, entonces, de deformación frágil.

¿Por qué crees que se explote la roca aquí; para qué crees que se use?

Porque hay mucho material disponible, el afloramiento es muy grande. Seguramente se usa el material para objetivos de construcción diversos.

Explora el afloramiento, intenta encontrar partículas extrañas al resto de la roca tal como se muestra en la imagen C. ¿Crees que sean más jóvenes que la roca encajonante? Aplica los principios vistos en clase.

Sí los encontramos, serían inclusiones y según el principio de inclusión, los fragmentos incorporados, son más antiguos que la roca que las contiene.

NOTA: Este afloramiento se ubica en una unidad conocida como Intrusivo hipabisal Tepenene. Esta unidad, de textura porfídica, representa un conjunto de diques e intrusiones menores, que afectan e intrusionan a las rocas circundantes. En especial, se aprecian diques de esta unidad dacítica, cortando conglomerados de la Formación Raboso en las inmediaciones de Izúcar de Matamoros. Esta información se discute con el alumnado después de que han hecho sus observaciones y se les indica la ubicación de los diques mencionados, que pueden ser observados desde el vehículo, pues no es muy seguro detenerse en este punto de contacto.

ESTACIÓN 3 – PRIMER ARROYO

Realiza varios croquis donde puedas registrar lo que observas en el recorrido.

¿A lo largo del recorrido las rocas van cambiando o permanecen iguales? ¿Cuántas litologías logras encontrar?

Mientras realizábamos el recorrido, observamos que las rocas que afloraban no eran las mismas, pues tenían características diferentes. Logramos observar tres diferentes litologías: En la primera parte del recorrido observamos un Esquisto, que presentaba micas y granate; al avanzar más, el segundo tipo de roca con el que nos topamos fue un Gneiss que presentaba bandeamiento entre minerales claros, es decir los félsicos y minerales oscuros, es decir los máficos, y también pudimos notar que ya no había presencia de granate en él; en la última parte del recorrido observamos un augen gneiss que presentaba una textura donde las partículas de feldespato eran de tamaño mayor a los minerales que forman la matriz, posteriormente el profesor menciona que dicha textura recibe el nombre de porfidoblástica.

¿Cómo va cambiando el tamaño de los cristales a lo largo del recorrido?

A lo largo del recorrido, notamos que el tamaño de los cristales aumentaba en las diferentes rocas que observábamos. Así, los cristales del esquisto eran los de menor tamaño; en el gneiss, los cristales eran más grandes, y finalmente, al llegar al augen gneiss, observamos los cristales de mayor tamaño, correspondientes a feldespatos de tamaño centimétrico.

¿Observas foliación en las rocas del arroyo? Si es así ¿de qué tipo de foliación se trata? ¿Es el mismo tipo de foliación para todas las litologías que encontraste?

Sí observamos foliación en las rocas del recorrido pues los minerales en ellas mostraban una textura con orientación marcada. Foliación esquistosa para el esquisto y foliación gneissica para el gneiss y el augen gneiss.

¿Cómo cambia el grado de metamorfismo a lo largo del recorrido? Cómo se relaciona el cambio en la textura de las rocas con el grado de metamorfismo a lo largo del recorrido.

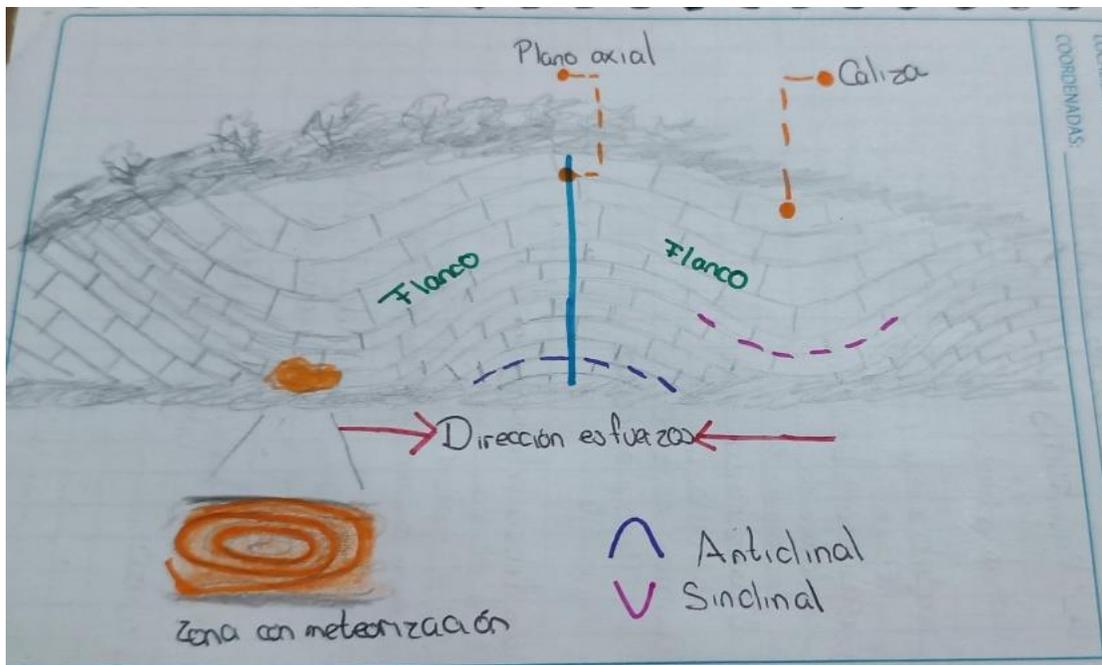
Relacionando el grado metamórfico con el cambio en las características físicas y mineralógicas que observamos mientras avanzábamos en el recorrido, concluimos que el grado de metamorfismo iba incrementando mientras caminábamos más. Esto porque el metamorfismo se caracteriza por una recristalización de los cristales, volviéndolos más grandes. Así como la pérdida de minerales como el granate que dejan de ser estables a medida que las condiciones de presión y temperatura incrementan.

Mientras realizabas el recorrido, pudiste apreciar el sedimento en el lecho del arroyo ¿Qué características texturales pudiste apreciar en él (forma, tamaño, redondez, angularidad y madurez mineralógica)? ¿Qué roca crees que se formaría con la compactación y cementación del sedimento con dichas características?

En el lecho del arroyo se encuentran diferentes clastos tamaño grava; en general se presentan bien redondeados; la selección entre ellos es moderada, pues presentan un tamaño muy variado entre sí. La composición de los clastos es variada, pues observamos clastos de rocas que vimos aflorar en nuestro recorrido por el arroyo (esquisto, gneiss, augen gneiss), y también los hay de rocas ajenas al arroyo, lo que quiere decir que estos fueron transportados de algún otro sitio por factores naturales como la corriente de agua que pasa por el arroyo en algunas épocas del año. Con las características anteriores concluimos que la roca que se formaría de la compactación y cementación de este sedimento sería un conglomerado.

ESTACIÓN 4 – LA ESTRUCTURA

Dibuja en tu libreta un croquis que te ayude a describir los detalles importantes del afloramiento.



¿Cómo clasificarías las estructuras de deformación observadas?

Tomando en cuenta el principio de horizontalidad original, se puede concluir que los estratos fueron inicialmente horizontales. Sin embargo, debido a esfuerzos posteriores a su depósito y formación, han sido deformados, generando así una estructura de deformación clasificada como pliegue.

Señala las partes de la estructura en tu croquis.

Ver croquis arriba

¿Dónde se encuentra la parte más antigua en cada estructura? Señálalo en tu libreta.

En un pliegue anticlinal, los estratos de roca más antiguos están en el centro, mientras que las más jóvenes están en la periferia. Por otro lado, en un pliegue sinclinal, las rocas más antiguas están en la parte exterior y las más jóvenes en el núcleo

¿A qué tipo de deformación crees que se relaciona esta estructura?

Dado que la estructura es un pliegue, el tipo de deformación al que se asocia es deformación dúctil, pues el material rocoso no se ha fracturado.

¿Qué régimen de esfuerzos crees que se presenta? Señala la dirección de los esfuerzos en el croquis de tu libreta.

El régimen de esfuerzos que afectó fue de tipo compresivo que ha producido un acortamiento y engrosamiento en las rocas.

Ver señalización de dirección de esfuerzos en croquis arriba

¿Cómo es la reacción de las rocas del afloramiento con el ácido clorhídrico? Considéralo al clasificarlas.

Las rocas en el afloramiento presentan minerales que reaccionan a la interacción con el ácido clorhídrico.

¿Encontraste los fósiles? ¿Observas alguna(s) otra(s) estructura(s) sedimentarias?

Encontramos fósiles en una parte del afloramiento, lo cual, junto con sus características mineralógicas, nos permitió clasificar las rocas que los contenían como caliza fosilífera. Otra estructura sedimentaria que observamos fueron los diferentes estratos, donde los de mayor espesor y abundancia correspondían a caliza cristalina, mientras que otros estratos observables, pero de menor espesor, eran de lutita. Una última estructura sedimentaria que notamos fue la presencia de ondulaciones o rizaduras en la base de algunos estratos, las cuales parecían haber sido generadas por el agente de transporte del sedimento.

Al recorrer el afloramiento encuentra rasgos que indiquen evidencias de meteorización. Mencionalos en tu libreta e indica en tu croquis la zona donde predominan estas características.

Mientras observamos el afloramiento notamos algunas zonas donde la roca presentaba una tonalidad naranja- rojiza, lo que podría ser evidencia de que la roca está meteorizada y oxidada. También se observaba un marcado bandeamiento y formación de círculos concéntricos entre las tonalidades naranja y roja. Estas evidencias las asociamos a una meteorización y oxidación de la roca.

ESTACIÓN 5 – PRIMERA MIGMATITA

Realiza tu croquis.

Acércate al afloramiento y con ayuda de tus herramientas contesta: ¿Crees que haya rocas ígneas aquí?

Sí, al examinar la mineralogía y texturas de la roca, logramos identificar una roca ígnea con cristales de cuarzo, feldespato potásico y poca mica.

¿En dónde se encuentran? Señálalo en el croquis de tu libreta.

Las rocas ígneas en el afloramiento se encuentran en la parte clara de este. Posteriormente el profesor ha explicado que esta parte recibe en nombre de leucosoma.

Explora el afloramiento, ¿Crees que haya rocas metamórficas aquí? ¿observas foliación? Señálalo en el croquis.

Sí, al examinar una muestra de la parte oscura del afloramiento, encontramos que la mineralogía consistía principalmente de micas y que presentaba foliación, y la identificamos como una roca metamórfica.

Observa y analiza el afloramiento ¿crees que pueda haber algún movimiento en masa en él?

Sí, parece que puede haber riesgo de desprendimiento de roca en la parte clara del afloramiento, correspondiente al granito.

¿Qué tipo de roca es la parte oscura del afloramiento?

La parte oscura del afloramiento que posterior a una explicación del profesor denominamos como melanosoma corresponde a una roca metamórfica, identificada como esquisto de micas oscuras principalmente, como la biotita.

¿Qué tipo de roca es la parte clara del afloramiento?

La parte clara corresponde a una roca ígnea, identificada como granito.

Toma varias muestras y contesta ¿Qué texturas identificas? ¿qué minerales identificaste? ¿qué rocas identificaste?

Al tomar muestras de la parte del leucosoma, en la roca ígnea observamos una textura fanerítica, cuya mineralogía se componía de cuarzo, feldespato potásico y poca mica. De esta manera clasificamos la roca como un granito.

Al tomar muestras de la parte del melanosoma, en la roca metamórfica observamos una foliación marcada que presenta los minerales alineados de forma paralela y laminar; en cuanto a la mineralogía, logramos identificar principalmente mica oscura. Así clasificamos esta roca como un esquisto.

¿Cómo crees que se haya originado la asociación entre las rocas que identificaste en este afloramiento?

Es probable que la roca metamórfica represente la parte que no se fundió por completo durante el proceso de fusión, cuando la roca fue sometida a altas temperaturas. En contraste, el granito resultó de la cristalización del material que sí se fundió.

¿Por qué se encuentran juntos estos dos tipos de roca?

Se encuentran juntos porque el granito parece ser el material segregado por una fusión parcial localizada en la roca inicial, que fue sometida a altas temperaturas. Este proceso permitió que parte del material se fundiera y cristalizara como granito, mientras que el resto permaneció como una roca metamórfica.

ESTACIÓN 6 – SEGUNDA MIGMATITA

Realiza tu croquis.

¿Crees que haya rocas ígneas aquí? Señálalo en el croquis de tu libreta.

Sí, al examinar la mineralogía y texturas de la roca, logramos identificar una roca ígnea.

¿Crees que haya rocas metamórficas aquí? ¿observas foliación? Señálalo en el croquis.

Sí, al examinar una muestra de la sección oscura del afloramiento, encontramos que su mineralogía consistía principalmente de micas oscuras y presentaba foliación. La identificamos como una roca metamórfica.

¿Qué tipo de roca es la parte oscura del afloramiento?

La parte oscura del afloramiento que posterior a una explicación del profesor denominamos como melanosoma corresponde a una roca metamórfica, identificada como esquisto de micas oscuras principalmente, como la biotita.

¿Qué tipo de roca es la parte clara del afloramiento?

La parte clara corresponde a una roca ígnea, identificada como granito.

Toma muestras y contesta ¿Qué texturas identificas? ¿qué minerales identificaste? ¿qué rocas identificaste?

Al tomar muestras de la parte del leucosoma, en la roca ígnea observamos una textura fanerítica, cuya mineralogía se componía de cuarzo, feldespato potásico y poca mica. De esta manera clasificamos la roca como un granito.

Al tomar muestras de la parte del melanosoma, en la roca metamórfica observamos una foliación marcada que presenta los minerales alineados de forma paralela y laminar; en cuanto a la mineralogía, logramos identificar principalmente mica oscura. Así clasificamos esta roca como un esquisto.

¿Cómo crees que se haya originado la asociación entre las rocas que identificaste en este afloramiento?

Es probable que la roca metamórfica represente la parte que no se fundió por completo durante el proceso de fusión, cuando la roca fue sometida a altas temperaturas. En contraste, el granito resultó de la cristalización del material que sí se fundió.

¿Por qué se encuentran juntos estos dos tipos de roca?

Se encuentran juntos porque el granito parece ser el material segregado por una fusión parcial localizada en la roca inicial, que fue sometida a altas temperaturas. Este proceso permitió que parte del material se fundiera y cristalizara como granito, mientras que el resto permaneció como una roca metamórfica.

ESTACIÓN 7 – LAS COLUMNAS

Recorre el afloramiento y realiza tu croquis.

En esta estación podrás encontrar dos tipos de roca principales, trata de encontrar el contacto entre ellas y señálalo en el croquis de tu libreta.

¿Cuáles son los dos tipos de roca que se observan? Señala en tu croquis.

Al inicio del recorrido por el afloramiento la roca que observamos presenta foliación, y una mineralogía conformada por micas, de esta manera la clasificamos como un esquisto.

La segunda roca que encontramos se trata de un basalto.

¿Observas foliación en alguna roca del recorrido? ¿De qué roca se trata?

Sí se observa foliación en la primera roca del recorrido, se trata de una roca metamórfica, identificada como esquisto.

¿Encontraste rocas ígneas? Según la textura que observas: ¿Cómo crees que haya sido el enfriamiento de esta roca? Explica ¿Qué roca es?

Sí encontramos una roca ígnea. La textura que presentaba era afanítica, pues los granos cristalinos eran muy finos. La textura afanítica nos indica que el enfriamiento de la roca fue de manera rápida en superficie. Identificamos la roca como un basalto compuesto por minerales máficos como olivino y piroxeno.

¿Cómo se formaron las columnas pseudo hexagonales? Asegúrate de incluirlas en el croquis.

Durante el recorrido, observamos que el basalto se presenta en columnas pseudo hexagonales. Creemos que esto ocurrió debido a que la lava basáltica, al enfriarse rápidamente, se solidificó y contrajo, formando prismas casi hexagonales.

ESTACIÓN 8 – EL VOLCÁN

Realiza un croquis general.

¿Qué tipo de erupción crees que haya generado el afloramiento? (Pista: hay dos tipos de erupciones)

Mayormente podemos observar material piroclástico tefra que indica una erupción explosiva, generada por el ascenso de un magma rico en volátiles que lo ha fragmentado.

Observamos también registros de una erupción efusiva, pues notamos registros de una lava intercalada con el material piroclástico.

¿Crees que todo el afloramiento se formó debido a una sola erupción o a varias? ¿Por qué?

Creemos que han sido varias erupciones porque se observa una columna repetitiva en los estratos del material depositado por las erupciones.

De qué tipo de depósito se trata: ¿Depósito de caída o de flujo?

Es principalmente un depósito de flujo. Pues observamos cierta estratificación en el depósito, así como una mala selección de los piroclastos. Lo que lo descarta de un depósito de caída pues no observamos una graduación.

¿Ya encontraste las pómez? Descríbelas.

Sí encontramos las pómez, consisten en material vítreo de composición félsica, color blancuzco y tamaño lapilli. La presencia de pómez la relacionamos a una erupción pliniana pues es característica de esta, donde se fragmentan grandes volúmenes de magma félsico viscoso rico en gases.

ESTACIÓN 9 – EL RÍO

Realiza un croquis del afloramiento para que puedas describirlo mejor.

Describe la roca que forme cada estrato. Observa y describe las características texturales que notes.

¿Cómo es la redondez, selección, esfericidad, tamaño de los componentes, etc.?

Comenzando por el estrato inferior, y que presenta un mayor espesor, observamos que los clastos son mayormente redondeados; presentan una mala selección, pues el tamaño entre ellos es diverso; los clastos están soportados por una matriz,

El siguiente estrato presenta partículas de tamaño muy fino y una coloración rojiza; estas partículas están muy bien seleccionadas, son redondeadas, y una alta esfericidad.

Estos estratos se repiten una vez más en el afloramiento.

¿Todos los estratos están formados de las mismas rocas? ¿Cuántas rocas diferentes encontraste?

Los estratos no están formados por la misma roca. Los estratos de mayor espesor se componen por clastos de cuarzo y de esquisto. Mientras que la roca en los estratos con materiales más finos la definimos como lutita.

Con base en tus observaciones ¿Cómo es la madurez textural de las rocas de cada estrato?

Definimos la madurez textural de los estratos de cuarzo y esquisto como baja-moderada, por las características mencionadas anteriormente.

Mientras que consideramos que el estrato de lutitas presenta una alta madurez textural.

Según las características de la secuencia ¿A qué tipo de ambiente asociarías la formación del depósito?

Para los estratos de mayor espesor que se conformaban por clastos de cuarzo y esquisto, el ambiente asociado es uno de moderada a alta energía como un río. Mientras que para los estratos de lutita se asocia un ambiente de baja energía, donde se pudieron depositar las partículas finas.

RECORRIDO 1. PARQUE CRETÁCICO

Realizarás varios croquis generales.

Presta atención a lo que te van explicando.

¿De qué edad son las rocas que se observan aquí?

Los fósiles pertenecen al Cretácico.

¿Qué estructuras de deformación logras observar a lo largo del recorrido?

Mientras realizábamos el recorrido observamos diversas fallas y también pliegues.

¿A qué tipo de deformación asocias cada una?

Las fallas observadas se asocian a una deformación frágil, pues bajo el esfuerzo las rocas se fracturaron. Mientras que los pliegues se asocian a una deformación dúctil.

¿Hay estructuras sedimentarias visibles en el recorrido? ¿Cuáles son? ¿Qué información nos aportan acerca de la formación de la roca que las contiene?

Entre las estructuras sedimentarias que identificamos se encontraban los estratos, que indican diferentes períodos de depósito de los sedimentos. También observamos grietas de desecación en las rocas, las cuales sugieren que el sedimento lodoso perdió humedad, generando formas poligonales. Además, presenciamos rizaduras en una zona del recorrido, visibles como ondulaciones formadas por la movilización de los sedimentos debido a un agente de transporte.

¿Qué rocas identificaste? ¿Cuáles son sus similitudes y diferencias?

Las rocas que observamos eran Coquinas, Areniscas, y lutitas. Entre las diferencias está que no todas contenían fósiles, pues la roca que los contenía era la coquina; el tamaño de grano entre la lutita y la arenisca era diferente, pues el de la arenisca es mayor. Las similitudes son que todas estas rocas son sedimentarias.

¿Observas alguna inconformidad? ¿De qué tipo es? Explícalo brevemente e incluye un esquema en tu libreta.

Observamos una inconformidad visible en la mayor parte del recorrido. Esta inconformidad era de tipo angular, ya que los estratos más jóvenes, ubicados en la parte superior, se encontraban sobre la superficie de erosión de estratos más antiguos y deformados, los cuales estaban inclinados.

¿De qué son los fósiles que se encuentran en el recorrido? ¿Qué información nos aportan?

Huellas de alosaurio, corales, trigonias, conchas, nerineas. Estos fósiles indican que en el pasado este fue un ambiente marino o mixto como una playa.

RECORRIDO 2. BAJO EL MAR

No tienes que hacer croquis, ve anotando todo lo que te van explicando.

¿Cuántos fósiles diferentes se encuentran aquí? Enlista algunos.

Turritelas, Trigonía, Huellas de sauropodo, corales, nerineas, conchas, esponjas.

¿De qué edad son las rocas que contienen a los fósiles?

Los fósiles pertenecen al Cretácico.

¿Qué rocas son las que contienen fósiles?

Las coquinas presentes en el recorrido contienen fósiles.

¿A qué ambiente sedimentario pertenecen los fósiles que se observan en el recorrido?

Los fósiles pertenecen a un ambiente marino o mixto como una playa.

¿Hay estructuras sedimentarias visibles en el recorrido? ¿Cuáles son?

Entre las estructuras sedimentarias que identificamos se encontraban los estratos, que indican diferentes períodos de depósito de los sedimentos. También observamos grietas de desecación en las rocas, las cuales sugieren que el sedimento lodoso perdió humedad, generando formas poligonales. Además, de los fósiles y las huellas marcadas en las rocas.

¿Cuál es la parte que más te gustó de este recorrido?

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 La práctica de campo en el marco del programa de la asignatura de Geología Física

La asignatura de Geología Física consta de 15 capítulos distribuidos en 5 bloques como se muestra en la Tabla 4.1. A continuación, se presenta una discusión de las oportunidades proporcionadas por las estaciones contempladas en esta guía para abordar el temario de la asignatura. En la tabla 4.1, se asigna un valor a cada Capítulo del programa de la asignatura, según la profundidad con la que se estudie en cada estación de la práctica. Para ello, se ha utilizado un rango del 1-3, donde el número tres indica la máxima relevancia y el uno la menor.

Tabla 4.1. Cobertura del temario de Geología Física en la Práctica de Campo

Programa de Geología Física		Práctica de Campo de Geología Física											T	
Bloque	Capítulo	Tema	Mi primer	Cantera	1er Arroyo	Estructura	1a Migma	2a Migma	Columnas	Volcán	Río	Cretácico		Bajo el Mar
	1	Introducción a la geología												0
I	2	El planeta Tierra												0
	3	La tectónica de placas			3	2	3	3						11
	4	Elementos, minerales y rocas	3	3	3	3	3	3	3	3	3			27
II	5	Magmatismo y rocas ígneas	2	3			3	3	3	3				17
	6	Meteorización y suelo	2			2								4
	7	Del sedimento a las rocas sedimentarias	3			3					3	2	2	13
	8	Rocas metamórficas			3		3	3	2					11
III	9	Esfuerzo tectónico y deformación de la corteza	2	2	2	3	2	2				3		16
	10	Terremotos y peligros sísmicos												0
	11	Vulcanismo y peligros volcánicos	1	2					2	2				7
IV	12	El tiempo geológico	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	16
V	13	Inestabilidad de pendientes y movimientos en masa					1							1
	14	Corrientes de agua superficial e inundaciones			1							1		2
	15	El agua subterránea												0

Estación 1 – Mi primer afloramiento (18°36'38"N 98°29'30"W)

La primera estación (como todas) permite a los estudiantes analizar las características mineralógicas y texturales de las rocas para llevar a cabo su identificación; las rocas más abundantes son sedimentarias (caliza, lutita y pedernal), por lo que se le ha asignado el valor de mayor relevancia (3) a los capítulos correspondientes (Capítulos 4 y 7) (Tabla 4.1). En el afloramiento también se observa una andesita en la base de la secuencia sedimentaria, a cuya descripción se dedica un tiempo más reducido que a las sedimentarias, ya que existen otras estaciones en las que se dará énfasis a rocas ígneas extrusivas. Por ello, se le ha asignado una relevancia de 2 al capítulo 5 (Tabla 4.1).

Otros aspectos que se logran abordar brevemente en el afloramiento, son los efectos que genera la deformación y la meteorización. En el primer caso, los estratos sedimentarios están ligeramente basculados, por lo que se orienta a los estudiantes para que sean capaces de reconocer la deformación y atribuirle una causa (Capítulo 9, relevancia de 2) (Tabla 4.1). Esto les permite formular sus propias conclusiones a medida que reconocen y analizan las evidencias de deformación, aportando así a su

comprensión de los procesos geológicos que han afectado la configuración de los estratos en la zona. Para el segundo caso, la andesita del afloramiento presenta una oxidación marcada y una leve meteorización esferoidal, aspectos que se discuten brevemente con los estudiantes (Capítulo 6, relevancia de 2) (Tabla 4.1).

En el afloramiento, los estudiantes tienen la oportunidad de abordar aspectos relativos al tiempo geológico (Capítulo 12) con una relevancia de 2. Dado que tienen la oportunidad de aplicar el principio de superposición para determinar la secuencia temporal relativa entre los estratos que observan. También, tienen la oportunidad de reconocer una discordancia la cual representa la relación entre dos unidades entre cuyo depósito ocurrió una interrupción en el registro estratigráfico. Esto les permite comprender la complejidad de la historia geológica registrada en el afloramiento, proporcionándoles una comprensión de los acontecimientos que han dado forma al paisaje a lo largo de la historia geológica. Además, en el mapa geológico de la Figura (1), los estudiantes pueden consultar la ubicación de la estación y tomar nota de la edad de las rocas que están observando, que en este caso se registra como Cenozoico indiferenciado. Esta última información la emplearán posteriormente, regresando al aula de clases, para construir una columna estratigráfica conjuntando las observaciones de todas las brigadas de estudiantes.

Estación 2 – La Cantera (18°29'25"N 98°23'52"W)

El afloramiento consiste en un banco de material en el que los estudiantes observan y pueden analizar las características mineralógicas y texturales de la roca para su identificación. En esta estación la litología corresponde a una dacita, por lo que se le ha asignado una relevancia de 3 a los Capítulos 4 y 5 (Tabla 4.1). De esta manera se lleva a que los estudiantes generen ideas sobre las condiciones en las que se ha formado la roca. La unidad dacítica representa una intrusión hipabisal de textura porfídica, sin embargo, por las características del afloramiento, no es posible observar las relaciones de corte con las rocas circundantes, por lo que se informa a los estudiantes que se trata de una unidad intrusiva y se promueve que discutan las causas de su textura porfídica.

Al realizar una inspección general del afloramiento, los estudiantes descubren la presencia de fracturas y fallas afectando a la unidad de dacita, que les permiten analizar el régimen de deformación que ha afectado la roca (Capítulo 9, relevancia de 2).

Por último, al explorar, los estudiantes pueden descubrir la presencia de algunos xenolitos de la corteza. Este hecho les proporciona una oportunidad para aplicar el principio de inclusión (Capítulo 12, relevancia de 2). También, se tiene que tomar nota de la edad de la roca que se visita en esta estación, que en la Figura 1 corresponde a Cenozoico indiferenciado.

Estación 3 – Primer Arroyo (18°13'47"N 98°11'56"W)

En esta estación, los estudiantes pueden comprender cómo la tectónica de placas (Capítulo 3) desempeña un papel crucial en la creación de condiciones geológicas propicias para el metamorfismo, por lo que se le asigna una relevancia de 3. Durante el recorrido por un arroyo (que le da nombre a la estación), ante los estudiantes se presenta un registro marcado en las rocas de cómo las complejas interacciones entre las placas tectónicas pueden desencadenar procesos metamórficos. Durante todo el recorrido por el arroyo,

los estudiantes tienen la oportunidad de examinar las características, cambios mineralógicos y texturales de las rocas que se van presentando (Capítulos 4 y 8, relevancia de 3), y podrán identificar al menos tres tipos de rocas metamórficas. Mediante la aplicación de los conocimientos adquiridos en clase, utilizarán sus habilidades de observación para identificar características distintivas, como las variaciones en la foliación presente en estas rocas.

A medida que avanzan, los estudiantes podrán reconocer y catalogar las litologías encontradas, comenzando con esquistos, seguido por gneiss y concluyendo el recorrido con el descubrimiento de un augen-gneiss, notando que a medida que se avanza, el grado de metamorfismo aumenta. El enfoque práctico refuerza los conceptos teóricos a la vez que favorece a una comprensión más profunda de la evolución geológica presente en las rocas del arroyo, que implica un metamorfismo regional evidenciado en las rocas.

Por otra parte, el afloramiento permite la observación de deformación dúctil vinculada al metamorfismo. Aquí los estudiantes tienen la oportunidad de identificar pliegues en la foliación, y pueden recrear la relación de este fenómeno como consecuencia de las condiciones de presión y temperatura a la que se sometieron las rocas. Por lo que la relevancia asignada al tema correspondiente (Capítulo 9) es de 2.

También, los estudiantes pueden tomar nota de la edad de las rocas que se visitan en esta estación, que en la Figura 1 corresponde a Paleozoico indiferenciado (Capítulo 12, relevancia de 1).

Finalmente, observando el arroyo, los estudiantes pueden realizar diferentes análisis sobre las corrientes superficiales (Capítulo 14). En primer lugar, pueden examinar los factores que impactan en el flujo del agua, como la rugosidad del lecho del arroyo y sus dimensiones. Al estudiar el sedimento del arroyo, pueden inferir de qué manera se movieron estas partículas durante el transporte y especular acerca de las rocas que podrían formarse. Por lo tanto, se asigna un valor de 1 en términos de relevancia para esta estación al tema correspondiente.

Estación 4 – La estructura (17°51'33"N 97°48'46"W)

En esta estación, las y los estudiantes tienen la oportunidad de practicar la clasificación de rocas sedimentarias, principalmente calizas (Capítulos 4 y 7, relevancia de 3); así como la descripción de estructuras de deformación dúctil, en particular pliegues (Capítulo 9, relevancia de 3). Esto permite a los estudiantes razonar sobre la clasificación de estos pliegues, así como identificar los componentes básicos que los constituyen. La experiencia en esta estación fomenta la apreciación de los procesos geológicos, y fortalece la capacidad de los estudiantes para reconocer e interpretar las características estructurales que resultan de la deformación en la corteza terrestre, cubriendo profundamente el tema correspondiente.

En este afloramiento los estudiantes pueden construir una relación entre la tectónica y la estructura de deformación que observan (pliegue), haciendo conciencia de los esfuerzos que provocan deformación de las rocas. Por lo que al tema correspondiente (Capítulo 3) se le asigna una relevancia 2.

Las características del afloramiento permiten que los estudiantes presencien evidencias de meteorización en las rocas (Capítulo 6), ya que las calizas presentan una característica oxidación que forma los llamados anillos de Liesegang, que causa unas interesantes texturas y tonalidades, que se distinguen notablemente de las de la roca original. Mediante esta observación, los estudiantes pueden comprender cómo los

efectos de estar en la superficie terrestre han moldeado y alterado a las rocas a lo largo del tiempo, por lo que al tema correspondiente se le asigna una relevancia de 2.

Finalmente, los estudiantes pueden tomar nota de la edad de las rocas que se visitan en esta estación, que en el mapa geológico de la Figura 1 corresponde a la era Mesozoica, en el periodo Cretácico (Capítulo 12, relevancia de 1).

Estación 5 – Primera Migmatita (17°56'18"N 97°47'07"W)

En el curso de Geología Física no se aborda el concepto de migmatita, y los estudiantes conocen dichas rocas hasta el momento que llegan a esta estación. Sin embargo, esto no afecta el cumplimiento de los objetivos del curso o la práctica. En la estación, y después de una explicación del concepto de migmatita por parte del profesor, en conjunto con sus conocimientos teóricos sobre los diferentes tipos de roca y recurriendo al ciclo de las rocas, los estudiantes pueden crear una conexión entre los procesos tectónicos (Bloque I, Capítulo 3) con la formación de una migmatita. Los llevaría a asociar los procesos tectónicos como desencadenantes de un aumento en la temperatura y presión a la que se sometió la roca, dando como consecuencia un proceso metamórfico. Además, de que debido al considerable incremento en la temperatura cierta parte alcanzó el punto de fusión, generando una segregación de la roca ígnea que se observa en el afloramiento. Por lo anterior al tema correspondiente se le asigna un valor de 3 en esta estación.

El afloramiento cumple como un reconocimiento de la historia geológica de la región, ya que las rocas metamórficas y sus características proporcionan pistas sobre los procesos tectónicos (Bloque I, Capítulo 3) y metamórficos que han tenido lugar a lo largo del tiempo geológico en esa área específica.

Los estudiantes pueden emplear sus herramientas de trabajo, como la lupa, y la pica, para llevar a cabo un procedimiento de identificación de la roca y sus componentes minerales. Como resultado de esta actividad, se asigna una importancia de 3 al tema asociado (Bloque II, Capítulo 4).

Durante esta estación, se ofrece la posibilidad de realizar un análisis de las rocas ígneas (Bloque II, Capítulo 5) ya que un granito conforma el leucosoma de la migmatita. De esta manera, los estudiantes pueden mejorar su capacidad para analizar las características minerales y texturales que distinguen a esta roca. Por lo tanto, este tema se considera relevante con una puntuación de 3 en esta estación.

Durante esta estación, se ofrece la posibilidad de realizar un análisis de las rocas metamórficas (Bloque II, Capítulo 8) ya que un esquistos de biotita conforma el melanosoma de la migmatita. En este contexto, los estudiantes pueden mejorar su capacidad para analizar las características minerales y texturales que distinguen a estas rocas, poniendo especial atención en la foliación visible en la roca. Por lo tanto, este tema se considera relevante con una puntuación de 3 en esta estación.

El concepto de deformación (Bloque III, Capítulo 9) puede verse aplicado mediante la foliación que muestra una deformación pronunciada que forma múltiples pliegues. Los estudiantes pueden crear la relación de este fenómeno como consecuencia de las condiciones de presión y temperatura a la que se sometieron los minerales durante el proceso metamórfico. Proporcionándole al tema correspondiente una relevancia de 2 en esta estación.

En la Figura 1 las y los estudiantes pueden tomar nota que la estación se encuentra en rocas del Mesozoico, triásico.

Las características del afloramiento, con muchos fragmentos de diversos tamaños (algunos cm hasta 1.5 m) rotos, permiten a los estudiantes desarrollar ideas sobre la inestabilidad y los movimientos en masa (Bloque IV, Capítulo 13) que podrían ocurrir en el lugar. De esta manera pueden clasificar el movimiento en masa según el tipo de movimiento y el material. Este análisis brinda una mejor percepción sobre el potencial de riesgo asociado a estos fenómenos, permitiéndoles tomar conciencia de la importancia de la toma de precauciones.

Estación 6 – Segunda Migmatita (17°59'54"N 97°48'08"W)

Este afloramiento es, esencialmente, igual al anterior, y en situaciones que lo ameriten (disponibilidad de tiempo, clima, nivel de los estudiantes, etc.), puede omitirse de la práctica sin dejar de cumplir objetivos.

En esta estación, la diferencia fundamental es que la roca granítica presenta un grado excepcionalmente grueso (feldespatos potásicos de hasta 9 cm de largo, generalmente de 1-1.5 cm), por lo que representa una pegmatita. La estación puede incluirse en el recorrido si el o la profesora consideran importante reforzar lo aprendido durante la práctica incluyendo la observación de pegmatitas

Estación 7 – Las Columnas (18°05'55"N 97°46'21"W)

Al hacer uso de sus herramientas esenciales (lupa y martillo), los estudiantes tendrán la tarea de examinar a detalle las litologías que se encuentran en el afloramiento. Guiados por sus conocimientos teóricos y prácticos acerca de las características texturales y composición mineralógica de cada roca. Cubriendo de esta manera parte del Capítulo 4 del Bloque II, con una relevancia de 3.

Durante la actividad, los estudiantes podrán realizar una reflexión detallada sobre los procesos que dieron origen a la roca ígnea en cuestión (basalto). Cubriendo así a profundidad parte del Capítulo 5 del Bloque II, con una alta relevancia con valor de 3. De forma particular, el basalto en esta estación presenta fracturamiento columnar muy claro (que le da nombre a la estación), lo cual ofrece una interesante explicación en campo de la forma en la que ocurre el fenómeno que desarrolla esta característica.

En esta estación, el basalto se encuentra en contacto muy abrupto con rocas metamórficas mesozoicas. Aunque no es muy claro en el afloramiento, se trata de un dique que corta a la unidad metamórfica.

La discusión de dicho contacto permite a las y los estudiantes reflexionar y concluir que el basalto es más joven que la roca metamórfica, que a su vez es del Mesozoico, Triásico (Capítulo 12, relevancia 1).

En la estación, se presenta la oportunidad de llevar a cabo un análisis de las rocas metamórficas (esquisto de biotita) (Bloque II, Capítulo 8). Aquí, los estudiantes pueden fortalecer su habilidad para interpretar las características mineralógicas y texturales que definen a estas rocas, centrando su atención en la foliación esquistosa evidente en la roca. Lo que le da a este tema una relevancia de 2 en esta estación.

Al consultar la edad de las rocas de la estación en la Figura 1, los estudiantes encuentran que corresponde a Mesozoico, que es la edad de los esquistos (al igual que las dos estaciones anteriores). Sin embargo, la unidad de basaltos corresponde a una serie de diques más jóvenes.

Estación 8 – El Volcán (18°06'15"N 97°45'37"W)

Utilizando sus herramientas de trabajo (lupa y el martillo) los estudiantes tendrán la tarea de realizar un análisis minucioso de las litologías presentes en la estación. Basándose en sus conocimientos tanto teóricos como prácticos sobre las características texturales y la composición mineralógica de cada tipo de roca. Cubriendo de esta manera parte del Capítulo 4 del Bloque II, con una relevancia de 3.

En el transcurso de la actividad, los estudiantes realizarán una reflexión sobre los procesos responsables de la formación de las rocas ígneas presentes (Bloque II, Capítulo 5). En la estación, se observa una secuencia volcánica en la que hay una intercalación de depósitos piroclásticos en la base y una serie de derrames de lava máfica hacia la cima.

Al inicio del reconocimiento del afloramiento las y los estudiantes pueden identificar fragmentos de pómez el tamaño de lapilli presentes en una serie de tobas ricas en ceniza en la base de la secuencia, que forman un paquete de espesor considerable (100 m). Si el tiempo lo permite las y los estudiantes recorren el cerro y observan y concluyen que la roca cerca de la cima es efusiva y que es una andesita. Si el tiempo apremia, hay muchos cantos rodados de andesita que se pueden usar para cumplir este objetivo.

Al reflexionar acerca del origen de la secuencia observada, los estudiantes también tienen la oportunidad de meditar acerca del tipo de erupción que generó la formación rocosa (Bloque III, Capítulo 11), concluyendo que se trató de erupciones plinianas intercaladas con erupciones efusivas menores.

Al consultar el mapa de la Figura 1, los estudiantes pueden tomar nota de que las rocas en este afloramiento son del Cenozoico indiferenciado (Capítulo 12, relevancia de 1)

Estación 9 – El Río (18°07'35"N 97°41'06"W)

Empleando sus herramientas de trabajo (lupa, martillo y gotero con ácido clorhídrico), los estudiantes pueden seguir un procedimiento para identificar el tipo de roca. Como resultado, se asigna una importancia de 3 al tema relacionado (Bloque II, Capítulo 4).

En esta estación se puede observar una sucesión sedimentaria estratificada que incluye los tipos de roca de conglomerado y lutita (Bloque II, Capítulo 7). Durante su exploración por el afloramiento, los estudiantes pueden examinar las características físicas y composicionales de los clastos del conglomerado, correspondiente a un conglomerado de cuarzo y esquisto.

Utilizando sus conocimientos teóricos sobre la textura de las rocas sedimentarias, como la redondez y la selección de los clastos, pueden deducir aspectos como el entorno y el transporte que experimentaron las partículas previas a depositarse. Por tanto, se asigna una importancia de 3 al tema correspondiente en esta estación. Intercalados con el conglomerado, se encuentran al menos dos estratos de lutita color rojizo, que las y los estudiantes interpretan como evidencia de cambios en la energía del medio acuoso que transportaba los sedimentos.

Al discutir acerca de los procesos que formaron el afloramiento, las y los estudiantes concluyen que se trata de un depósito fluvial y comentan acerca de el porque del nombre de la estación.

Aquí los estratos no están tan inclinados como en la Estación 1, o en la 4, las y los estudiantes pueden hacer comparaciones entre las estaciones para establecer similitudes y diferencias las secuencias estratificadas que han observado. Al consultar la Figura 1, los estudiantes pueden notar que la edad de las rocas en esta estación es Mesozoico, Jurásico (Capítulo 12, relevancia de 1).

Estación 10 – Recorrido 1: Parque Cretácico (18°19'26"N 97°35'17"W)

Mediante la observación y haciendo uso de su lupa, los estudiantes tienen la oportunidad de identificar rocas y estructuras sedimentarias (Bloque 2, Capítulo 7) a lo largo de todo el recorrido, específicamente una sucesión de areniscas y lutitas. Por lo que al tema correspondiente tiene una alta relevancia en la estación, con un valor de 3. Entre las estructuras sedimentarias, se pueden observar rizaduras en varios estratos, pero, sobre todo, la presencia de abundantes fósiles es la característica principal de este recorrido. La abundancia de fósiles marinos es increíble (corales, turritelas, nerineas, trigonias, etc.), y solo es superada por la presencia de huellas de dinosaurio (alosaurio) al final del recorrido.

En el recorrido, los estudiantes tienen la oportunidad de observar directamente las señales de deformación presentes en los estratos, tales como fallas (Bloque III, Capítulo 9). Al aplicar sus conocimientos previos sobre principios estratigráficos, como el principio de horizontalidad, y de continuidad lateral los estudiantes pueden establecer vínculos entre lo que han estudiado y lo que visualizan. Este enfoque les posibilita formular sus propias conclusiones a medida que identifican y analizan las manifestaciones de deformación, contribuyendo así a una comprensión más profunda de los procesos geológicos que han influido en la disposición de los estratos en ese lugar específico. Es por ello que al tema correspondiente se le concede una relevancia de 3.

En el recorrido, los estudiantes pueden utilizar el principio de superposición para establecer el orden temporal de los estratos que observan. Además, tienen la oportunidad de identificar discordancias, las cuales indican un intervalo de tiempo faltante en el registro estratigráfico. Así como un registro fósil que permite asociar la formación rocosa a una determinada edad. Este fenómeno ayuda a los estudiantes a comprender la historia geológica (Bloque IV, Capítulo 12) que se presenta en el recorrido, proporcionándoles una mayor comprensión de los eventos que han influido en la formación del paisaje a lo largo de un extenso período de tiempo. Por consiguiente, al capítulo correspondiente se le asigna una relevancia de 2. También, al consultar el mapa de la figura 1, se puede ver que las rocas en este recorrido son del Mesozoico, Cretácico.

Observando el arroyo, los estudiantes pueden realizar varios análisis sobre las corrientes superficiales (Bloque V, Capítulo 14). En primer lugar, pueden reflexionar sobre los factores que afectan el flujo del agua, como la rugosidad del canal, al observar los bloques de roca y fracturas presentes en el lecho del arroyo. Al examinar el sedimento depositado, pueden inferir cómo viajaron estas partículas durante el transporte. Finalmente, les permite a los estudiantes relacionar el entorno con los procesos erosivos que lo afectan. Por lo tanto, este tema se considera relevante para esta estación, con un valor de 1.

Estación 11 – Recorrido 2: Bajo el mar (18°18'31"N 97°36'59"W)

El recorrido puede ser dividido en dos partes. En la primera se da a conocer a los estudiantes información acerca de la flora que se encuentra en San Juan Raya. Se conocen diferentes especies como diferentes tipos de biznaga; el sotolín o pata de elefante que es una especie endémica del Valle de Tehuacán-Cuicatlán; el órgano columnar, otra especie endémica, que puede presentar una impresionante altura de hasta 15m, entre otros. Esta información aporta a la cultura biológica de los estudiantes y su amplia su conocimiento en diferentes ramas de las ciencias naturales.

En la siguiente parte, se recorre un sendero en el que se presenta una abundante variedad de fósiles marinos en las rocas, que con el mapa de la figura 1 se ubican como pertenecientes al Mesozoico, Cretácico (Bloque IV, Capítulo 12). Entre ellos se encuentran diferentes tipos de gasterópodos como las turritelas y nerineas; bivalvos como las trigonias; además de corales, esponjas, entre otros. Por ellos al capítulo correspondiente se le asigna un valor de 3.

En este tramo, también es posible observar rocas coquinas. El recorrido brinda la oportunidad de que los estudiantes observen un tipo diferente de huellas de saurópodo, una especie diferente a las huellas del recorrido anterior; se trata de huellas positivas y negativas, con las que los estudiantes pueden observar estructuras sedimentarias (Bloque II, Capítulo 7) diferentes en los estratos. El registro fósil y de estructuras sedimentarias que se encuentra, les permite también asociar el entorno geológico a un tipo de ambiente sedimentario. Por lo anterior el tema relevante a esta estación tiene un valor de 2.

4.2 Análisis de datos

La siguiente tabla (cuestionario modificado de Bentley, 2009) muestra la percepción de los estudiantes durante los semestres 2024-1 y 2024-2, calificando sus habilidades antes y después de la práctica de campo realizada durante ese período. A partir de la tabla, se observa un aumento en la mejora de las habilidades de los estudiantes según su percepción.

Se nota una mejora en todos los aspectos evaluados, de tal manera que tanto la percepción "Muy mala" como la "Mala" que tenían los estudiantes respecto a sus habilidades en las diferentes actividades han sido completamente eliminadas.

La percepción "Regular" de las habilidades de los estudiantes después de la práctica se redujo en un 62.91% con respecto a la perspectiva antes de la práctica en todas las habilidades. El nivel "Bueno" ha aumentado en un 36.73% bajo el mismo análisis. Y por último, el nivel "Excelente" ha experimentado un incremento del 146.67%

Tabla 4.2. Resultados del cuestionario de autoevaluación de habilidades. Semestre 2024-1 y 2024-2. Número total de estudiantes: 29

	Anterior a la práctica					Posterior a la práctica				
	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Excelente	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Excelente
Descripción de minerales	1	3	14	10	2			5	20	4
Interpretación de minerales	1	2	12	12	3			3	21	5
Descripción rocas sedimentarias	2		7	16	4			2	19	8
Interpretación rocas sedimentarias		2	12	11	4			3	18	8
Descripción rocas ígneas		2	7	16	4			3	15	11
Interpretación rocas ígneas	1	1	11	13	3			3	16	10
Descripción rocas metamórficas	2	1	10	16	1			5	20	4
Interpretación rocas metamórficas	2	2	13	9	3			7	16	6
Ordenar eventos geológicos	1	2	5	16	5				19	10
Comprensión de la tectónica de placas		3	7	12	7			2	14	13
Formular hipótesis geológicas	2	2	8	15	2			7	15	7
Entender los cambios en el paisaje		4	9	16	1			5	15	9
Descripción de un afloramiento	1	3	12	13	2			4	25	5
Realizar esquemas de un afloramiento	1	2	13	10	3			4	19	6
Identificar estructuras		3	11	11	4			3	16	10
Total de respuestas	12	31	151	196	45	0	0	56	268	111

4.3 Práctica virtual

La práctica virtual también sirve para cumplir los objetivos del curso, pero la forma en que se transmite la información a las y los estudiantes es diferente. Mediante la práctica virtual se brinda información descriptiva e imágenes de los detalles principales de cada estación. Esto permite compensar la información visual y sensorial que no pueden obtener los estudiantes al no tener un contacto directo con el afloramiento y sus componentes. Se proporciona información enfocada en características que permitan a los estudiantes clasificar las rocas en cada afloramiento, determinar la mineralogía, observar y clasificar estructuras de deformación y estructuras sedimentarias, etc.

Por ejemplo, en la información sobre la mineralogía contenida en las muestras, se dan detalles como los rangos en la escala de dureza, la reacción al ácido clorhídrico y el tipo de brillo. Esto les da la oportunidad de clasificar los minerales con la ayuda de herramientas usadas en clase, como tablas de identificación. De igual forma, con los tipos de estructuras en los afloramientos se pretende ser descriptivo sin dar una solución, para que ellos elaboren sus propias deducciones. Determinar estos elementos permite a los estudiantes elaborar conclusiones mayores, por ejemplo, sobre el ambiente y los procesos de formación de la roca, así como los procesos tectónicos que han generado las diversas estructuras de deformación.

A diferencia de la guía para la práctica en campo, la guía virtual invita a los estudiantes a explorar las estaciones mediante herramientas virtuales como imágenes satelitales, modelos 3D, fotografías panorámicas de Google Street View, y las diferentes perspectivas de visualización en Google Earth. Esto

además les permite seguir el recorrido mientras conocen su ubicación espacial. De esta forma, se orienta a los estudiantes a formular ideas y conclusiones acerca del entorno geológico.

4.4 Conclusiones

La implementación de la Guía para la práctica de campo durante los semestres 2024-1 y 2024-2 demostró ser una experiencia exitosa al promover una práctica fluida y organizada.

La planificación a través del itinerario mantuvo a los estudiantes motivados y bien preparados durante la práctica de campo. Tanto los estudiantes como los instructores estaban conscientes de las actividades planeadas para cada estación, así como de las herramientas y materiales necesarios en cada afloramiento. Además, las sugerencias proporcionadas los mantenían preparados para enfrentar diversas condiciones en las estaciones visitadas.

La logística y la planificación demostraron ofrecer una variedad de beneficios significativos. Por un lado, permitieron que las familias de los estudiantes estuvieran informadas sobre el destino y las actividades planificadas para la práctica de campo. Además, para los responsables de la práctica fue crucial contar con un conocimiento preciso del tiempo asignado a cada estación y de los aspectos principales por destacar en cada una. Por otro lado, para los propios estudiantes, resultó beneficioso tener conocimiento de los tiempos programados para cada estación y los intervalos entre ellas. Esta información les permitió organizar sus actividades personales, como la alimentación y el abastecimiento de provisiones, de manera efectiva.

Una práctica de campo bien organizada tiene un efecto positivo en los y las estudiantes, ya que promueve el trabajo en equipo y el compañerismo entre ellos. Además, incentiva el interés hacia la naturaleza y el enfoque en las ciencias de la Tierra, fomentando en ellos un pensamiento deductivo hacia los fenómenos geológicos.

La práctica virtual funciona como una alternativa valiosa para aquellos que, por diversas circunstancias, no puedan participar en la práctica de campo o bien funcionar como un complemento. Sin embargo, como se señala en esta guía, varios autores sugieren que las experiencias introductorias a la práctica de campo actúan como un factor que reduce las distracciones, motivando a los estudiantes y preparándolos para estar más centrados en el aprendizaje que en dejarse sorprender por el entorno y las novedades que presenta el campo.

En conclusión, la guía propuesta se propone como una herramienta efectiva que no solo promueve la motivación y la organización, sino que también permite a los estudiantes disfrutar de su experiencia de aprendizaje. En su conjunto, los elementos incorporados en la guía facilitan un proceso educativo gratificante y enriquecedor para los estudiantes.

REFERENCIAS

Anderson, V. (1980). Field tripping. Toronto: Ontario Institute for Studies in Education, informal Series n.21.

Bentley, C. (2009). Touring and exploring: The role of field trips in geology education. *Montana State University* <https://serc.carleton.edu/details/files/22131.html>

Boekaerts, M., & Minnaert, A. (2006). Affective and motivational outcomes of working in collaborative groups. *Educational Psychology*, 26(2), 187-208. <https://doi.org/10.1080/01443410500344217>

Cambridge International Education. (2019). *Aprendizaje activo*.

Campos-Madrigal, E., Centeno-García, E., Mendoza-Rosales, C. C., & Silva-Romo, G. (2013). Sedimentología, reconstrucción paleoambiental y significado tectónico de las sucesiones clásticas del Jurásico Medio en el área de Texcalapa, Puebla-Huajuapán de León, Oaxaca: Revisión de las formaciones Ayuquila y Tecamazúchil. *Revista mexicana de ciencias geológicas*, 30(1), 24-50. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1026-87742013000100002&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Compton, R. R. (1985). *Geology in the field*. Wiley.

De Paz-Álvarez, M. I., Blenkinsop, T. G., Buchs, D. M., Gibbons, G. E., & Cherns, L. (2022). Virtual field trip to the Esla Nappe (Cantabrian zone, nw Spain): Delivering traditional geological mapping skills remotely using real data. *Solid Earth*, 13(1), 1-14. <https://doi.org/10.5194/se-13-1-2022>

Gilley, B., Atchison, C., Feig, A., & Stokes, A. (2015). Impact of inclusive field trips. *Nature Geoscience*, 8(8), 579-580. <https://doi.org/10.1038/ngeo2500>

Hurst, S. D. (1998). Use of "virtual" field trips in teaching introductory geology. *Computers & Geosciences*, 24(7), 653-658. [https://doi.org/10.1016/S0098-3004\(98\)00043-0](https://doi.org/10.1016/S0098-3004(98)00043-0)

Kean, W. F., & Enochs, L. G. (2001). Urban field geology for k-8 teachers. *Journal of Geoscience Education*, 49(4), 358-363. <https://doi.org/10.5408/1089-9995-49.4.358>

Lathrop, A. S., & Ebbett, B. E. (2006). An inexpensive, concentrated field experience across the cordillera. *Journal of Geoscience Education*, 54(2), 165-171. <https://doi.org/10.5408/1089-9995-54.2.165>

Mogk, D. W., & Goodwin, C. (2012). Learning in the field: Synthesis of research on thinking and learning in the geosciences. En K. A. Kastens & C. A. Manduca, *Earth and Mind II: A Synthesis of Research on Thinking and Learning in the Geosciences*. Geological Society of America. [https://doi.org/10.1130/2012.2486\(24\)](https://doi.org/10.1130/2012.2486(24))

Van Der Hoeven Kraft, K. J., Srogi, L., Husman, J., Semken, S., & Fuhrman, M. (2011). Engaging students to learn through the affective domain: A new framework for teaching in the geosciences. *Journal of Geoscience Education*, 59(2), 71-84. <https://doi.org/10.5408/1.3543934a>