

MANUAL DE PRÁCTICAS Y EJERCICIOS DE LABORATORIO DE LA ASIGNATURA TÉCNICAS GEOLÓGICAS DE CAMPO, UNA HERRAMIENTA PARA GEOCIENTÍFICOS E INGENIEROS EN CIENCIAS DE LA TIERRA

Yoalli B. Hernández-Marmolejo*, Rodrigo Gutiérrez-Navarro y Orestes A. de la Rosa-Mora.

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito Escolar 04360, Ciudad Universitaria, C.P. 04510, CDMX, México. *yoalli@unam.mx

RESUMEN

Como respuesta a la continua actualización de planes de estudio de las carreras de Ingenierías en Ciencias de la Tierra, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) se han desarrollado nuevos sistemas de aprendizaje en los que el alumnado aplica sus conocimientos y experimenta con instrumentos y tecnologías novedosos para hacer eficiente y productivo el trabajo geológico en campo. En la actualización del Plan de Estudios de 2016 se diseñó la asignatura Técnicas Geológicas de Campo para que el alumnado cuente con recursos metodológicos para el desarrollo del trabajo de campo. El Manual de laboratorios y prácticas de la asignatura Técnicas Geológicas de Campo fue diseñado para disponer de material de apoyo didáctico para la enseñanza en la nueva asignatura.

Este manual está dividido en dos secciones. La primera parte consta de ocho laboratorios para realizarse en el aula y en formato virtual o autodidacta; en estos laboratorios se proponen diferentes ejemplos de aplicación complementarios a la teoría vista en el aula. La segunda parte consiste en cuatro prácticas para la aplicación de conocimientos y desarrollo de habilidades en el campus de Ciudad Universitaria, Ciudad de México. Así mismo, el manual contiene anexos e instructivos para el uso correcto y aplicación de las herramientas para el trabajo geológico en campo. Con este manual y las experiencias didácticas compartidas en este manuscrito, esperamos que el profesorado, estudiantado y futuros profesionistas en Ciencias de la Tierra disfruten y apliquen estas actividades y que desarrollen al máximo sus destrezas, habilidades espaciales y perceptivas para conseguir una mejor caracterización de fenómenos geológicos-geofísicos.

Palabras clave: Equipo y metodología de geología de campo, técnicas de geología de campo, mapas topográficos, introducción a la cartografía.

ABSTRACT

As a response to continuous study plans updating for Earth Sciences Engineering careers, the Faculty of Engineering at Universidad Nacional Autónoma de México has developed new learning systems in which students apply their knowledge, experiment with novel instruments and technologies to make the geological field work effective and productive. In the 2016 Study Plan update, the Geological Field Techniques subject was designed so that students have methodological resources for the field work development. The Manual was designed to provide didactic material that supports teaching-learning activities in the subject.

This manual has two sections. The first part consists of eight laboratories to be carried out in the classroom and virtual or self-taught format. In these laboratories, different examples of complementary applications for the theory as seen in the classroom are proposed. The second part consists of four practices proposed to be applied on the Ciudad Universitaria campus, Mexico City, for the development of skills and knowledge application. Likewise, the manual contains annexes and instructions for better use of tools in the geological field work. With this manual and the didactic experiences shared in this manuscript, we hope that Earth Sciences teachers, students and future professionals enjoy and apply these activities, as well as develop their skills, spatial and perceptive abilities for a better characterization of the geological-geophysical phenomena.

Keywords: Field geology equipment and methodology, field geology techniques, topographic maps, introduction to cartography.

INTRODUCCIÓN

Técnicas Geológicas de Campo (TGC) surgió como una modificación de las asignaturas de Geomática, Topografía y Cartografía Geológica durante la revisión y actualización de planes de estudio del año 2015-16 para las carreras de Ingeniería Geológica e Ingeniería Geofísica de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

TGC es una asignatura obligatoria de tipo teórico-práctica con una salida de campo intersemestral de cinco días. Dentro de los mapas curriculares, TGC se ubica en tercer y cuarto semestres de Ingeniería Geofísica y Geológica respectivamente. Este curso se imparte en 4 horas semanales, divididas en dos horas teóricas y dos prácticas, con un total de 64 horas semestrales. La asignatura no contaba con material didáctico de apoyo y a falta de estos recursos surgió este manual, que se encuentra en proceso de revisión por parte del profesorado del Departamento de Geología de la División en Ingeniería en Ciencias de la Tierra de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

El manual aquí presentado apoya las actividades básicas y fundamentales de TGC en las que la interacción entre conocimientos y habilidades es trascendental para el estudiantado. Con este manual se fortalecen los temas vistos en el aula: relieve topográfico, estructuras geológicas, fenómenos geológico-geofísicos a diferentes escalas y tiempo, así como problemas reales de las Ciencias de la Tierra.

El perfeccionamiento de las técnicas geológicas de campo requiere de la práctica y desarrollo de la visualización espacial, así como del entendimiento de estructuras y geoformas en tres dimensiones (Kastens *et al.*, 2009; Shipley *et al.*, 2013). De la misma forma, las habilidades en campo implican una observación detallada, la consideración de escalas de los fenómenos a describir, la caracterización de geometrías y la colecta cuidadosa de muestras, todo esto para entender procesos físicos, químicos y biológicos que cambian a lo largo del tiempo geológico. Con estas destrezas se busca que el alumnado y los futuros profesionistas propongan soluciones óptimas y accesibles durante la aplicación de la Ingeniería en Ciencias de la Tierra (Coe, 2010; Silva-Romo *et al.*, 2010; 2016).

Es importante destacar que al pulir el trabajo geológico en campo se perfecciona la generación de hipótesis o teorías y es donde se generan interpretaciones basadas en observaciones y caracterizaciones de afloramientos (Brusi *et al.*, 2011). Durante este proceso iterativo y enriquecedor es cuando se llega a una interpretación y propuesta de una historia geológica de una zona o región determinada (Coe, 2010; Silva-Romo *et al.*, 2010; 2016).

Con los laboratorios propuestos en este manual (material complementario) se invita a alumnado y profesorado a que perfeccionen sus habilidades en conjunto con el uso de las herramientas de trabajo: mapas topográficos para su ubicación con visuales inversas en complemento con un receptor de posicionamiento global (GPS por sus siglas en inglés); observación estructurada de rocas y afloramientos; registro en libreta de campo; caracterización y orientación de estructuras geológicas con brújula y aplicaciones de dispositivos móviles (Allmendinger *et al.*, 2017).

El objetivo principal del Manual de laboratorios y prácticas de la asignatura Técnicas Geológicas de Campo (MTGC) es que el alumnado de las carreras de Ingeniería Geofísica e Ingeniería Geológica visualicen y practiquen mediante el uso óptimo del equipo de campo, así mismo que desarrollen las habilidades primordiales para elaborar mapas geológicos y cartografía geológica, que implementarán como futuros geocientíficos e ingenieros en geociencias durante sus actividades en campo y, con todo ello, lograr un mejor entendimiento de los fenómenos geológicos que ocurren en nuestro dinámico planeta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Temario Técnicas Geológicas de Campo

El temario de la asignatura TGC tiene una estructura congruente con el objetivo del curso: “El alumnado distinguirá rasgos geológicos en el campo, los cuantificará y los registrará conforme a los recursos técnicos y metodológicos propios de las ciencias geológicas para expresar los resultados en forma gráfica y escrita”. En el primer tema (Introducción) se contextualiza la importancia del trabajo geológico en campo y se hace una breve revisión de su historia.

En el segundo tema (Mapas Topográficos y Sistema de Posicionamiento Global) se aborda la necesidad del uso de los sistemas de referencia globales, así como la ubicación en campo con base en coordenadas y mapas topográficos. Para el tercer tema (Equipo de campo geológico) se indica en qué consiste el equipo de campo y las posibles metodologías del uso correcto y óptimo de cada instrumento. Cabe destacar que el uso de dispositivos electrónicos (Allmendinger *et al.*, 2017) y equipo de campo puede ayudar a complementar la comprensión y sobre todo lograr que el estudiantado se ubique espacialmente y que visualice las formas del relieve así como su relación con estructuras geológicas.

Durante el cuarto tema (Trabajo geológico de campo) se explora una metodología general del trabajo de campo con base en la observación estructurada y el dibujo geológico. En el quinto y último tema (Comunicación de resultados) se desarrollan subtemas relacionados con las diferentes formas de presentar y comunicar los resultados obtenidos durante este proceso en campo. Por lo tanto, en el temario se tiene una estructura lógica para que el alumnado aprenda las metodologías y técnicas básicas en el trabajo de campo que le sean útiles en asignaturas consecuentes como son Geología Estructural, Sedimentología, Estratigrafía, Cartografía Geológica y Geología de Campo, entre otras.

El MTGC está dividido en dos secciones: la primera sección consta de ocho (8) laboratorios y la segunda sección de cuatro (4) prácticas. En los laboratorios se presentan ejercicios para la aplicación de los temas vistos en la teoría. En algunos casos se presenta más de una versión para que el alumnado pueda ampliar sus habilidades prácticas. La segunda parte del manual consiste en cuatro prácticas para la aplicación de conocimientos y habilidades técnicas con los instrumentos para el trabajo en campo. Estas prácticas se han diseñado y aplicado en el campus de Ciudad Universitaria, Ciudad de México, y se pueden adaptar para otros sitios de interés. Es importante mencionar que durante el desarrollo de estas prácticas se recalca la interacción biológica y geológica, así como la preservación del patrimonio biológico, geológico, cultural y humano.

Durante el curso, primero se realizan los laboratorios en el aula bajo la asesoría del profesorado. Cada vez que se finaliza un tema y habiendo realizado los laboratorios determinados, se llevan a cabo las prácticas, las cuales se realizan fuera del aula; el alumnado toma las decisiones en brigada y se complementa el aprendizaje con procesos como visualización de fenómenos geológicos en campo y visualización espacial. Dichas actividades implican el desarrollo y ejercicio de habilidades de orientación y visualización tridimensional (Figura 1).

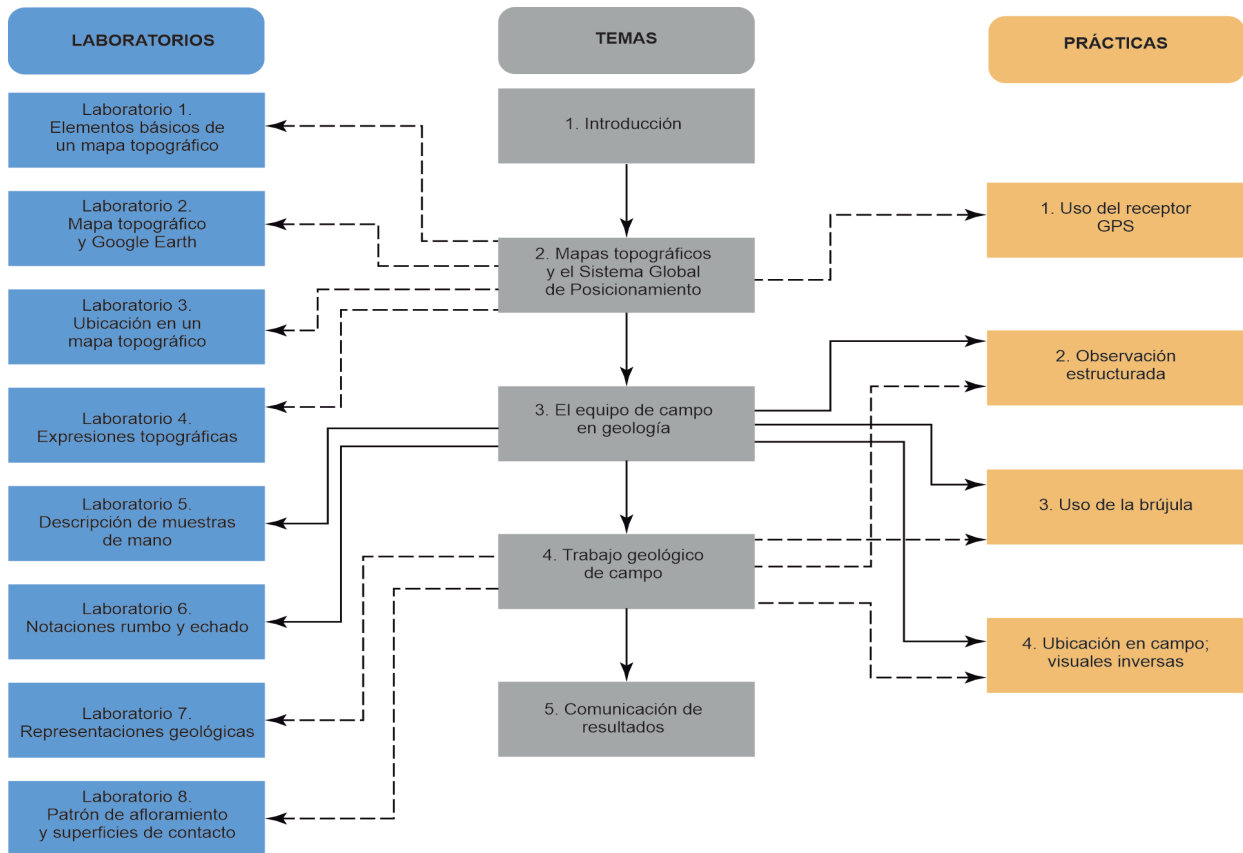


Figura 1. Se ilustra la relación entre los laboratorios, el temario y las prácticas. Los conocimientos de Cartografía topográfica se aplican en los laboratorios 1 al 4; en estos laboratorios el alumnado tiene una conexión con sus cursos previos como Geometría descriptiva aplicada y Geología física. En los laboratorios 6 al 8 se aplican los conocimientos vistos en el aula con relación a cartografía geológica. Por otra parte, en la práctica 2 se ensaya la observación estructurada y la elaboración del dibujo geológico. Finalmente, todas las actividades le servirán al alumnado para sus prácticas de campo y perfeccionamiento de habilidades de orientación y visualización espacial en campo.

Es importante señalar que el curso de TGC cuenta con una práctica de campo de 5 días al final del semestre. En esta actividad en campo el alumnado practica las habilidades aprendidas en los 8 laboratorios y las 4 prácticas, por lo que con esta actividad se redondea el proceso de enseñanza-aprendizaje y se refuerza y evalúa lo visto en el aula durante el semestre.

Los dominios o niveles taxonómicos de Bloom *et al.* (1956) han sido utilizados en pedagogía como indicadores del proceso de asimilación de aprendizaje significativo por parte del alumnado, por lo que en este trabajo utilizamos estos dominios o niveles para diagnosticar el proceso cognitivo desarrollado en los laboratorios y prácticas contenidos en el MTGC (Tabla 1). Los reportes entregados por parte del alumnado, tanto de los laboratorios como de las prácticas (material complementario), se consideran el método de evaluación con el que se busca que los estudiantes ejerciten sus habilidades cognitivo-lingüísticas para describir, justificar, explicar y argumentar sus experiencias de aprendizaje con un lenguaje apropiado con base en las clases teóricas revisadas en el aula.

En la Tabla 1 se describen los dominios o niveles taxonómicos de Bloom *et al.* (1956) en los que se basa cada laboratorio y cada práctica contenida en el MTGC.

Experiencias didácticas

El MTGC está pensado para que se realicen las actividades a la par del temario de la asignatura TGC (Figura 1), siendo perfeccionado y utilizado desde el semestre 2017-1, en por lo menos 30 grupos de TGC con 20 estudiantes cada uno, lo que da un total aproximado de 600 estudiantes que han utilizado este material didáctico. Debido a la pandemia por el virus SARS-CoV-2 se llevaron a cabo clases virtuales en donde también se utilizó el MTGC en modalidad a distancia. A continuación, se comparten las experiencias didácticas obtenidas tanto en esquema presencial como virtual.

Esquema presencial

Con apoyo de los Laboratorios del 1 al 4, el estudiantado conoce la simbología básica de las cartas topográficas y el sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM) y posteriormente comprende las diversas representaciones y orientaciones de las diferentes expresiones del relieve de la Tierra. De esta manera, el alumnado sintetiza la información y las metodologías para representar la superficie tridimensional de la Tierra en dos dimensiones.

En la Práctica 1 se realizan actividades en las que el estudiantado hace uso de mapas topográficos localizando y registrando sitios de interés con ayuda del receptor de posicionamiento global (GPS). De esta forma se ubican en un mapa topográfico y miden distancias y direcciones a diferentes escalas cartográficas. El receptor GPS es

Tabla 1. Dominios-Niveles Taxonómicos de Bloom <i>et al.</i> (1956)					
abordados en los laboratorios y prácticas del MTGC.					
LABORATORIOS	Conocer	Comprender	Aplicar	Analizar	Sintetizar
1. Elementos básicos de un mapa topográfico	Conocer los elementos básicos de una carta topográfica e identificar diversas expresiones topográficas.	Reconocer las formas topográficas y simbologías en diferentes cartas topográficas. Comprender el mapa topográfico como una representación del relieve de la Tierra en una proyección bidimensional.	Hacer uso de las cartas topográficas para ubicar rasgos usando sus habilidades de orientación.		
2. Mapa topográfico y Google Earth	Conocer los fundamentos de los sistemas de coordenadas geográficas y cartesianas.	Comprender el funcionamiento del Software Google Earth. Comprender la diferencia entre coordenadas UTM y Coordenadas Geográficas	Hacer uso del software Google Earth como un modelo tridimensional de la Tierra.	Emplear el sistema de coordenadas UTM y geográficas.	
3. Ubicación en un mapa topográfico	Conocer el sistema de coordenadas UTM.	Identificar sitios con respecto a la coordenada UTM. Comprender las nociones de orientación con base en direcciones y distancias.	Identificar puntos sobre un mapa topográfico definidos por medio de direcciones y distancias.		
4. Expresiones topográficas	Conocer la construcción de las curvas de nivel. La escala horizontal y vertical del mapa topográfico. El concepto de pendiente.	Comprender el significado de la configuración de las curvas de nivel en el mapa topográfico, así como la importancia de la escala para la realización de cálculos en el mapa topográficos.	Realizar dibujos a mano alzada para la construcción de configuraciones de modelos de curvas de nivel que representen geoformas, así como cálculos aritméticos con base en la escala del mapa para resolver problemas geométricos de la superficie del terreno.	Analizar la configuración de las curvas de nivel para interpretar la forma del relieve.	
5. Descripción de muestras de mano	Conocer las características físicas de una muestra de mano de roca.	Comprender la textura, mineralogía y estructura como elementos diagnósticos del tipo de roca.	Aplicar una metodología sencilla para la clasificación de la roca con base en sus características físicas.	Analizar las características físicas de los componentes y hacer estimaciones visuales.	Sintetizar la clasificación del tipo de roca con base en sus características físicas.
6. Notaciones de rumbo y echado	Conocer la notación estructural de rasgos planares con base en Rumbo, Echado y Cuadrante e Inclinación y dirección de la recta de máxima pendiente.	Comprender la notación y el símbolo estructural como una forma abreviada de indicar la geometría de un rasgo planar en el espacio.	Aplicar el uso de las coordenadas UTM para la ubicación de puntos en un mapa topográfico. La conversión de notación de planos a rectas de máxima pendiente.	Analizar la relación entre la notación y el símbolo de Rumbo y Echado.	Sintetizar la interpretación de la simbología de estructuras geológicas en un mapa topográfico.
7. Representaciones geológicas	Conocer la correspondencia entre la vista en planta y la vista en sección de las curvas de nivel. La simbología de litologías en una columna estratigráfica y de estructuras geológicas en planta y sección.	Comprender la correspondencia entre la vista en planta y vista en sección de un modelo geológico como una continuidad de la geometría de las estructuras geológicas en el subsuelo. La simbología estructural como una forma abreviada de la geometría de las estructuras geológicas.	Realizar dibujos a mano alzada para completar esquemas de modelos geológicos. Construcciones de secciones y vistas en planta con valores cuantitativos.	Analizar la relación entre la vista de planta y vista en sección de modelos geológicos que mantengan una congruencia geométrica.	Sintetizar las construcciones de la sección en columnas estratigráficas donde se observen las edades relativas entre unidades.
8. Patrón de afloramiento y superficies de contacto	Conocer la correspondencia de vistas en planta y vistas en sección de modelos con misma topografía y diferentes comportamientos de los cuerpos. El patrón de afloramiento de geometrías de unidades en distintas topografías.	Comprender el patrón de afloramiento como resultado de la intersección de dos superficies, el relieve topográfico y la geometría de las estructuras geológicas.	Realizar dibujos a mano alzada para completar las vistas de modelos geológicos en tres dimensiones.	Analizar las diferencias entre las vistas de modelos geológicos con diferentes topografías.	

**Tabla 1. Dominios-Niveles Taxonómicos de Bloom *et al.* (1956)
abordados en los laboratorios y prácticas del MTGC (Continuación)**

PRÁCTICAS	Conocer	Comprender	Aplicar	Analizar	Sintetizar
1. Uso de receptor GPS	Localizar y registrar con ayuda del receptor GPS sitios de interés.	Identificar por medio de coordenadas UTM sitios específicos en un mapa topográfico.	Hacer uso del receptor GPS y desarrollar su ubicación en un mapa topográfico.	Analizar coordenadas obtenidas mediante receptor GPS con mapas topográficos.	Combinar el uso del receptor GPS y mapas topográficos para obtener ubicaciones y distancias.
2. Observación estructurada	Reportar e identificar estructuras básicas.	Reafirmar la observación estructurada y la elaboración del dibujo geológico.	Aplicar el análisis y observación para la realización de un croquis de afloramiento.	Dibujar croquis de afloramientos detallando las estructuras observadas.	Desarrollar el proceso de observación estructurada.
3. Uso de la brújula cartográfica	Reproducir el uso de la brújula en afloramientos y estructuras.	Identificar y reconocer los datos estructurales por medio de la brújula.	Estimar con ayuda de la brújula los datos estructurales.	Experimentar la obtención de datos estructurales y el uso de diferentes notaciones.	Diagramar afloramientos con detalles geológicos. Graficar los datos en un mapa topográfico.
4. Ubicación en campo, visuales inversas	Ubicarse por medio de las visuales inversas con apoyo de la brújula.	Identificar un sitio con ayuda de direcciones obtenidas con la brújula.	Aplicar la metodología de las visuales inversas para ubicación de un punto.	Experimentar por medio de la observación y el uso de la brújula para localización en un mapa topográfico.	Reunir las diferentes metodologías para lograr ubicarse espacialmente, esto con ayuda de objetos distinguidos en un mapa topográfico.

de manejo sencillo y se ha notado que el alumnado se familiariza rápidamente con la interfaz y las aplicaciones para dispositivos móviles; sin embargo, es necesario que se apoyen en el mapa para registrar direcciones y comprender cabalmente el funcionamiento del sistema de posicionamiento global con sus fuentes de error inherentes.

Durante las actividades de uso de la brújula y observación estructurada (Prácticas 2 y 3) es notable que el estudiantado comienza con dificultades, ya que es la primera ocasión en la que utilizan una brújula en un afloramiento real. Sin embargo, durante el desarrollo de la práctica de observación estructurada (Práctica 3), tienen un mayor entendimiento del uso de la brújula para caracterizar estructuras geológicas y plasmar los datos obtenidos en un mapa topográfico. Vale la pena señalar que el estudiantado de estos semestres ya tiene nociones de la actitud de planos y líneas en el espacio debido a que previamente cursó la asignatura de Geometría Descriptiva Aplicada. En esta práctica se elaboran croquis de afloramientos y se practica el dibujo geológico. Es pertinente que el instructor recuerde la inclusión de elementos básicos como perfil topográfico, escala, orientación y simbología utilizada. Así mismo, esta actividad permite tener una visión general de la importancia en la adquisición cuidadosa de datos estructurales para la posterior interpretación de estructuras geológicas de mayor escala o inclusive regionales.

En cuanto a la metodología de ubicación por medio de visuales inversas (Práctica 4), el alumnado busca ubicarse con ayuda de la brújula y la medición de ángulos. Se ha observado que el estudiantado busca disminuir su error mejorando la posición de la brújula. Igualmente, trata de encontrar objetos evidentes o muy notorios y de fácil reconocimiento en los mapas topográficos. Con esta actividad se ha observado que el alumnado conoce y aplica un método clásico y eficiente con el cual el principal objetivo es que se pueda ubicar en campo sin ayuda del receptor GPS; así mismo, es importante hacerle notar que entiende las bases de ambos métodos y así utilizarlos para mejorar sus técnicas en campo.

Durante la actividad en la cual se explora el uso de la lupa para la caracterización de muestras de roca, se debe hacer énfasis en la observación sistemática, detallada y en la identificación de minerales y texturas. Se considera importante hacerle pensar que es diferente la elaboración de un esquema o dibujo geológico a la obtención de una fotografía, ya que los procesos mentales y cognitivos difieren en estas acciones. Así mismo, se busca que use correctamente tablas de identificación, clasificación y estimaciones visuales, lo que le da al alumnado una mejor perspectiva de cómo se caracterizan rocas y minerales en muestra de mano.

Los temas relacionados con los Laboratorios 7 y 8 (representaciones geológicas y patrón de afloramiento) no forman parte del temario; sin embargo, fueron diseñados para que el alumnado conozca la relación entre formas topográficas y estructuras geológicas, esto con el objetivo de que ejercite una visión espacial en tres o incluso en cuatro dimensiones. Es importante mencionar que el uso de modelos de papel y plastilina ayuda a cumplir los objetivos de estos laboratorios; sin embargo, no todo el alumnado logra visualizar completamente estas interrelaciones, por lo que se sugiere revisar los avances individuales y recalcarlos en la práctica de campo al final del curso.

Esquema virtual

Durante el periodo de impartición de clases en línea, debido a la emergencia sanitaria a nivel mundial (semestres 2020-2 a 2022-1), se observó que los laboratorios fueron de gran utilidad, ya que pueden ser ocupados para la impartición de clases en línea, a excepción del Laboratorio 5 (Descripción de muestras de mano).

La mayoría de las prácticas no pudieron ser realizadas al 100% debido a que es necesario contar con muestras de rocas o tener el acceso a sitios o afloramientos en donde se pueden observar diversas estructuras geológicas y con el uso de equipo caracterizar planos y rectas en el espacio.

Para la realización autónoma y autodidacta es necesario contar con un mapa topográfico y fotografía aérea del sitio en donde se trabaje y así identificar estos elementos. Durante este periodo de la pandemia se utilizaron diferentes plataformas digitales como apoyo a las actividades de enseñanza-aprendizaje (p.ej., plataformas como Google Earth, Sktechfab, Visible Geology, Gigapan), con las cuales el estudiantado puede observar, analizar y complementar lo aprendido en el aula y así explorar y conocer afloramientos remotos virtuales.

Práctica de campo intersemestral

La práctica de campo es una de las actividades fundamentales del curso de TGC, por lo que es importante que el alumnado visualice que las actividades realizadas y aprendidas durante el semestre serán aplicadas en la práctica de campo al final del semestre. Se ha observado que el alumnado llega con buenas capacidades a la práctica de campo y durante 5 días en campo se perfeccionan sus habilidades desarrolladas durante el semestre con apoyo de los laboratorios y las prácticas del MTGC. También se ha observado que las actividades realizadas tienen sentido para ellos, ya que relacionan el trabajo sistemático que deben realizar en cada afloramiento. Durante el transcurso de la práctica de campo, el alumnado analiza afloramientos y datos geológicos reales en los que aplican las metodologías ejercitadas durante el semestre. Se ha observado en estas prácticas que el alumnado tiene un buen desempeño en campo y propone interpretaciones coherentes de la evolución geológica en cada uno de los sitios visitados.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como docentes, los autores consideramos que el MTGC sirve como una herramienta fundamental para tener un buen acercamiento a temas básicos y esenciales como cartografía topográfica y cartografía geológica, temas muy importantes para la formación de geocientíficos/os e ingenieros/as en Ciencias de la Tierra.

El orden y secuencia de laboratorios y prácticas está organizado partiendo de los temas básicos hasta llegar a temas más avanzados conforme al temario de la asignatura correspondiente (Figura 1). Esta secuencia requiere de la comprensión y entendimiento de los fundamentos topográficos a la posterior relación con estructuras geológicas de una complejidad mayor.

Estas prácticas pueden ser replicadas en diversos sitios así como de manera autodidacta. Para el caso de los laboratorios donde se usan mapas topográficos se pueden usar cartas topográficas de diversas escalas donde se presenten relieves variables y que contengan la simbología topográfica básica.

Al implementar el manual analizado en este trabajo e interactuar con el estudiantado se observó que se cumplen dos objetivos: 1) ellas/os adquieren un aprendizaje significativo del temario de TGC abordado en el aula y 2) el curso teórico de TGC con apoyo del MTGC resulta motivante y las prácticas les dejan una experiencia enriquecedora y divertida.

Durante los semestres en los que se ha aplicado el uso del Manual de Laboratorios y Prácticas de la asignatura Técnicas Geológicas de Campo como apoyo para la asignatura Técnicas Geológicas de Campo, se ha visto un mejor entendimiento y comprensión de los fundamentos de cartografía topográfica y geológica por parte del estudiantado; así mismo, se observó que el estudiantado mejoró sus habilidades de descripción e interpretación durante la práctica de campo al final del semestre, cuando se analizan datos reales y se aplican los conocimientos adquiridos en la teoría y con cursos complementarios.

De esta forma se ha observado que el alumnado ha logrado llevar a cabo el curso de manera exitosa y le ha servido de manera considerable para la práctica de habilidades de orientación espacial y visualización tridimensional en campo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos los comentarios y sugerencias de los revisores anónimos que ayudaron a mejorar sustancialmente este manuscrito. Así mismo, agradecemos a los Dres. Gilberto Silva Romo y Enrique Alejandro González Torres por sus comentarios y sugerencias durante la elaboración y revisión del Manual de laboratorios y prácticas de la asignatura Técnicas geológicas de campo y a todo el estudiantado que ha trabajado con el manual a lo largo de este tiempo y que ha ayudado a mejorar las prácticas y los laboratorios.

REFERENCIAS

- Allmendinger, R.W., Siron, C.R., and Scott, C.P., (2017), Structural data collection with mobile devices: Accuracy, redundancy, and best practices: *Journal of Structural Geology*, v. 102, p. 98–112.
- Bloom, B., Englehart, M. Furst, E., Hill, W., & Krathwohl, D. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive domain*. New York, Toronto: Longmans, Green.
- Brusi, D., Zamorano, M., Casellas, R. M., & i Plaza, J. B. (2011). Reflexiones sobre el diseño por competencias en el trabajo de campo en Geología. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19(1), 4-4.
- Coe Angela (Editora), 2010, *Geological Field Techniques*, Wiley-Blackwell, EUA, 336 pp.
- Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. Temario de la asignatura Técnicas Geológicas de Campo: Recuperado de: https://www.ingenieria.unam.mx/programas_academicos/licenciatura/Geologica/2016/asignaturas_geologica_2016.pdf
- Programa Google Earth para visualización de imágenes satelitales <https://earth.google.com>
- Programa Visible Geology: <https://app.visiblegeology.com/>
- Página Sketchfab: <https://sketchfab.com/>
- Página Gigapan: <http://gigapan.com/>
- Shiple, T. F., Tikoff, B., Ormand, C., & Manduca, C. (2013). Structural geology practice and learning, from the perspective of cognitive science. *Journal of Structural Geology*, 54, 72-84.
- Silva-Romo, G., Mendoza-Rosales, C.C., y Campos-Madrugal, E. 2010. *Elementos de Cartografía Geológica*, E-Pub. ISBN 978-607-02-7900-3. Facultad de Ingeniería. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/9786070279003e.2016>. <http://www.librosoa.unam.mx/handle/123456789/291>.
- Silva-Romo, G., Mendoza-Rosales, C.C. (eds). 2016. *Trabajo geológico de campo*. E-Pub. ISBN 978-607-02-7908-9. Facultad de Ingeniería. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/>

ANEXOS

Este manuscrito está acompañado del “Manual de laboratorios y prácticas de la asignatura Técnicas geológicas de campo” tanto en versión PDF como en versión digital, ubicado en la página de internet:

<https://sites.google.com/ingenieria.unam.edu/manual-tgc/>.

Así mismo, se presentan algunos de los laboratorios y prácticas resueltos por el alumnado para que sirvan como evidencia de lo descrito y analizado en este trabajo.

Manuscrito recibido: 1 de mayo de 2022

Manuscrito corregido recibido: 20 de septiembre de 2022

Manuscrito aceptado: 23 de septiembre de 2022