35 GEOGRAFÍA PARA EL SIGLO XXI SERIE: TEXTOS UNIVERSITARIOS

Guía de actividades escolares de campo en el Geoparque Mixteca Alta

Quetzalcóatl Orozco Ramírez
Coordinador

IG INSTITUTO DE GEOGRAFÍA U N A M

Quetzalcóatl Orozco Ramírez. Es investigador del Instituto de Geografía de la UNAM, en la Unidad de Estudios Territoriales en la ciudad de Oaxaca. Realizó un posdoctorado en el Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental en la UNAM. Tiene un doctorado en la Universidad de California, Davis (2009-2014), en Geografía. Su investigación se ha centrado en la interacción entre la cultura y la diversidad del maíz nativo, así como en los procesos sociales y ambientales involucrados en los cambios y la conservación de la agrobiodiversidad. Sus temas de interés son la agricultura tradicional, la planeación territorial, la conservación de la biodiversidad, el conocimiento, manejo y la conservación *in situ* de recursos genéticos para la agricultura. Actualmente realiza investigación sobre la agrobiodiversidad en la Mixteca Alta de Oaxaca.
qorozco@geografia.unam.mx

Guía de actividades escolares de campo en el Geoparque Mixteca Alta

Instituto de Geografía
Universidad Nacional Autónoma de México

Colección: Geografía para el siglo XXI
Serie: Textos universitarios, núm. 35

Guía de actividades escolares de campo en el Geoparque Mixteca Alta

Quetzalcóatl Orozco Ramírez
Coordinador

México, 2022

Guía de actividades escolares de campo en el Geoparque Mixteca Alta / Quetzalcóatl Orozco Ramírez, coord. – Ciudad de México: UNAM, Instituto de Geografía, 2022
388 p. : il. ; (Geografía para el siglo XXI; Serie Textos universitarios; 35)
ISBN 970-32-2965-4 (Obra general)
ISBN 978-607-30-6758-4 (Libro)
DOI: http://dx.doi.org/10.14350/gsxxi.tu.35

1.Geoparque – Estudio y enseñanza - Mixteca Alta, Oaxaca 2. Geodiversidad – Estudio y enseñanza - Mixteca Alta, Oaxaca I. Orozco Ramírez, Quetzalcóatl, coord. II. UNAM. Instituto de Geografía III. Ser.

Guía de actividades escolares de campo en el Geoparque Mixteca Alta

Primera edición, 2 de dciciembre de 2022

D.R. © 2022 Universidad Nacional Autónoma de México

Imagen de portada: Quetzalcóatl Orozco Ramírez, Santo Domingo Yanhuitlán, Oaxaca, 2018

Ciudad Universitaria,
Coyoacán, 04510 México, Cd. Mx.
Instituto de Geografía,
www.unam.mx, www.igeograf.unam.mx

Editora académica: María Teresa Sánchez Salazar
Editores asociados: Héctor Mendoza Vargas y Arturo García Romero
Editor técnico: Raúl Marcó del Pont Lalli

Prohibida la reproducción parcial o total por cualquier medio,
sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales

La presente publicación presenta los resultados de una investigación científica y contó con dictámenes a doble ciego de expertos externos, de acuerdo con las normas editoriales del Instituto de Geografía

Geografía para el siglo XXI (Obra general)
Serie: Textos universitarios
ISBN (Obra general): 970-32-2965-4
ISBN: 978-607-30-6758-4
DOI: http://dx.doi.org/10.14350/gsxxi.tu.35

Impreso y hecho en México

Índice

Introducción 15
Bienvenidos al Geoparque Mixteca Alta 16
Agradecimientos 17
Referencias 17
Práctica 1. Descripción de afloramientos 19
Introducción 19
Objetivo 22
Materiales y métodos 22
Ejercicios 27
Preguntas guía 27
Referencias 27
Para saber más 28
Práctica 2. Tipos de rocas 29
Introducción 29
Objetivo 36
Materiales y métodos 36
Preguntas guía 40
Referencias 41
Práctica 3. Descripción de estratos 45
Introducción 45
Objetivo 51
Materiales y métodos 51
Referencias 56
Práctica 4. Orientación de planos 57
Introducción 57
Objetivo 60
Preguntas guía 62
Referencias 63
Práctica 5. Interpretación y elaboración de secciones geológicas y tabla cronoestratigráfica 65
Introducción 65

Objetivo general 66
Objetivos específicos 66
Materiales y métodos 66
Metodología para la elaboración de la columna estratigráfica en SedLog 67
Metodología para la elaboración de secciones geológicas en el programa Inskcape 70
Preguntas guía 74
Referencias 74
Para saber más 74
Práctica 6. Metamorfismo de contacto 77
Introducción 77
Objetivos 80
Materiales y método 80
Preguntas guía 81
Referencias 81
Glosario 82
Anexo 83
Práctica 7. Levantamiento de modelos digitales fotogramétricos 3D 85
Introducción 85
Objetivo 86
Equipo y métodos 86
Preguntas guía 97
Referencias 97
Práctica 8. Determinación de la textura “al tacto” 99
Introducción 99
Clasificación granulométrica 100
Objetivo 102
Materiales y métodos 102
Preguntas guía 106
Referencias 107
Anexo 1. Formato para registro de resultados 108
Práctica 9. Determinación del color del suelo 109
Introducción 109
Objetivo 111
Materiales y métodos 111
Preguntas guía 112

Referencias 113
Anexo 1. Descripción de la carta de colores Munsell 114
Matiz 114
Claridad 114
Pureza 116
Anexo 2. Formato para registro de resultados 118
Práctica 10. Descripción de perfiles y clasificación de suelos del GMA 119
Introducción 119
Objetivo 121
Materiales y equipo 121
Métodos 122
Referencias 131
Anexo 1. Hoja de campo 132
Práctica 11. Evaluación de la calidad de suelos mediante indicadores sencillos 139
Introducción 139
Objetivo general 140
Materiales y equipo 140
Metodología 140
Referencias 146
Anexo 1. Hoja de campo 148
Práctica 12. Análisis de erosión hídrica sobre modelos digitales de elevación fotogramétricos 155
Introducción 155
Objetivo 156
Materiales y método 156
Preguntas guía 156
Práctica 156
Referencias 163
Práctica 13. Clasificación de procesos erosivos 165
Introducción 165
Objetivos 168
Materiales y métodos 168
Preguntas guía 169
Referencias 170
Práctica 14. Elaboración de monolitos de suelo 171
Introducción 171
Objetivo 172

Materiales y equipo 172
Recomendaciones 182
Para saber más 183
Práctica 15. Reconocimiento en campo de la degradación y prácticas de conservación del suelo 185
Introducción 185
Objetivo 187
Materiales 188
Métodos 188
Referencias 189
Para saber más 189
Anexos 191
Práctica 16. Identificación, caracterización de geositios y diseño de geosenderos 207
Introducción 207
Objetivos 208
Materiales 209
Métodos 209
Preguntas guía 210
Referencias 210
Práctica 17. Establecimiento y medición de sitios temporales de monitoreo forestal 215
Introducción 215
Objetivo 218
Materiales y métodos 218
Preguntas guía 221
Referencias 222
Anexos 224
Práctica 18. Evaluación de reforestaciones 229
Introducción 229
Objetivos 231
Materiales y métodos 231
Preguntas guía 235
Referencias 235
Práctica 19. Muestreo de epífitas en áreas de bosque mixto de pino y encino 237
Objetivo 239
Materiales y métodos 239

Preguntas guía 241
Referencias 242
Anexos 243
Práctica 20. Colecta e identificación de hongos 247
Introducción 247
Objetivos..... 248
Materiales y métodos 248
Preguntas guía 252
Referencias 252
Práctica 21. Construir una guía de identificación de aves en el Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta, Oaxaca 253
Introducción 253
Objetivos..... 254
Materiales y métodos 254
Preguntas guía 257
Referencias 258
Anexos 259
Práctica 22. Recorridos para colectas etnobotánicas..... 263
Introducción 263
Objetivo 263
Materiales y métodos 264
Preguntas guía 267
Referencias 268
Práctica 23. Identificación y descripción de los paisajes agrícolas 269
Introducción 269
Objetivo 270
Materiales y métodos 271
Preguntas guía 273
Referencias 274
Práctica 24. Análisis de los sistemas productivos agrícolas 275
Introducción 275
Objetivos..... 276
Materiales y métodos 276
Preguntas guía 277
Referencias 278
Práctica 25. Construcción de lamabordos..... 285
Introducción 285
Objetivos..... 286

Materiales 286
Métodos 287
Preguntas guía 291
Referencias 291
Glosario 292
Práctica 26. Agrobiodiversidad de la milpa 293
Introducción 293
Objetivos..... 295
Métodos 295
Preguntas guía 297
Referencias 297
Práctica 27. Estimación de almacenamiento de carbono en árboles frutales..... 299
Introducción 299
Objetivo 301
Materiales y métodos 301
Referencias 304
Anexos 305
Práctica 28. Análisis de las actividades económicas y el ingreso de los hogares 309
Introducción 309
Objetivos..... 310
Materiales y métodos 311
Preguntas guía 312
Referencias 312
Anexo 1. Cuestionario sobre la economía de los hogares 314
Práctica 29. Análisis del sistema alimentario de la comunidad 319
Introducción 319
Objetivos..... 320
Métodos 320
Preguntas guía 323
Referencias 323
Práctica 30. Diagnóstico de los servicios turísticos de una comunidad 325
Introducción 325
Objetivos..... 326
Materiales y métodos 326

Preguntas guía 327
Referencias 328
Práctica 31. Manejo de los residuos sólidos urbanos:
tequio de limpieza 333
Introducción 333
Bases conceptuales 334
Objetivos..... 335
Materiales y métodos 335
Preguntas guía 338
Referencias 339
Para saber más..... 340
Anexos 341
Práctica 32. Identificación y clasificación de amenazas 345
Introducción 345
Objetivo general 347
Materiales y métodos 348
Preguntas guía 349
Referencias 350
Glosario 351
Práctica 33. Pintar con los colores de la tierra 355
Introducción 355
Objetivos..... 356
Materiales y métodos 356
Preguntas guía 360
Referencias 360
Practica 34. Rally Dzahui: la lluvia como recurso
del geopatrimonio 361
Introducción 361
Objetivo general 362
Objetivos particulares 362
Materiales y métodos 362
Preguntas guía 364
Referencias 365
Glosario 366
Práctica 35. Sistematización de la historia oral local 367
Introducción 367
Objetivos..... 368
Materiales y métodos 368

Preguntas guía 370
Referencias 371
Anexo 372
Práctica 36. Geo mixteca TV 379
Introducción 379
Objetivo 380
Especificaciones de la actividad 380
Materiales 380
Métodos 381
Preguntas guía 382
Referencias 382
Anexo 384

Introducción

La Mixteca Alta es una región fascinante por su riqueza geológica, biológica y cultural. Los paisajes de la Mixteca Alta oaxaqueña son el resultado de la interacción de la geología, el relieve, la erosión y el manejo activo durante miles de años por las comunidades mixtecas (Spores, 1969). Esta región se localiza al noroeste del estado de Oaxaca y abarca una superficie aproximada de 8086 km^2 (García-Mendoza *et al.*, 1994).

El relieve es complejo, con valles, lomeríos y sierras con una altitud promedio por encima de los 2000 metros sobre el nivel del mar y con elevaciones que pasan los 3000 metros. En la Mixteca Alta confluyen las sierras Madre del Sur y Oriental; esta última correspondiente a la Sierra Madre de Oaxaca. A este complejo se le ha denominado Nudo Mixteco (González-Leyva, 2007). El clima predominante es el templado subhúmedo con lluvias en verano, y otros climas presentes son el semiseco templado y el semicálido subhúmedo (INEGI, 2009). Los tipos de vegetación son los bosques de pino, encino, matorrales xerófilos, palmares y pequeñas áreas con bosque tropical caducifolio y bosque mesófilo de montaña (García-Mendoza *et al.*, 1994).

En esta región se gestó uno de los primeros proyectos de geoparques en México, el cual fue reconocido por la UNESCO en mayo de 2017. El Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta (GMA) tiene una superficie de 415 km^2 y abarca el territorio de nueve municipios: San Andrés Sinaxtla, San Bartolo Soyaltepec, San Juan Teposcolula, San Juan Yucuita, San Pedro Topiltepec, Santa María Chachoapám, Santiago Tillo, Santo Domingo Tonaltepec y Santo Domingo Yanhuitlán (Palacio Prieto *et al.*, 2016).

Según la UNESCO, un geoparque es un área claramente definida, suficientemente grande para permitir el desarrollo local y cultural (GGN, 2014). Debe tomar en cuenta todos los elementos de la geografía regional. La sinergia entre geodiversidad, biodiversidad y cultura, así como el patrimonio tangible e intangible deben ser resaltados como una parte integral del geoparque, especialmente cuando se puede demostrar al posible visitante la relación de estos elementos con el paisaje y la geología (GGN, 2014; Palacio Prieto, 2013). El territorio de este geoparque

presenta características ideales para el estudio y la educación de diversos temas de las ciencias naturales y sociales.

De acuerdo con la definición de geoparque, la educación es un tema fundamental, por lo que se considera que este es básicamente un territorio con un sinnúmero de recursos didácticos para la educación formal y no formal (GGN, 2014). El GMA ha sido ampliamente visitado por estudiantes de diversos niveles aún antes de su aceptación de la UNESCO como geoparque mundial. El último año se recibieron más de 3000 estudiantes de educación básica, media, media superior y superior, de varios estados del país, entre los que destacan Oaxaca, Ciudad de México, Michoacán y Campeche.

En este territorio está ocurriendo un novedoso proceso de colaboración entre las comunidades y la Universidad Nacional Aut´noma de México (UNAM) que le permite a todos los involucrados aprender de él. Este libro es producto de esa interacción, en donde autoridades locales, guías, expertos locales y académicos hemos diseñado una guía de prácticas de campo adaptadas al GMA. Este documento es un recurso didáctico que se pone al servicio de profesores y estudiantes que nos visitan. Y es una primera versión, que irá mejorando a medida que se utilice y se reciban sugerencias. Esperamos que lo que encuentren aquí les ayude a comprender mucho mejor los temas de los cursos y que disfruten de la geología, de los paisajes, de la naturaleza y la cultura de esta región.

Bienvenidos al Geoparque Mixteca Alta

El territorio del geoparque, habitado durante milenios, presenta características ambientales especiales, como una geología diversa, suelos frágiles en las laderas, un clima extremoso tanto en verano como en invierno, y una composición florística diversa. Por su localización, fue un paso obligado para transitar a diversas regiones de Mesoamérica. Aquí se desarrolló la cultura mixteca, una de las más importantes de América, y que logró extenderse por buena parte de lo que hoy son los estados de Oaxaca y Puebla.

Actualmente, esta interacción cultura-naturaleza, sigue siendo muy fuerte, y se nota casi en todas esferas en las comunidades que conforman el geoparque, en los paisajes, en la organización, en las fiestas, en la arquitectura, solo por poner unos ejemplos. Es por eso que pedimos a todos los visitantes y, en particular a los estudiantes, se conduzcan con respeto.

Aunque este es un territorio relativamente pequeño, es muy rico. Esperamos que al recorrer los geosenderos, carreteras y caminos disfruten del paisaje. Al

visitar las comunidades podrán convivir con la gente de los nueve municipios y aprender de los agricultores, de las artesanas, de los ganaderos y de los guías. De eso se trata, de aprender todos de todos.

Agradecimientos

Agradecemos a las autoridades agrarias y municipales, así como a los guías del geoparque quienes son los responsables de hacer sentir el geoparque a los visitantes. Ellos son: Felipe Pérez Ramírez, Esteban Santiago, Yesenia Miguel Cenobio, Patricia García Vicario, Francisco Gómez López, Valentín M. Velásquez, César Fredy González Cruz, Aniceto Bautista Sandoval, Ofelia Reyes Jiménez, Araceli Espinoza Ramírez, Yadira Jiménez Hernández, Tomasa Bautista Ramírez, Jorge Rodríguez, Virginia Fuentes Cruz y Luisa Cruz Cruz.

También deseamos reconocer a los compañeros del equipo de la UNAM, quienes colaboran con su experiencia y aportaron información y materiales muy valiosos para esta guía, en especial a Xóchitl Ramírez, Miguel Ángel Cruz, Efrén Orozco, Matthew Lorenzen, Carlos Dobler y Adrián Ortega.

Los autores agradecemos a la Dirección General Asuntos del Personal Académico (DGAPA) por el financiamiento para la realización de esta guía a través del proyecto PE117619, "Diseño de un manual de prácticas para el Geoparque Mixteca Alta".

Referencias

García Mendoza, A., Tenorio Lezama, P. y Reyes Santiago, J. (1994). El endemismo en la flora fanerogámica de la Mixteca Alta, Oaxaca-Puebla, México. *Acta Botánica Mexicana*, 27, 53-73.

Global Geoparks Network (GGN) (2014). *Guidelines and Criteria for National Geoparks seeking UNESCO's assistance to join the Global Geoparks Network (GGN)*. UNESCO, Global Geoparks Network. Recuperado de: http://www.europeangeoparks.org/wp-content/uploads/2012/03/Geoparks_Guidelines_Jan2014.pdf

González Leyva, A. (2007). Geografía, lingüística, arqueología e historia de la Mixteca alta antes de la conquista española. *Anuario de Historia*, 1, 45-66.

INEGI. (2009). *Anuario Estadístico del Estado de Oaxaca*. Oaxaca, México: INEGI, Gobierno del Estado de Oaxaca.

Palacio Prieto, J. L. (2013). Geositios, geomorfositios y geoparques: importancia, situación actual y perspectivas en México. *Investigaciones Geográficas*, 82, 24-37.

Palacio-Prieto, J. L., Rosado-González, E., Ramírez-Miguel, X., Oropeza-Orozco, O., Cram-Heydrich, S., Ortiz-Pérez, M. A., Figueroa-Mah-Eng, J. M. y Fernández de Castro-Martínez, G. (2016). Erosion, culture and geoheritage; the case of Santo Domingo Yanhuitlán, Oaxaca, México. *Geoheritage*, 8(4), 359-369.

Spores, R. (1969). Settlement, farming technology, and environment in the Nochixtlan Valley. *Science, 166C*(3905), 557-569.

Práctica 1. Descripción de afloramientos

Jhoanna Silis Esquivel
Universidad Autónoma del Carmen

Rosalba Lima Velázquez
Universidad Autónoma del Carmen

Introducción

El Geoparque Mixteca Alta (GMA), localizado en el municipio de Yanhuitlán, Oaxaca, recibe a investigadores, docentes, estudiantes, profesionistas y público en general con la finalidad de dar a conocer el patrimonio natural y social-histórico de la región. Adicionalmente, tiene un fin geoturístico que promueva el bienestar de los habitantes (GMA, 2019). El GMA es una de las regiones geológicas más complejas de México, ubicado entre los terrenos tectonoestratigráficos mixteco y zapoteco, donde afloran sedimentos continentales y flujos de rocas volcánicas del Mesozoico y del Cenozoico (GMA, 2019). Dichas rocas son de interés para esta práctica, la que se refiere a la descripción de las rocas aflorantes, es decir, aquellas que pueden ser observadas en el sitio de forma directa.

Para realizar la descripción de los afloramientos se tiene que partir de la teoría general, por lo que se decidió tomar parte de la metodología propuesta por Compton (1962 y 1970) y aplicada en este siglo en Geocamp (2002), donde se explica que el trabajo de campo en términos generales consta de tres etapas principales, las cuales son:

a) La primera consiste en los preparativos de la salida de campo tanto de elementos técnicos (antecedentes geológicos del área de interés, mapas topográfico, geológico, hidrológico entre otros) como logísticos (medio de transporte, hospedaje, alimentación, permisos, seguridad, vestimenta apropiada, etc.);
b) La segunda etapa es propiamente la salida de campo, donde se realiza el levantamiento de la información geológica utilizando métodos específi-

cos para la identificación de los tipos de roca, descripción de cada unidad litológica identificada, sus relaciones, etc., donde se hace una interpretación preliminar de la historia geológica del lugar;

c) La tercera etapa se realiza una vez que se regresa al lugar de trabajo para el desarrollo del informe final, donde se reportan los hallazgos encontrados en campo, así como las posibles conclusiones y recomendaciones respecto a los resultados obtenidos del análisis detallado de la información recolectada en la segunda etapa.

En esta práctica se pone énfasis en la descripción de los afloramientos, pues son la base de los levantamientos geológicos en campo. Dávila-Burga (2011), en el diccionario de términos geológicos de INGEMMENT, define **afloramiento** como "todo tipo de roca, mineral (filones, vetas), agua, etc. que se observa en la superficie terrestre". Es tarea del geólogo realizar la descripción de dichas rocas. Tal actividad no siempre es fácil, ya que la mayor parte del tiempo estas rocas se encuentran cubiertas por vegetación o por depósitos superficiales que ocultan la litología, por lo que, en muchos casos la búsqueda de afloramientos se vuelve una de las principales tareas de los geólogos.

Antes de ir al campo, se puede tener una primera aproximación de los afloramientos a visitar, utilizando las fotografías aéreas y las imágenes de satélite del área de interés (con Google Earth), lo que representa ahorro de tiempo y dinero en el trabajo de campo, ys que permite encontrar los accesos al sitio de interés y definir puntos adicionales o llevar un control de los afloramientos por visitar en cada salida.

Por experiencia, el geólogo aprende en campo que los mejores afloramientos pueden encontrarse en las paredes de los peñascos, barrancos, acantilados, etc. Estos afloramientos son naturales y, aunque a veces son de difícil acceso, muestran las características geológicas de los materiales y la relación existente entre ellos. También existen afloramientos que han quedado al descubierto por actividades realizadas por el hombre, como excavaciones, galerías, canteras, cortes carreteros y ferroviarios, zanjas o sondajes (Geocamp, 2002).

En términos generales, los afloramientos aportan información relevante para la cartografía del área de interés, la identificación del tipo de rocas existentes en el lugar y las relaciones de contacto existentes entre ellas. Por lo tanto, tomar notas adecuadas para describir un afloramiento es una actividad, que, aunque parece trivial, es muy importante en el momento de realizar las representaciones graficas de los afloramientos y las interpretaciones geológicas a partir de los datos tomados en campo.

Figura 1. Forma de colocar una escala en el afloramiento (izquierda), Vista panorámica (descripción geomorfológica) Dique Andesita y Formación Yanhuitlán, Agencia Río Verde, Oax (derecha), marzo de 2019 (todas las fotografías fueron tomadas frente al afloramiento por estudiantes del PE de Ingeniería Geológica de la Universidad Autónoma del Carmen, UNACAR).

Como se mencionó, un afloramiento a simple vista está compuesto por material rocoso, sedimentos, vegetación, características que hacen a cada afloramiento único y diferente de los demás, aun en las inmediaciones del lugar. Por lo tanto, es de suma importancia realizar una buena descripción de cada afloramiento tomando notas en campo.

Para que dichas notas resulten relevantes, deben realizarse de forma sistemática, pues ello ayuda a que la veracidad de los datos se apegue a la realidad y con ello se aumentará la certidumbre de la información disminuyendo por lo tanto el riesgo de que algún error humano lleve a una interpretación equivocada de la información.

Una habilidad que el geólogo debe tener para realizar un buen trabajo en el campo es la observación, la cual debe ser minuciosa en el momento de realizar la descripción de un afloramiento. Dicha descripción debe quedar asentada en una libreta de campo, donde realizará la descripción exhaustiva de cada detalle observado de la superficie del terreno. En la Figura 2 se presenta la metodología sugerida para la descripción de un afloramiento.

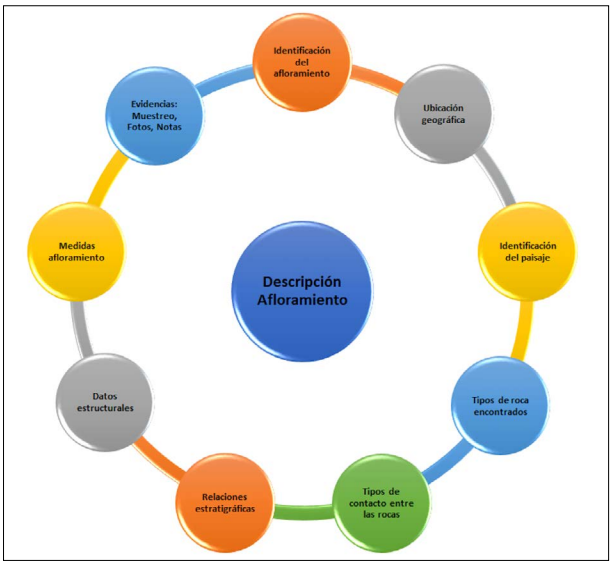


Figura 2. Metodología para la descripción de afloramientos. Fuente: elaboración propia.

Objetivo

Describir afloramientos geológicos a través de la toma de notas de forma adecuada, siguiendo la metodología propuesta. See pretende con ello desarrollar la habilidad de observación, apoyándose en la sistematización del procedimiento el cual sigue un sentido lógico, y crear el hábito de una descripción que le ayude posteriormente en la interpretación en gabinete.

Materiales y métodos

Los materiales y equipos usualmente empleados para la descripción de afloramientos en campo son los siguientes:

- Libreta de notas
- Lápices de colores
- GPS
- Brújula
- Cinta métrica o wincha
- Escalas
- Cámara fotográfica

Una vez definido el afloramiento por el docente o guía del trabajo de campo, el participante lo observará detenidamente e irá contestando las preguntas de la actividad en su libreta de campo. El tiempo aproximado para desarrollar esta actividad es de 15 minutos en cada afloramiento.

Cada uno de los pasos aquí mencionados debe anotarse claramente en la libreta de campo, preferentemente con lápiz para en caso de ser necesario corregir adecuadamente en el momento sin encimar las anotaciones.

Es importante destacar que aquí se describe de manera general cada paso. La observación de cada participante es importante, los detalles que puede ver una persona pueden ser diferentes, aunque en lo general pueden coincidir. Anotar todo es mejor que olvidar algo o dejarlo a la memoria. Cada paso aquí mencionado debe ser escrito en la libreta de campo. El orden que aquí se sugiere se considera que puede ayudar al participante a generar informes de calidad, debido a la sistematización del procedimiento, minimizando con ello los errores humanos.

Es importante poner la fecha en que se realiza el levantamiento, con el objeto de llevar un control de la actividad realizada diariamente. Además, se debe identificar a la persona o brigada que es responsable de la toma de datos y descripción del afloramiento para que frente a cualquier duda en las anotaciones se pueda recurrir a ella para realizar las aclaraciones pertinentes durante el campamento o posteriormente.

Paso 1: *asignar un identificador al afloramiento* o clave. Es fundamental para llevar el control de las muestras tomadas en cada afloramiento y asociarlos con los resultados obtenidos en laboratorio.

Paso 2: *ubicar geográficamente el afloramiento*, por medio del uso de un GPS (Global Positioning System). Dicha ubicación se dará en coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) y en coordenadas geográficas (grados, minutos y segundos sexagesimales). A veces puede ser útil describir cómo se ha llegado hasta ese lugar, por ejemplo: "se sigue la carretera tal y se toma el desvío tal. Se estaciona y se sigue andando 2 minutos".

Paso 3: *descripción del paisaje observado*, tipo de relieve, vegetación, etc.

Paso 4: *identificación del tipo de rocas* encontradas (ígneas, metamórficas y sedimentarias), color roca sana, color roca intemperizada, espesor, tamaño de granos, si tiene fósiles, etc.

Paso 5: *identificación del tipo de contacto entre las rocas*, la relación que existe entre cada unidad de roca, esta puede ser un contacto concordante (continuidad, paraconformidad, disconformidad), contacto discordante (discordancia

angular, inconformidad), contacto intrusivo (batolito, dique, diapiro salino), contacto efusivo (volcanes y coladas).

Paso 6: *relaciones estratigráficas de las rocas*, que definen la edad relativa de cada unidad de roca, apoyado en los principios geológicos.

Paso 7: *datos estructurales y orientación de planos*, que son tomados con la brújula tipo Brunton, por lo general en campo se usa la regla de la mano derecha para determinar la dirección del rumbo y orientación del estrato.

Paso 8: *realizar la medición de un afloramiento*, lo que se lleva a cabo directamente con una cinta métrica o wincha (Figura 3).

- En caso de que las condiciones del terreno no lo permitan por lo abrupto o por la falta de cinta métrica, se puede medir tomando una fotografía de frente al afloramiento y colocar un objeto del cual se conozca la medida exacta o una persona de la cual se tenga su altura.
- Para el caso de la longitud, en caso de no tener cinta se puede realizar en campo midiendo los pasos constantes de una persona y registrar la media de su paso en la libreta dichos datos.

Figura 3. Midiendo el largo de un afloramiento con wincha y GPS para ubicación geográfica (superior izquierda), el tamaño del intemperismo esferoidal con una pica (superior derecha) o el alto de un afloramiento con la altura de una persona (mide 1.80 metros, inferior).

- Otra forma de medir la longitud de forma indirecta es utilizando el GPS en coordenadas UTM, con el incremento en "y" se puede determinar la longitud existente entre un punto y otro de un afloramiento.
- El ancho, si no es posible medirlo en campo, se calcula directamente en la carta topográfica a escala. Al no ser tomado en campo directamente, se anota al regresar a gabinete.

Paso 9: *recolección de evidencias*. Las evidencias se toman desde que el participante arriba al afloramiento, y se anotan desde la fecha hasta el etiquetado de las muestras. En este punto se debe recalcar que, tanto el afloramiento como cada muestra recolectada en un afloramiento, deben estar debidamente registrados en la libreta de campo. Se debe contar con una nomenclatura de identificación para que no se confundan, además de tener la ubicación geográfica del lugar del muestreo y, por supuesto, la evidencia fotográfica del mismo.

A continuación, en las Figuras 4, 5 y 6, se anotan los datos que se espera queden registrados para cada afloramiento en cada libreta de campo.

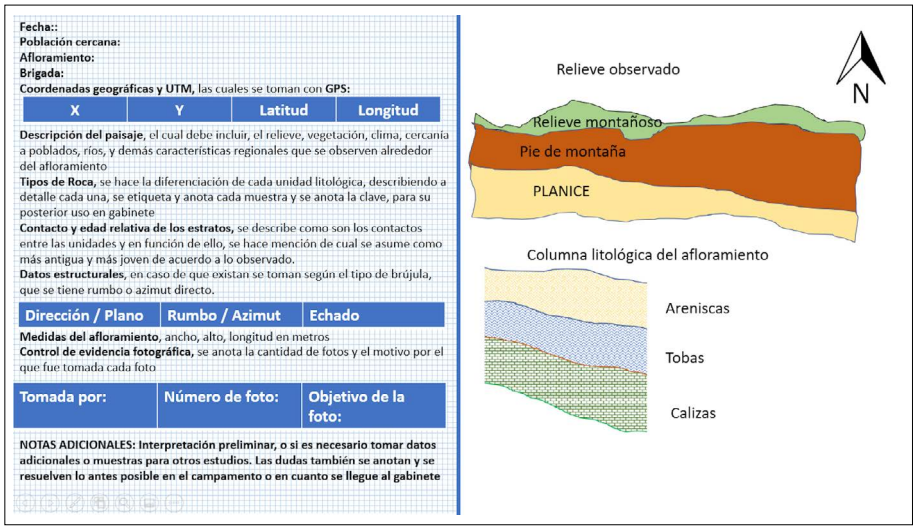


Figura 4. Datos generales del afloramiento lado izquierdo. Diagramas del afloramiento y la columna geológica observada, lado derecho.

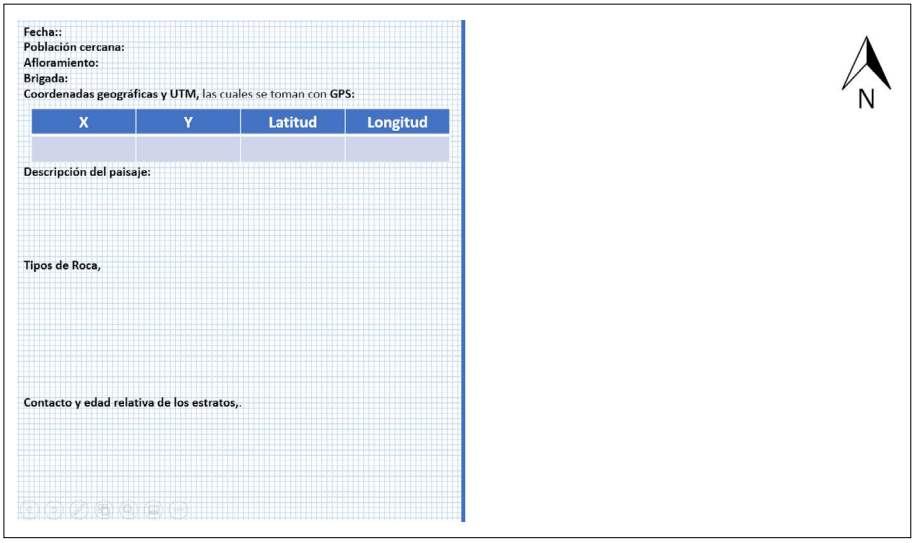


Figura 5. Muestra a utilizar para la descripción de los ejercicios.

Figura 6. Muestra a utilizar para la descripción de los ejercicios.

Ejercicios

1. Describa en su libreta de campo los siguientes afloramientos, con los datos que tenga. En caso de faltar alguno, explique qué sucede si no puede obtener el dato requerido.
2. Al finalizar el recorrido los participantes expondrán sus experiencias y tendrán un tiempo aproximado de 30 minutos para comparar los datos recolectados. Vaciar la información a una carta geológica y complementar los datos que consideren importantes y que otro compañero haya anotado.
3. Para reforzar el aprendizaje, trate de realizar la practica con afloramientos reales en los cortes carreteros cercanos a su lugar de origen o cuando salga a campo.

Preguntas guía

1. ¿En qué fecha se está realizando la descripción del afloramiento?
2. Nombre de quién describe, de la brigada o del equipo.
3. ¿Qué número de afloramiento es?
4. ¿Cuál es la ubicación del afloramiento?
5. ¿Dónde está el norte?
6. ¿Qué tipo de paisaje se observa?
7. ¿Qué tipo de rocas se encuentran en el afloramiento?
8. ¿Cuál es la relación existente entre las rocas encontradas?
9. ¿Qué tipo de contactos existe entre las rocas del afloramiento?
10. ¿Cuál es la relación de temporalidad entre las rocas encontradas?
11. Si son rocas estratificadas, ¿se les puede tomar datos estructurales?
12. ¿Cuánto mide el afloramiento completo?

Referencias

Compton, R. (1962). *Manual of Field Geology*. Nueva York: John Wiley.

Compton, R. (1970). *Geología de campo*. México: Pax-México.

Dávila Burga, J. (2011). *Diccionario Geológico*. Preparado por INGEMMET. Recuperado de http://biblioteca.ismm.edu.cu/wp-content/uploads/2017/06/Diccionario-geologico.pdf

Geocamp. (2002). Portal de las actividades de campo en Geología. http://webs2002.uab.es/_c_gr_geocamp/geocamp/esp/

Glosario Geología. (2012). https://glosarios.servidor-alicante.com/geologia/afloramiento

Para saber más

García de la Torre, E. (1990). Metodología y Secuenciación de las Actividades Didácticas de Geología de Campo. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2(2), 340-353.

Instituto Sinchi. (2009). Afloramientos rocosos. Fichas de los patrones de las coberturas de la tierra de la Amazonia Colombiana. Bogotá D.C. Recuperado de: http://siatac.co/web/guest/productos/coberturasdelatierra/fichasdepatrones

Práctica 2. Tipos de rocas

Jhoanna Silis Esquivel
Universidad Autónoma del Carmen

Rosalba Lima Velázquez
Universidad Autónoma del Carmen

Introducción

En campo no siempre es fácil identificar los diversos tipos de rocas que conforman la corteza terrestre, sobre todo por su gran variedad. Las descripciones que se realizan en un entorno natural son a nivel macroscópico (muestra de mano), pero se omite el detalle de sus componentes y rasgos geológicos que solo son visibles con la ayuda de un microscopio; no obstante, esta primera descripción permite la clasificación general de la muestra, la cual nos provee información sobre su génesis y, por lo tanto, sobre la historia geológica de la región.

Una roca es un sólido compuesto por uno o varios minerales (RAE, 2017). La litosfera está conformada por tres tipos de rocas que, de acuerdo con el origen de su formación, se clasifican en: rocas ígneas, rocas sedimentarias y rocas metamórficas.

Las **rocas ígneas** se forman a partir de magma, el cual en una masa fundida silicatada que tienen su génesis en el interior del planeta. La mayor parte de este fundido proviene del manto superior, aunque existe otra pequeña porción que se puede generar en la corteza inferior.

El magma está conformado por una fase liquida, una fase gaseosa y una fase solida (cristales). Cuando el magma sale a la superficie terrestre gracias a la actividad volcánica, pierde su fracción gaseosa generando materiales conocidos como lava y piroclastos (Carenas *et al.*, 2014). Dependiendo el lugar de enfriamiento del magma, estas rocas se clasifican en: rocas ígneas intrusivas o plutónicas (enfriamiento en el interior de la corteza terrestre) y rocas ígneas extrusivas (enfriamiento en la superficie terrestre). Cabe mencionar que existen semejanzas entre los dos tipos de rocas ígneas, tal como la composición química de los magmas que

las generan, las cuales pueden ser desde composiciones ácidas (colores rosáceos), intermedias (colores grisáceos), básicas y ultrabásicas (colores oscuros).

Las rocas ígneas extrusivas se generan a partir de la actividad volcánica, proceso en el cual se expulsa una gran cantidad de lava y piroclastos que, al encontrarse expuesta a las condiciones atmosféricas, se enfrían rápidamente dificultando el crecimiento de minerales en su forma cristalina y propiciando las condiciones para la generación de vidrio volcánico. Así mismo, las rocas ígneas intrusivas o plutónicas se generan en el interior de la corteza terrestre, lo que provee espacio, tiempo y reposo para que los minerales contenidos en el magma crezcan lo suficiente para generar una masa cristalina.

También existen diferencias entre los dos tipos de rocas ígneas, por ejemplo, en las texturas que presentan (textura cristalina, textura vítrea o textura clástica), las cuales describen el aspecto general de la roca en función del tamaño, forma y ordenamiento de sus cristales (Figura 1) (Tarbuck y Lutgens, 2005).

Existe otro grupo de rocas, llamado **rocas sedimentarias**, cuyo origen se debe a los procesos geológicos externos de nuestro planeta. Se distinguen de las otras rocas porque estas se forman a partir de la acumulación de sedimentos. Dependien-

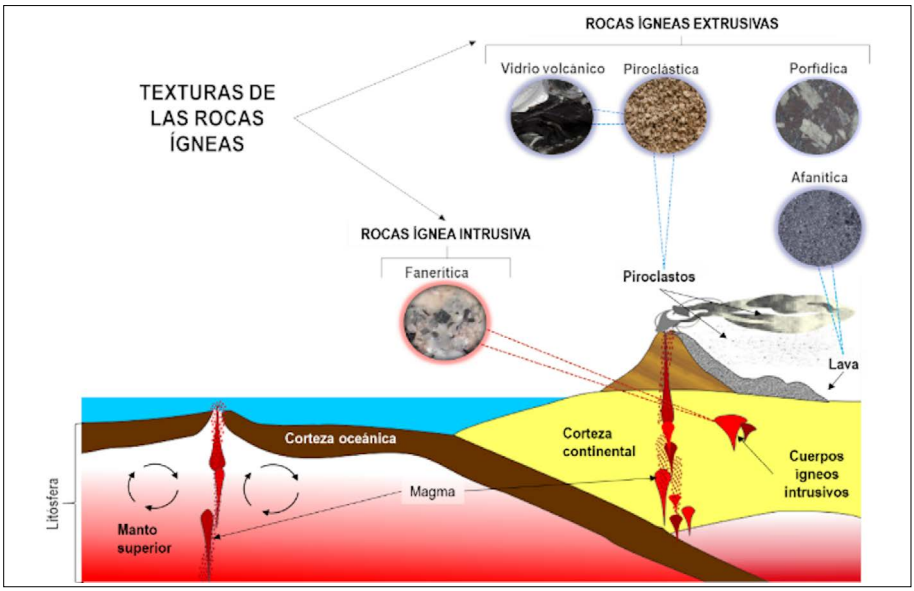


Figura 1. Origen de los magmas y texturas principales de las rocas ígneas intrusivas y extrusivas. Fuente: elaboración propia.

do su origen se pueden clasificar en dos grupos: rocas sedimentarias siliciclásticas y rocas sedimentarias químicas.

Las rocas siliciclásticas se conforman por fragmentos de rocas preexistentes que, cuando aún no han sufrido transporte, son conocidos como clastos. Si estos son transportados por los agentes de la dinámica externa, tales como el agua y el viento, inician un recorrido que termina con su depositación y acumulación que se le denomina sedimento. Al proceso que genera la alteración y fragmentación de las rocas es conocido como intemperismo (físico, químico o biológico) y al proceso que implica el transporte de estas partículas se conoce como erosión (Carenas *et al*., 2014).

Los sedimentos se clasifican por su tamaño en arcillas, limolitas, areniscas, gravas y bloques, siendo estos últimos los más grandes (Monroe, Wicander y Pozo, 2008). Una vez que los sedimentos se han acumulado en su ambiente de depósito, quedan sujetos a los procesos diagenéticos, que son modificaciones físicas y químicas (entre las que se encuentran la compactación y cementación) que los litificarán, convirtiéndolos en roca. Por cada tipo de sedimento se genera una roca diferente (Figura 2).

El segundo grupo lo conforman las rocas sedimentarías químicas (Figura 3). Estas se derivan de aquellos materiales que son transportados en solución y depositados en ambientes acuosos (lagos, lagunas, mares, etc.), donde posteriormente se precipitan para formar sedimentos químicos, tales como el óxido de silicio (SiO_2 / sílex), cloruro de sodio (NaCl / halita), carbonato de calcio ($CaCO_2$ / calcita), entre otros. Cabe mencionar que las rocas sedimentarias que contienen carbonatos se pueden identificar fácilmente porque reacciona químicamente (efervescencia) al tener contacto con el ácido clorhídrico (HCl) (Boggs, 2009).

Los sedimentos químicos pueden ser de origen orgánico e inorgánico. Los primeros los generan organismos que son capaces de sintetizar y fijar en sus testas, conchas o caparazones las partículas que se encuentran en solución. El segundo proceso se lleva a cabo a través de la evaporación y precipitación de las partículas en solución.

Existen otras rocas químicas que se generan por la acumulación y amalgama de clastos de origen biológico (bioclastos), como lo son los fragmentos de conchas y caparazones; los cuales también se unen con la ayuda de un cementante ($CaCO_2$). producto de la precipitación de los materiales en solución.

Las rocas sedimentarias de origen químico se clasifican de acuerdo con su composición química y textura (clástica, no clástica o bioclástica). Las más representativas de este grupo son las calizas (origen químico orgánico o inorgánico), la coquina (origen químico orgánico), el travertino (origen químico orgánico),

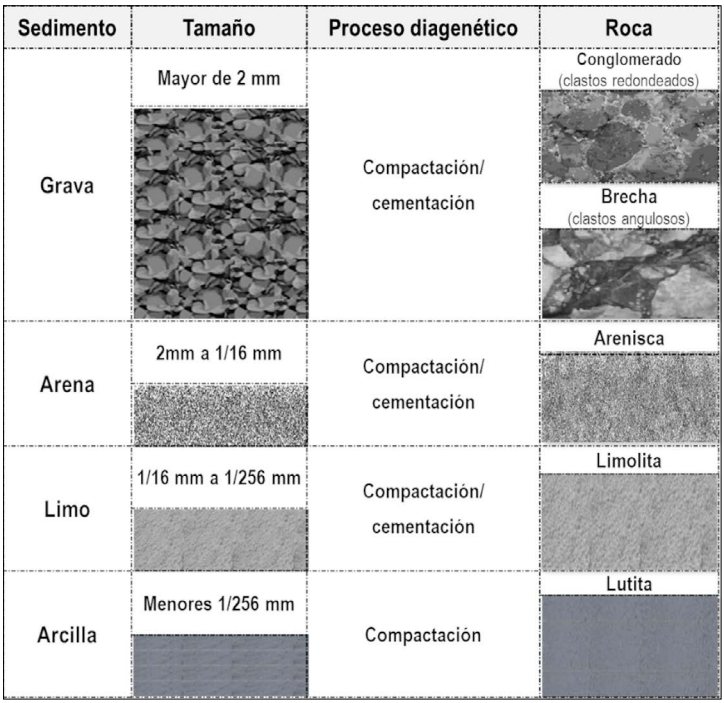


Figura 2. Rocas sedimentarias siliciclásticas. Clasificación de acuerdo con el tamaño del sedimento y la roca que genera después de sufrir algún proceso diagenético. Fuente: adaptada de Tarbuck *et al.* (2005) y Monroe *et al*. (2008).

el sílex (origen químico orgánico o inorgánico) y las rocas evaporíticas (origen químico inorgánico) (Figura 3).

Hay algunos otros productos de origen sedimentario que se generan a partir de la acumulación de materia orgánica en ambientes anóxicos (poca o nula cantidad de oxígeno y de circulación de agua), donde los organismos anaeróbicos (bacterias que viven sin oxígeno), descomponen la materia orgánica generando el carbón, petróleo y gas natural, aunque no al mismo tiempo, y su generación depende de otros factores, como el tiempo, la profundidad y la temperatura (Monroe *et al.*, 2008).

En cualquiera de sus diferentes composiciones, texturas y formas, las rocas sedimentarias son un grupo muy útil para determinar ambientes de depósito y deducir las condiciones de los medios donde se depositaron las rocas, por lo que reconocerlas es de gran utilidad.

Composición	Textura	Roca		
Calcita $CaCO_3$	No clástica: Cristalino fino a grueso		Caliza cristalina	
			Travertino	Origen Bioquímico
	Bioclástica Cementación débil		Coquina	
	Bioclástica Cementación intensa		Caliza fosilífera	
	Bioclástica Caparazones y arcilla microscópica		Creta	
Cuarzo SiO_2	No clástica Cristales muy finos		Silex (color claro) y Pedernal (color oscuro)	
Yeso $CaSo4 \bullet 2H_2O$	No clástica Cristales de finos a gruesos		Yeso	
Halita NaCl	No clástica Cristales de finos a gruesos		Sal de roca	
Fragmentos de materia orgánica en descomposición	No clástica Materia orgánica de grano fino		Carbon	

Figura 3. Clasificación general de las rocas sedimentarias químicas de acuerdo con su composición textura. Fuente: modificado de Tarbuck *et al.* (2005).

El tercer grupo de rocas que podemos hallar en la corteza terrestre son las **rocas metamórficas**. Estas son el resultado de la transformación de rocas preexistentes para adaptarse a nuevas condiciones ambientales. Los factores que inducen estos cambios son la presión, la temperatura y la presencia de fluidos químicamente activos. Estos factores se presentan en proporción con la profundidad donde se lleve a cabo el metamorfismo. Estos cambios se deben llevar a cabo en estado sólido; si por la temperatura o la presión la roca se funde, se transforma en roca ígnea.

Cuando inicia el metamorfismo, los minerales contenidos en las rocas prexistentes empiezan a fluir debido al aumento de la temperatura, pero al aumentar la presión, también tienden a alinearse, creando laminas en disyunción; a esta nueva disposición de los minerales prexistentes se le conoce como foliación (Figura 4); esta, además, es la característica visual que distingue a las rocas metamórficas de

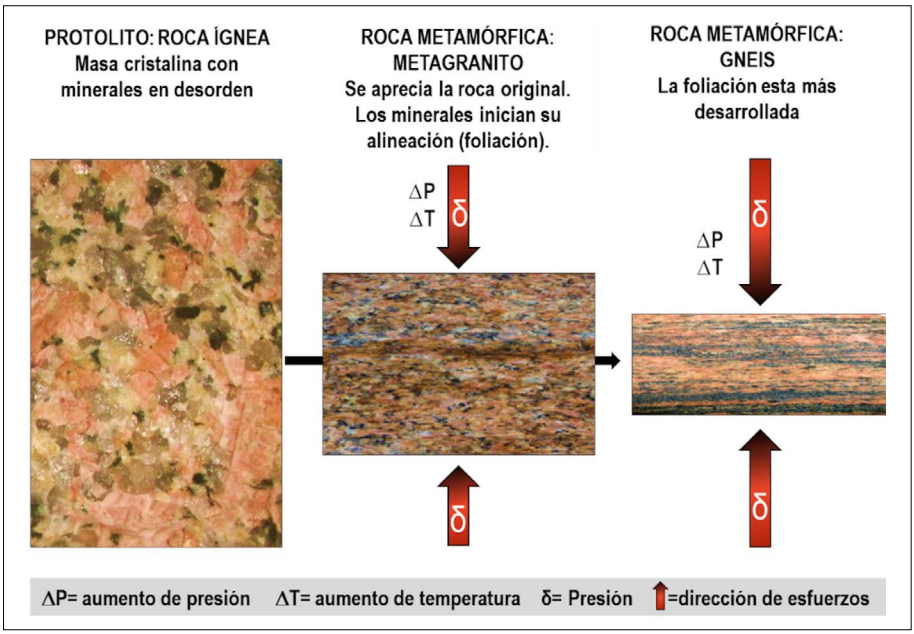


Figura 4. Evolución de la foliación en función del aumento de la presión y temperatura, así como delo esfuerzos a los que está sujeta la roca prexistente. Fuente: elaboración propia.

los otros dos grupos (ígneas y sedimentarias) (Tarbuck *et al.*, 2005). Cabe mencionar que, a las rocas prexistentes que sufren metamorfismo se les conoce como protolitos. Si la roca metamórfica aún permite apreciar los rasgos originales del protolito, al nombrarla se le antepone el prefijo meta, por ejemplo: metarenisca, metagranito, metapelita, etcétera.

Existen tres tipos de foliaciones; la esquistosidad, la pizarrosidad y el bandeamiento, este último también podría presentarse acompañado de cristales granulares más grandes (porfidoblastos). En términos generales, las diferentes foliaciones dependen del grado de metamorfismo que hayan sufrido las rocas, y pueden ser bajo, medio o alto. En este sentido, el grado de metamorfismo este asociado a la escala de la deformación, la cual puede ser local o regional (orogenias u otros procesos de la tectónica de placas) (Bucher y Rodney, 2011).

Por otro lado, la presencia de agua también juega un papel importante, pues acelera el proceso metamórfico y puede contribuir a la generación de minerales exclusivos de este grupo de rocas (minerales índices), ya que el agua puede estar saturada con otros elementos químicos en solución que, al mezclarse con los mi-

nerales de los protolitos, generan otros nuevos, tales como la cianita, estaurolita, sillimanita, entre otros (Dorado, 2005).

Existen varias formas de clasificar una roca metamórfica, sin embargo, en el trabajo de campo, la manera más útil es clasificarlas de acuerdo con su textura (foliación) en rocas foliadas y no foliadas. De esta manera, damos un primer paso para conocer las causas que originaron el metamorfismo (Figura 5), las cuales podrían variar dependiendo de su detonante, por ejemplo: la actividad hidrotermal produce un metamorfismo hidrotermal; la deformación asociada a fallas genera metamorfismo dinámico; los impactos de meteoritos provocan el metamorfismo de impacto: el alojamiento de cuerpos ígneos intrusivos calientes en un cuerpo de roca frío y más antiguo genera el metamorfismo de contacto, etcétera.

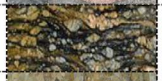
Roca metamórfica	Grado de metamorfismo	Textura		Tipo de foliación	Protolito
Pizarra			Foliada	Pizarrocidad	Luititas
Filita				Esquistocidad	Pizarra
Esquisto				Esquistocidad	Filita
Gneis				Bandeamiento	Esquisto, granito o rocas volcánicas
				Bandeamiento	Gneis, esquisto
Migmatita					Gneis, esquisto
Milonita			Poco foliada	Porfidoblástico	Cualquier tipo de roca
Metaconglomerado				Clastos alineados al esfuerzo	Conglomerado rico en cuarzo
Mármol			No foliada		Caliza
Cuarcita					Cuarzoarenita
Antracita					Carbón
Brecha de Falla					Cualquier tipo de roca

Figura 5. Clasificación de las principales rocas metamórficas de acuerdo con su textura (foliación). Fuente: modificado de Tarbuck *et al.* (2005).

Dentro del Geoparque Mixteca Alta (GMA) es posible observar los tres tipos de rocas. Por ejemplo, en el Geosendero Tecojotal, Sitio Yucudaac (No. 4) se aprecian rocas ígneas de tipo andesita (Andesita Yucudaac). Así mismo, dentro de este geosendero, en el Sitio Río Yutzateche (No. 7), se pueden identificar rocas calizas fosilíferas (Caliza Teposcolula), mientras que en el Geosendero Diques de San Pedro Añañe, en el Sitio Diques San Pedro Añañe (No. 2) es posible observar rocas metamórficas de contacto como resultado de la interacción entre el cuerpo ígneos intrusivo (andesita) y los depósitos sedimentarios preexistentes.

Es importante resaltar que el nombrar una roca no es una tarea fácil, ya que existen decenas de ellas, todas diferentes entre sí; pero existen características semejantes visibles macroscópicamente, mismas que son de gran ayuda cuando se realiza una prospección en campo, ya que proveen al geocientífico de un primer conocimiento, dirigido a precisar su origen. Es decir, el simple acto de definir si una roca es ígnea, sedimentaria o metamórfica, es el primer paso para descubrir la historia geológica de un lugar determinado.

Objetivo

Practicar la identificación macroscópica (muestra de mano) de rocas en el Geoparque Mixteca Alta con base en sus características texturales.

Materiales y métodos

- Formatos de descripción de rocas (mínimo 3).
- Lápiz y borrador.

Practica observando detenidamente imágenes de muestras de rocas y clasifícalas en base a las pistas proporcionas sobre sus características macroscópicas. Así mismo, elige alguno de los geosenderos del Geoprarque Mixteca Alta; con la ayuda de tu guía y de los formatos de descripción de rocas, describe las rocas que observas en tus recorridos.

Ejercicio 1. Un geocientífico realizó un trabajo de prospección, sin embargo, no le fue posible terminar su interpretación geológica. Ha dejado algunas pistas junto con las fotografías. Ayuda a clasificar las rocas mediante sus características macroscópicas y subraya la clasificación que consideres le corresponda. Justifica tu respuesta.

Figura 6.

Pista: las rocas presentan estratificación y tienen una granulometría de grano fino.
¿Cuál es la clasificación de la roca? _____
Justificación: _____
_____
_____
_____

Figura 7.

Pista: las rocas son de diferentes tamaños, tienen clastos redondeados.
¿Cuál es la clasificación de la roca? _____
Justificación: _____
_____
_____
_____

Figura 8.

Pista. Se observan vesículas y una textura afanítica. El color de la muestra es gris oscuro como las rocas de composición básica.
¿Cuál es la clasificación de la roca? _____
Justificación: _____
_____
_____
_____

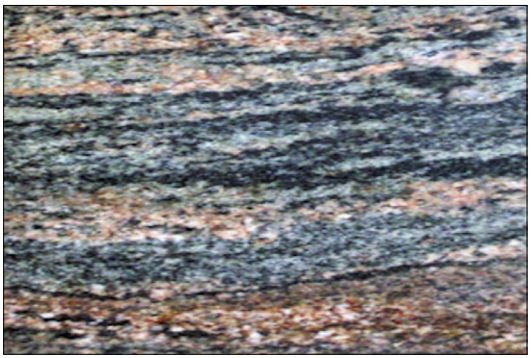


Figura 9.

Pista. La muestra presenta una mezcla de colores que va de grises claros a pardo rosáceo, también es posible encontrar una foliación.
¿Cuál es la clasificación de la roca? _____
Justificación: _____
_____
_____
_____

Figura 10.

Pista. La roca es de color blanco grisáceo, presenta fósiles (galletas de mar), al aplicarle HCl presenta efervescencia.
¿Cuál es la clasificación de la roca? _____
Justificación: _____
_____
_____
_____

Figura 11.

Pista. Se observa una masa cristalina con minerales de colores blancos, grisáceos y negros.
¿Cuál es la clasificación de la roca? _____
Justificación: _____
_____
_____
_____

Ejercicio 2. Elige alguno de los recorridos del Geoparque Mixteca Alta, y con ayuda de tu guía y de los formatos de descripción practica describiendo las rocas que observas utilizando los formatos del anexo 1.

Preguntas guía

1. ¿Crees que sea posible que una roca metamórfica pueda volver a sufrir metamorfismo?
2. ¿Cuál crees que haya sido el primer tipo de roca en existir dentro del Geoparque Mixteca Alta? Justifica tu respuesta.
3. ¿Qué información sobre la historia geológica de un lugar nos provee el conocer los diferentes tipos de rocas?
4. Investiga cuál es el tipo de roca más abundante dentro del Geoparque Mixteca Alta.
5. Una roca ígnea o metamórfica, ¿podría presentar efervescencia si se le aplica HCl?
6. Observa las siguientes dos imágenes y menciona: ¿cuáles son las diferencias visuales ente una estratificación y una foliación?

Figura 12.

Referencias

Boggs Jr., S. y Boggs, S. (2009). *Petrology of sedimentary rocks* (segunda ed.). New. York: Cambridge University Press.

Bucher, K. y Grapes, R. (2011). Petrogenesis of metamorphic rocks (octava ed.) New York, Londres: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Carenas Fernández, M. B., Giner Robles, J. L., González Yelamos, J. y Pozo Rodríguez, M. (2014). *Geología*. Madrid: Ediciones Paraninfo.

Dorado, C. A. (2015). *Petrografía de rocas ígneas y metamórficas*. Madrid: Ediciones Paraninfo.

Monroe, J. S., Wicander, R. y Pozo Rodríguez, M. (2008). *Geología, dinámica y evolución de la Tierra*. Madrid: Ediciones Paraninfo.

Real Academia Española. (2018). *Diccionario de la lengua española* (veintitresava ed.). Recuperado de https://dle.rae.es/?id=WYwJeO6

Tarbuck, E. J. y Lutgens F.K. (2005). *Ciencias de la Tierra: Una introducción a la Geología física*. Madrid: Editorial Pearson Educación.

Anexo 1. Formatos de descripción de rocas.

DESCRIPCIÓN DE ROCAS ÍGNEAS							
Clave de la Muestra			**Coord. Geográficas**			**Localidad o referencia**	
Representación gráfica de la muestra			**Color**		Claro	Intermedio	Oscuro
			Composición Química		⇩	⇩	⇩
					Ácida	*Intermedia*	*Básica*
			Textura		Vítrea	⇨	*Extrusiva*
					Afanítica	⇨	*Extrusiva*
					Fanerítica	⇨	*Intrusiva*
					Porfídica	⇨	*Enfriamiento Somero: Extrusiva o Intrusiva*
CONTENIDO MINERAL							
Propiedades físicas	-Gris, blanco, traslucidos -Fractura concoide Cuarzo	-Blanco	-Amarillo blancuzco o pardo rosáceo	-Verde o verde amarillento	-Negro	-Pardo oscuro -Se rompe en láminas	-Incoloro -Se rompe en láminas -Brillo nacarado
Minerales posibles	*Cuarzo*	*Plagioclasa sódica o cálcica*	*Feldespato*	*Olivino*	*Anfibol o Piroxeno*	*Mica Biotita*	*Mica Moscovita*
POSIBLE NOMBRE DE LA ROCA							
Roca intrusiva	*Granito*		*Diorita*		*Gabro*		*Peridotita*
% Mineral en orden de mayor a menor	1. Feldespato 2. Cuarzo 3. Mica		1. Plagioclasas sódicas 2. Anfibol 3. Piroxeno		1. Olivino 2. Piroxenos 3. Plagioclasas cálcicas		
Roca extrusiva	*Riolita*		*Andesita*		*Basalto*		*Komatita*

<table>
<tr><td colspan="8">DESCRIPCIÓN DE ROCAS METAMÓRFICAS</td></tr>
<tr><td colspan="2">Clave de la Muestra</td><td></td><td colspan="2">Coord. Geográficas</td><td></td><td>Localidad o referencia</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">Representación gráfica de la muestra</td><td colspan="2">Color</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3" rowspan="5"></td><td colspan="2" rowspan="5">Textura</td><td rowspan="3">Foliación</td><td>Pizarrosidad</td><td></td></tr>
<tr><td>Esquistosidad</td><td></td></tr>
<tr><td>Bandeamiento</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Poco foliada</td><td>Porfidoblástico</td><td></td></tr>
<tr><td>Clastos alineados</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">No foliada</td><td colspan="2">Masa cristalina</td></tr>
<tr><td colspan="8">CONTENIDO MINERAL</td></tr>
<tr><td>Propiedades físicas</td><td>-Gris, blanco, traslucidos -Fractura concoide</td><td>-Blanco</td><td>-Amarillo blancuzco o pardo rosáceo</td><td>-Negro</td><td>-Pardo oscuro -Se rompe en láminas</td><td>-Incoloro -Se rompe en láminas -Brillo nacarado</td><td>-Rojo pardoso</td></tr>
<tr><td>Minerales posibles</td><td>Cuarzo</td><td>Plagioclasa sódica o cálcica</td><td>Feldespato</td><td>Anfibol o Piroxeno</td><td>Mica Biotita</td><td>Mica Moscovita</td><td>Granate</td></tr>
<tr><td colspan="8">OTROS MINERALES COMÚNES EN ROCAS METAMÓRFICAS</td></tr>
<tr><td>Propiedades físicas</td><td>-Azul</td><td>-Verde</td><td colspan="2">-Pardo oscuro o pardo rojizo oscuro -En ocasiones su apariencia cristalina se asemeja a un tache.</td><td colspan="2">-Rosa pardoso - En ocasiones su apariencia se asemeja a una flor de 4 hojas</td><td>-Blanco amarillento o blanco pardoso</td></tr>
<tr><td>Minerales posibles</td><td>Cianita</td><td>Clorita</td><td colspan="2">Estaurolita</td><td colspan="2">Andalucita</td><td>Sillimanita</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Posible protolito</td><td colspan="2">Ígneo</td><td colspan="2" rowspan="3">OTRAS OBSERVACIONES</td><td colspan="3" rowspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">Sedimentario</td></tr>
<tr><td colspan="2">Metamórfico</td></tr>
</table>

DESCRIPCIÓN DE ROCAS SEDIMENTARIAS					
Clave de la Muestra		**Coord. Geográficas**		**Localidad o referencia**	
Representación gráfica de la muestra		**EFERVESCENCIA APLICANDO ÁCIDO CLORHÍDRICO (HCl)**		Si ⇩ Textura carbonatada	No
		SE OBSERVAN GRANOS		*Si* ⇩ *Textura siliciclásica*	

TEXTURA					
SILICICLÁSTICA		**ROCA**		**ROCA**	
TAMAÑO DE GRANO	**Arcillas < 1/256 mm**	*Lutita*	**CARBONATADA**	**No clástica**	*Caliza*
	Limos 1/256 a 1/16 mm	*Limolita*		**Bioclástica**	*Coquina*
	Arenas 1/16 a 2 mm	*Arenisca*			*Creta*
	Gravas > 2 mm	*Conglomerado o Brecha*			*Caliza fosilífera*

OTRAS TEXTURAS NO CLÁSTICAS		
COMPONENTE	**ROCA**	**CARACTERÍSTICAS**
Masa de Oxido de Sílice (SiO_2)	*Sílex (pedernal)*	-Negro, pardo o pardo rojizo -Normalmente se encuentra contenido en Calizas
Cristales de Cloruro de Sodio (NaCl)	*Sal*	-Blanco -Sabor salado
Cristales ($CaSO_4 – H_2O$)	*Yeso*	-Blanco amarillento -Se raya fácilmente con la uña
Fragmentos de materia orgánica tamórfico	*Carbón*	-Negro -Raya color negro
OBSERVACIONES:		**OBSERVACIONES**

Práctica 3. Descripción de estratos

Jhoanna Silis Esquivel
Universidad Autónoma del Carmen

Rosalba Lima Velázquez
Universidad Autónoma del Carmen

Introducción

Para entender los estratos primero se tiene que hablar de la **estratigrafía**. Esta es una rama de la geología que se dedica al estudio e interpretación de las rocas sedimentarias. Su unidad de estudio son los estratos y las relaciones de superposición, distribución, edad y valor económico que pueden tener, según la Subcomisión Internacional de Clasificación Estratigrafía (SICE) (Hedberger, 1980). Por lo tanto, la estratigrafía se encarga de estudiar las relaciones espaciales (horizontal y verticalmente), temporales (edad de la roca) y, por ende, histórico que se pueden interpretar a partir de la observación de las rocas estratificadas (origen).

De acuerdo con el Código de Nomenclatura Estratigráfica (UNAM, 2010), un estrato es un cuerpo tabular de roca que posee determinadas características que la distinguen del estrato superior o inferior que lo limita. Los límites entre estratos son conocidos como planos o superficies de estratificación, los cuales son visibles a simple vista o son distinguibles por la litología, mineralogía, contenido fósil, constitución química, propiedades físicas, edad o cualquier otra propiedad. Se pueden clasificar desde diferentes puntos de vista, sin embargo, las más utilizadas son las tres siguientes:

1. Litoestratigráfica. De manera general, organiza los estratos de acuerdo con su carácter litológico. Se conforman, según la ley de superposición de estratos, se distingue y delimita basándose en sus características líticas y posición estratigráfica. Ejemplo: formación Toba Llano de Lobos.

Las unidades en las que litoestratigráficamente se pueden clasificar las unidades, de mayor a menor jerarquía, son:

- Grupo.
- Formación, las formaciones que se encuentran en el geoparque son: Toba Llano de Lobos, Yanhuitlán y Andesita Yucuda, que dominan el paisaje, siendo estas unidades las que se describirán estratigráficamente en el campo.
- Miembro.
- Capa.
- Laminación.

2. Bioestratigráfica. Organiza los estratos de acuerdo con su contenido fosilífero. Ejemplo: biozona *Discoaster multiradiatus*. Se clasifica en las siguientes zonas:

- Zonas de conjunto
- Zona de extensión
- Zona de apogeo
- Zonas de intervalo
- Otras biozonas

3. Cronoestratigráfica. Los estratos se organizan de acuerdo con su edad. Es un cuerpo de roca establecido como referente material para todas las rocas constituyentes formadas durante el mismo lapso. Ejemplo: sistema cretácico. Cada límite de una unidad cronoestratigráfica es sincrónico.

La cronoestratigrafía proporciona un medio de organización de los estratos en unidades basadas en sus relaciones de edad, mientras que la edad geocronológica es una división del tiempo que se distingue por el registro de la roca conservado en una unidad cronoestratigráfica (Tabla 1). Ejemplo: periodo cretácico.

Tabla 1. Comparación entre unidades cronoestratigráficas y geocronológicas.

Cronoestratigráficas	Geocronológicas
Eonotema	Eón
Eratema	Era
Sistema	Periodo
Serie	Época
Piso	Edad
Cronozona	Cron

El depósito de cada estrato se realizó en condiciones constantes de sedimentación, que posteriormente tuvieron procesos diagenéticos hasta alcanzar la litificación. Por lo tanto, para estudiar adecuadamente los estratos se tiene que considerar que un estrato está definido por los siguientes factores (Figura 1):

- **Límites del estrato superior e inferior.** Son las superficies de estratificación o planos de estratificación. Se producen durante el periodo de interrupción de la sedimentación cuya duración es variable o por un cambio abrupto en las condiciones de depósito.
  - Muro es el límite inferior del estrato.
  - Techo es el límite superior del estrato.
- **El espesor o potencia del estrato.** De forma cuantitativa, es la magnitud medida en metros, perpendicular entre las dos superficies limitantes (techo y muro). Para que sea considerado un estrato debe medir como mínimo 1 cm. Mientras que, de forma cualitativa, se expresa como estratos muy gruesos, gruesos, delgados. Las unidades menores a 1 cm se consideran laminaciones.
- **La textura y estructura del estrato** son los siguientes, de acuerdo con la Tabla 2, donde se muestran los tres tipos de estructuras generales que se pueden encontrar: tipos de estratificación, estructuras sobre los planos de estratificación y estructuras de deformación de los estratos.

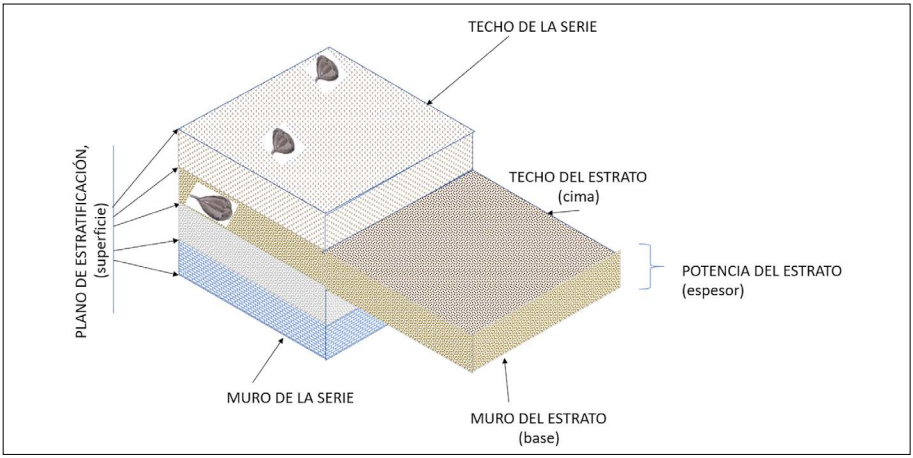
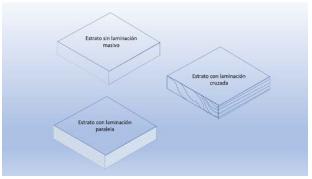
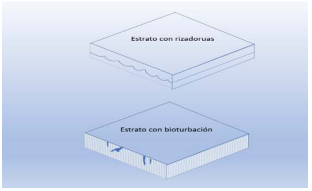


Figura 1. Definición de estrato, plano de estratificación, espesor, cima y base. Fuente: elaboración propia, 2019.

Tabla 2. Clasificación de estructuras observadas en un estrato.

Clasificación Estructuras de los estratos	Tipos de estratificación	
		Estratificación y laminación horizontal (paralela) Estratificación cruzada Estratificación gradual Estratificación flaser y lenticular
	Estructuras sobre los planos de estratificación	
		Rizaduras Marcas de flauta Marcas de lluvia Bioturbación
	Estructuras de deformación	Calcos de carga Marcas de flama Estratificación convoluta

- **Posición espacial del estrato rumbo y echado:** El rumbo y el echado son datos estructurales que se toman con una brújula ayudan a determinar la orientación e inclinación de un estrato o de una superficie o plano de falla (Figura 2). Si se conoce la dirección del rumbo y el buzamiento (echado), se puede predecir la estructura de los estratos y fallas en el subsuelo.

La Tabla 2 presenta un esquema general del tipo de estructuras que se pueden encontrar en un estrato determinado, como son sus planos de estratificación y que estructuras de deformación tanto vertical como horizontal se pueden observar en los estratos.

La simbología general empleada para representar los datos estructurales se presenta en la Figura 3.

También es importante describir el tipo de contacto entre el estrato descrito y los estratos adyacentes, los cuales se pueden definir de acuerdo con la Figura 4.

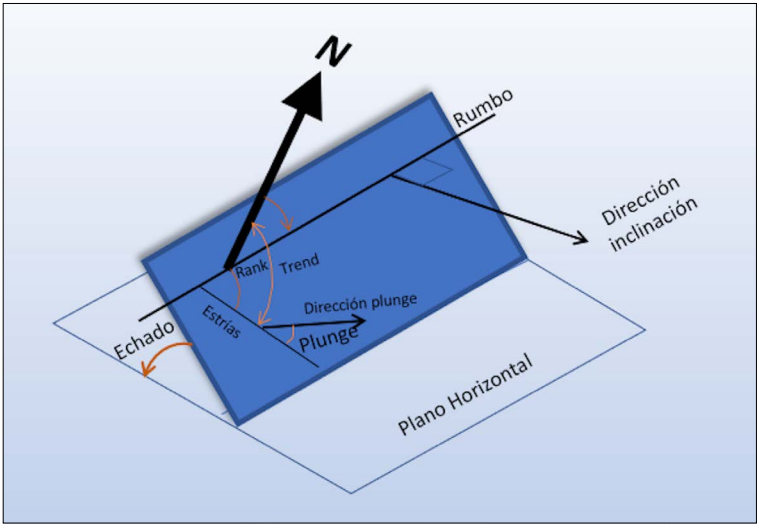


Figura 2. Datos estructurales de un estrato y de una lineación (por ejemplo, estrías), Fuente: elaboración propia.

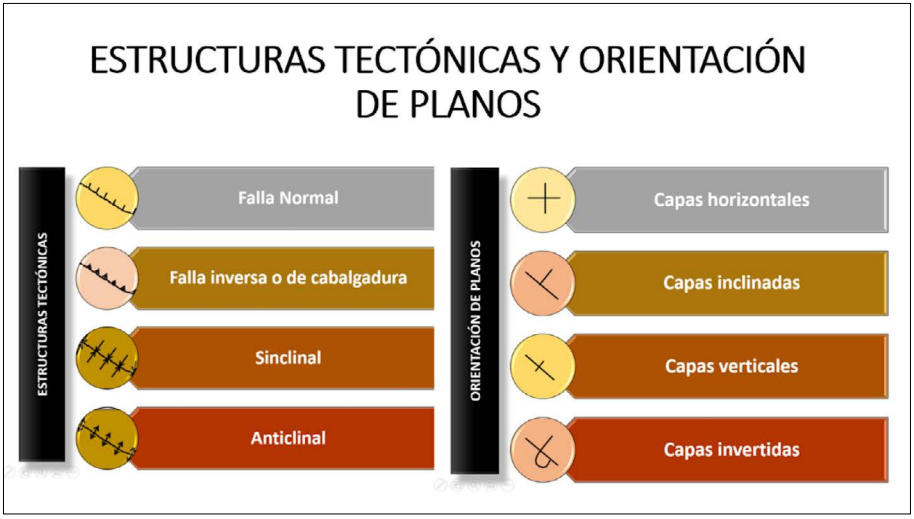


Figura 3. Simbología de orientación estructuras tectónicas y orientación de planos.

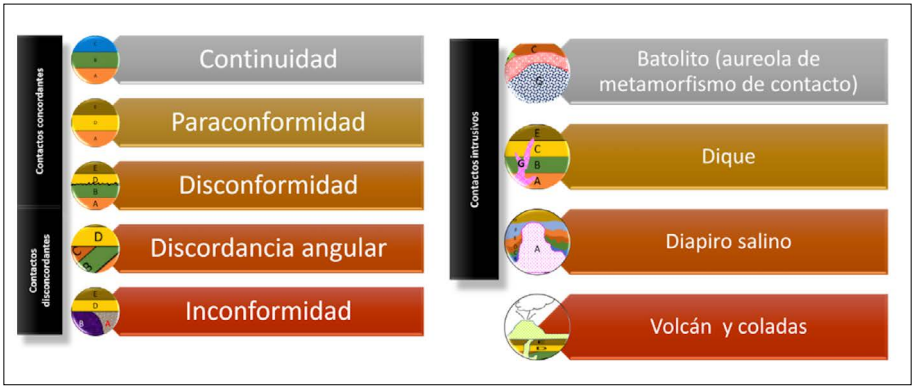


Figura 4. Resumen y ejemplos del tipo de contactos observados entre los estratos.

La edad relativa entre las unidades litológicas se define de acuerdo con los principios geológicos, los cuales se pueden obtener a partir de la observación de los estratos en un afloramiento (Figura 5):

- Principio de superposición
- Principio de horizontalidad y continuidad lateral
- Principio de sucesión de fenómenos geológicos (plegamiento, fallamiento, intrusión o inclusión)

Figura 5. Relación entre los estratos para determinar la edad relativa de las unidades de roca de un afloramiento.

- Principio de sucesión fósil y correlación
- Principio de actualismo o uniformismo

Por lo tanto, con la descripción de estratos se pueden definir diferentes características geológicas, por ejemplo:

- Al reconocer los diferentes tipos de materiales estratificados (descripción de litología), se identifican los cambios de facies.
- Cuando se delimitan las unidades litoestratigráficas se define su continuidad vertical y lateral y su polaridad vertical y horizontal (cuál es el techo y cuál el muro).
- Al identificarse diferentes estratos se definen las relaciones entre ellos con los tipos de contacto encontrados a través de sus superficies o planos de estratificación.
- Al conocer el tipo de roca se pueden inferir su origen, apoyado en conceptos de sedimentología.
- Se pueden correlacionar las unidades encontradas por litología, por contenido fósil o su edad, por medio de secciones estratigráficas.
- Se puede realizar un análisis de cuencas si se realiza una correlación bien distribuida dentro de la cuenca de los diferentes estratos que se encuentran en ella, bajo los principios geológicos.

Objetivo

El participante describirá adecuadamente un estrato y las relaciones existentes con los estratos o cuerpos de roca adyacentes utilizando los principios geológicos. Es decir, ordenará cronológicamente los depósitos y los acontecimientos geológicos, identificará las estructuras geológicas visibles y los acontecimientos que los provocaron.

Materiales y métodos

Los materiales y equipos usualmente empleados para la descripción de estratos en campo son los siguientes:

- Libreta de notas

- Lápices de colores
- Lápiz, sacapuntas, goma, pluma

Desde el punto de vista geológico, los afloramientos en los geositios del Geoparque Mixteca Alta en el estado de Oaxaca son parte fundamental para la descripción de unidades de roca y las relaciones que existen entre ellas. En la libreta de notas de campo, dibujar lo observado y contestar las siguientes preguntas, las cuales se considera detonadoras del aprendizaje significativo en cada afloramiento:

1. ¿Se observan estratos?
2. ¿Cuántos estratos observa?
3. ¿Cuál fue el orden de depósito? ¿Qué principios geológicos aplica en cada caso?
4. ¿Qué estructuras geológicas observa?
5. ¿Cuáles son las relaciones estratigráficas entre los estratos?
6. ¿Cuáles son los tipos de contacto entre los estratos?
7. ¿Con los datos proporcionados puede hacer una interpretación geológica?
8. ¿Con los conocimientos básicos que actualmente posee, es capaz de interpretar la historia geológica del depósito de los estratos observados?

Como ejercicio adicional a la visita de los geositios del geoparque, describa detalladamente los estratos observados en las siguientes imágenes, siguiendo las preguntas guía. Adicionalmente coloque la leyenda que crea pertinente y enumere los estratos de acuerdo con el orden del depósito, con el fin de que en cualquier afloramiento que observe el practicante pueda realizar la actividad como parte de su formación estudiantil.

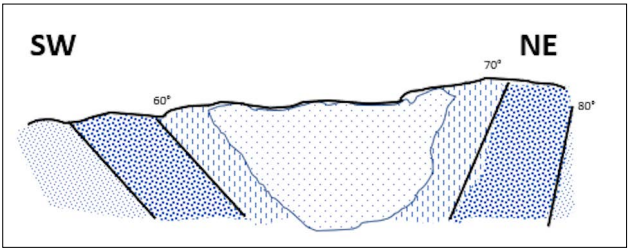


Figura 6.

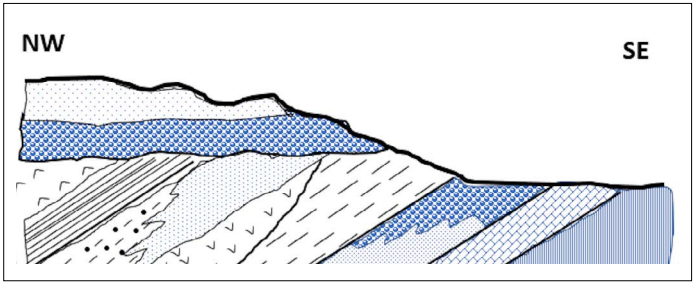


Figura 7.

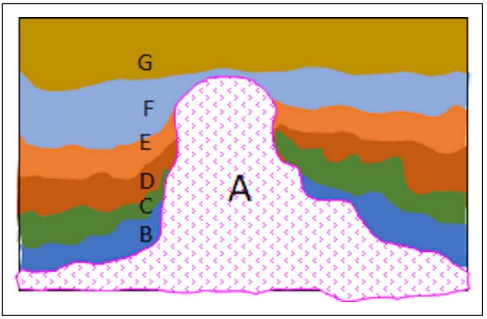


Figura 8.

Consideré la unidad A como un diapiro de sal.

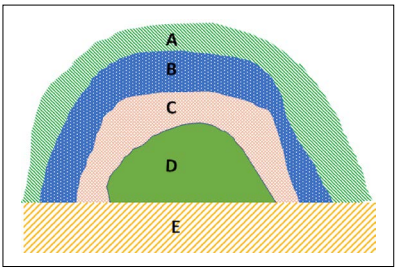


Figura 9.

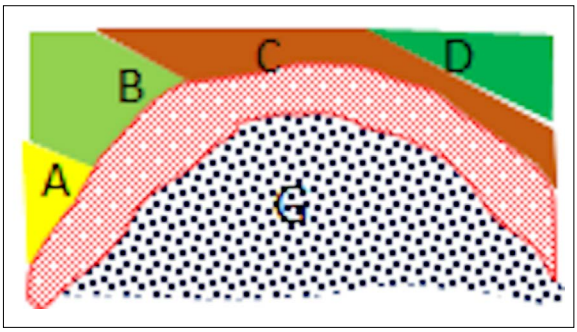


Figura 10.

Considere la unidad G como un cuerpo intrusivo y la unidad roja que lo circunda como una aureola de metamorfismo.

Ahora bien, una vez realizados los ejercicios con ejemplos ideales, es conveniente afianzar los conocimientos con ejemplos reales (GMA, 2019). Por lo tanto, se sugiere visitar los siguientes geositios, donde se tiene que poner énfasis en:

En el geositio 2 "Mirador Sta. María Pozoltepec" poner atención en la definición de la cantidad de unidades formacionales observadas y el tipo de contacto entre ellas, ¿por edad relativa, cuál es más antigua? Descripción detallada de cada unidad litológica.

En el Geositio 13 "Río Yanhuitlán" observar detenidamente el tipo de contacto entre las unidades; en caso de ser posible medir cada uno de los estratos que identifican eventos diferentes en la parte superior del afloramiento.

En el Geositio 17, "San Isidro y Suchixtlahuaca", identificar los contactos litológicos de las unidades de roca sedimentaria y el cuerpo intrusivo, definir la relación que existe entre ellos y describir los estratos observados.

En el Geositio 19 "Yuxacino" realizar la descripción de los estratos en los que se asume se encuentran los fósiles de mamuts, y la relación que estos tienen con los depósitos aluviales en la parte superior.

En el Geositio 21 "Cerro del Sol (Yucunchi) describir los estratos, los tipos de contactos litológicos, tomar datos estructurales, identificar las fallas regionales y la relación que existe entre cada unidad litológica identificada.

En el Geositio 28 "Cantera de Calizas" identificar y describir los diferentes estratos, el tipo de contacto litológico que hay entre ellos, tomar datos estructurales y describir la relación estratigráfica que se da entre cada capa de roca identificada.

Cabe mencionar que en cada geositio se deben tomar datos adicionales, los cuales se mencionan en el apartado de descripción de afloramientos. Como un repaso rápido de los conceptos, se puede decir que las descripciones en campo se hacen de lo macro (descripción del afloramiento) hasta lo meso (descripción de estratos y muestras de roca), además de tomar datos estructurales con brújula si las condiciones del terreno lo permiten y existen planos de capas o de fallas. Mientras que en laboratorio se hacen las descripciones microscópicas de láminas delgadas y algunos estudios especiales.

El tiempo y el número de recorridos, finalmente, dependen de la estrategia de enseñanza-aprendizaje que cada docente proponga y del tiempo de que dispongan los participantes en la práctica.

Referencias

GMA. (2019), Geositios, tomado de la página del Geoparque Mixteca Alta, http://www.geoparquemixtecaalta.org/, octubrede 2019.

Hedberg, Hollis D. (1980). *Guía estratigráfica internacional: guía para la clasificación, terminología y procedimientos estratigráficos*. Editorial Reverté.

UNAM. (2010). *Código Estratigráfico Norteamericano, por la Comisión Norteamericana de Nomenclatura Estratigráfica*. Traducida por R. Barragán, E. Campos-Madrigal, I. Ferrusquía-Villafranca, I, López-Palomino y G. Tolson. Instituto de Geología, boletín 117. UNAM. Disponible en https://www.geologia.unam.mx:8080/igl/publs/boletin/bol117.pdf.

Vera-Torres, J. A. (1994). *Estratigrafía. Principios y métodos*. Madrid: Editorial Rueda. (pp. 11-13, 23-31, 85-100).

Práctica 4. Orientación de planos

Jhoanna Silis Esquivel
Universidad Autónoma del Carmen

Rosalba Lima Velázquez
Universidad Autónoma del Carmen

Introducción

La geología se fundamenta en el trabajo de campo. Una de las tareas más importantes para la adquisición de información durante el trabajo de campo es la recolección de datos de orientación de los planos. En geología se considera como plano a los siguientes elementos: capa de una roca o plano de estratificación, plano de falla, foliación, juntas o diaclasas, eje de un pliegue, lineación mineral, o dique, entre otras estructuras geológicas.

Según Ragan (1986), la orientación es la disposición de un plano o línea estructural en el espacio y, por lo general, se relaciona con coordenadas geográficas y un plano horizontal. Los componentes de la orientación son el rumbo y el echado (Arellano-Gil *et al.*, 2002). El rumbo es el ángulo referenciado con respecto al norte geográfico o magnético y un plano horizontal imaginario (PHI) correspondiente a la superficie plana que se va a medir. Por otro lado, el echado corresponde al ángulo de máxima pendiente de un plano inclinado, tomado perpendicularmente al rumbo (Figura 1) (Compton, 1970).

El instrumento que se usa para medir el rumbo y el echado es la brújula. Existen diversos tipos de brújulas, sin embargo, la más popular en los trabajos de prospección geológica es la brújula tipo Brunton. Conocer las partes de la brújula es de vital importancia, ya que su empleo correcto asegura la adquisición confiable de datos (Figura 2).

Existen diversas notaciones que sirven para plasmar los datos de rumbo y echado, sin embargo, las más usadas son la azimutal (Az), y la regla de la mano derecha (RMD), esta última es tal vez la más usada debido a su efectividad; esta notación también es conocida como pinula derecha (PD) (Vega-Granillo *et al.*, 2011).

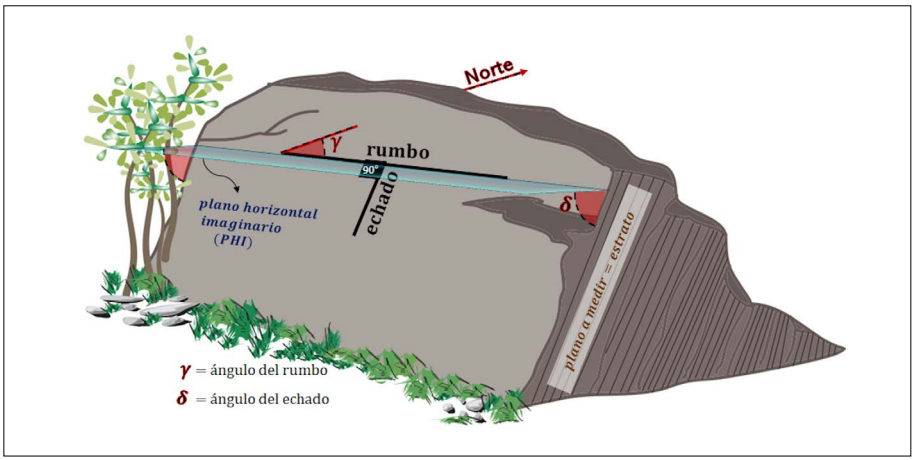


Figura 1. Componentes de la orientación en un plano, rumbo y echado. Fuente: elaboración propia.

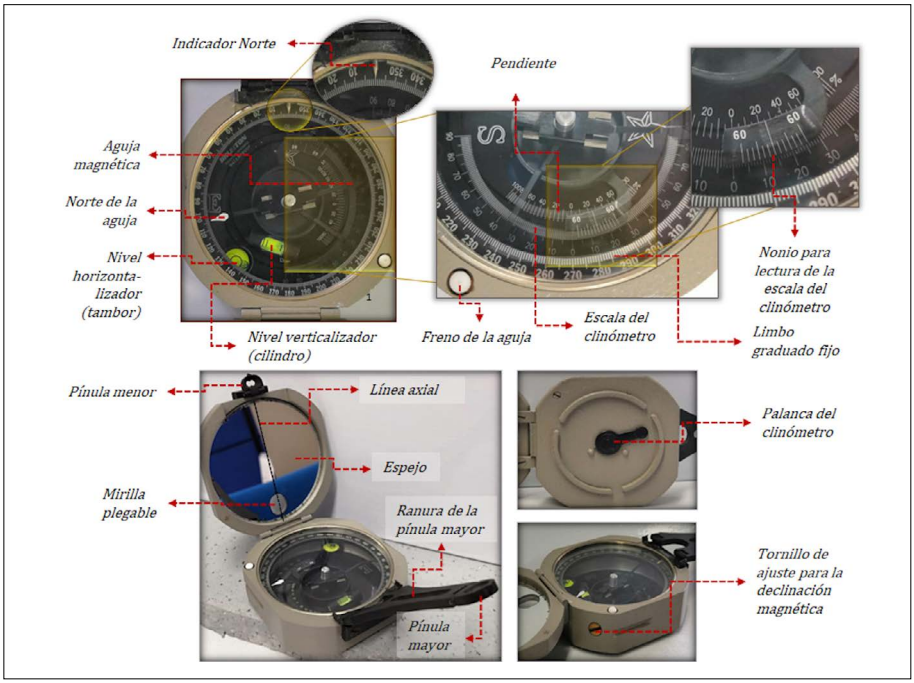


Figura 2. Partes de la brújula tipo Brunton con carátula azimutal. Fuente: elaboración propia.

La RMD permite determinar los sentidos vectoriales que tienen las componentes de la orientación de un plano; para aplicar el método de notación se requiere homologar el plano a medir con la mano derecha, en la cual se identificarán los siguientes elementos: una base (palma de la mano), una cima (parte superior de la mano), el rumbo (línea paralela a la muñeca de la mano y en dirección al dedo pulgar, esta línea también representa la orientación en la que deberá estar la pínula mayor de la brújula) y el echado (una línea perpendicular al rumbo, con dirección hacia los demás dedos de la mano) (Figura 3).

El rumbo, utilizando la notación de la RMD, se mide empleando los cuadrantes noreste (NE), noroeste (NW), sureste (SE) o suroeste (SW) y, por lo tanto, los valores del rumbo van del 00° a 90°, por lo que si se usa una brújula con carátula azimutal se deberán restar los grados que correspondan, de manera tal que el valor del rumbo no exceda los 90°. En el caso de la notación Az, los valores de rumbo se ubicarán de entre 000° a 360°. Por otro lado, el echado siempre será representado por valores que van de entre 00° a 90°; sin embargo, cuando se usa la notación Az, el valor del echado deberá ir acompañado de su orientación (Figura 4).

Figura 3. Homologación de la mano derecha con el plano que se desea medir (en este caso es un estrato), mediante el método de la RMD. La orientación en la que se encuentra el dedo pulgar es la misma en la que se debe colocar la pínula mayor, para tomar el dato del rumbo con la brújula tipo Brunton. Fuente: elaboración propia.

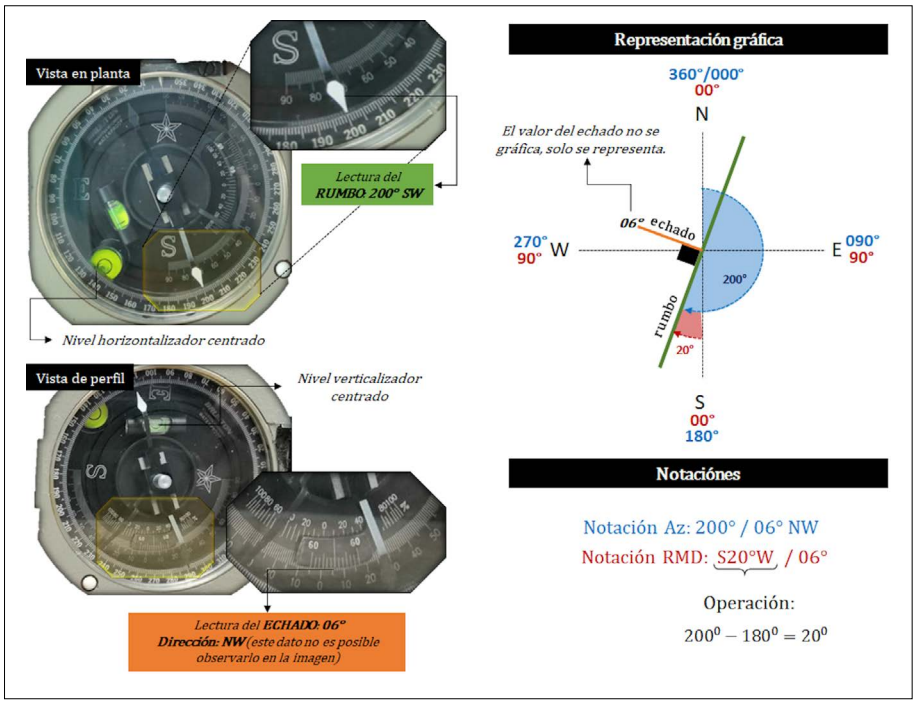


Figura 4. Dato obtenido en campo a través de la brújula tipo Brunton, así como la notación y representación gráfica del mismo. Nótese la operación realizada para ajustar el valor del rumbo a la notación RMD, así como la manera en la que se escriben ambas notaciones. Fuente: elaboración propia.

Objetivo

Practicar la obtención de los componentes de la orientación: rumbo y echado de un plano, así como la representación gráfica y notación RMD y Az.

- Materiales y métodos
- Brújula tipo Brunton
- 5 planos (ángulos de inclinación visiblemente variados de muy inclinados a casi horizontales)
- Escuadra
- Libreta
- Guante (mano derecha)

Realiza un recorrido en algunos de los geositios del Geoparque Mixteca Alta (se recomienda la zona de los diques de Cerro Verde) y localiza un plano del cual puedas obtener el rumbo y echado.

Aplicando la RMD, se deberá marcar de manera representativa las componentes de la orientación en la mano derecha (se puede hacer uso de un guante) (Figura 3). Esta acción es solo con la finalidad de que el alumno comprenda de forma práctica la posición en la cual deberá colocar la brújula para determinar los datos mencionados.

Una vez que el alumno ha comprendido como actúa el plano en el espacio, empezará obteniendo el rumbo. Primero, tomará la brújula en posición horizontal cerciorándose que la pínula mayor esté en la misma posición en la que se encontraba su dedo pulgar y colocará uno de los costados mayores de la brújula en el plano a medir. A continuación, deberá centrar la burbuja del nivel horizontalizador y recargando el lápiz en la brújula, pintará la línea que se ha formado (es importante que no se despegue la brújula hasta haber trazado la línea horizontal del PHI y haber tomado la lectura que indica el norte de la aguja) (Figura 5).

Posteriormente, se tomará una escuadra y se trazará otra línea formando un ángulo de 90° con respecto a la línea del rumbo obtenida en el paso proceso anterior; esta línea nueva representa el sentido del echado. Posicionar la brújula de costado (vertical) sobre la línea pintada del echado y mover la palanca del clinómetro (sin perder de vista la burbuja del nivel vertizalizador) hasta que esta quede centrada y finalmente, tomar la lectura del nonio del clinómetro (Figura 6).

Mientras se realizaba el recorrido en las cercanías del Mirador Vista Hermosa, específicamente en la zona de diques de Cerro Verde, dentro del Geoparque Mixteca Alta, se obtuvieron mediciones de rumbo y echado de algunos planos. Contesta lo que se te indica y grafica algunos de los datos obtenidos, colocando las notaciones AZ y RMD para cada plano.

Figura 5. Proceso para la obtención del rumbo de un plano. Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Proceso para la obtención del echado de un plano. Fuente: elaboración propia.

Preguntas guía

1. Investiga qué es una "rosa de los vientos"
2. Observa la carátula de la brújula tipo Brunton y compárala con la "rosa de los vientos". ¿Cuál es la diferencia? ¿Por qué existe esta diferencia?
3. Investiga qué es el Norte Franco (NF) o Sur Franco. Y en qué ocasiones puede colocarse.
4. ¿Crees que la disposición espacial de los planos en las rocas dentro del geoparque mantiene la misma orientación?
5. De los diques observados en la zona de Cerro verde, ¿cómo posicionarías la brújula si requieres saber su orientación, de manera horizontal o vertical?
6. Uno de los geocientíficos que tomó datos de rumbo y echado de 3 planos de fracturas sufrió un percance con su libreta, perdiendo parte de los datos. Ayuda completando la información faltante en la Figura 7.

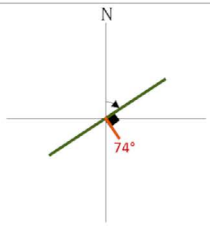
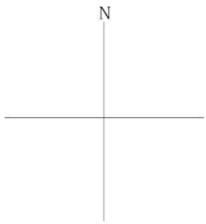
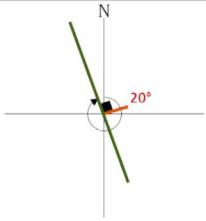
Grafica	Notación Az	Notación RMD
		
		180°/45°SW
	N30°W / 45°	

Figura 7.

Referencias

Arellano Gil, J., de la Llata Romero, R., Correón Méndez, M., Villareal Morán, J., Morales Barrera, W. (2002). *Ejercicios de Geología Estructural*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería.

Compton, R. (1970) *Geología de campo*. México: Editorial Pax.

Ragan, D. (1986) *Geología estructural. Introducción a las técnicas geométricas*. Editorial Omega.

Vega Granillo, R., Araux Sánchez, E. y Fuentes Cruz, C. (2011). *Manual para geología de campo*. Hermosillo, Sonora: Editorial Universidad de Sonora.

Práctica 5. Interpretación y elaboración de secciones geológicas y tabla cronoestratigráfica

Jhoanna Silis Esquivel
Universidad Autónoma del Carmen

Rosalba Lima Velázquez
Universidad Autónoma del Carmen

Gonzalo Fernández de Castro Martínez
Unidad Académica de Estudios Territoriales de Oaxaca, IGG/UNAM

Introducción

El Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta (GMA) cuenta con una diversidad geológica de suma importancia, con una gama de rocas que representan diferentes procesos ocurridos en esta zona a través del tiempo geológico. El GMA se encuentra en la zona de contacto entre la Sierra Madre del Sur y la Sierra Madre Oriental, con una topografía de montañas medias y amplios valles con laderas fuertemente erosionadas (Palacio-Prieto *et al.*, 2016). La geología está constituida por rocas sedimentarias y volcánicas y presencia de intrusivos que comprenden desde el Paleozoico hasta el Cuaternario, aunque en la zona de estudio afloran principalmente rocas del Paleoceno al Oligoceno (Ferrusquia, 1976; Martiny *et al.*, 2000; Santamaría *et al.*, 2008). Esta geodiversidad convierte al GMA en un territorio muy apto para realizar este tipo de levantamientos como ejercicio de aprendizaje y divulgación científica.

La finalidad de esta práctica es aprender cómo se realiza un perfil geológico y una tabla cronoestratigráfica. Esta última consiste en tomar datos estructurales de la geología en campo para dibujar las secciones geológicas y la tabla cronoestratigráfica del geoparque a mano. Posteriormente, esto se realizará en gabinete a través del software Sedlog.

En el itinerario visitaremos los afloramientos más accesibles, de los cuales se obtendrá la información de rumbos y echados de las capas geológicas. La reco-

pilación, análisis e interpretación de los datos será un trabajo que se realizará en campo y gabinete.

Objetivo general

Realizar un levantamiento de campo tomando mediciones de datos estructurales y muestreos de rocas de los afloramientos que se encuentran en el área de estudio para obtener un mapa geológico que permita representar los contactos litológicos en el área de estudio.

Objetivos específicos

1. Reconocer las principales morfologías en el área de estudio y las estructuras geológicas que se presenten en la zona.
2. Realizar la columna estratigráfica de las formaciones que afloran en el área mediante el estudio de muestras de mano y láminas delgadas de las mismas, con la finalidad de caracterizar la geología a nivel local asociándola con la geología regional del estado de Oaxaca.

Materiales y métodos

Previo a la práctica de campo

Realizar la revisión bibliográfica y primer análisis de documentos cartográficos (fotos aéreas, mapas) con el objetivo de identificar rasgos geomorfológicos y estructurales a visitar en campo:

1. Adquisición y análisis de las siguientes cartas topográficas y geológicas a escala 1:50 000 obtenidas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (Tabla 1).
2. Interpretación fotogeológica
   La fotointerpretación será realizada por medio de imágenes satelitales o aéreas, en ella se identificarán rasgos geomorfológicos, hidrológicos y litológicos, así como también se la presencia de fallas.

Tabla 1. Descripción de cuadrantes de las cartas topográficas utilizadas en este trabajo.

Clave de la carta	Nombre de la carta	Coordenadas
E14D25	Tamazulapan	O 97°20 - O 97°40 / N 17°30 - N 17°45
E14D26	Coixtlahuaca	O 97°00 - O 97°20 / N 17°30 - N 17°45
E14D35	Yolomécatl	O 97°20 - O 97°40 / N 17°15 - N 17°30
E14D36	Asunción Nochixtlán	O 97°00 - O 97°20 / N 17°15 - N 17°30

3. Revisión bibliográfica
   Se investigarán la bibliografía sobre los aspectos más importantes como la geología-geomorfología, el clima, la fisiografía, la hidrología.

En campo

1. Toma de datos estructurales con la brújula tipo Brunton.
   El mayor problema al que se enfrentan los alumnos es la toma de rumbos y echados. Con la ayuda de dos brújulas tipo Brunton se practicará cómo tomar de manera correcta estos datos estructurales y se reforzará el conocimiento sobre el uso y manejo de cada una de las partes de una brújula tipo Brunton.
2. Elaboración de secciones geológicas a mano
   Sobre papel milimetrado. Se utilizarán los métodos de Busk y el método de Kink para trazar las bisectrices y obtener la configuración en profundidad de los estratos que cuentan con datos estructurales.

Postcampo

1. Informe de campo con secciones geológicas y tabla cronoestratigráfica.

Metodología para la elaboración de la columna estratigráfica en SedLog

Una columna estratigráfica es una representación utilizada en geología para describir la ubicación vertical de unidades de roca en un área específica. Las columnas estratigráficas digitales serán elaboradas en el software de licencia libre llamado SedLog (Figura 1).

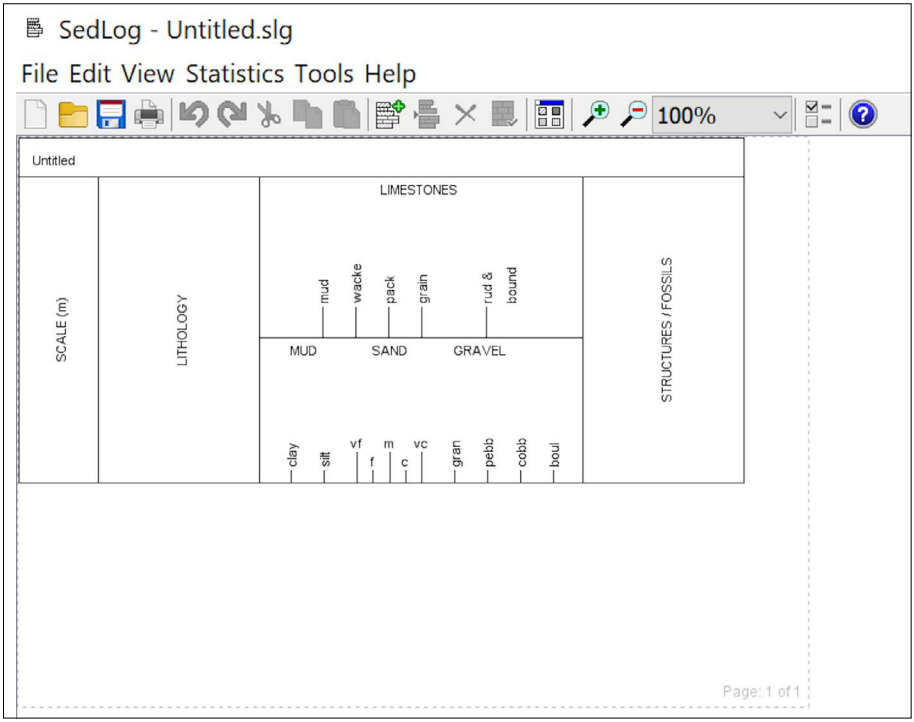


Figura 1. Interfaz de SedLog.

SedLog es un paquete de software multiplataforma para crear registros gráficos de sedimentos. Los registros de sedimentos gráficos generados por SedLog se pueden exportar como PDF, SVG (Vector Graphics Scalable) o JPEG para su uso por otras aplicaciones de dibujo o para publicaciones. Dentro de este software es posible trazar una serie de estratos controlando directamente el espesor en el eje Y (vertical) y la granulometría en el eje X.

Para elaborar una columna estratigráfica dentro de SedLog se puede hacer de dos maneras, ya sea tomando los datos directos de un archivo CSV o desde cero en la interfaz de SedLog, es decir, estrato por estrato; cabe mencionar que este último fue el método utilizado.

Crear un registro desde cero. Se puede crear un registro a partir de cero usando una ventana (Figura 2) para ingresar los datos del registro después de seleccionar la opción **Añadir estrato ("Add Bed")** del menú **Editar**. El cuadro

de diálogo permite especificar las propiedades de cada estrato. En la ventana de entrada, una serie de menús desplegables proporcionan opciones para grabar información sobre cada estrato a agregar:

a. **Litología**, incluyendo la opción de registrar las proporciones de hasta tres litologías diferentes para una cama individual; por defecto, la primera litología ingresada es 100%. Se proporciona un conjunto de patrones para las litologías más comunes y se muestran en el menú desplegable.
b. **Tipo de contacto basal**, ya sea gradacional, recto o erosivo.
c. **El tamaño de grano** en la base y cima del estrato, el menú proporciona descriptores de nombre como "arena gruesa", "arena fina-media', etc., pero el programa también registra el valor equivalente de la escala phi. En el registro gráfico se muestran con una escala con un tamaño de grano creciente hacia la derecha.
d. **Estructuras sedimentarias "dentro del estrato"**: cuenta con una variedad de símbolos disponibles para representar las estructuras más comunes (estratificación cruzada, ondulaciones simétricas, etc.) y pueden mostrarse como símbolos individuales o como símbolos de mosaico que llenan la "curva" de tamaño de grano. Los patrones de litología también se pueden insertar en la columna de tamaño de grano para crear la disposición combinada litología/tamaño de grano que también se utiliza comúnmente.
e. **Símbolos "al lado del estrato"**: como estructuras sedimentarias, fósiles y características de bioturbación pueden ser exhibidos individualmente o en combinaciones en una columna.
f. Una columna **'Notas'** permite introducir datos como texto, ya sea alguna descripción u observación en el estrato.

Una vez que se ha creado una capa, se puede modificar usando la ventana de **"Properties"** (Figura 2) después de seleccionar la opción Propiedades de la capa en el menú **"Edit"**. Alternativamente, haga clic en **"Bed Properties"** en la barra de herramientas o haga doble clic con el botón izquierdo del ratón en la capa seleccionada.

Los estratos se pueden eliminar, copiar o insertar en partes específicas de la tabla de registro utilizando las opciones ✕ del menú. Para eliminar una capa seleccionada, haga clic en **"Eliminar capa"** en el menú **"Editar"**. Para agregar un nuevo estrato solo presione en la opción **"Insert Bed Under Selected Bed"**.

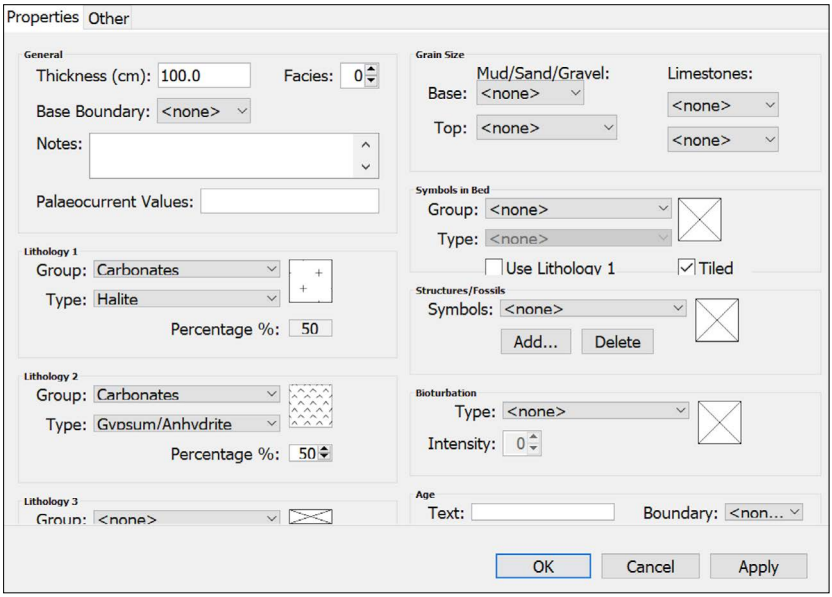


Figura 2. Cuadro de inclusión de parámetros del estrato en Sedlog.

Metodología para la elaboración de secciones geológicas en el programa Inskcape

1. Insertar una rejilla
   Al igual que al realizar una sección geológica a mano y con un papel en blanco, es necesario cuadricular la hoja de trabajo, por lo que se insertó una rejilla que sirvió como guía para realizar el perfil topográfico y mantener una escala. Se realizó una cuadrícula de de 2 x 2 cm.; en la figura 3 se muestra el procedimiento para insertar una rejilla.
2. Importar la sección
   Importar la imagen del mapa geológico que muestra la sección de interés y se posicionó de tal modo que la línea de la sección X-X´ estuviera paralela a una de las líneas de la rejilla en la horizontal y centrada en la parte superior de la hoja de trabajo.
3. Marcar un perfil topográfico
   Con ayuda de las herramientas que se encuentran en el lado izquierdo del programa (Figura 5), se crea una gráfica que representa en Y la escala vertical y en X la distancia de la sección usando líneas guías para marcar

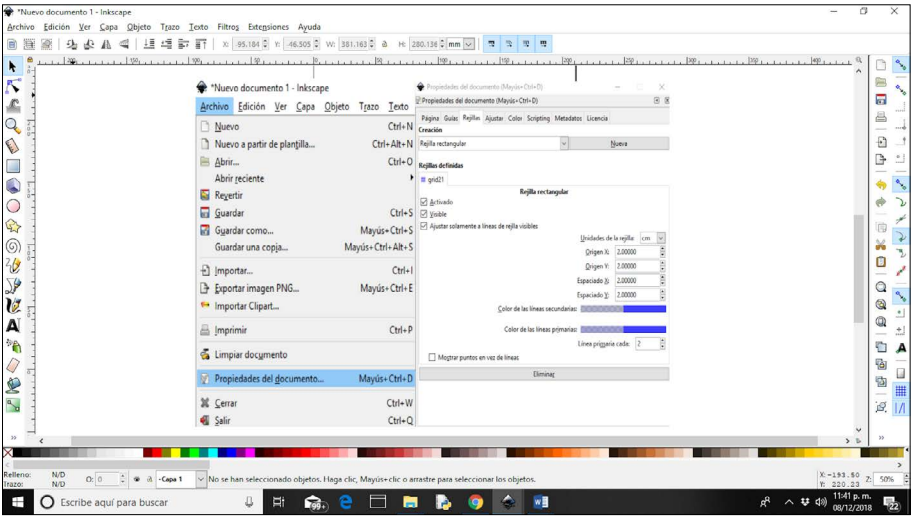


Figura 3. Pasos para insertar una rejilla en Sedlog.

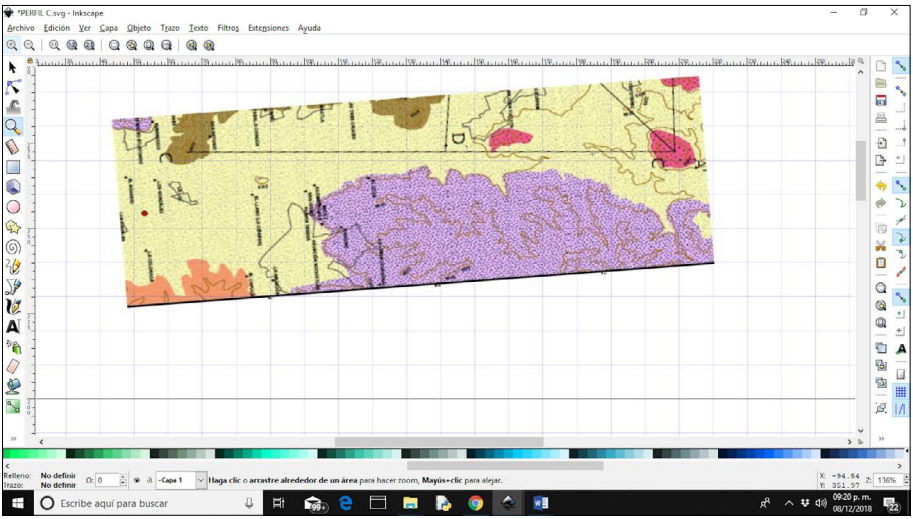


Figura 4. Sección en el mapa geológico en Sedlog

el cruce de las curvas de nivel y sus cotas con colores distintivos. Posteriormente se marca con una pequeña línea la altura representada por las líneas y se traza el perfil topográfico.

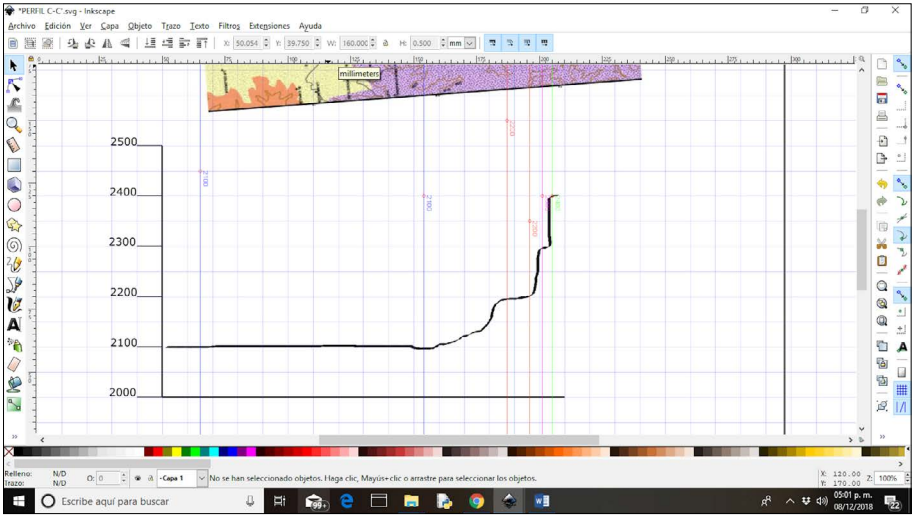


Figura 5. Paso 3, Perfil topográfico de la sección X-X´ en Sedlog

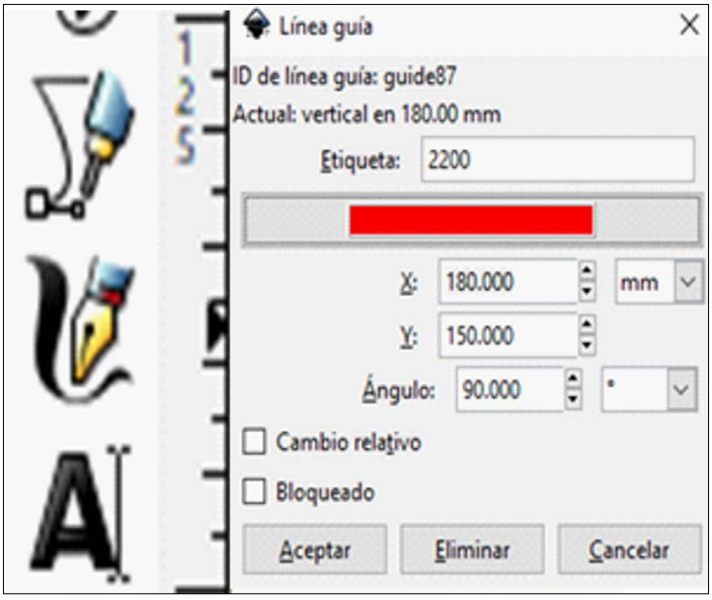


Figura 6. Herramientas utilizadas para realizar el perfil topográfico y ejemplo de etiquetado de curvas de nivel en Sedlog.

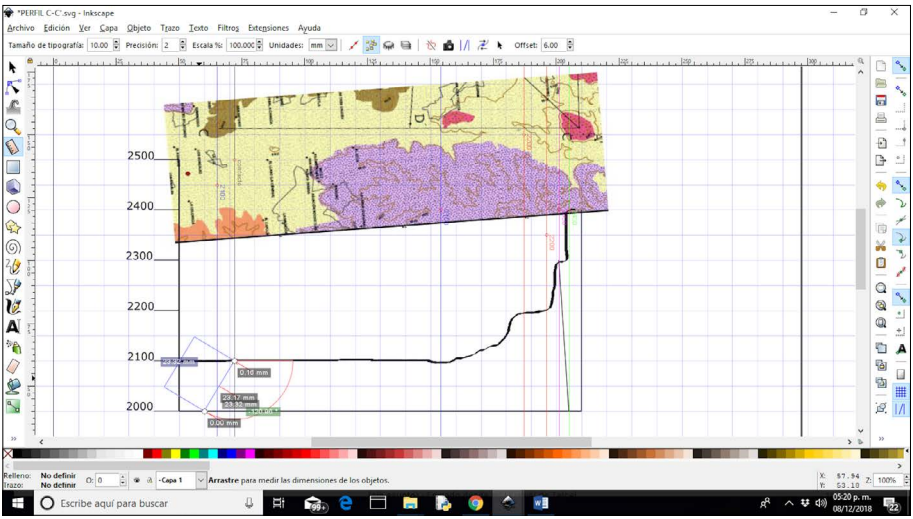


Figura 7. Proyección del corte de las capas de toba llano de lobos con el aluvión (Sedlog).

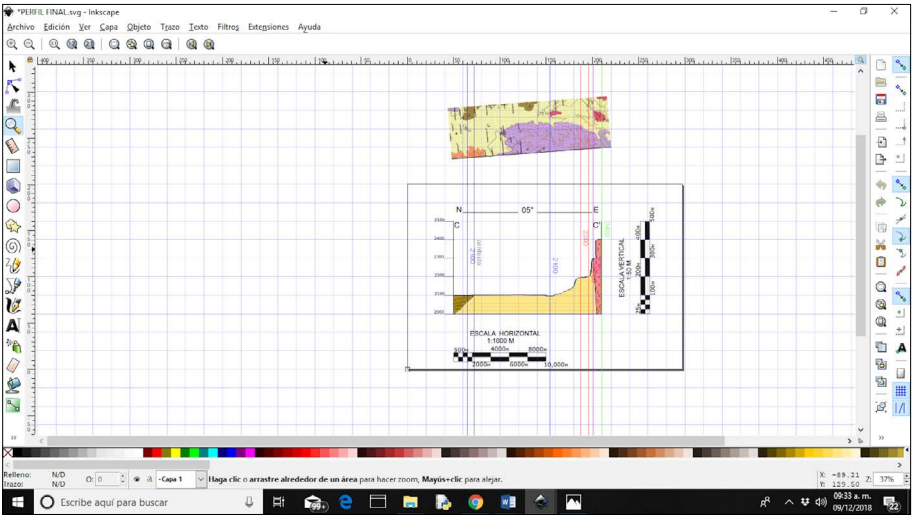


Figura 8. Sección geológica C-C´ conformada por 3 litologías, la formación toba llano de lobos, el aluvión y los hypabisales.

4. Realizar la interpretación geológica
   Para la representación geológica se marcan nuevas líneas guía en color negro que representan el cruce de los contactos litológicos y con la herramienta de medida se traza la interpretación geológica y se proyecta el corte de las capas.
5. Colores y simbologías de la sección
   El color y la simbología litológica, las escalas gráficas y la orientación de la sección se realiza con las herramientas de dibujo llamadas líneas a mano alzada y relleno de áreas delimitadas.
6. Exportar el proyecto
   Para descargar el trabajo se guardó el proyecto y el programa muestra la opción de exportarlo como un archivo PNG.

Preguntas guía

1. ¿Qué es una sección geológica y cómo se elabora un perfil geológico?
2. ¿Qué es una columna estratigráfica y cómo se elabora?

Referencias

Ferrusquía, V. (1976). *Estudios geológicos-palentológicos en la región Mixteca, PT.1: Geología del área Tamazulapan-Teposcolula-Yanhuitlan, Mixteca Alta. Estado de Oaxaca, México*. Boletín del Instituto de Geología.

Martiny, B., Martínez-Serrano, R. G., Morán-Zenteno, D. J., Macías-Romo, C., Ayuso, R. A. (2000). Stratigraphy, geochemistry and tectonic significance of the Oligocene magmatic rocks of western Oaxaca, southern Mexico. *Tectonophysics*, 318, 71-98.

Santamaría-Díaz, A., Álvarez, S. A. y Masariego, A. F. (2008). Deformaciones cenozoicas en la cobertura de la falla Caltepec. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 25(3).

Para saber más

Fernández de Castro, G., Palacios, J. L., Fernádez, P. y Cram, S. (2016). Geosenderos en el marco de la propuesta de Geoparque Yanhuitlán, en la Mixteca Alta. Oaxaca: UNAM.

Ferrusquía-Villafranca, I. (1970). *Geología del área Tamazulapan-Teposcolula-Yanhuitlán, Mixteca Alta, estado de Oaxaca*. México: Sociedad Geológica Mexicana.

Gonzáles, R., Arcero, A. y Cabrilla, F. A. (2000). Carta Geológica-minera Oaxaca E14-9. Pachuca, Hidalgo. México: Consejo de Recursos Minerales.

María-Díaz, S. (2009). Influencia de la falla de basamento no expuesta en la deformación Cenozoica: la falla de Caltepec en la región de Tamazulapam, en el sur de México. Tesis doctoral. Querétaro, México: Centro de Geociencias.

Mueller, R. G., Joyce, A., Borejsza, A. (2012). Alluvial archives of the Nochixtlan valley, Oaxaca, Mexico: Age and significance for reconstructions of environmental change. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 321, 121-136.

PAI, P. A. (2003). Carta Geológico-minera Santiago Tamazola E14-D23. Pachuca, Hidalgo. México: Consejo de Recursos Minerales.

Schlaepfer, C. (1976). Geología terciaria del área de Yanhuitlán-Nochixtlán. *En Excursión México-Oaxaca* (pp. 85-96). Servicio Geológico Mexicano.

Santamaría-Díaz, A., Alaniz-Álvarez, S. A. y Nieto Samaniego, A. (2008). Deformaciones cenozoicas en la cobertura de la falla Caltepec en la región de Tamazulapam, Sur de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 25(3), 494-516.

Salas, G. P. (1949). *Bosquejo Geológico de la Cuenca Sedimentaria de Oaxaca*. Oaxaca, México: Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros.

Schlaepfer, C. (1976). Geología terciaria del área de Yanhuitlán-Nochixtlán. En *Excursión México-Oaxaca* (pp. 85-96). Servicio Geológico Mexicano.

Práctica 6. Metamorfismo de contacto

Silke Cram
Instituto de Geografía, UNAM

Diana Samantha Salgado Ortiz
Facultad de Ciencias, UNAM

Oralia Oropeza Orozco
Instituto de Geografía, UNAM

María del Pilar Fernández Lomelín
Instituto de Geografía, UNAM

Víctor Manuel Dávila Alcocer
Instituto de Geología, UNAM

Introducción

Dentro del área del GMA podemos identificar muchos diques que atraviesan a la Formación Yanhuitlán (rocas sedimentarias). Parecen muros de piedra de color gris en medio del paisaje. La longitud de estos cuerpos que vemos en superficie, porque han quedado expuestos por la erosión de la roca sedimentaria, puede medir desde unos pocos metros hasta más de 700 m. En algunas regiones de la Mixteca se denominan koocuii (nombre mixteco que significa culebra verde), porque asemejan una culebra que "serpentea" en el paisaje (Figura 1).

Las zonas de contacto entre el dique y la roca sedimentaria están marcadas por una franja de alteración de anchura variable, denominadas aureolas de contacto y se identifican visualmente por un color púrpura que contrasta con el color gris-verdoso del dique y el color anaranjado o anaranjado-rojizo de la Formación Yanhuitlán.

La formación de aureolas depende del tamaño y la temperatura del cuerpo intrusivo, de la conductividad térmica, la densidad y el calor específico del magma solidificado, de la temperatura inicial y el contenido de agua en la roca encajonante, de la presencia de gases, de la temperatura de cristalización y del calor

Figura 1. Vista de un conjunto de diques desde el mirador Vista Hermosa, municipio de Santo Domingo Tonaltepec, Oaxaca, que serpentean en el paisaje erosivo típico del GMA.

latente de cristalización del magma así como del calor absorbido o liberado por las reacciones metamórficas (Reyes, 2011).

El metamorfismo de contacto se produce cuando un cuerpo intrusivo (magma) empuja a través de una roca existente (encajonante), quemando una parte de esa roca por efecto de las altas temperaturas del magma, lo que genera un cambio en la estructura y en la composición mineral de la roca con la que entra en contacto. La zona con mayor alteración de la roca estará en las zonas cercanas a la intrusión y disminuirá conforme está más lejos del cuerpo intrusivo. A esta zona se le conoce como aureola de contacto, cuyo grosor puede ir desde algunos milímetros hasta varios kilómetros (Best, 2003; Callegari y Pertsev, 2007).

El metamorfismo de contacto ocurrió posterior al depósito de los sedimentos que formaron la roca de la Formación Yanhuitlán (la cual tiene poco más de 40 millones de años). Hace 30 millones de años (Eoceno-Mioceno), durante una actividad volcánica muy intensa en la región, el magma (roca fundida a muy alta temperatura y presión) del interior de la Tierra subió a través de fracturas en las rocas de la Formación Yanhuitlán (constituida sobre todo de minerales arcillosos).

Este magma quemó la arcilla circundante cambiando las características de la roca (aureola de contacto), lo que se reconoce por cambios en el color, la dureza y la estabilidad de los agregados. Este proceso de "quemado" es análogo a lo que sucede cuando se elaboran ladrillos y objetos de arcilla u otros materiales cerámicos cocidos a diversas temperaturas (entre 400 a 1300 °C).

Los diques se pueden apreciar en varios sitios del GMA porque han sido expuestos por la erosión de la roca circundante sedimentaria menos resistente que los rodea.

Las zonas que se identifican en la mayoría de los sitios donde afloran los diques son (Figura 2):

A. Dique, roca ígnea andesítica de color gris obscuro.
B. Zona de contacto con mayor alteración (temperatura más alta), de color blanco o amarillento.
C. Zona de contacto con menor alteración (temperatura más baja) de color púrpura
D. Formación Yanhuitlán inalterada, de color anaranjado,
E. Alteración entre fracturas por efecto de gases o agua hidrotermal que sucede después del metamorfismo de contacto, dando como resultado colores verde azulosos. Solo se reconoce en algunos sitios.

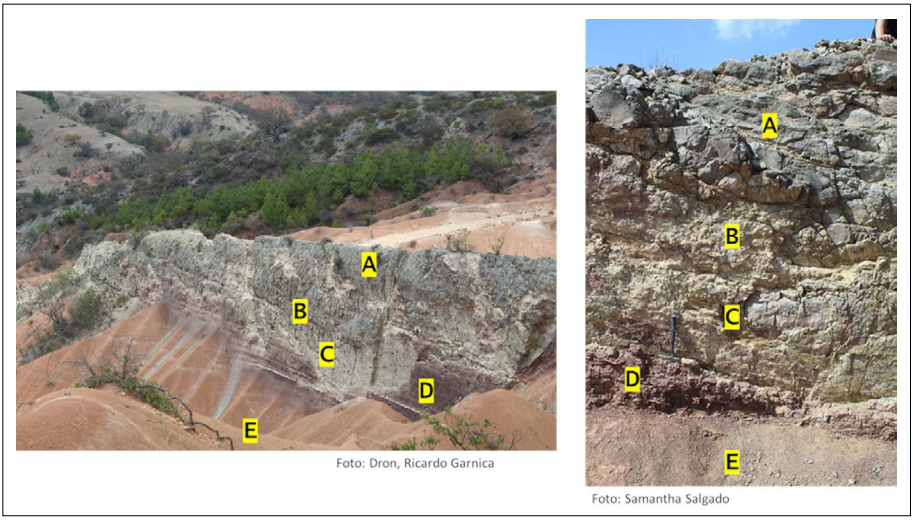


Figura 2. Fotografías que muestran dos sitios con metamorfismo de contacto en el GMA (Salgado-Ortiz, 2020).

Objetivos

- Entender el proceso de metamorfismo de contacto y poder identificarlo visualmente por sus colores en los sitios del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta (GMA) donde se presenta este proceso.
- Identificar también los cambios en otras características de la roca metamorfizada (dureza y estabilidad de los agregados).
- Relacionar lo aprendido con el lema del GMA: "Erosión, cultura y geopatrimonio".

Materiales y método

El material y equipo requerido son:

- Martillo de geólogo
- Charola o papel para depositar las muestras
- Piceta con agua
- Recipiente de aprox. 15 cm de ancho (pueden ser un plato hondo de plástico).
- Formato para registro de resultados
- Binoculares

Los pasos a seguir son:

1. Ubicarse en un sitio en el que se vea un proceso de metamorfismo de contacto en el GMA.
2. Identificar las zonas que se observan en la Figura 2, describir lo que ven, medir el grosor de las zonas y hacer un esquema.
3. Definir el color. Se recomienda hacer la caracterización del color tanto en seco, como en húmedo (rociando un poco de agua sobre la superficie) (práctica 8 en este libro). Es importante tomar en cuenta ambas condiciones ya que en el GMA a lo largo del año se presenta una época de lluvias y otra de secas, lo cual puede modificar el color observado.
4. Describir la estabilidad/colapso de los materiales. Esta prueba mide la estabilidad de los agregados cuando se exponen a un humedecimiento rápido. Tomar un fragmento de muestra de cada zona identificada. La muestra debe estar seca. Si esta húmeda, permita que se seque al sol (es necesario manejar con cuidado las muestras para que no se rompan los

fragmentos). Llenar el recipiente con agua y poner los fragmentos uno junto al otro, separados por unos centímetros. Observar lo que sucede durante 5 minutos.

5. Determinar la textura de los sedimentos púrpura y anaranjados (práctica 7 en este libro).
6. Probar la dureza de las zonas con el martillo de geólogo (muy blanda, blanda, moderadamente dura, dura, muy dura). La comparación es entre las franjas que se hayan identificado.

Preguntas guía

A. ¿Qué colores se identifican en el metamorfismo de contacto?
B. ¿Por qué cambia el color de la roca de la formación Yanhuitlán?
C. Ya que conoces el metamorfismo de contacto por sus colores, ¿puedes identificar otros sitios en el geoparque donde se observa este proceso? Se puede poner atención en los recorridos por los geosenderos y usar los binoculares para observar las similitudes.
D. ¿Qué consecuencias tiene que las muestras de sedimentos color púrpura y naranja se deshagan en contacto con el agua?
E. Pregunta por la leyenda del Cerro Verde y el dique a sus faldas en Vista Hermosa en el municipio de Santo Domingo Tonaltepec.
F. Relaciona el proceso de metamorfismo de contacto con el lema del GMA "Erosión, cultura y geopatrimonio".

Referencias

Best, G. M. (2003). *Igneous and Metamorphic Petrology*. Gran Bretaña: Wiley-Blackwell.

Callegari, E. y Pertsev, N. N. (2007). A systematic nomenclature for metamorphic rocks: Paper 10. Contact metamorphic rocks. Recommendations by the IUGS Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks. 28 pp. Recuperado de http://www.bgs.ac.uk (consultado en enero de 2020).

Martiny, B., Martínez-Serrano, R. G., Morán-Zenteno, D. J., Macías-Romo, C., Ayuso, R. A. (2000). Stratigraphy, geochemistry and tectonic significance of the Oligocene magmatic rocks of western Oaxaca, southern Mexico. *Tectonophysics*, 318(1), 71-98.

Reyes, M. (2011). El metamorfismo de contacto. Petrografía y petrología metamórfica. Universidad Autónoma de Chihuahua. Recuperado de http://www.fing.uach.mx/licenciaturas/IG/Apuntes/2011/10/24/Petrología_y_Petrografía_Metamórfica_3aParte2011.pdf (consultado en enero de 2020).

Salgado-Ortiz, S. (2020). Divulgación de la ciencia a partir del estudio del origen de los colores de la tierra en el Geoparque Global UNESCO Mixteca Alta. Tesis de licenciatura en Ciencias de la Tierra. Facultad de Ciencias UNAM.

Schlaepfer, C. y De Pablo, L. (1970). Minerales arcillosos e interpretación sedimentológica de las capas rojas de la formación Yanhuitlán, Oaxaca. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, XXIII*(7-12), 93-117.

Santamaría-Díaz, A., Alaniz–Álvarez, S. A., Nieto–Samaniego, F. (2008). Deformaciones cenozoicas en la cobertura de la falla Caltepec en la región de Tamazulapam, sur de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 25(3), 494-516.

Glosario

Formación Yanhuitlán. Es la unidad litológica que domina el GMA. Es una secuencia de estratos delgados a medianos de lutita y limonita poco consolidados de colores rojo, anaranjado y beige, que alcanza profundidades de entre 300 y 600 m (Schlaepfer y De Pablo, 1970). Estas rocas sedimentarias se formaron por el depósito de sedimentos en un ambiente lacustre hace unos 40 millones de años (Paleoceno tardío-Eoceno medio (Martiny *et al.*, 2000).

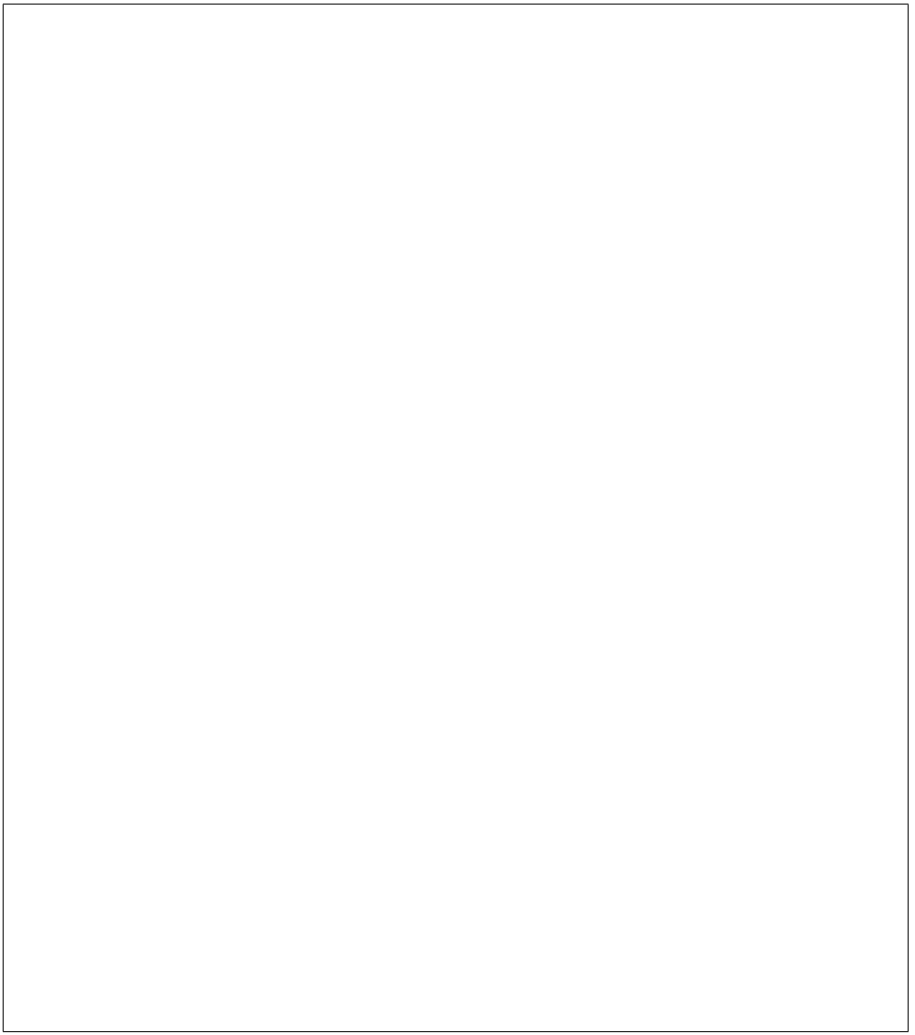
Dique. Cuerpo tabular de roca ígnea intrusiva hipabisal formado por magma que rellenó una falla o fractura. Los diques en el GMA cortan los estratos de la roca encajonante de la Formación Yanhuitlán (Santamaría *et al.*, 2008). Una roca ígnea intrusiva se forma a partir del ascenso del magma que cristaliza antes de llegar a la superficie; también se les denomina plutones. Después de mucho tiempo (millones de años) procesos tectónicos, la erosión y el intemperismo, provocan que estas rocas se vayan manifestando debido a un proceso de erosión diferencial donde la roca plutónica (más dura) permanece mientras la roca encajonante más blanda es removida.

Rocas hipabisales. Rocas ígneas intrusivas que han cristalizado bajo condiciones intermedias entre las plutónicas y las volcánicas.

Metamorfismo. Transformación física o química que sufre una roca en el interior de la corteza terrestre como resultado de las variaciones de temperatura y presión.

Anexo

Formato para registro de resultados
Fecha:
Sitio de observación:
Localización del sitio:
Elaboración de un diagrama con notas



Registro de resultados

Zona	Espesor (¿cm?)	Textura	Dureza	Color nombre	Color pintado*	Estabilidad	Observaciones

* Con el mismo material se mancha/pinta la hoja de registro.
Discusión y conclusiones con base en los objetivos abordados.

Práctica 7. Levantamiento de modelos digitales fotogramétricos 3D

Gonzalo Fernández de Castro Martínez
Unidad Académica de Estudios Territoriales de Oaxaca, IGG/UNAM

Introducción

El Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta (GMA) se caracteriza principalmente por la intensa erosión que sufre su territorio. No obstante, esta erosión no sigue patrones similares en las laderas, con diferencias en profundidad de disección, densidad de disección y patrón de la red de escurrimientos según la litología, produciendo un modelado erosivo diferente en cada una (Fernández de Castro *et al*., 2018).

Las imágenes aéreas de alta resolución obtenidas desde drones (Unmaned Aerial Vehicle o UAV) y la fotogrametría digital son herramientas útiles para el análisis morfométrico del relieve a gran detalle y su uso se puede extender a muchos campos de la investigación, entre ellos el modelado del paisaje a través de la erosión. La fotogrametría clásica se basa en el principio de estereoscopía a través de imágenes aéreas con más de un 60% de sobreposición, con el que se generan modelos digitales del terreno a través de la triangulación de nubes de puntos con información XYZ. Estas nubes de puntos se obtienen a partir de las fotos obtenidas por el dron.

Los métodos fotogramétricos tradicionales requerían de muchos ajustes técnicos de orientación de las imágenes, tanto en la toma como en el procesamiento de datos, los cuales no llegan a ofrecer una precisión y confianza en los resultados (Eltner, 2016a). Con el desarrollo tecnológico de los drones, el geoposicionamiento de cada fotografía ya es automático, no solo en coordenadas XYZ sino también en $\omega\ \phi\ \kappa$ (valores de rotación del eje del aparato que pueden afectar los ángulos de toma en cada fotografía), lo que asegura la correcta geometría de los modelos a través de los puntos coincidentes en las fotos. Estos modelos digitales de superficie de alta resolución y precisión pueden ser utilizados para analizar cualquier cambio en la superficie levantada, lo que

permite analizar y monitorear la erosión en el GMA de manera permanente y multitemporal.

Objetivo

Realizar un levantamiento de terreno de alta resolución en 3D a través de fotografías aéreas tomadas con drones.

Equipo y métodos

El equipo que necesitamos es:

- Cualquier tipo de dron
- Software fotogramétrico Agisoft PhotoScan y Globalmapper v.17.

Práctica en campo

Con cualquier modelo de dron se realizarán diferentes vuelos de práctica sobre una misma zona para analizar las ventajas y desventajas de cada tipo de vuelo fotogramétrico:

1. Tipo líneas de vuelo
   Esta técnica es la tradicional usada para levantamientos con fotografía aérea desde aviones. Se necesitaba establecer un solape de al menos 60% entre el par de fotografías para asegurar la visión estereoscópica que genera el modelo en 3D. Válido para terrenos de poca complejidad fisiográfica (Figura 1).
2. Tipo Rejilla
   Fortalece el solape entre fotografías, lo cual generará una nube de puntos de información XYZ más densa que mejorará la resolución del modelo digital de elevación (Figura 2).
3. Tipo POI (*Point of interest*)
   Consiste en elegir un punto central sobre el cual volar con una altura y radio determinados realizando fotografías aéreas oblicuas con una sobreposición suficiente para poder generar la nube de puntos a partir de estereoscopía. Este tipo de vuelo mejora la densidad de nubes de puntos (y por ende, la resolución del MDE) en la zona elegida en concreto por el POI (Figura 3).

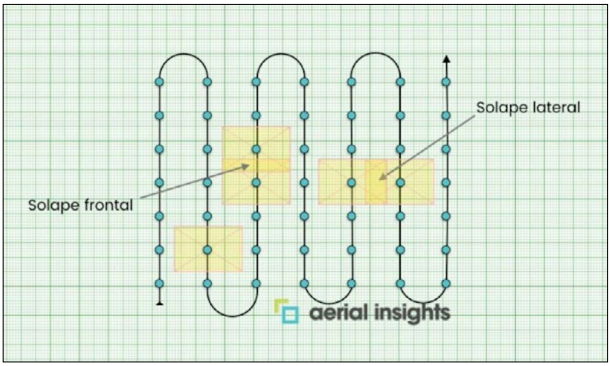


Figura 1. Esquema de vuelo tipo "líneas de vuelo" en software Aerial insights.

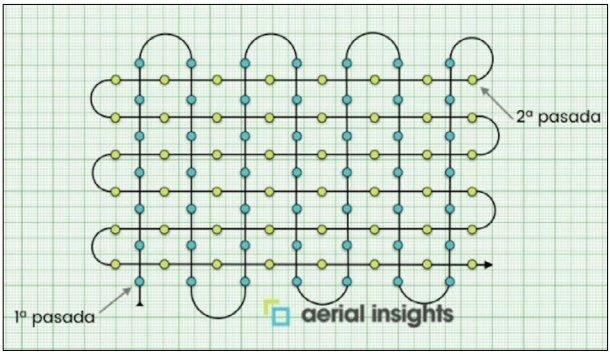


Figura 2. Esquema de vuelo tipo "rejilla" en software Aerial insights.

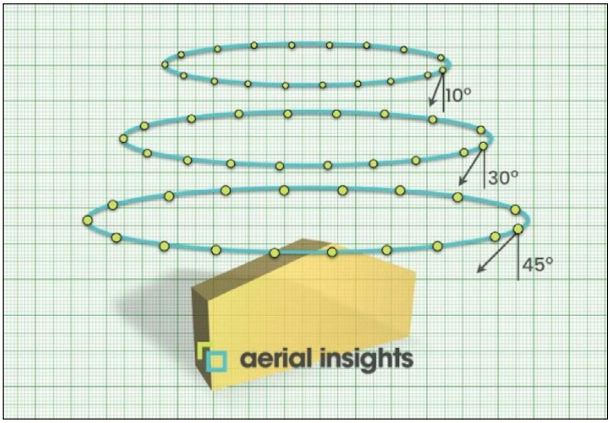


Figura 3. Esquema de vuelo tipo "POI" en software Aerial insights.

Práctica en gabinete

Una vez realizado el trabajo en campo, se procederá a la descarga e inclusión de las imágenes en software fotogramétrico (Pix4D, Agisoft Photoscan, etc.). En estos softwares se obtendrá la nube de puntos en formato LAS (LIDAR), a partir de la estereoscopía digital obtenida de los diferentes ángulos de visión de un mismo punto en cada fotografía aérea (Figura 4).

Como referencia a esta práctica se recomienda consultar (Fernández de Castro et al., 2018) (http://www.investigacionesgeograficas.unam.mx/index.php/rig/article/view/59548)

Para facilitar la instrucción de la práctica en gabinete en el software AGISOFT PHOTOSCAN, podemos seguir las instrucciones presentadas en el siguiente vínculo (Aguilar, 2018) (http://prezi.com/a-ueq-t262wj/?utm_campaign=share&utm_medium=copy&rc=ex0shareSe)

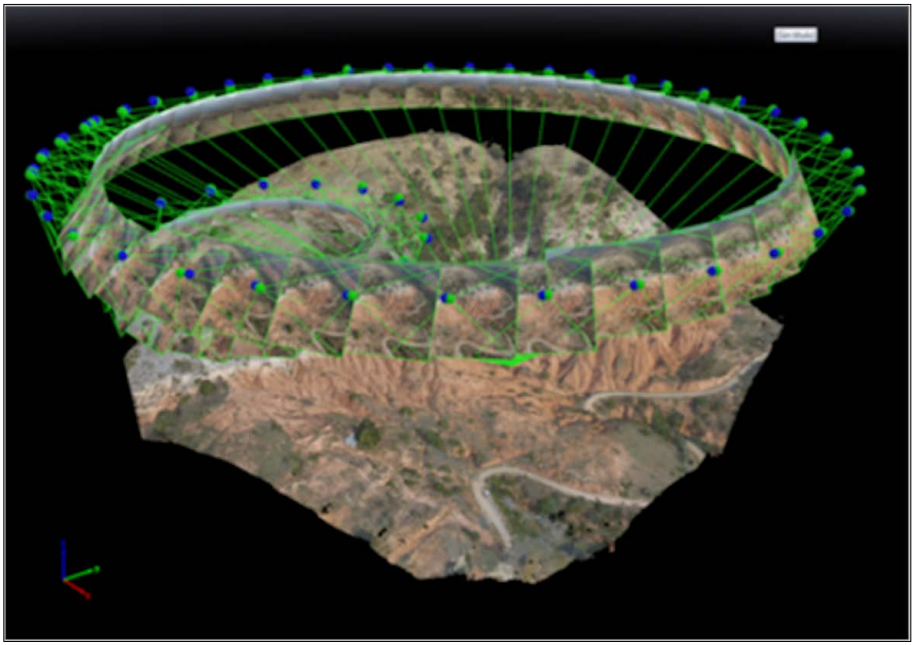


Figura 4. Vista de la nube de puntos (LAS) y ángulos de las fotografías tomadas desde el dron con el tipo de vuelo POI. Fuente: Fernández de Castro *et al*. (2018).

Antes de iniciar el proceso, es necesario realizar una selección de las fotografías para una optimización fotogramétrica de la nube de puntos. Las fotos para desechar serán en base a:

1. Fotos donde no aparezca el lugar de interés (normalmente las fotos de inicio y final de vuelo se desechan).
2. Fotos con mala calidad o borrosas.
3. Fotos donde aparezca algún obstáculo (ejemplo: patas o hélices del dron).

Paso 1. Generar proyecto e incluir las fotos seleccionadas
Paso 2. Calibración de cámara
Para los drones DJI Phantom se dejan las opciones por default, ya que el programa reconoce los valores fotogramétricos de la cámara (Figura 5). En este caso son:
Sensor: Sony Exmor R BSI 1/2.3" Píxeles efectivos: 12.4 M (píxeles totales: 12.76 M)
Lente: FOV 94° 20 mm (35 mm formato equivalente) f/2.8, enfoque a ∞
Paso 3. Alinear fotos
El software será el encargado de ajustar las fotos en los valores gamma, phi y kappa (ω, ϕ, κ) (valores de rotación del eje del aparato que pueden afectar los ángulos de toma en cada fotografía) automáticamente a través de la herramienta *Align Photos* (Figura 7), lo que asegura la correcta geometría de los modelos a través de los puntos coincidentes en las fotos.

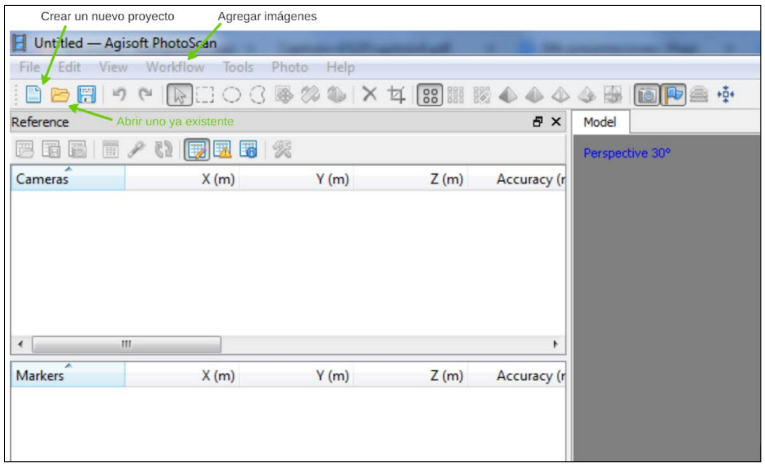


Figura 5. Visualización en pantalla del paso 1.

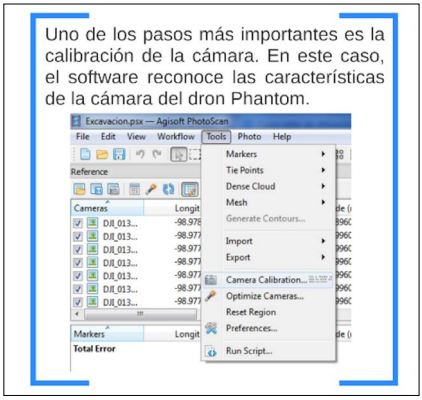


Figura 6. Visualización en pantalla del paso 2.

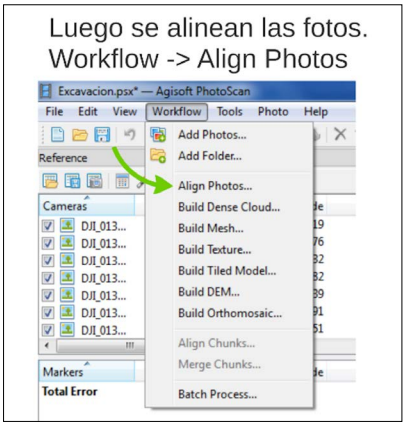


Figura 7. Visualización en pantalla del paso 3.

Para optimizar el tiempo en la práctica vamos a elegir siempre la opción que menos detalle presentará: Low

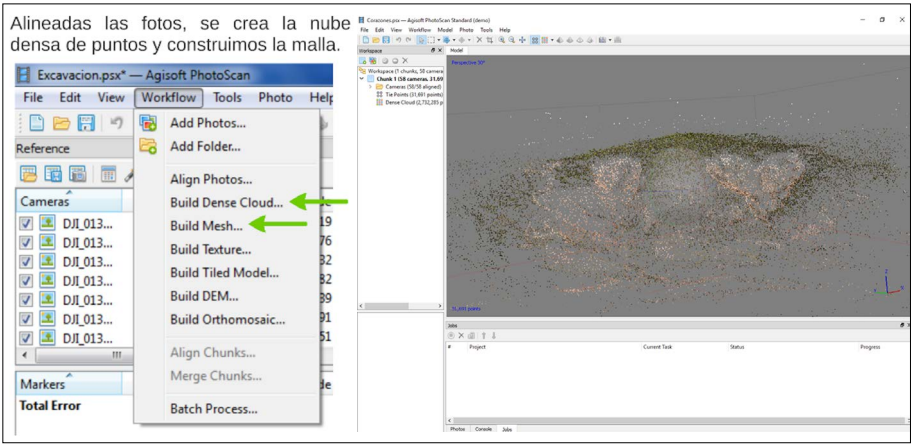
Paso 4. Construir nube de puntos

Este proceso generará los puntos de amarre (*Tie Point*): puntos topográficos de referencia que servirán de base para el resto de los puntos de la nube. Se obtienen a partir de las zonas coincidentes en las fotos (Figuras 8 y 9). Para optimizar el tiempo en la práctica vamos a elegir siempre la opción que menos detalle presentará: Low.

Paso 5. Densificación de nube de puntos
En este proceso se creará una nube de puntos más densificada a partir de los Tie point. Obteniendo la nube de puntos final sobre la que se realizará el modelo digital de elevación por tiangulación de estos puntos (Figura 10).

Paso 6. Generar el MDE (2 opciones: automatizado o manual).

A. MDE automatizado
En WORKFLOW/Build DEM generamos el MDE. Este software genera el MDE a una resolución óptima calculada por él mismo. En este caso fue 55 cm/pixel.



Figuras 8 y 9. Visualización en pantalla del paso 4.

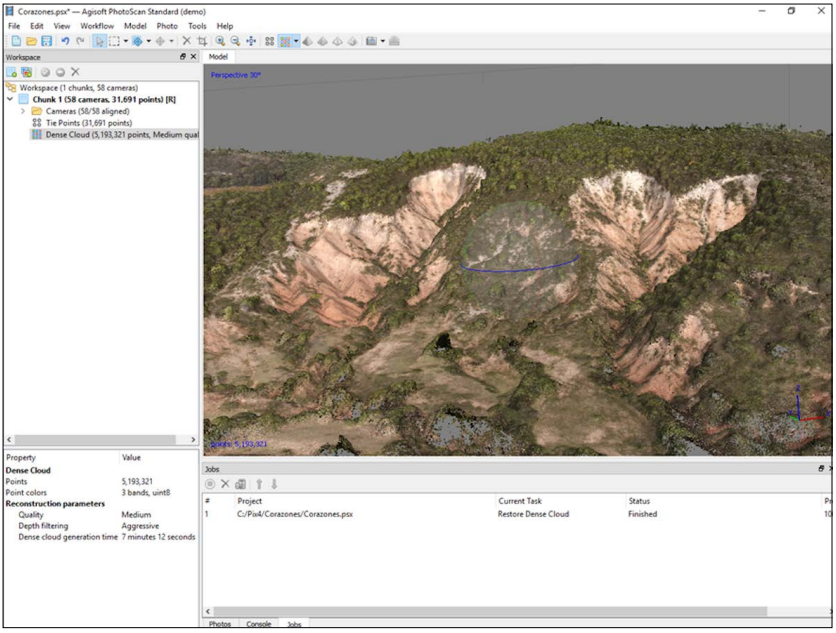
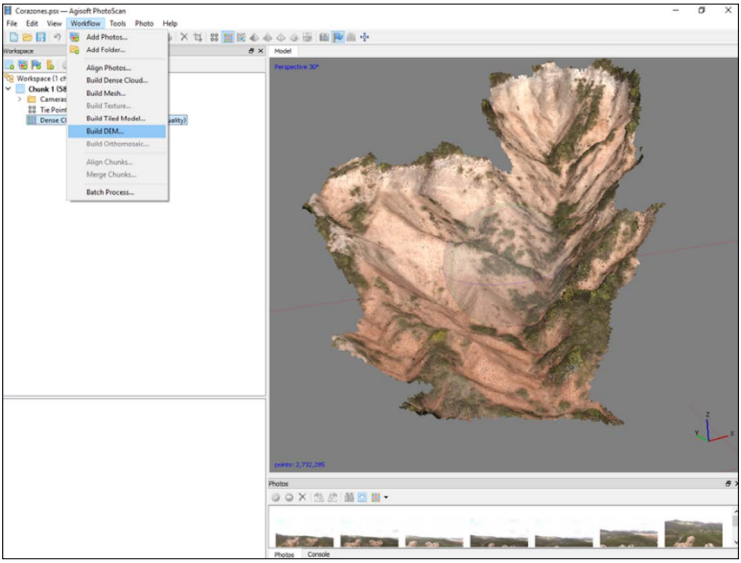
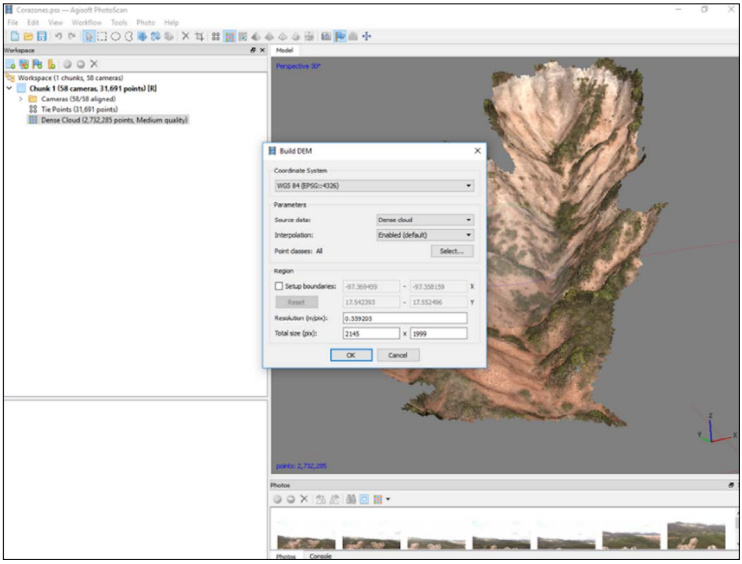


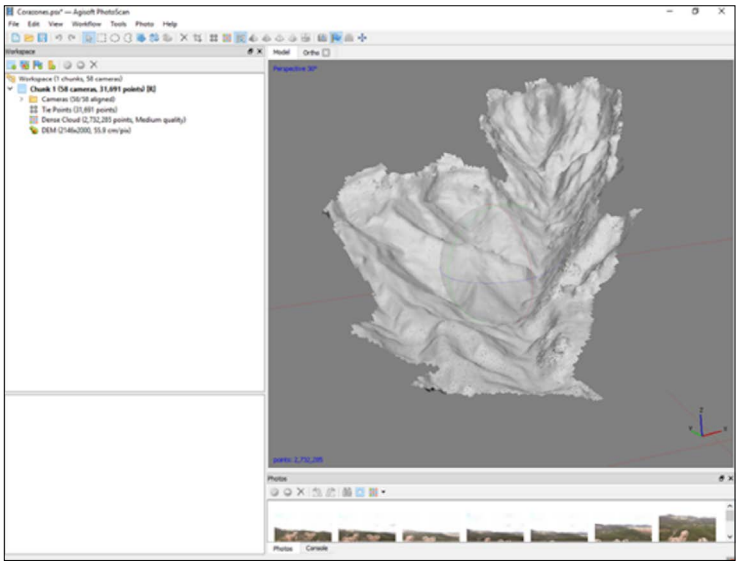
Figura 10. Visualización en pantalla del paso 5.



Figuras 11. Visualización en pantalla del paso 6 en modo automatizado.



Figuras 12. Visualización en pantalla del paso 6 en modo automatizado.



Figuras 13. Visualización en pantalla del paso 6 en modo automatizado.

No obstante, existe la posibilidad de generarlo al tamaño de celdilla que uno desee en el software GLOBALMAPPER, siguiendo la opción 2.

B. MDE manual con GLOBALMAPPER v.17
Para generar un MDE a una resolución elegida utilizaremos el software GLOBALMAPPER. Este programa permite generar este RASTER con la información espacial de la nube de puntos tomando varias opciones tanto para el valor de los datos como para la resolución espacial del MDE (Figura 14). No obstante, para manejar esta opción el usuario debe tener conocimiento de cómo funciona la fotogrametría y la interpolación de información espacial para tomar la decisión correcta según su caso.

Paso 1. Abrir la nube de puntos en GlobalMapper v.17.
En FILE/Open Data insertaremos la nube de puntos. Dejaremos todas las opciones por DEFAULT.

Para desplegar la tabla de atributos, abrir el OPEN CONTROL CENTER pulsando el símbolo.

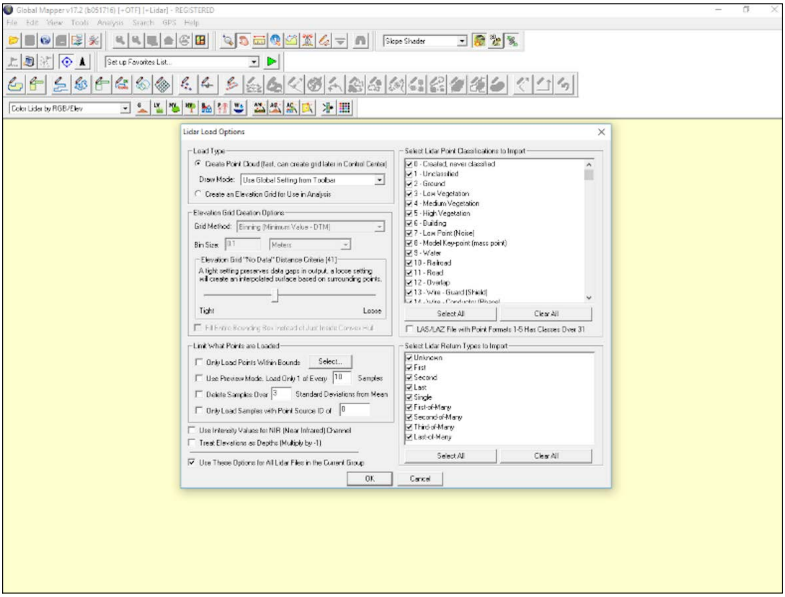


Figura 14. Visualización en pantalla del paso 1 en modo manual.

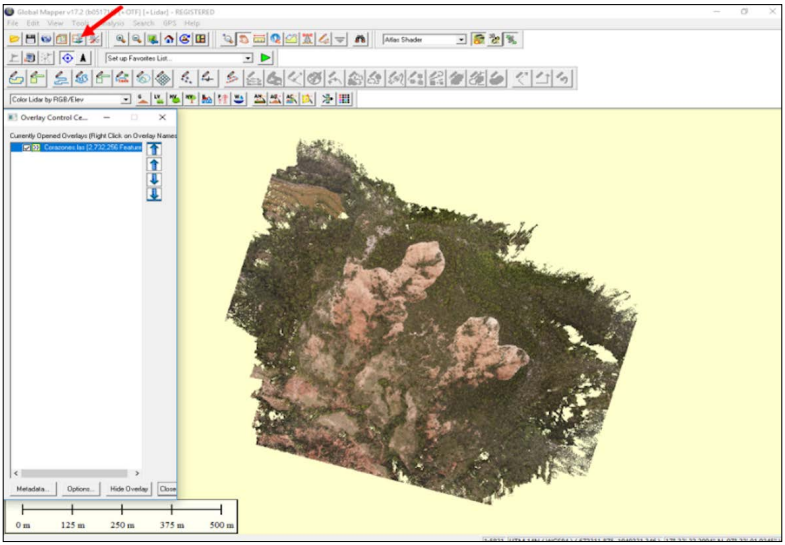
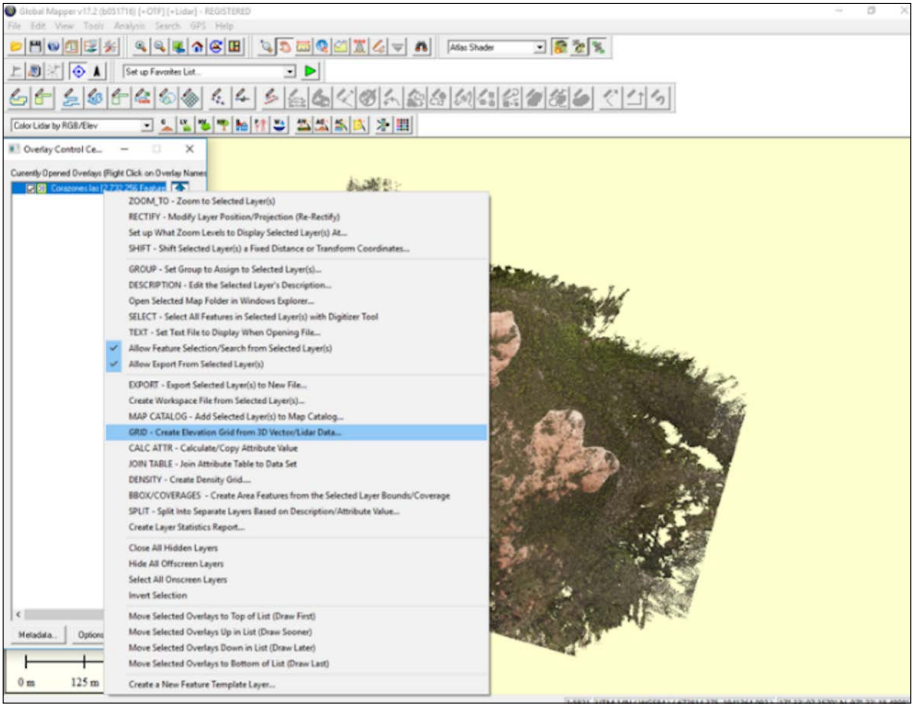


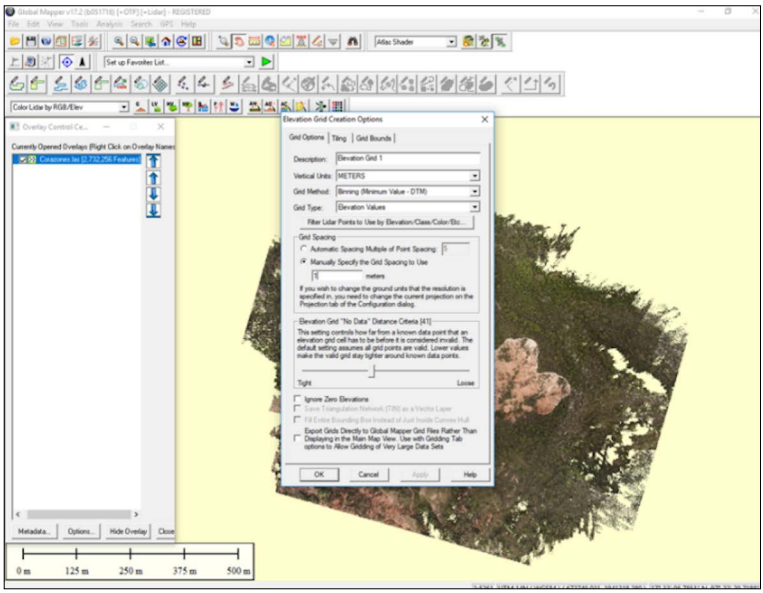
Figura 15. Visualización en pantalla del CONTROL CENTER.

Paso 2. Creación del MDE de forma manual.
Una vez desplegada la capa en CONTROL CENTER, con click derecho sobre la capa de nube de puntos se abrirá las opciones de trabajo sobre esta capa. Elegir **GRID - Create Elevation GRID from 3D Vector/LIDAR Data**. Al desplegarse el cuadro de trabajo, procederemos a crear nuestro modelo con 4 métodos diferentes, desde la pestaña **GRID METHOD**:

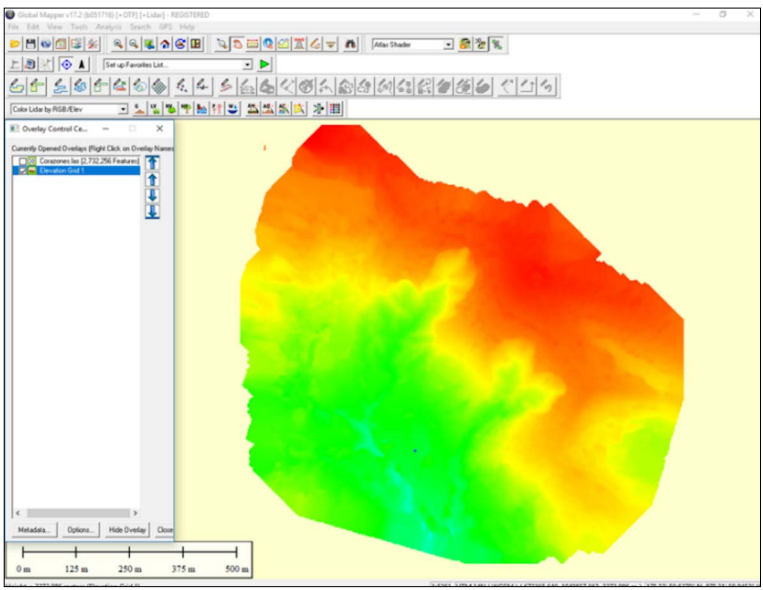
1. **TIN**: simple triangulación de la nube de puntos (como en MDE automatizado).
2. **Binning (DTM)**: recopila los puntos que entran en cada celdilla y toma el valor mínimo de altura como valor del pixel.
3. **Average**: recopila los puntos que entran en cada celdilla y calcula el valor medio de altura como valor del pixel.
4. **Binning (DSM)**: recopila los puntos que entran en cada celdilla y toma el valor máximo de altura como valor del pixel.



Figuras 16. Visualización en pantalla del paso 2 en modo manual.



Figuras 17. Visualización en pantalla del paso 2 en modo manual.



Figuras 18. Visualización en pantalla del paso 2 en modo manual.

Para finalizar, elegir el tamaño de celdilla en la opción ***Manually Specify the Grid Spacing to Use***. Si algún pixel queda sin información de la nube de puntos el programa hará una interpolación con sus vecinos más cercanos.

Una vez tenemos listo el MDE, se puede exportar en cualquier formato RASTER (GRIS, TIFF, GEOTIFF, Etc.) de igual manera con click derecho sobre la capa de información.

Preguntas guía

- ¿Cuál es la utilidad de la fotogrametría digital en el estudio de la erosión?
- ¿Qué técnica de vuelo es la más adecuada para estudiar la erosión?

Referencias

Aguilar, R. (2018). Curso taller de utilización de drones para levantamiento 3D. https://prezi.com/a-ueq-t262wj/curso-taller-de-utilizacion-de-drones-para-levantamiento-de/?utm_campaign=share&utm_medium=copy

Eltner, A. (2016). Photogrammetric techniques for a cross-scale soil erosion assessment. Developing methods to integrate multi-temporal high resolution topography data at field plots. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktoringenieur. Technische Universität Dresden. Germany

Fernández de Castro, G. Vázquez L., Palacio, J.L., Peralta A., García A. (2018). Geomorfometría y cálculo de erosión hídrica en diferentes litologías a través de fotogrametría digital con drones". *Investigaciones Geográficas*, 96, Recuperado de http://www.investigacionesgeograficas.unam.mx/index.php/rig/article/view/59548. DOI: http://dx.doi.org/10.14350/rig.59548.

Práctica 8. Determinación de la textura "al tacto"

María del Pilar Fernández Lomelín
Instituto de Geografía, UNAM

Silke Cram Heydrich
Instituto de Geografía, UNAM

Oralia Oropeza Orozco
Instituto de Geografía, UNAM

Introducción

El suelo constituye la parte más superficial de la corteza terrestre y es el resultado de la combinación de varios factores: material parental (rocas y minerales originarios), tiempo, clima, relieve y biota. Debido a ello, hay diferentes tipos de suelo que difieren en sus propiedades químicas, biológicas y físicas, como textura, estructura, consistencia, color, entre otras (FAO, 2020).

El suelo está compuesto por partículas de diferente tamaño, desde 2 mm, que aún son visibles a simple vista, hasta partículas microscópicas; conocer esta granulometría es importante en cualquier estudio de suelo. En edafología, para mencionar la proporción de las partículas en el suelo (< 2mm), se utiliza el concepto de textura, que se refiere al porcentaje (en peso) de cada tamaño de partícula. Según el tamaño las partículas se clasifican en arcilla, limo y arena. Pueden definirse varias clases de suelos: arenosos, limosos, arcillosos, francos y una combinación de éstos.

La textura es una propiedad que se relaciona con la permeabilidad (velocidad de infiltración y movimiento del agua a través del suelo), aireación, porosidad, capacidad de retención de agua, capacidad de intercambio catiónico, susceptibilidad a la erosión, resistencia a la penetración de raíces, entre otras (Moody y Cong, 2008; UIDR, 2019). El análisis de la granulometría también ayuda a entender la génesis de los suelos pues estos heredan la clase textural por las características de la roca que los formó, especialmente los jóvenes. Estos suelos se van alterando con

el tiempo y la acción del clima, favoreciendo el aumento de la fracción arcillosa sobre la arenosa (Dorronsoro, 2019).

La textura puede variar de un horizonte del suelo a otro, por lo que es necesario analizar las diferentes capas que lo conforman, ya sea al estar en el campo describiendo un perfil o en el laboratorio. La proporción de arenas, limos y arcillas les da a los diferentes horizontes del suelo ciertas propiedades que pueden favorecer diversos usos, como el cultivo de plantas, la elaboración de alfarería y materiales para la construcción, entre otros. Todos estos usos los podemos ver en el geoparque. En términos generales se puede decir lo siguiente:

- Los suelos de textura arenosa presentan una estructura débil (se disgrega fácilmente), son muy porosos, por lo que tienen buena aireación, retienen pocos nutrientes y tienen poca capacidad de retención del agua (alta permeabilidad), son inertes desde el punto de vista químico, carecen de propiedades coloidales. Solamente hay encharcamientos cuando las lluvias o escorrentías son muy intensas y puede producirse erosión laminar.
- Los suelos limosos tienen una estructura débil a moderada (terrones fáciles de disgregar cuando están secos), no tienen propiedades coloidales, retienen el agua más que los suelos arenosos, y con aireación regular. Son fértiles por su contenido de humedad y nutrientes. En estos suelos pueden formarse costras superficiales que impiden que emerjan las plántulas.
- Los suelos arcillosos están formados por partículas muy pequeñas, son muy activos desde el punto de vista químico, adsorben iones y moléculas, contienen reservas de nutrientes por lo que son potencialmente fértiles, y tienen una alta capacidad de intercambio catiónico; tienen una estructura fuerte, los poros son muy pequeños por lo que retienen mucha agua y drenan muy lentamente. Son difíciles de trabajar cuando están secos o muy húmedos. Al humedecerse y secarse pueden expandirse y contraerse.
- Los suelos francos o equilibrados texturalmente (porcentajes similares de los tres tamaños de partícula), son los más adecuados desde el punto de vista agrícola pues tienen los beneficios de los suelos anteriores.

Clasificación granulométrica

Hay muchas clasificaciones granulométricas; casi todas separan las partículas del suelo en gravas, arenas, limos y arcillas, aunque se diferencian por los límites de tamaño entre ellas. Las más conocidas son las de Atterberg o Internacional

(aceptada por la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo) y la Americana del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. La Tabla 1 muestra el intervalo de tamaño de partícula de cada una de estas fracciones (Coche, 1986; Dorronsoro, 2019).

Las partículas mayores a los 2 mm se denominan gravas (2 a 75 mm), las mayores a 75 mm, piedras (75 a 250 mm) (FAO, 2020). Este material puede usarse para reportar la pedregosidad en el perfil de suelo (porcentaje de volumen de piedras y tamaño).

Hay varios métodos para determinar la granulometría como, por ejemplo, el de Bouyoucos, el de la pipeta, a través de tamices. Una manera muy sencilla de hacer esta determinación, que se puede realizar en el campo, es por medio del método denominado "al tacto" o "a mano", que consiste en humedecer un poco de suelo con agua; este se amasa, se aplasta con el pulgar y el índice y se manipula para hacer varias estructuras y formas. La estructura, consistencia y el color del suelo son también otros aspectos que ayudan a identificar la textura.

Las principales características que pueden detectarse con este método de cada una de estas fracciones son:

> Arena: no puede moldearse, no deja material fino en las palmas de las manos y los granos son palpables (Siebe *et al.*, 2006). El agua y el aire pasan fácilmente entre las partículas (Coche, 1986).
> Limo: es poco moldeable, se siente harinoso; al frotar entre los dedos pulgar e índice se siente una superficie áspera y se agrieta al presionarlo

Tabla 1. Clasificación de las partículas minerales del suelo.

Fracción del suelo	Escala norteamericana	Escala internacional
	Tamaño (mm)	Tamaño (mm)
Arena muy gruesa	2.00-1.00	
Arena gruesa	1.00-0.50	2.00-0.20
Arena mediana	0.50-0.25	
Arena fina	0.25-0.10	0.20-0.02
Arena muy fina	0.10-0.05	
Limo	0.05-0.002	0.02-0.002
Arcilla	< 0.002	< 0.002

Fuente: Coche (1986).

(Siebe *et al*., 2006). Las partículas no son visibles a simple vista. El agua no pasa a través de ellas tan fácilmente como en la arena. Los suelos limosos no se agrietan al secarse y al estar húmedos no se adhieren a las herramientas (Coche, 1986).

Arcilla: es moldeable y pegajosa, deja material fino en las palmas de las manos, es muy adhesiva al humedecerse, al palpar la superficie entre el pulgar y el índice es lisa y brillante (Siebe *et al*., 2006). Es la parte más fina del suelo; sus partículas no pueden verse a simple vista. Al secarse se agrietan. Absorben el agua muy lentamente, pero la retienen en grandes cantidades y se hinchan hasta alcanzar el doble de su volumen (Coche, 1986).

Objetivo

Determinar la textura del suelo "al tacto" por medio de una serie de criterios y un método muy sencillo y rápido que se puede realizar en campo.

Materiales y métodos

Los materiales que se necesitan son:

- Pala recta (si se va a realizar una calicata)
- Pico (si se va a realizar una calicata)
- Pala pequeña
- Tamiz, con un tamaño de luz de malla de 2 mm (no indispensable para el trabajo en campo) o una coladera que permita separar las piedras de más de 2 mm.
- Mortero o martillo de goma o madera o rodillo
- Una botella con agua
- Claves para la determinación de la textura (tabla 2)
- Triángulo textural

1. Muestreo
   Si se requiere, hacer una calicata con la ayuda del pico y la pala recta. Tomar con una pala pequeña un poco de muestra representativa del suelo superficial o de cada horizonte del perfil que se está estudiando.

2. Preparación de la muestra
   Comúnmente, las partículas del suelo están en forma de agregados y para determinar la textura se necesita destruirlos para obtener partículas individuales a través de métodos físicos (trituración, ultrasonido, lavados) y químicos (oxidación de la materia orgánica, ataque ácido), aunque generalmente el tratamiento consiste en una combinación de estos pasos para liberar a las partículas (Dorronsoro, 2019).

Para determinar la textura de una muestra de suelo en campo:

i. Separar las raíces y las piedras (de 2 mm o mayores) y dejar sólo el suelo fino[1] pasándolo por medio de un tamiz o criba (2 mm luz de malla). Si no se cuenta con un tamiz apropiado para efectuar esta tarea en el campo, se puede hacer a mano.
ii. Disgregar, en caso necesario, los terrones con la mano, con un mortero, martillo o un rodillo, teniendo cuidado de no romper las partículas gruesas.
iii. Tomar un poco de suelo (el equivalente a una o dos cucharadas) en la palma de la mano y humedecerlo poco a poco con agua e ir amasando para incorporar el agua. Hacer una bola como de unos 3 a 5 cm de diámetro. Tener cuidado de no humedecer demasiado el suelo. Si al apretarlo con un dedo sale agua, significa que esta fue demasiada y debe de agregarse un poco más de suelo. Cuando este está bastante húmedo, pero al apretarlo no sale agua, quiere decir que está a "capacidad de campo" y la muestra está lista para iniciar la prueba (Figura 1). Si se va secando conforme transcurre la prueba, agregar un poco de agua.

3. Método para determinar la textura "al tacto"
   El procedimiento consiste en hacer diversas formas (esferas, rollos) con el suelo húmedo; continuar palpándolo y apretándolo con los dedos para observar las características del moldeado, su consistencia y granulometría (tamaño de grano).
   A continuación, se presenta una tabla con los pasos que hay que seguir para determinar la textura del suelo, tomada del *Manual para la des-*

[1] El suelo fino es una mezcla de arena, limo y arcilla menor a 2 mm.

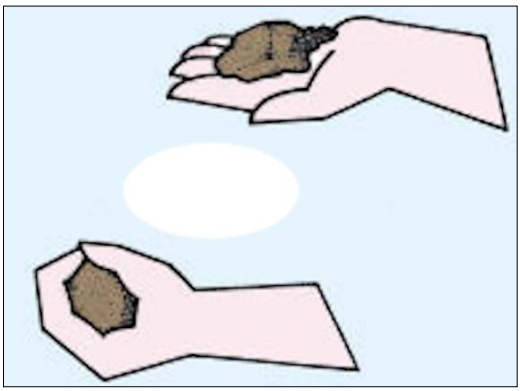


Figura 1. Preparación del suelo para la determinación de textura al tacto. Fuente: ilustración tomada de Coche (1986).

cripción y evaluación ecológica de suelos en el campo de Siebe et al. (2006) (Figura 2, Tabla 2).

Una vez identificada la textura, se podrá determinar el porcentaje de arena, limo y arcilla que corresponde a cada clase textural con la ayuda de un diagrama llamado triángulo textural (Figura 3).

Cada uno de los lados del triángulo está dividido en 10 partes (0 a 100%) que indica el porcentaje de arena, limo o arcilla que tiene el suelo según su clase textural. La suma de las tres fracciones deberá ser 100.

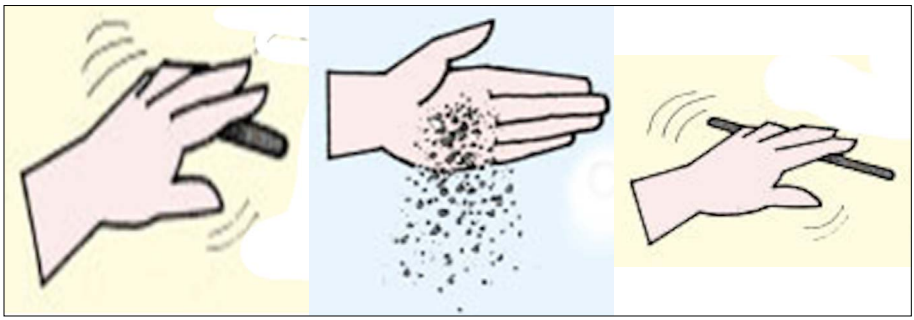


Figura 2. Ilustración de algunos de los pasos para la determinación de la textura "al tacto". Fuente: ilustraciones tomadas de Coche (1986).

Tabla 2. Claves para la determinación de la textura.

Núm. paso	Características	Seguir con el paso número	Tipo de textura	Clave
1	Intentar formar un rollito del grosor de un lápiz a) Moldeable b) No moldeable	 4 2		
2	Palpar la consistencia entre los dedos índice y pulgar a) Adhesiva, se adhiere ligeramente al dedo b) No adhesiva, no moldeable	 -> 3	 Franco arenosa	 CA
3	Frotar la muestra entre las palmas de las manos a) Consistencia muy harinosa, no se perciben granos de arena b) Consistencia muy harinosa y se perciben granos de arena (<50% arena) c) Muy arenosa (50-85% arena), queda material fino en las líneas de las palmas d) Muy arenosa (> 85% arena) no queda material fino en las líneas de la palma	 -> -> -> ->	 Limosa Franco limosa gruesa Arenosa franca Arenosa	 L CLg AC A
4	Intentar moldear un rollo del tamaño de una aguja gruesa para tejer a) Moldeable, superficie opaca, consistencia harinosa b) Moldeable, consistencia plástica, pegajosa c) No moldeable, se adhiere al dedo, se perciben granos de arena (>46% de arena)	 5 6 ->	 Franco arcillo arenosa	 CRA
5	Evaluar la consistencia a) Adhesiva, harinosa, se agrieta fácilmente al presionar b) Ligeramente harinosa, casi no se agrieta, muy moldeable c) Granos de arena visibles y perceptibles, se agrieta al presionar	 -> -> ->	 Franco limosa fina Franco arcillo limosa Franca	 CLf CRL C
6	Evaluar la superficie de la muestra después de friccionarla con la uña del dedo a) Superficie opaca o con brillo tenue, casi no se perciben granos de arena b) Superficie opaca a ligeramente brillosa, granos de arena perceptibles c) Superficie brillosa	 -> -> 7	 Franco arcillosa Arcillo arenosa	 CR RA
7	Evaluar la consistencia entre los dientes a) Rechina b) Consistencia de mantequilla	 -> ->	 Arcillo limosa Arcillosa	 RL R

Fuente: tomada de Siebe et al. (2006).

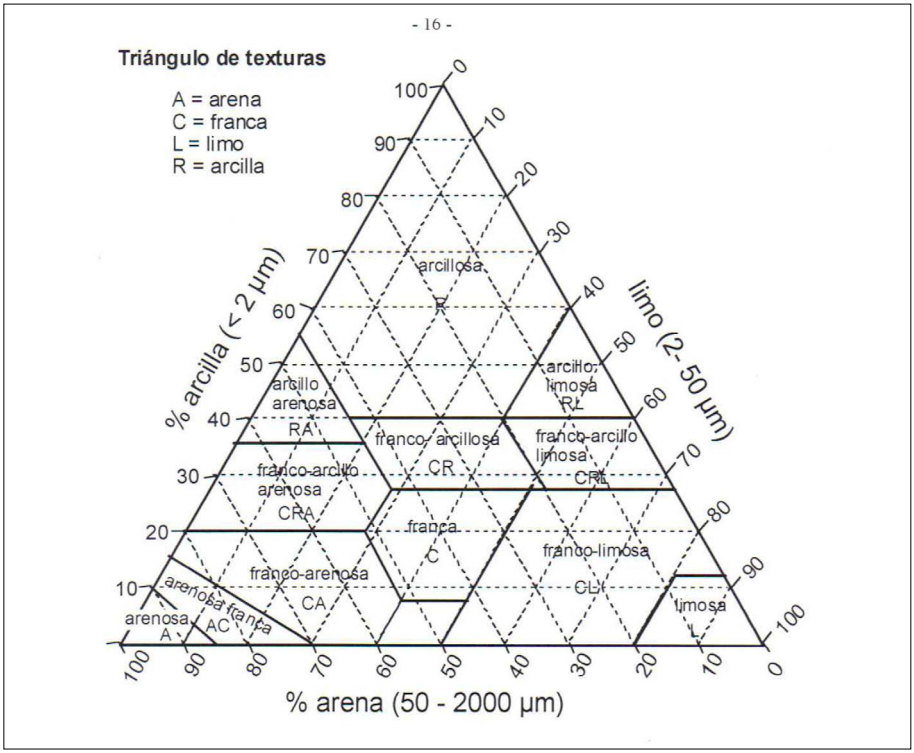


Figura 3. Triángulo de texturas (las flechas indican la dirección en la que hay que leer el contenido de cada fracción). Fuente: McDonald *et al.* (1990). Figura tomada de Siebe *et al.* (2006).

En el interior del triángulo se encuentran diversas casillas en donde se deberán ubicar las clases texturales determinadas a través de las claves en la prueba de campo (CA, RL, CL, etc.) y así se podrá estimar el porcentaje de cada una de las fracciones.

Preguntas guía

1. ¿En qué propiedades del suelo influye la textura de los horizontes del suelo?
2. ¿Cuál es la diferencia que se siente al determinar la textura al tacto entre un suelo arcilloso, uno limoso y uno arenoso?

3. ¿Cuál suelo podrá retener más agua, uno franco arcilloso o uno franco arenoso?
4. ¿Qué suelo tiene la mayor capacidad de retención de agua?
5. ¿Qué tipo de suelo tiene un 60% de limo, 30% de arcilla y 10% de arena?
6. ¿Qué tipo de cultivos crees que pueden desarrollarse mejor en los suelos que trabajaste? ¿Por qué?

Referencias

Blanquer, J., Ibáñez, S. y Moreno-Ramón, H. (2010). La textura del suelo. https://www.researchgate.net/publication/50839531_La_textura_del_suelo

Coche, A.G. (1986). *Suelo y piscicultura de agua dulce*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Recuperado de http://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/Index.htm

Dorronsoro, C. (2019). Introducción a la edafología. Recuperado de http://www.edafologia.net/introeda/tema04/text.htm#anchor618597

FAO. (2020). Portal de Suelos de la FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de http://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/

Moody, P. W. y Cong, P. T. (2008). *Soil Constraints and Management Package (SCAMP): guidelines for sustainable management of tropical upland soils*. Australian Center for International Agricultural Research (ACIAR) Monograph No. 130.

Siebe, C., Jahn, R. y Stahr, K. (2006). *Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo*. (2ª. ed.). Serie de Publicaciones Especiales de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo No. 4.

UIDR. (2019). *La textura en los suelos agrícolas*. Universidad Internacional del Riego. Recuperado de https://www.universidadderiego.com/la-textura-en-los-suelos-agricolas/

Anexo 1. Formato para registro de resultados

Fecha _____ Responsable del análisis _____
Sitio de muestreo _____
Localización del sitio _____
Tipo de vegetación _____
Pendiente _____Orientación de la ladera _____

Clave de muestra	Perfil Núm.	Profundidad (cm)	Textura al tacto	Observaciones

Práctica 9. Determinación del color del suelo

María del Pilar Fernández Lomelín
Instituto de Geografía, UNAM

Silke Cram Heydrich
Instituto de Geografía, UNAM

Oralia Oropeza Orozco
Instituto de Geografía, UNAM

Introducción

El suelo se ha formado a lo largo de muchos años por la acción sobre el material parental del clima, el relieve y los organismos. Las diferentes condiciones de formación han dado origen a suelos con distinta composición química y características biológicas y físicas, tales como la estructura, la textura y color, por mencionar algunas.

El color del suelo es una característica física muy importante, la más evidente, fácil de determinar y relevante; se utiliza en la separación de horizontes en un perfil (Soil Survey Staff, 1999), es una medida indirecta de otras características del suelo, ayuda a la identificación de distintas clases de suelos y se ha utilizado para inferir procesos pedogénicos (Owens y Rutledge, 2005).

Además, es una propiedad que puede sugerir el tipo de material que predomina en el suelo y denotar el grado de intemperización, la intensidad de los procesos de óxido-reducción, el contenido de materia orgánica y el estado de lixiviación o acumulación de compuestos químicos del suelo. Se ha planteado que, junto con otras propiedades, la estructura del suelo y la textura puede ser un indicador para los agricultores sobre "la calidad de la tierra" y para orientar la toma de decisiones sobre el uso, manejo y clasificación del suelo (Domínguez Soto *et al*., 2012).

Al observar los suelos, ya sea en la superficie o en un perfil, pueden apreciarse diferentes colores. Dentro de los principales agentes pigmentantes en el suelo se encuentran la materia orgánica, el hierro y el manganeso, en menor grado; cuando estos agentes no están recubriendo las partículas minerales se observa el color

natural de estas (Owens y Rutledge, 2005). Factores como la edad del suelo, el clima, las condiciones de drenaje, influyen en su color. Por ejemplo:

- La materia orgánica, después de la descomposición por hongos y bacterias, se transforma en humus; las huminas son una parte del humus y son de color negro; por lo que, cuando el contenido de materia orgánica en un suelo es de 5% o más, el suelo presenta un color muy oscuro.
- En regiones frías el suelo superficial tiende a ser de color grisáceo a negro debido a la acumulación del humus; en regiones más calientes y húmedas, hay una mineralización rápida de la materia orgánica, y no hay tanta acumulación de esta, por lo que el color es más café (Jackson, 2008).
- Los compuestos de hierro que recubren la superficie de las partículas de ciertos minerales le dan al suelo un color que depende de los compuestos que se liberan por la acción del intemperismo. Los compuestos de hierro forman cualquiera de los siguientes óxidos: óxido férrico, Fe_2O_3 (hematita), que da un color rojo; óxido férrico hidratado, $Fe_2O_3 \times H_2O$, que da un color pardo-amarillento; óxido ferroso, FeO, un color gris-azulado (Schwertmann, 1993).
- Los colores grisáceos y negros predominan en climas fríos y en suelos muy húmedos, donde el elemento se encuentra como Fe (II) (reducido). Por el contrario, en regiones más húmedas y cálidas, el Fe se encuentra como Fe (III) y el color de los suelos tiende a ser de pardo amarillento a rojo debido a la hidratación del óxido férrico (Jackson, 2008).
- El manganeso se oxida fácilmente en el aire y forma una capa rojiza de óxido. El dióxido de manganeso va de un color negro a una tonalidad muy oscura, color marrón.
- Un color blanquecino puede indicar la presencia de arena cuarcítica, caolinita, caliza, carbonato de magnesio, yeso y salinidad.
- Suelos de color gris, azulados o verdosos indican largos periodos de inundación y baja aireación del suelo.

También hay otras características que influyen en el color, como el contenido de humedad, por lo que pueden ser más oscuros al estar húmedos (Jackson, 2008). También se debe señalar que el color del suelo influye en la temperatura que este alcanza, ya que suelos oscuros absorben mayor energía solar y se calientan más y, por el contrario, los tonos claros la reflejan. El color de un objeto es equivalente a la longitud de onda de la luz reflejada. En el intervalo del espectro electromag-

nético que corresponde a la luz visible se reconocen las siguientes longitudes de onda (Tabla 1) (Andrades et al., 2015):

Hay varios métodos para determinar el color del suelo. Uno de ellos es mediante el uso de espectrofotómetros (método cuantitativo), otro es el llamado Sistema de Notación Munsell para la identificación del color, que es el que se abordará en esta práctica. Este sistema fue creado por Albert H. Munsell en 1905 (Odeh y McBratney, 2005) y constituye una herramienta útil, económica y fácil de realizar para la determinación del color del suelo, ya sea en el campo o en el laboratorio.

Objetivo

Determinar el color característico que presentan las muestras de suelo del geoparque usando como método el Sistema de Notación Munsell.

Materiales y métodos

Los materiales son:

- Muestras de suelo
- Tamiz (tamaño luz de malla 2 mm)

Tabla 1. Longitudes de onda del intervalo del espectro electromagnético correspondiente a la luz visible y color de la luz reflejada.

Longitud de onda (λ)	Color
menor de 380 nm	ultravioleta, rayos X
380 a 490 nm	violeta
450 a 490 nm	azul
490 a 520 nm	verde
520 a 660 nm	amarillo
600 a 620 nm	anaranjado
620 a 750 nm	rojo
más de 750 nm	infrarrojos, ondas de radio

Fuente: Andrades *et al*. (2015).

- Tablas de color Munsell
- Placa de porcelana con 6 a 12 pozos
- Piceta con agua
- Espátula o cuchara

El color del suelo se determina comparando una pequeña muestra con la carta de colores de Munsell. En el Anexo 1 se incluye una descripción de la carta de colores Munsell.

Para realizar la prueba es necesario un lugar con muy buena iluminación y es recomendable que lo haga una sola persona para evitar variaciones en la percepción del color.

Los pasos para la realización de esta determinación se mencionan a continuación:

1. Tamizar el suelo para asegurar una muestra homogénea.
2. Colocar una pequeña parte del suelo en dos pozos de la placa de porcelana y humedecer con la piceta uno de ellos sin empaparlo.
3. Comparar el color de la muestra de suelo con todos los cuadros de la tabla Munsell para encontrar el que más se asemeje, tanto para la muestra seca como para la húmeda.
4. Anotar en el formato de registro de resultados (Anexo 2) de la siguiente manera:
   a. Matiz Claridad / Pureza, por ejemplo
      Suelo seco: 2.5YR 5/6
      Suelo húmedo: 2.5YR′ 5′/6′. Suele ponerse un apóstrofe después de cada variable en las muestras húmedas.
5. Revisar cuidadosamente la muestra y anotar en la columna de observaciones si se aprecian moteados o vetas de otros colores. Analizar si se requiere determinar el color las partículas de color diferente.

Preguntas guía

1. ¿Qué puede indicar en general el color en el suelo?
2. ¿Por qué se hace la determinación con suelo seco y humedecido?
3. ¿Qué se puede inferir de los suelos analizados considerando diferentes propiedades, además del color?
4. ¿Qué colores predominan en los suelos muestreados en el geoparque?

Referencias

Andrades Rodríguez, M., Moliner Aramendía, A. y Masaguer Rodríguez, A. (2015). Prácticas de Edafología: Métodos Didácticos para Análisis de Suelos. Logroño: Universidad de La Rioja, Servicio de Publicaciones.

Domínguez Soto, J. M., Román Gutiérrez, A. D., Prieto García, F. y Acevedo Sandoval, O. (2012). Sistema de Notación Munsell y CIELab como herramienta para evaluación de color en suelos. Munsell Notation System and CIELab as a tool for evaluation colors in soils. *Revista mexicana de ciencias agrícolas, 3*(1), 141-155.

Jackson, R. S. (2008). Wine Science. Principles and Applications. A volume in Food Science and Technology (3rd. ed.), Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373646-8.X5001-X

Odeh, I. O. A. y McBratney, A. B. (2005) Pedometrics. En D. Hillel (Ed.), *Encyclopedia of Soils in the Environment* (pp. 166-175.). Nueva York: Elsevier/Academic Press. Columbia University..

Ortíz, M. L., Sánchez Salinas E. y Gutiérrez Ruiz M. E. (1993). *Análisis de suelos: fundamentos y técnicas* (Parte I, pp. 26-29). UAEM, México.

Owens, P. R. y Rutledge, E. M. (2005). Encyclopedia of Soils in the Environment. Daniel Hillel (Ed.). Nueva York: Elsevier/Academic Press. Columbia University.

Schwertmann, U. (1993). Relations between iron oxides, soil color and soil formation. En J. M. Bigham y E. J. Ciolkosz (Eds.). *Soil color* (pp. 51-69). Madison, WI: Soil Sci. Soc. Am. Special Pub. Núm. 31.

Setchell, J. S. (2012). Colour description and communication. En J. Best (Ed.), Colour Design. Theories and Applications (2nd ed.). (pp. 219-253). . Woodhead Publishing Series in Textiles, 128.

Soil Survey Staff (SSS). (1999). *Soil taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys* (2da ed.). Agriculture Handbook Num. 436. Washington D.C.: USDA.

Anexo 1. Descripción de la carta de colores Munsell

Estas tablas incluyen todos los matices del intervalo visible del espectro electromagnético La carta que generalmente se usa sólo es una quinta parte de la versión original del Munsell Book of Color.

La determinación del color se basa en tres variables, que cuando se combinan, describen todos los colores: matiz, claridad y pureza.

Matiz

La tabla Munsell está formada por hojas, cada una de ellas representa un matiz específico (*hue*) que aparece en la parte superior derecha de dicha página (Figura 1). El matiz es el color espectral dominante y se relaciona con la longitud de onda dominante de la luz (2); indica la relación del color con el rojo, amarillo, verde, azul y violeta; es decir, la longitud y frecuencia de las ondas luminosas que lo forman. En cada página de la carta de Munsell, los colores tienen un matiz constante, que consiste en una o dos letras precedidas por un número; la escala numérica es de 0 a 10 y las letras corresponden a las iniciales de los colores del espectro, escritas en inglés: Red, Green, Yellow, Purple, Blue para rojo, verde, amarillo, violeta y azul (Figura 1).

Cada hoja contiene un arreglo de cuadros coloreados que representan la claridad (*value*) y la pureza (*chroma*) (Figura 2).

Claridad

Verticalmente, los colores empiezan a ser cada vez más luminosos, de abajo hacia arriba; su notación está indicada en el margen izquierdo de la página y consiste en números de 0 para negro absoluto a 10 para blanco absoluto. También se le denomina brillo (Ortíz *et al.*, 1993).

Las divisiones de claridad (*value*) se presentan en sentido vertical, y aumentan su valor (haciéndose más claro) de abajo hacia arriba.

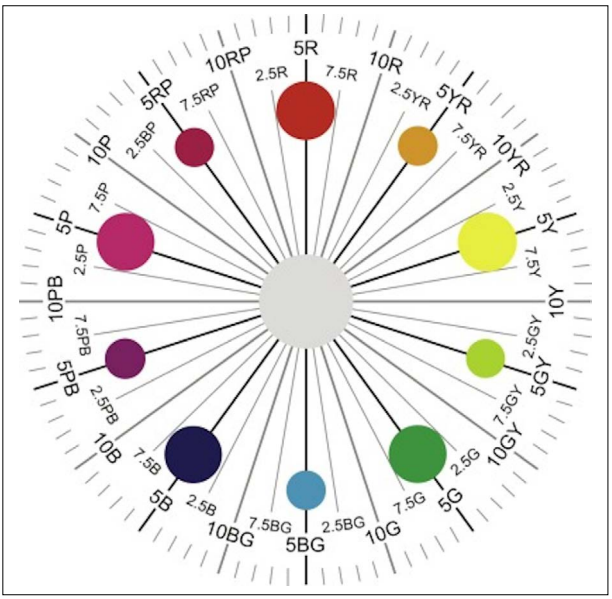


Figura 1. Círculo de matiz de Munsell. Fuente: tomado de Setchell (2012).

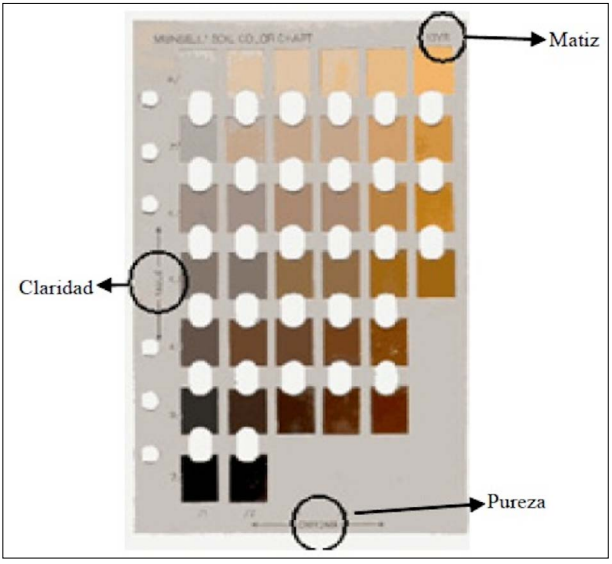


Figura 2. Hoja de la tabla de color Munsell.

Pureza

Horizontalmente se incrementa la fuerza del color hacia la derecha y resulta más gris hacia la izquierda; su notación se encuentra en la parte inferior de la página y consiste en números desde el 0 para grises neutrales hasta 20. Este último no se acerca a los colores del suelo, por lo que la carta contiene únicamente hasta el número 8. También se le denomina Saturación (Ortíz et al., 1993).

Las divisiones de pureza (chroma) se presentan en sentido horizontal, en la parte inferior de la hoja, incrementándose de izquierda a derecha

El color del suelo puede nominarse de dos maneras (Figura 3):

1) el nombre del color, que se encuentra en la misma carta y
2) el color según la notación de Munsell. Por ejemplo,
   Nombre del color: pardo grisáceo oscuro

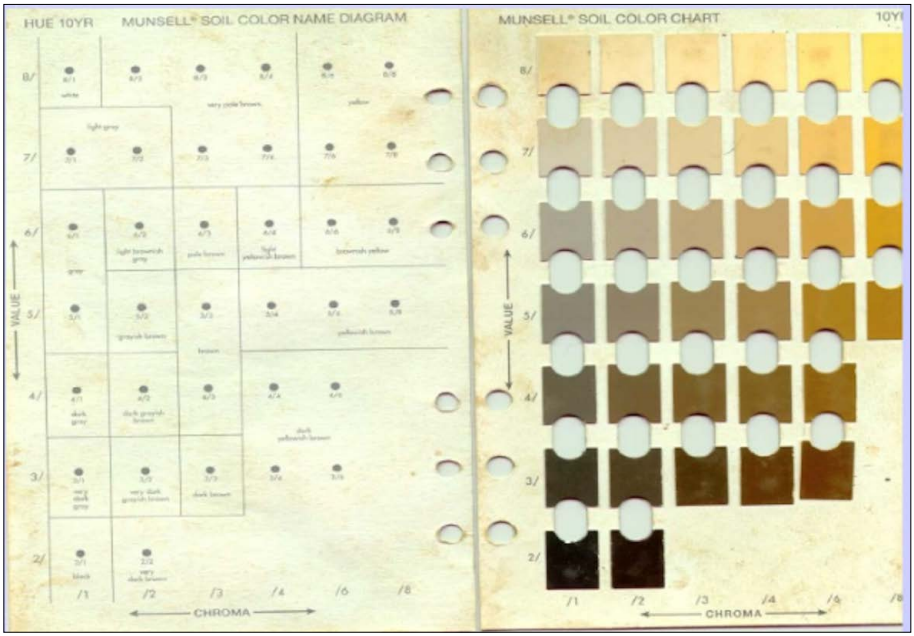


Figura 3. Nombre del color (lado izquierdo) y clave de color (lado derecho) del Sistema de Notación Munsell.

> Notación Munsell: 10YR 3/2 que es: 10YR de matiz, 3 de claridad y 2 de pureza.

La primera se usa mucho en publicaciones y la segunda se aplica cuando se requiere describir el color con mayor precisión, o como una forma abreviada para describir observaciones de campo. También se usa para expresar las relaciones específicas entre colores y para tratamiento estadístico de los datos del color (Ortiz *et al*., 1993).

Anexo 2. Formato para registro de resultados

Fecha _____ Responsable del análisis _____
Sitio de muestreo _____
Localización del sitio _____
Tipo de vegetación _____
Pendiente _____Orientación de la ladera _____
_____
_____
_____

Clave de muestra	Perfil Núm.	Profundidad (cm)	Color muestra húmeda	Color muestra seca	Observaciones

Práctica 10. Descripción de perfiles y clasificación de suelos del GMA

Isabel del Rayo Estrada Herrera
Unidad Académica de Estudios Territoriales en Oaxaca, IGG/UNAM

Introducción

El concepto de suelo se ha ido modificando y evolucionando a través del tiempo. El concepto más tradicional el suelo es: capa superficial que sirve como medio natural para el desarrollo de la vegetación y que está compuesto de materiales orgánicos, inorgánicos, aire y agua (USDA, 2014). Otro definición, que data de 1998 (IUSS Working Group WRB, (2015, p. 3) establece que es un cuerpo natural continuo el cual tiene tres dimensiones espaciales y una temporal. Las tres características principales que rigen al suelo son: que está formado por constituyentes minerales y orgánicos e incluye fases sólida, líquida y gaseosa; que los constituyentes están organizados en estructuras específicas para el medio edafológico, las cuales constituyen la morfología del suelo, y que el suelo está en constante evolución, lo que engloba el tiempo como dimensión temporal. El concepto más actual de suelo es referido por la WRB, que lo define con fines de clasificación como; "cualquier material dentro de los 2 m de la superficie de la Tierra que esté en contacto con la atmósfera, con exclusión de los organismos vivos, las zonas con hielo continuo no cubiertas por otro material y las masas de agua más profundas de 2 m". La definición incluye roca dura continua, suelos urbanos pavimentados, suelos de áreas industriales, cavernas y suelos subacuáticos (IUSS Working Group WRB, 2015, p. 4).

El suelo es un recurso natural considerado no renovable, por el tiempo que conlleva su formación, y que se lleva cabo por la interacción de los factores formadores de suelo (geología, clima, tiempo, vegetación, relieve y el hombre) que pueden ser de decenas y en algunos casos cientos de años. Además de su importancia como sostén de vida animal y vegetal, el suelo realiza diversas funciones que no siempre son conocidas y permiten la vida en la Tierra. Entre ellas podemos mencionar el suministro de alimentos, fibras y combustibles; son sumideros de

carbono; en él se llevan a cabo procesos que regulan el clima, purifican y descontaminan el agua; en el suelo se efectúan varios ciclos de nutrientes; son el hábitat de una gran diversidad de organismos; en ocasiones actúan como reguladores de inundaciones; son fuente de productos farmacéuticos y recursos genéticos; son base para las infraestructuras humanas, suministro de materiales de construcción y, en algunos lugares, fungen como herencia cultural (FAO, 2015).

El estudio y clasificación del suelo permite conocer la historia de su formación y los procesos que han ocurrido o están ocurriendo en él. Mediante una descripción en campo, complementada por análisis físicos, químicos y microbiológicos se pueden realizar, además de la clasificación taxonómica, la evaluaciones de aptitud y calidad del suelo, y evaluaciones ecológicas de sitios. Esta información obtenida puede ser utilizada para planear un manejo de la fertilidad eficiente de los suelos agrícolas y un uso y manejo sustentable de los ecosistemas. La Figura 1 muestra el procedimiento a seguir en una descripción completa de un perfil de suelos.

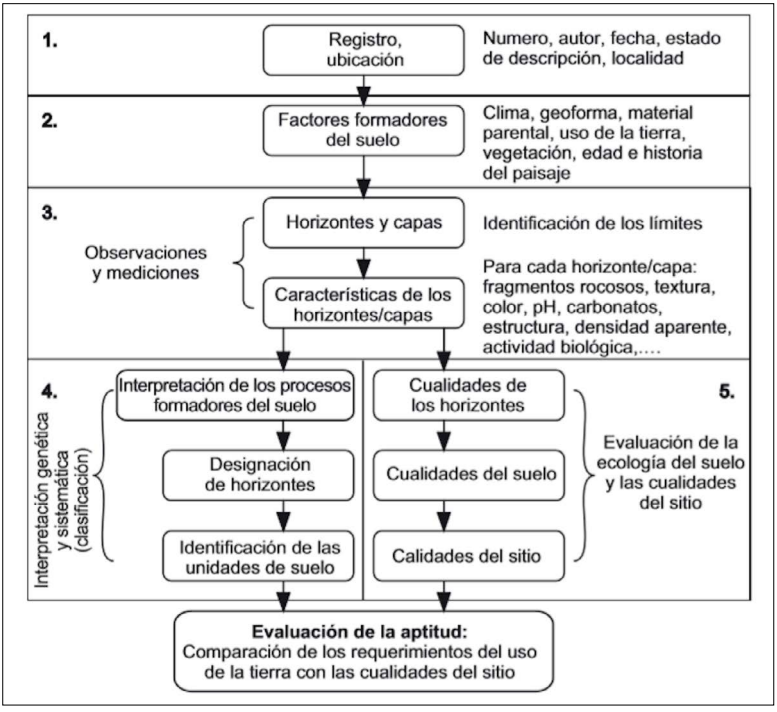


Figura 1. Proceso de descripción del suelo, clasificación, calidad del sitio y evaluación de la aptitud. Fuente: FAO (2009, p. 1).

El Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta Oaxaca es conocido por la diversidad de colores y tipos de suelo que se aprecia en su entorno. Estudios recientes en el área que comprende el GMA muestran que se pueden encontrar al menos 8 de los 32 grupos de suelo reconocidos por la Word Reference Base of Soils (WRB), suelos en los que se enfoca esta guía, seleccionando la descripción de características y propiedades que pueden identificarse en los suelos del GMA y que permitan identificar el tipo de suelo de interés.

Objetivo

Describir e identificar los suelos del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta a través de perfiles.

Materiales y equipo

Las herramientas y materiales son:

- pala recta,
- pala curva,
- pico,
- pala chica (cuadrada),
- picoleta,
- navaja,
- cuchillo mediano de acero inoxidable,
- cinta métrica o flexómetro,
- GPS,
- altímetro,
- cámara fotográfica,
- tabla portapapeles,
- formato para descripción de perfiles en campo,
- bolsas de plástico de 2 kg
- etiquetas,
- cinta masking tape de 2 cm de ancho,
- etiquetas de papel,
- marcador indeleble,
- lápiz, goma,
- sacapuntas.

Kit de descripción de suelos o mochila pedológica equipada y debe contener: capsula de porcelana, placa de porcelana, agua destilada (500 ml), cintas de papel indicador pH, agua corriente (2 lt), piseta, reactivos (agua oxigenada, ácido clorhídrico al 10%) y carta Munsell.

Para realizar una descripción de suelos en campo se han diseñado diversos manuales que comprenden y orientan al descriptor de la información relevante que debe ser obtenida en campo y, a la vez, permite realizar una aproximación de su clasificación taxonómica. Dado lo extensos que son estos manuales, se recomienda el uso de alguno o todos los siguientes:

1. *Manual para la descripción de perfiles de suelo en campo* (Cuanalo, 1990).
2. *Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo* (Siebe, et al., 2016).
3. *Guía para la descripción de suelos*, (FAO, 2009).

Métodos

Selección del sitio

El lugar de descripción del perfil se elige en función del interés particular del alumno, docente, investigador y del objetivo específico de la práctica (suelo forestal, suelo agrícola, sitio de interés geológico, etc.). Se puede hacer uso de cortes de carretera. En caso contrario, se debe realizar el pozo pedológico; en ambos casos se debe evitar estar muy cerca de carreteras, ríos, caminos, etc. Los suelos en estos sitios pueden estar alterados y no resultar representativos del lugar. Para elegir el sitio se puede recurrir a actores clave del lugar (representantes agrarios, agentes y autoridades locales, guías del GMA) que orienten acerca de los suelos más representativos en función del interés particular del descriptor. Estos manuales y el kit se pueden solicitar en préstamo para el desarrollo de las prácticas en la Unidad Académica de Estudios Territoriales en Oaxaca del Instituto de Geografía, UNAM.

Descripción del sitio

Para los suelos que se encuentran en el GMA, se enlistan las propiedades y características que se recomienda considerar en su descripción. Para la identificación

del tipo de suelo, se anexa el formato para descripción de perfiles de suelo para facilitar el registro de la información (Anexo 1):

a. Número de perfil: S1 (sitio 1), P1 (perfil 1), etc.
b. Fecha: día-mes-año.
c. Autor: responsable o responsables de la descripción.
d. Localización: localidad, paraje, nombre local del lugar.
e. Ubicación geográfica: coordenadas GPS (es útil para la posterior ubicación del perfil respecto a un área).
f. Elevación: altura sobre el nivel del mar.
g. Orientación: orientación de la cara del perfil (N, S, E, W)
h. Condiciones meteorológicas: un evento climático puede modificar las características del suelo al momento de la descripción, por lo que es importante documentar el clima que prevalece localmente, el tipo de clima y las condiciones climáticas al momento de la descripción.
i. Forma del relieve: las geoformas se describen principalmente por su morfología y no por su origen genético o por los procesos responsables de su forma (cóncava, convexa, regular, plana, terraceada), pueden ser formas simples o combinadas. Se recomienda hacer un esquema del relieve. Esto es importante ya que es un rasgo que indica si el suelo se forma por procesos naturales, antrópicos o algún evento geológico y es relevante en paisajes complejos.
j. Posición del perfil: ubicar la posición del perfil en relación al sitio de descripción y área de estudio (N, NE; E, SE, S, SO, O, NO).
k. Forma y grado de la pendiente: este rasgo es importante para determinar los procesos pedogenéticos (eluviación, aportecoluvial, depositación de material, etc.).
l. Drenaje superficial del sitio: permite relacionar los procesos y grados de erosión (sitio donador, sitio receptor).
m. Material parental: se refiere al material a partir del cual se ha formado el suelo; si se observa, una roca subyacente también debe ser descrita, indicando su origen y naturaleza.
n. Edad superficial de la tierra. La edad del paisaje es información importante de la cual se pueden derivar la posible duración de ocurrencia de los procesos de formación del suelo. Muchos suelos se forman de materiales pre-intemperizados o transportados, o que han sido derivados de un ensamblaje de materiales autóctonos fluviales y eólicos; un estimado ayudará a interpretar los datos de suelo y su interacción entre diferentes

procesos formadores del suelo. También puede indicar los posibles cambios climáticos durante la formación del suelo (FAO, 2009).

o. Vegetación: se describe la vegetación representativa del sitio de muestreo, arbórea, arbustiva, herbáceas, pino, encino, etc. En terrenos agrícolas se documentan las especies cultivadas.
p. Uso de suelo: se refiere al uso actual al momento de la descripción, el uso de la tierra influye en la dirección y tasa de formación del suelo, ya que es la fuente primaria de materia orgánica. El tipo de vegetación se puede describir con los nombres locales (FAO, 2009).
q. Fauna: se describe y documentan las especies que viven o se reportan en el sitio de estudio (macrofauna).

Descripción del perfil

Una vez seleccionado el sitio, si hay un corte que se pueda aprovechar, inicialmente se empareja la cara del perfil, con orientación hacia el reflejo del sol. Se profundiza al menos a 50 cm hacia dentro del corte. Por el contrario, si no hay un corte que se pueda aprovechar, se realiza un pozo pedológico de 2 m de ancho por 2 m de largo y 1.2 m de profundo o lo que permita el material geológico. Posteriormente se realiza la descripción del perfil utilizando cualquiera de los manuales recomendados en el apartado de materiales y equipo. Las características y propiedades que se consideran para los suelos del GMA son los siguientes:

a. Superficie del suelo: cuando el suelo del sitio de estudio está descubierto, se describe si hay presencia de costras, piedras, etc.
b. Identificación de capas y horizontes: se registra la profundidad de cada horizonte en el formato correspondiente, asignando número arábigo consecutivo a cada horizonte. Se describe la forma del límite del horizonte y la transición.
c. Humedad actual del perfil: la humedad es importante para relacionar procesos que pueden ser producto de un evento climático y no una característica o propiedad representativa o importante del perfil.
d. Textura: es la proporción relativa de las clases de tamaño de partículas que componen el suelo (arcillas, limos y arenas). En campo la textura se determina mediante la prueba al tacto. Para esto se toma una muestra de suelo que se pueda manejar y moldear en la mano, se utiliza la mano izquierda y se humedece la muestra hasta lograr su máxima pegajosidad y plasticidad. La muestra se amasa hasta lograr deshacer grumos y eli-

minar la estructura y la consistencia (véase práctica 8 en esta guía). Las partículas tienen la siguiente sensación:

Arcilla: se adhiere a los dedos, es cohesivo (pegajoso), es moldeable, tiene una alta plasticidad y tiene una superficie brillosa luego de apretar entre los dedos.
Limo: se adhiere a los dedos, no es pegajoso, es débilmente moldeable, tiene una superficie áspera y rasposa luego de apretarlo entre los dedos y una sensación harinosa.
Arena: no se puede moldear, no se adhiere a los dedos y se siente muy granuloso.
Se tienen 12 clases texturales, con sus respectivas subdivisiones; se determinan siguiendo la clave de los manuales de descripción de perfiles de suelo.

e. Pedregosidad: se determina en términos de cantidad, tamaño, forma y clase de las piedras presentes en los horizontes o capas identificadas.
f. Color: el color del suelo refleja la composición, así como las condiciones pasadas y presentes de óxido-reducción del suelo. Está determinado generalmente por el revestimiento de partículas muy finas de materia orgánica humificada (oscuro), óxidos de fierro (amarillo, pardo, anaranjado y rojo), óxidos de manganeso (negro) y otros, o puede ser debido al color de la roca parental. El matiz es el color espectral dominante (rojo, amarillo, verde, azul o violeta); el valor es la claridad u oscuridad de los rangos de color de 1 (oscuro) a 8 (claro); y el croma es la pureza o fuerza del rango de color desde 1 (pálido) a 8 (brillante). El color del suelo es importante con respecto a muchas propiedades del suelo, incluido los contenidos de materia orgánica, el "barniz" o revestimiento y el estado de oxidación o reducción, y para su clasificación (FAO, 2009). La determinación se realiza en suelo seco y suelo húmedo, a través del método descrito en la práctica 9 de esta guía.
g. pH: el pH expresa la actividad de los iones de hidrógeno en la solución del suelo y afecta la disponibilidad de nutrientes minerales para las plantas. Su estimación en campo se realiza con papel indicador y dada la que la mayoría de los suelos en el GMA son de naturaleza calcárea, se utiliza agua destilada, la relación suelo:agua es 1:2, el procedimiento es:

i. Se toma una muestra de suelo de aproximadamente 10 g y se colocan en un tubo de plástico graduado con tapa, se agregan 20 ml de agua destilada, se tapa el tubo y se agita manualmente durante aproximadamente 1 min, se deja reposar aproximadamente 30 min.
ii. Se introduce una tira de papel indicador en el sobrenadante del tubo, se deja reposar de 30 segundos a un minuto, o hasta que la tira no cambie de tono y se realiza la lectura correspondiente en la tabla de la caja del papel indicador, se registra el valor.

h. Contenido de materia orgánica: la materia orgánica se refiere a todo el material de origen animal o vegetal en estado de descomposición (parcial o total). En campo se puede estimar mediante la adición de agua oxigenada a una muestra de suelo (Cuanalo, 1990) y el color del suelo.
Con un gotero se coloca una muestra de suelo en una placa de porcelana, lentamente, con mucha precaución se adiciona agua oxigenada a la muestra y se observa la reacción. En suelos orgánicos o de bosque; la reacción puede ser violenta, aleje la placa del rostro.
i. Contenido de carbonatos: en campo se estima adicionando HCl al 10% a una muestra de suelo, se observa la efervescencia y se evalúa el % de $CaCO_3$.
j. Estructura: la estructura representa la agregación de las partículas primarias del suelo en combinación con partículas principalmente orgánicas producto de procesos físicos, químicos y microbiólogicos. Los agregados naturales del suelo se forman por la interacción de estos procesos. Las características que se describen de la estructura son: el grado de desarrollo, el tamaño, la forma y la estabilidad de los agregados. Todo ello representa información importante para la diferenciación de horizontes o capas y sobre el tipo o clasificación del suelo.
k. Consistencia: se determina haciendo presión en una muestra de suelo entre los dedos o en la mano. Se describe en seco para lo cual se usa un terrón de suelo. En húmedo la muestra de suelo debe tener una humedad entre la capacidad de campo y el contenido de humedad del suelo seco al aire y se utiliza un terrón. Finalmente, en saturado o muy húmedo, se evalúa la adhesividad y la plasticidad del suelo. La adhesividad es la calidad de adhesión del material del suelo a otros objetos determinados, notando la adherencia del suelo con la presión entre los dedos. La plasticidad es la habilidad del material del suelo a cambiar de forma continua bajo la influencia de una presión aplicada y retener esa forma cuando se quita esa presión. Se la determina enrollando el suelo en las manos hasta formar

un cordón de aproximadamente 3 mm de diámetro, los parámetros se describen en los manuales de descripción de suelos.

l. Rasgos pedológicos, concentraciones e inclusiones de origen pedogenético: en un suelo es importante describir su presencia (en caso de hallarlos), ya que reflejan procesos de intemperismo químico y son determinantes para la comprensión de la naturaleza del suelo. Se describen en forma, tamaño, dureza, color y naturaleza (con el apoyo de los manuales ya mencionados), y pueden ser:

   Motas: manchas de color, producto de algún proceso químico, oxidación, reducción, eluviación, etc.
   Nódulos o concreciones: son acumulaciones locales de minerales o compuestos químicos (carbonatos de calcio o calcita, óxidos de hierro y manganeso).
   Revestimientos o cutanes: son revestimientos que se ubican en los agregados del suelo, suelen ser de arcilla, óxidos de hierro o manganeso, sales solubles (carbonatos, calcio).
   Cementación: acumulación y endurecimiento de materiales que no son arcillas (carbonatos de calcio, óxidos e hidróxidos de hierro, aluminio, yeso).
   Estratos endurecidos: pueden ser capas de arcilla, pisos de arado, etc. Se describe el grado de endurecimiento, la continuidad y la estructura.

m. Estabilidad de agregados: se relaciona con el desarrollo de la estructura, la penetrabilidad de raíces y la susceptibilidad a la erosión. Su determinación en campo también aporta información sobre el manejo del suelo. Se determina en campo con apoyo del manual de Siebe et al. (2016).
n. Poros: la porosidad del suelo, se relaciona la actividad biológica, el uso y manejo del suelo, la microbiología del suelo, la microfauna, la precipitación y la vegetación. En campo se describe la abundancia, distribución, tamaño, forma, continuidad, orientación y localización de los poros; se puede apoyar en cualquiera de los manuales ya mencionados y se requiere de una lupa.
o. Densidad y profundidad de raíces: se describen en suelos forestales agrícolas y pastizales. Es decir, en donde hay una presencia significativa, se evalúan en abundancia, tamaño y profundidad.
p. Muestreo de suelo: con el fin de complementar la descripción de suelos con su análisis, se toma una muestra simple, de aproximadamente 1 kg,

de cada capa u horizonte identificado en el perfil, cada capa se identifica con el número de perfil y la profundidad del horizonte. Se reserva para corroboraciones o análisis.

q. Designación de horizontes del suelo: la designación de capas u horizontes se realiza con ayuda de las claves para clasificación de suelos:

    1. Base referencial mundial del recurso suelo, 2015. IUSS Working Group WRB, 2015. Base referencial mundial del recurso suelo 2014, actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelos 106. FAO, Roma.
    2. Claves para la taxonomía de suelos, 2014. Soil Survey Staff. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Conservación de Recursos Naturales, décima segunda edición, 2014.

A continuación, se describen las características generales de los grupos de suelos (WRB, 2015) y los órdenes de suelo (FAO, 2014) que se pueden encontrar en el área del GMA:

1. Leptosols (LP)
   Suelos delgados con muchos fragmentos gruesos con enraizamiento limitado. Los Leptosols comprenden suelos muy delgados sobre roca continua y suelos que son extremadamente ricos en fragmentos gruesos. Son particularmente comunes en regiones montañosas. La connotación deriva del griego *leptos* (delgado). El desarrollo del perfil es poco, la roca continua está muy cerca de la superficie o son extremadamente pedregosos, pero no están exentos de un horizonte *mollico* (en material calcáreo meteorizado) (WRB, 2015). Son el grupo de suelo más extenso en la tierra. Distribuyéndose en diversas regiones (polares, montañosas, a nivel del mar, en desiertos). En el GMA se localizan sobre rocas que han resistido los procesos de intemperismo y en sitios donde la erosión ha eliminado la parte superior del perfil. En la taxonomía de suelos, pertenecen al orden de los Entisoles en el subgrupo *Lithic*, que son suelos que no presentan características, epipedones, horizontes de diagnóstico que les permita encajar en alguno de los 11 órdenes de suelo que se clasifican en dicha taxonomía.
   El principal uso de los Leptosols es el pastoreo, y se llegan a encontrar en terrenos forestales,; son muy susceptibles a la erosión. Para la produc-

ción agrícola requieren de riego continuo, además de la limitante de su profundidad, si se les mantiene con cobertura vegetal pueden llegar a ser muy fértiles.

2. Cambisol (CM)
   Son suelos con poca o ninguna diferenciación del perfil, moderadamente desarrollados, es decir, el horizonte subsuperficial tiene desarrollo incipiente. La transformación del material parental es evidente por la formación de estructura y coloración principalmente parduzca, el aumento de porcentaje de arcilla o remoción de carbonatos. Tiene perfiles casi uniformes. En la taxonomía de suelos (FAO, 2014) son parte del orden de los Inceptisoles, son comunes en áreas con erosión geológica activa (WRB, 2015). En el GMA se encuentran presentes en cinco de los nueve municipios.
   Son comunes en tierras agrícolas y presentan buena productividad (excepto en el trópico húmedo).
3. Regosol (RG)
   Son suelos con poca o ninguna diferenciación del perfil, sin ningún desarrollo significativo a consecuencia de su corta edad o formación de suelo muy lenta. En muchas ocasiones esto se debe a la aridez. Son suelos poco desarrollados en materiales no consolidados, no son muy delgados o muy ricos en fragmentos gruesos (Leptosols), tampoco arenosos (Arenosols), ni con materiales *flúvicos* (Fluvisols) (WRB, 2015). Los Regosols son muy extensos en tierras erosionadas y zonas de acumulación, en particular en zonas áridas y semiáridas y en terrenos montañosos. En la taxonomía de suelos, pertenecen al orden de los Entisoles. Su principal limitante en la agricultura es la baja capacidad de retención de humedad, con adecuadas prácticas de manejo agrícola pueden ser productivos. Se encuentran presentes en gran proporción del territorio del GMA.
4. Phaeozem (PH)
   Suelos minerales con un horizonte superficial rico en materia orgánica, oscuro, sin carbonatos secundarios, alta saturación de bases, pueden presentar un horizonte móllico. Son comunes en praderas y bosques. Son suelos profundos y muy fértiles; muy susceptibles a la erosión. Tienen mucho potencial agrícola para el cultivo de granos básicos (WRB, 2015). En la taxonomía de suelos pueden pertenecer al orden de los Inceptisoles. En el territorio del GMA se encuentran en la zona suroeste, en los municipios de Santiago Tillo y San Pedro Topiltepec.

5. Fluvisol (FL)
   Son suelos con poca o ninguna diferenciación del perfil, denominados suelos jóvenes. Su origen es de sedimentos estratificados fluviales, marinos y lacustres (WRB, 2015). Del latín *fluvius* (río). En la taxonomía de suelo corresponden al orden de los Entisoles Fluvents. Se encuentran en llanuras de ríos y abanicos fluviales, valles, depresiones lacustres y marismas en todos los continentes y en todas las zonas climáticas. Los perfiles presentan evidencias de estratificación, con débil diferenciación de horizontes, pero puede tener un horizonte superficial diferente. Su naturaleza es fértil por lo que responden bien a la agricultura. En el GMA se encuentran distribuidos en los valles de Yanhuitlán, Yucuita, Chachoapam, Sinaxtla y Tillo.
6. Luvisols (LV)
   Son suelos que presentan un mayor contenido de arcilla en las capas subsuperficiales que en la superficial, las arcillas son de alta reactividad (se expenden y contraen). Pueden ser de origen eólico, aluvial o coluvial, característicos de lugares llanos (WRB, 2015). En la taxonomía de suelos corresponden a suelos del orden Alfisol. Los Luvisols aparecen principalmente sobre superficies geomorfológicas jóvenes. En el territorio del GMA se encontró un suelo Luvisol en la comunidad de Santa María Pozoltepec.
7. Arenosol (AR)
   Son suelos con poca o ninguna diferenciación del perfil, arenosos en todo el perfil profundo, pueden ser arenas residuales, arenas depositadas (dunas, desiertos y tierras de playas), en la taxonomía de suelos pertenecen al orden de los Entisols Psamments. Se forman de materiales parentales de textura arenosa, no consolidados, traslocados, a veces calcáreos, rocas silíceas; se desarrollan en diversos ambientes climáticos, desde muy árido a muy húmedo y de frío a cálido (WRB, 2015). Los Arenosols se han generalizado en los paisajes eólicos pero aparecen también en arenas marinas, litorales y lacustres y en mantos de meteorización de grano grueso de rocas silíceas, principalmente areniscas, cuarcita y granito (WRB, 2015). Su principal limitación para la agricultura es la poca retención de humedad. En el territorio del GMA se han identificado en materiales provenientes de arenistas en Topiltepec y en el valle de Chachoápam.
8. Anthrosols (AT)
   Son suelos con fuerte influencia humana, con largo e intensivo uso agrícola. Sus características originales han sido modificadas profundamente

por actividades humanas, tales como la adición de materia orgánica o mineral, carbón vegetal o residuos domésticos, o el riego y la labranza (WRB, 2015) principalmente en el horizonte superficial. En la taxonomía de suelos pertenecen al orden de los Entisoles. En el territorio del GMA se han identificado suelos con propiedades antrópicas, pero no con suficiente influencia para ser considerados Anthrosols.

Referencias

Cuanalo de la Cerda, H. (1990). *Manual para la descripción de perfiles de suelo en campo*. México: Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo.

FAO. (2009). *Guía para la descripción de suelos* (4ª ed.). Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación, FAO.

FAO. (2015). Las funciones del suelo. Recuperado de: http://www.fao.org/soils-2015/es/.

IUSS Working Group WRB. (2015). *Base referencial mundial del recurso suelo 2014*, Actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelos 106. Roma: FAO.

Siebe, C., Jahn, R. y Stahr, K. (2016). *Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo* (3ª ed.). México: Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Soil Survey Staff. (2014). *Claves para la taxonomía de suelos* (12ª ed.). Washington, D.C.: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Conservación de Recursos Naturales.

Anexo 1. Hoja de campo

Descripción del sitio y del perfil					
	Número de perfil:				
	Fecha:				UTM x:
	Autor:				UTM y:
	Localización				
	precipitación (mm):				
	Horizonte	Límite		Prof. (cm)	Textura:
		Transición	Forma		
	Prof. de desarrollo (cm):				
	max. prof. de las raíces:				

Profundidad del perfil:			Clima:		Uso del suelo/vegetación:		
m.s.n.m :		Época:					
Condiciones meteorológicas							
Edad superficial de la tierra:							
Humedad	Color (húmedo)	Color (seco)	pH (agua)	Estabilidad de agregados	Pedregosidad		
					Abundancia	Forma	Tamaño

Horizonte	Cutanes				Cementación	
	Tipo	Localización	Cantidad	Grosor	Sustancia	Grado

Horizonte	Consistencia			Plasticidad	Pegajosidad	
	Húmedo	Seco	Saturado			

Concreciones					Manchas y Motas				
Abundancia (Vol)	Color	Tamaño (Mm)	Dureza	Tipo	Abundacia	Color	Límite	Tamaño	Localización

Régimen de humedad y temperatura del suelo			Raíces		Observaciones			
			Tamaño	Abundancia				

Posición en el relieve:				Forma del relieve:	
Inclinación:				Material parental:	
Exposción:					
Erosión:					
Horizonte	Estructura			Drenaje	Poros
	Tipo	Tamaño	Grado		Cantidad /Núm
Clasificación en campo (WRB): Clasificación en campo (FAO, 2009):					

			Drenaje del sitio:		
			Flora		
			Fauna		
			Relieve		
Poros				Reacciones	
Diám/Tam	Continuidad	Orientación	Localización	HCl	H_2O_2

Práctica 11. Evaluación de la calidad de suelos mediante indicadores sencillos

Isabel del Rayo Estrada Herrera
Unidad Académica de Estudios Territoriales en Oaxaca, IGG/UNAM

Introducción

El concepto de calidad de suelos integra e interconecta los componentes y procesos biológicos, químicos y físicos de un suelo en una situación determinada (Astier *et al.*, 2002). La importancia de evaluar la calidad del suelo mediante indicadores de calidad adquiere relevancia cuando se reconoce la multifuncionalidad del suelo como sostén de la producción agrícola, de la productividad biológica, sus funciones ecosistémicas, ser amortiguador y restaurador de diversos procesos contaminantes a través de la actividad microbiana, entre otros (Estrada *et al.*, 2017). En los suelos del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta Oaxaca (GMA) se observa degradación física (erosión) y degradación química, la cual se asocia a bajos rendimientos agrícolas. Una evaluación de la calidad del suelo en campo, mediante atributos observables (indicadores), permite reconocer el estado actual y local. Estos criterios en campo deben ser medibles y observables. Las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo pueden ser indicadores de la calidad del suelo (ICS) (Etchevers, 1999). Los ICS no son universales, existen algunos definidos por diversos estudios que pueden ser seleccionados por su representatividad y aplicables en campo (Karlen *et al.*, 1997). Existen otros en el contexto de la agricultura sustentable y existen evaluaciones vinculadas a la salud de los cultivos desde un enfoque agrícola (Astier *et al.*, 2002). En el Cuadro 1 se muestran algunos indicadores y la importancia de su evaluación en campo.

Objetivo general

Evaluar la calidad de los suelos del GMA en campo con la aplicación de indicadores sencillos y de fácil aplicación y manejo para los estudiantes que visitan el GMA en las prácticas de campo.

Materiales y equipo

1. Pala, pico, formato para registro de datos (Anexo 1).
2. Reactivos, agua oxigenada y HCl al 10 % y agua destilada.
3. Kit para descripción de perfiles de suelo equipado (se puede solicitar en calidad de préstamo a la Unidad Académica de Estudios Territoriales del Instituto de Geografía en Oaxaca).
4. Manual para la descripción de perfiles de suelo (Cuanalo, 1990; FAO, 2009 y Siebe *et al.*, 2016), en ellos se describen los parámetros a evaluar en la metodología.

Metodología

En esta metodología se utilizan indicadores generados por Altieri y Nicholls (2002) adaptados a suelos en el GMA y que son relativamente fáciles y prácticos de utilizar en campo. Tienen la característica de ser fáciles de interpretar, reflejan el impacto de prácticas de manejo sobre el suelo y el cultivo (en los sitios agrícolas), e integran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Cuadro 1). Los parámetros para evaluar como indicadores de la calidad de suelos en el GMA y el tipo y grado de degradación de los suelos del GMA se resumen en el Cuadro 2.

Para describir las propiedades del Cuadro 1 se deben utilizar los manuales de descripción de suelos mencionados en los materiales; se registran en el formato 1 (Anexo1) y se evalúan con los criterios de esta guía.

Cuadro 1. Indicadores físicos, químicos y biológicos de calidad del suelo.

Indicador	
Indicadores físicos	
Textura del suelo	Retención y transporte de agua, minerales y compuestos orgánicos; erosión del suelo a partir de su influencia en el tipo de estructura, la cantidad y tamaño de poros.
Profundidad del suelo	Estimación del potencial productivo y de erosión, profundidad fisiológica.
Infiltración y densidad aparente	Potencial de lixiviación, productividad y erosión.
Porosidad y compactación	Retención y transporte de agua y nutrimentos; erosión del suelo.
Estabilidad de agregados	Erosión potencial, infiltración de agua.
Estructura	Penetración de raíces, retención de humedad
Color	Contenido de materia orgánica, vegetación.
Indicadores químicos	
pH	Actividad química y biológica, límites para el crecimiento de las plantas y actividad microbiana, disponibilidad de nutrientes.
Materia orgánica	Disponibilidad de nutrimentos, fertilidad del suelo, estabilidad de agregados, a mayor cantidad: disminución de la erosión y aumento del potencial productivo.
Indicadores biológicos	
Microfauna del suelo	Humedad, contenido de materia orgánica, actividad biológica. Relacionado con los procesos de descomposición y mineralización de residuos orgánicos y alerta temprana ante perturbaciones.
Vegetación	Contenido de materia orgánica, susceptibilidad a erosión, cobertura.
Humedad	Actividad biológica, presencia de fauna y microfauna, agregación del suelo.
Indicadores de relieve	
Pendiente	Condiciones permisivas para la presencia de la erosión (susceptibilidad).
Unidad geomorfológica	Forma del flujo del agua a lo largo de la ladera (posición en el relieve) (zonas donadoras-zonas receptoras).

Fuente: Nortcliff (2002) y Karlen *et al.* (1997).

Cuadro 2. Guía de Indicadores de calidad del suelo, sus características y valores.

Valor establecido	Característica	Valor del suelo
	Estructura	
1	Suelo polvoso, sin gránulos visibles, sin desarrollo de estructura, cementado.	
3	Suelo suelto, estructura masiva débilmente desarrollada.	
7	Suelo suelto con pocos gránulos que se rompen al aplicar presión suave, estructura moderadamente desarrollada.	
10	Suelo friable y granular, estructura bien desarrollada, los agregados mantienen formas después de aplicar presión aún en húmedo.	
	Compactación e infiltración	
1	Compacto, se anega	
3	Presencia de capa compacta delgada, agua infiltra muy lentamente	
7	Presencia de capa moderadamente compacta, agua infiltra lentamente	
10	Suelo no compacto, agua infiltra fácilmente	
	Profundidad del suelo	
1	Subsuelo casi expuesto (profundidad de la capa del suelo menor a 10 cm	
3	Suelo superficial delgado (profundidad de 10 a 15 cm)	
7	Suelo superficial delgado (profundidad de 15 a 30 cm)	
10	Suelo superficial más profundo (profundidad mayor de 30 cm)	
	Estado de residuos orgánicos	
1	Sin residuos orgánicos aparentes	
3	Residuo orgánico presente que no se descompone o muy lentamente	
7	Aún persiste residuo del año pasado en vías de descomposición	
10	Residuos en varios estados de descomposición, pero residuos viejos bien descompuestos	

Cuadro 2. Continuación.

Color, olor y materia orgánica	
1	Suelo de color pálido, con olor malo o a químico, no se nota presencia de materia orgánica o humus
3	Suelo de color café, pardo o rojizo claros, sin mayor olor y con algo de materia orgánica o humus
7	Suelo de colores ligeramente oscuros, rojizo, pardos, café-grisáceos, con olor ligero y con algo de materia orgánica o humus
10	Suelo de color negro o café oscuro, con olor a tierra fresca, abundante materia orgánica, humus o residuos agrícolas
Retención de humedad	
1	Suelo que se seca rápido
4	Suelo que permanece seco en época seca
7	Suelo que mantiene muy poca humedad en época seca
10	Suelo que mantiene humedad moderada en época seca (suelos de humedad residual)
Desarrollo de raíces	
1	Raíces raras, poco desarrolladas, enfermas y cortas
4	Pocas raíces de crecimiento limitado, de tamaño medo
6	Raíces con moderado crecimiento, abundantes, medias y gruesas, profundidad media
10	Raíces con buen crecimiento, saludables y profundas, varios tamaños y grosor
Cobertura de suelo	
1	Suelo desnudo
4	Menos del 25% del suelo cubierto por residuos, hojarasca o cubierta viva
7	Hasta 50% del suelo cubierto por residuos, hojarasca o cubierta viva
10	Más del 50% del suelo con cobertura viva o muerta o residuos

Cuadro 2. Continuación.

	Erosión
1	Erosión severa, se nota arrastre de suelo y presencia de cárcavas y canalillos
4	Erosión evidente con ligera deformación del terreno y pérdida de la capa superficial, exposición del subsuelo
7	Evidencia aparente de erosión, remoción parcial del suelo superficial
10	No hay signos ni evidencias de erosión
	Actividad biológica
1	Sin signos de actividad biológica, no se ven lombrices o invertebrados (insectos, arañas, centipides, etc.)
4	Se observan algunas lombrices y artrópodos (pocos)
7	Evidencias claras de presencia de lombrices, hormigas, arañas, se pueden estimar
10	Mucha actividad biológica, abundantes lombrices, artrópodos y microfauna en el suelo
	Pedregosidad
1	Se observan abundantes piedras de diversos tamaños (> 80%), son limitantes para el desarrollo de flora o cultivos
4	Las piedras de diversos tamaños cubren hasta del 40 al 80% de la superficie del suelo, son limitantes para el desarrollo de flora o de los cultivos
7	Las piedras cubren del 10 al 40% de la superficie del suelo, permiten el desarrollo de flora o cultivos
10	Las piedras cubren menos del 10% de la superficie del suelo, no son limitantes para el desarrollo de flora o cultivos.
	Textura (en base a la clase textural)
1	Arena (A), Arcilla (R), limo (L)
4	Arena migajosa (AC), migajón limoso (CL)
7	Arcilla arenosa (RA), arcilla limosa (RL),
10	Franco o migajón (C), migajón arcillo arenoso (CRA), migajón arcillosa (CR), migajón arcillo limoso (CRL), migajón limoso (CL)

Cuadro 2. Continuación.

	Densidad aparente (en suelo seco)
1	< 0.9 y > 2
4	0.9 a 1.2
7	a 1.6
10	> 1.6
	Estabilidad de agregados
1	Muy baja–baja
4	Mediana
7	Moderada
10	Alta–muy alta
	pH del suelo
1	> 8 y < 4
4	4 a 5
7	5.1 a 5.4, 6.6 a 8
10	5.5 a 6.5
Promedio de la calidad de suelo (se suman los valores obtenidos de cada indicador y se divide entre el número de indicadores evaluados)	

Fuente: Altieri y Nicholls (2002) y elaboración propia.

La calidad de los suelos se determina sumando los puntos obtenidos en cada parámetro evaluado y promediando los valores de cada indicador, en función del Cuadro 3 se determina la calidad del suelo en campo.

Cuadro 3. Valor de la calidad del suelo.

Calidad del suelo	Valor promedio del indicador
Baja	1 – 3
Regular	4 - 6
Moderada	7 - 8
Buena	9 - 10

Interpretación de la evaluación de la calidad del suelo

Baja: el suelo es muy somero y sus características muestran severas limitaciones para el desarrollo de cualquier tipo de vegetación o cultivo, ligado a grados altos a severos de degradación principalmente física (pérdida de suelo). El suelo no tiene las características que le permitan retener agua y almacenar humedad.

Regular: el suelo es delgado, sus características físicas muestran un desarrollo moderado del perfil, no es apto para agricultura, pero si para zonas de agostadero y reforestación. Los tipos de degradación asociada, tanto física como química, dan lugar a áreas con considerable pedregosidad.

Moderada: el suelo tiene un desarrollo moderado, pero más profundo que el anterior, lo que permite una mejor retención de humedad y es apto para el desarrollo de cultivos. Su capacidad productiva puede ser mejorada considerablemente con el uso de enmiendas o la aplicación de materia orgánica, son suelos asociados a zonas agrícolas o forestales.

Buena: son suelos muy escasos de encontrar en el área del GMA; se hallan en zonas agrícolas y forestales, son profundos, con contenidos moderados a altos de materia orgánica, se asocian a lugares como lamabordos, áreas forestales y parcelas agrícolas donde incorporan materia orgánica o residuos agrícolas.

Referencias

Altieri, M. A. y Nicholls, C. I. (2002). Un método rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 64, 17-24.

Astier, C. M., Mass, M. M. y Etchevers, B. J. (2002). Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia*, 36(5), 605-620.

Cuanalo de la Cerda, H. (1990). *Manual para la descripción de perfiles de suelo en campo*. México: Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo.

Estrada, H. I del R., Hidalgo, M. C. I., Guzmán, P. R, Almaraz, S. J. J., Navarro, G. H. y B. J. D. Etchevers (2017). Indicadores de calidad de suelo para evaluar su fertilidad. *Agrociencia*, 51(1), 813- 831.

Etchevers, B., J. D. (1999). Indicadores de calidad de suelos. En C. Siebe, H. Rodarte, G. Toledo, J. D. Etchevers y K. Oleschko (Eds.), *Conservación y restauración de suelos* (pp 239–262). México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México y Programa Universitario del Medio Ambiente.

FAO. (2009). *Guía para la descripción de suelos* (4ª ed.). Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación, FAO.

Karlen, D. L., Mausbach, M. J., Doran, J. W., Cline, R. G., Harris, R. F. y Schuman, G. E. (1997). Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. *Soil Science Society of America Journal*, 61, 4-10.

Nortcliff, S. (2002). Standardisation of soil quality attributes. *Agriculture, Ecosystems and Environment,* 88, 161-168.

Siebe, C., Jahn, R. y Stahr, K. (2016). *Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo* (3ª ed.). México, D.F.: Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Anexo 1. Hoja de campo

Se describen solo los espacios de los indicadores que se van a evaluar.

Descripción del sitio y del perfil						
	Número de perfil:					
	Fecha:				UTM x:	Profundidad del perfil:
	Autor:				UTM y:	m.s.n.m:
	Localización					Condiciones meteorológicas
	Precipitación (mm):					Edad superficial de la tierra:
	Horizonte	Límite		Prof. (cm)	Textura:	Humedad
		Transición	Forma			
	Prof. de desarrollo (cm):					
	Max. prof. de raíces:					

		Clima:		Uso del suelo/vegetación:		
Época:						
Color (húmedo)	Color (seco)	pH (agua)	Estabilidad de agregados	Pedregosidad		
				Abundancia	Forma	Tamaño

Horizonte	Cutanes				Cementación	
	Tipo	Localización	Cantidad	Grosor	Sustancia	Grado

Horizonte	Consistencia			Plasticidad	Pegajosidad	
	Húmedo	Seco	Saturado			

Concreciones					Manchas y Motas				
Abundancia (vol)	Color	Tamaño (mm)	Dureza	Tipo	Abundancia	Color	Límite	Tamaño	Localización

Régimen de humedad y temperatura del suelo		Raíces		Observaciones
		Tamaño	Abundancia	

Posición en el relieve:				Forma del relieve:	
Inclinación:				Material parental:	
Exposición:					
Erosión:					
Horizonte	Estructura			Drenaje	Poros
	Tipo	Tamaño	Grado		Cantidad /Núm
Clasificación en campo (WRB): Clasificación en campo (FAO, 2009):					

			Drenaje del sitio:		
			Flora		
			Fauna		
			Relieve		
				Reacciones	
Diám/Tam	Continuidad	Orientación	Localización	HCl	H_2O_2

Práctica 12. Análisis de erosión hídrica sobre modelos digitales de elevación fotogramétricos

Gonzalo Fernández de Castro Martínez
Unidad Académica de Estudios Territoriales de Oaxaca, IGG/UNAM

Introducción

El Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta (GMA) se caracteriza principalmente por la intensa erosión que sufre su territorio. No obstante, esta erosión no sigue patrones similares en las laderas, con diferencias en profundidad de disección, densidad de disección y patrón de la red de escurrimientos según la litología, produciendo un modelado erosivo diferente en cada una (Fernández de Castro et al., 2018). Debido a estos contrastes, y a la intensa dinámica erosiva, el GMA es ideal para realizar esta práctica. En ella se realizará un análisis geomorfométrico de la erosión sobre los MDS de alta resolución que se generaron en la práctica 7 de esta guía.

La erosión es un proceso sumamente complejo de analizar, que ha sido estudiado con diferentes metodologías y modelos desde los años 1950 hasta hoy, como la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (Wischmeier, 1960), el CREAMS (Knisel, 1980) o el WEPP (Nearing *et al.*, 1989), aplicados principalmente en terrenos agrícolas para analizar erosión laminar y en surcos. No obstante, estas técnicas no se pueden aplicar sobre superficies sin suelo, en especial sobre cárcavas, abundantes en el territorio del geoparque. Esto es de suma importancia para los estudios de erosión, ya que las zonas de cárcavas es las que aporta mayores tasas de sedimentos (Fernández de Castro et al., 2018). El interés de esta práctica es mostrar cómo la fotogrametría digital puede resolver este problema del cálculo de erosión en zonas carentes de suelo, donde la USLE no se puede aplicar.

Para esta práctica se usarán como insumo los modelos digitales de elevación fotogramétricos de alta resolución obtenidos en la practica 6, sobre los cuales se analizará la morfometría de la erosión del terreno. (Se puede utilizar cualquier otro MDE de cualquier resolución, a mayor resolución de los MDEs mejores resultados en su morfometría.)

Objetivo

Analizar cómo la erosión modela la superficie a través de análisis geomorfométricos sobre modelos digitales de alta resolución.

Materiales y método

- Modelos digitales de superficie de alta resolución (véase práctica 7).
- Software GIS: ARCGIS 10.2 y GLOBALMAPPER v.17.

Preguntas guía

1. ¿Cuántas toneladas de sedimentos por hectárea se erosionan al año en estas formaciones geológicas del GMA?
2. ¿Se erosionan igual todas las formaciones geológicas?

Práctica

Se realizará un análisis hídrico superficial en formato shape con la herramienta WATERSHED en GLOBALMAPPER 16, tanto de los escurrimientos como del área de captación, esto siempre en zonas sin vegetación.

Paso 1: abrir GLOBALMAPPER v.17 y cargar el MDS. Para visualizar en pantalla la tabla de atributos abrir el **CONTROL CENTER** pulsando el símbolo marcado en la Figura 1

Paso 2: es necesario establecer un punto final de drenaje sobre el cual el software calculará la red de drenaje y sus cuencas de captación. Presionar el símbolo mostrado **CREATE POINT/TEXT FEATURE** y, posteriormente, el lugar elegido, automáticamente saldrá la ventana para nombrar este punto (Figura 2).

Paso 3: Presionar con botón derecho sobre la capa del MDS y seleccionar **SELECT**. Una vez seleccionado se enmarcará el punto con un cuadro rojo (Figuras 3 y 4).

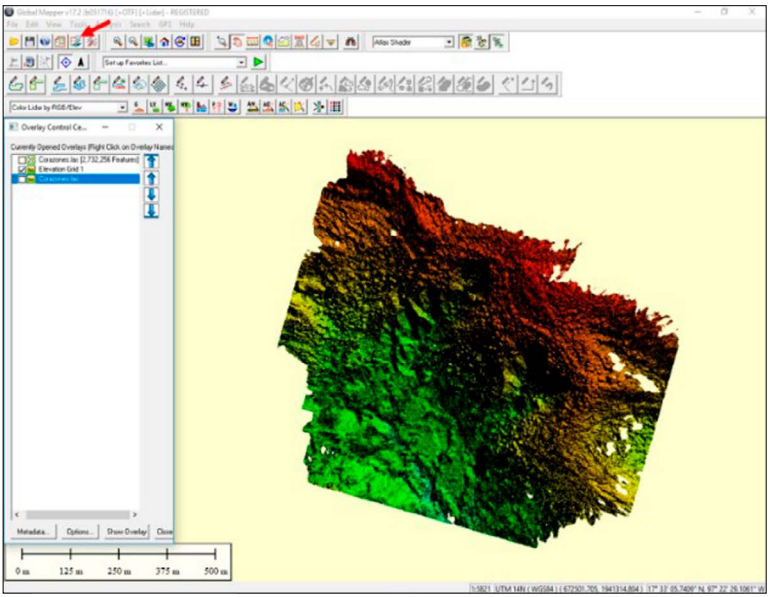


Figura 1. Visualización de pantalla del paso 1.

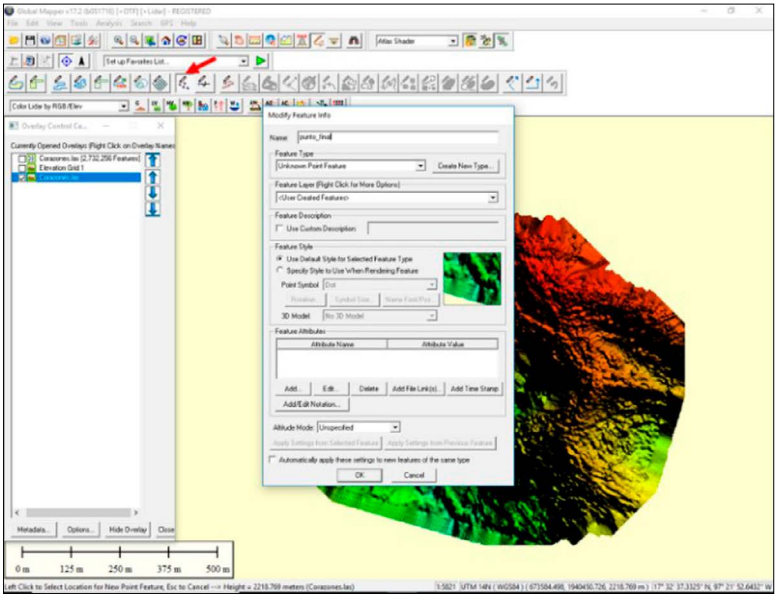
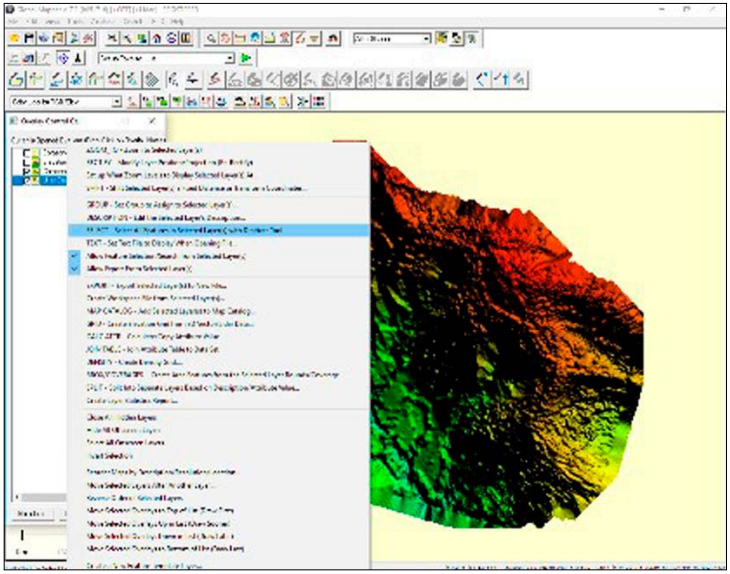
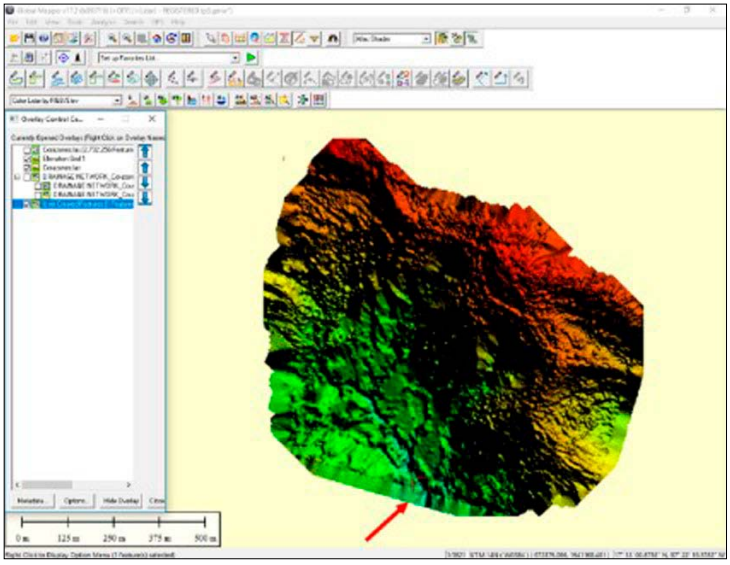


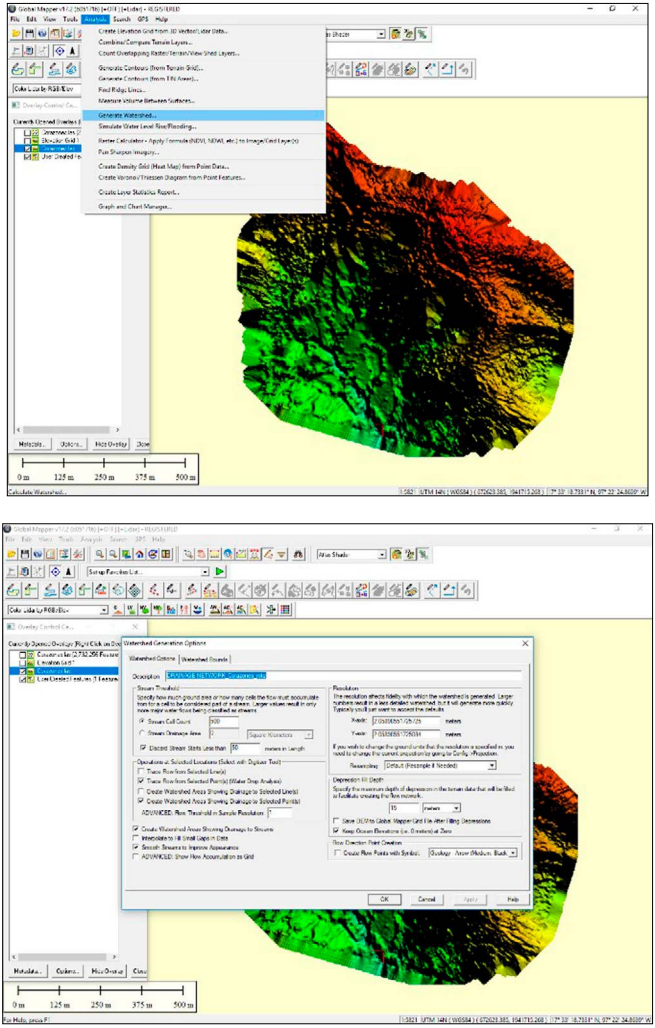
Figura 2. Visualización de pantalla del paso 2.





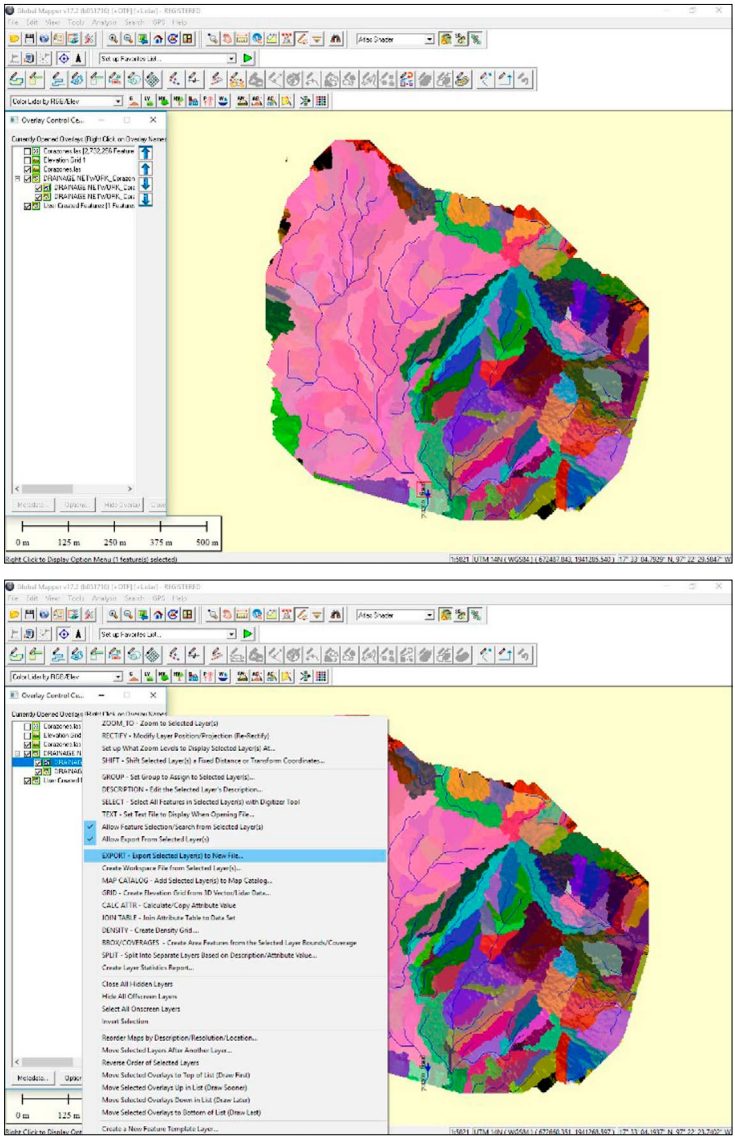
Figuras 3 y 4. Visualización de pantalla del paso 3.

Paso 4: para generar los drenajes y sus cuencas de captación vamos a trabajar con el COMANDO WATERSHED. Antes de operar es necesario tener seleccionado la capa sobre la que se trabaja, para ello presionar sobre la capa MDE en la tabla de atributos. Posteriormente, buscar en **ANALYSIS** la herramienta **WATERSHED**. Elegir resolución de tus shapes y dejar el resto de las opciones por DEFAULT. Correr el WATERSHED (Figuras 5 y 6).



Figuras 5 y 6. Visualización de pantalla del paso 4.

Se crearán las capas de información en formato shape en la tabla de atributos. Exportar para trabajar estadísticamente en ARCGIS 10.2, con click derecho sobre la capa y **EXPORT** (Figuras 7 y 8).



Figuras 7 y 8. Visualización de pantalla de las capas en formato shp. (paso 4).

Paso 5: posteriormente, se trasladarán estas coberturas de escorrentía superficial al software ARCGIS 10.2 donde se pueden analizar estadísticamente diversos parámetros morfométricos como longitud de los escurrimientos o cauces, tamaño de sus áreas de captación, disección vertical (usando el MDE) y densidad de disección por área. En la Figuras 9 se aprecia la tabla de atributos con información de los valores lineales de drenaje y sus áreas de captación.

En ellas con click derecho se pueden crear nuevos campos (*fields*) para combinar cálculos entre ellas, como la densidad de disección, usando la herramienta **FIELD CALCULATOR**.

Para la disección vertical se realiza la misma operación con el MDE, extrayendo los valores de cada área de captación y observando las diferencias de altura dentro de ellas.

Para visualizar las estadísticas de cada campo (variable) con click derecho **STATISTICS** (Figuras 10 y 11).

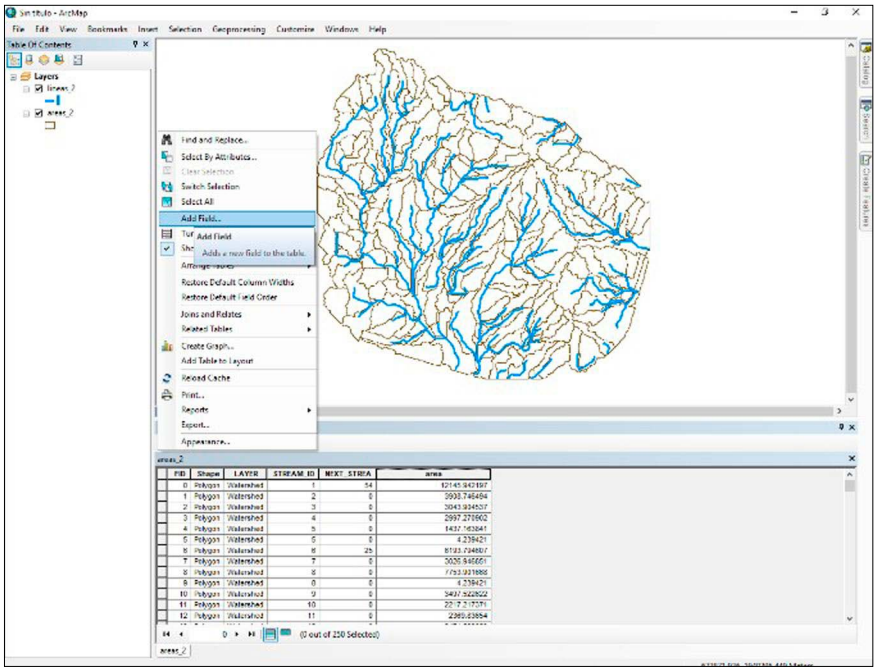
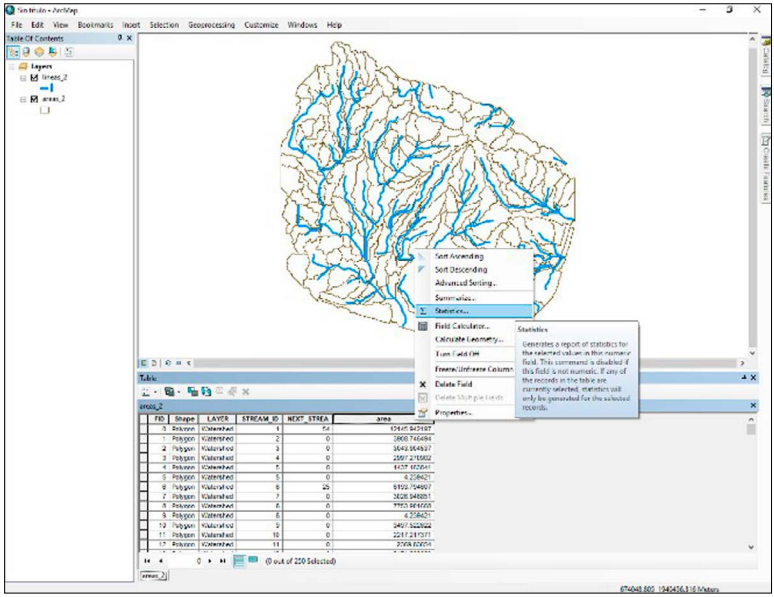
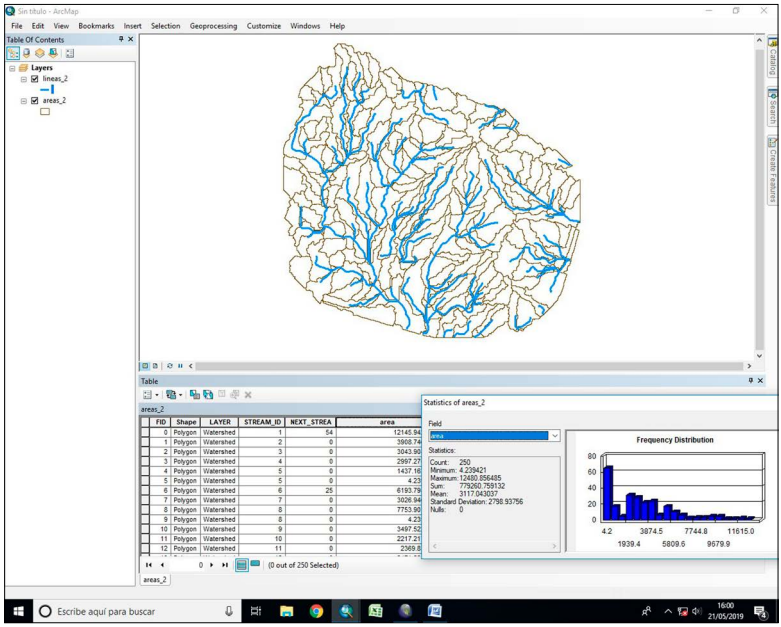


Figura 9. Visualización en pantalla del paso 5 en ARCGIS 10.2.





Figuras 10 y 11. Visualización de estadísticas de los parámetros morfométricos (paso 6).

Referencias

Fernández de Castro, G., Vázquez, L., Palacio, J. L., Peralta, A. y García, A. (2018). Geomorfometría y cálculo de erosión hídrica en diferentes litologías a través de fotogrametría digital con drones. *Investigaciones Geográficas*, 96. Recuperado de http://www.investigacionesgeograficas.unam.mx/index.php/rig/article/view/59548. Doi: http://dx.doi.org/10.14350/rig.59548

Knisel, G. (1980). *CREAMS; a field scale model for chemical, runoff and erosion from agricultural management systems*. Rep. 26. USDA.

Nearing, M. A., Foster, G. R., Lane, L. J. y Finkner, S. C. (1989). A process-based soil erosion model for USDA- Water Erosion Prediction Project Technology. Transaction of the ASAE, 32(5), 1587-1593.

Wischmeier, W. H. y Smith, D. D. (1960). A universal soil-loss equation to guide conservation farm planning. *7th International Congress of Soil Sciences*, 418-425.

Práctica 13. Clasificación de procesos erosivos

Quetzalcóatl Orozco Ramírez
Unidad Académica de Estudios Territoriales de Oaxaca, IGG/UNAM

Introducción

El Geoparque Mixteca Alta también es conocido como el museo de la erosión, pues una de las características más llamativas son las laderas erosionadas de la formación Yanhuitlán con su típico color anaranjado. Estas laderas forman auténticos campos de carcavas (*badlands*) las cuales pueden tener decenas de metros de alto y llegar a más de 100 metros de largo, formado un paisaje excepcional (Figura 1). Aunque la erosión en cárcavas es el tipo de erosión hídrica más común en el GMA, no es el único, pues también encontramos remoción en masa, erosión laminar, en canalillos, etc.

La erosión hídrica es el proceso mediante el cual la acción del agua sobre el suelo remueve parte de este. Esta depende de varios factores, tanto externos al suelo, como el clima, la intensidad de la lluvia, el tipo de cubierta vegetal, como a propiedades del suelo, tales como el tipo de partículas, densidad aparente, tasa de permeabilidad, dureza, pendiente. Por lo que el proceso erosivo es muy complejo de modelar y predecir con exactitud (Fernández de Castro *et al.*, 2018).

Dentro de los factores externos, uno de los más importantes es la lluvia, tanto su intensidad como duración tienen un efecto sobre la tasa de erosión, esto es, la cantidad de suelo que se pierde por área en un determinado periodo. Estos dos factores al combinarse dan lo que llamamos el índice de erosividad de la lluvia (Escobar y Mass, 2008). Su estimación se puede hacer usando varios métodos. Para México existe un mapa sobre dicho proceso de la década de los años 1980 (Estrada-Berg y Ortíz-Solorio, 1982) y algunos estudios más recientes, pero son regionales.

Los factores internos del suelo que lo hacen más o menos propenso a erosionarse determinan lo que se conoce como erodabilidad del suelo (Montes-León et al., 2011). Por ejemplo, suelos sueltos como los arenosos, con una pendiente alta, tienen un índice de erodabilidiad más alto que los suelos apretados, como los

Figura 1. Vista de un campo de cárcavas, Santo Domingo Tonaltepec. Foto: Quetzalcóatl Orozco Ramírez.

arcillosos y con poca pendiente. La erosión hídrica, al ser un proceso físico, tiene que ver con la energía del agua para mover el suelo y la resistencia del suelo para oponerse a ese movimiento.

Los tipos de erosión hídrica que existen son (Figura 2):

1) Erosión por salpicadura: esta consiste en el movimiento de pequeñas partículas de suelo que son desprendidas por el impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo desnudo. Se ha llegado a medir un desplazamiento de hasta 1.5 metros de las partículas. Este es el primer paso dentro de la secuencia del proceso erosivo. Las partículas de suelo que son removidas pueden tapar los poros del suelo, reduciendo la infiltración y con esto contribuir a otros tipos de erosión. También estas partículas al ser desprendidas pueden ser transportas por el agua, esto en función del tipo de suelo y la pendiente.
2) Erosión laminar: en este proceso el escurrimiento del agua arrastra el suelo en forma de láminas muy delgadas y uniformes. Es común en suelos con poca pendiente y es difícil verla si no se observa detenidamente. Cuando este tipo de erosión se presenta en tierras de cultivo, los

rendimientos disminuyen y el suelo cambia de color a tonos más claros. En suelos que no se mueven, una forma de identificarla es encontrando sobre la superficie una capa de piedras pequeñas como si estuvieran acomodadas. Este proceso, al hacerse más intenso, puede derivar en erosión en surcos y cárcavas.

3) Erosión en surcos: también se conoce como erosión en canalillos o digital. Cuando ocurre se observan pequeños canales sobre el suelo, los cuales pueden distribuirse como los dedos de la mano. Los canales se van juntando en otros más grandes. Este puede ser el principio de un proceso de erosión más intenso que derivará en zanjas o cárcavas.
4) Erosión en cárcavas, también conocida como erosión en zanjas. En este tipo de erosión se producen zanjas o largos canales por donde se transporta una gran cantidad de sedimentos. La forma y la longitud

A

B

C

Figura 2. Tipos de erosión: a) por salpicadura, b) laminar, c) en surcos, d) en cárcavas. Fotos: Quetzalcóatl Orozco Ramírez

cárcavas están influenciadas por el tipo de sustrato, la intensidad de la lluvia y la pendiente.

Para la Mixteca de Oaxaca se ha estimado que el 59% de su superficie presenta entre alto y muy grado de erosión (Martínez-Calleja *et al*., 1986). En el geoparque se han estimado tasas de erosión en diferentes tipos de suelo y litologías, y resulta que las tasas en la Mixteca Alta son de las más altas de México. Por ejemplo, para el caso de tierras de cultivo de maíz, se ha estimado una tasa de 40 ton/ha/año de suelo en terrenos con una pendiente entre 2 y 19% (Frausto et al., 1991). Comparado entre diferentes litologías, se encontró que la erosión es muy contrastante. La Formación Yanhuitlán es la que presentó la tasa más alta (701-898 t/ha/año), seguida por la Toba Llano de Lobos (143.4-183.9 t/ha/año) y la Andesita Yucudá (128.4-164.6 t/ha/año); estas tres litologías se compararon bajo condiciones de pendiente y lluvia similares (Fernández de Castro et al., 2018).

Objetivos

Identificar y caracterizar zonas con diferentes tipos de erosión y asociarlas a factores ambientales y de manejo.

Materiales y métodos

Antes de iniciar la práctica se recomienda cargar la imagen de satélite de Google Maps en su laptop, tablet o celular para que la puedan visualizar estando en campo. Los materiales que van a requerir serán: libreta de campo, climómetro y cintá métrica.

La práctica consiste en realizar un recorrido guiado por algún geosendero o vereda del geoparque, el cual previamente se acordará con el guía local y el profesor encargado. Se recomienda que el recorrido pase por zonas con diferentes pendientes, uso de suelo y tipo de vegetación. Antes de salir al recorrido se deben formar equipo de cuatro estudiantes.

Durante el recorrido se transitará por zonas con diferentes tipos y niveles de erosión, las cuales serán caracterizadas de acuerdo con los datos que indican en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Caracterización de sitios con erosión.

1. Número de sitio	7. Color del suelo	13. Superficie afectada por la erosión
2. Nombre del lugar	8. Tipo de suelo	14. Pendiente
3. Coordenadas	9. Nombre local del suelo	15. Presencia de canalillos
4. Altitud	10. Profundidad aparente del suelo	16. Profundidad y longitud de canalillos o surcos
5. Tipo de vegetación	11. Textura del suelo	17. Presencia de cárcavas
6. Uso del suelo	12. Compactación del suelo	18. Profundidad y longitud de cárcavas

Para conocer algunas de estas características del sitio se puede preguntar al guía local o consultar las cartas temáticas de la región una vez que se regresa del campo.

Una vez analizada la información del sitio, en campo se debe discutir en el equipo para llenar el cuadro sobre tipo de erosión y sus posibles factores asociados (Cuadro 2). Puede presentarse más de un tipo de erosión por sitio. Se debe tomar una foto representativa de cada sitio para agregar al reporte de la práctica.

Preguntas guía

1. ¿Cuál fue el tipo de erosión más común en los sitios?
2. ¿Cuál fue el tipo de erosión que está presente en más áreas?
3. ¿Cuáles fueron los factores más importantes y por qué?
4. ¿Cómo interactúan estos factores en cada sitio para agravar la erosión?
5. Los procesos de erosión identificados en cada sitio ¿tienen un efecto sobre las actividades humanas? Explicar.

Cuadro 2. Tipos de erosión por sitio y factores asociados.

1. No. de sitio	5. Factor 1 influyendo la erosión	9. Factor 5
2. Tipo de erosión más importante	6. Factor 2	10. Factor 6
3. Segundo tipo de erosión	7. Factor 3	11. Posibles interacciones entre factores
4. Tercer tipo de erosión	8. Factor 4	

6. ¿Qué se podría hacer en cada sitio para reducir la erosión?
7. ¿Se podría representar cada sitio con un esquema que relacione los procesos y los factores asociados a la erosión?

Referencias

Escobar, E. y Mass, M. (2008) Diversidad de procesos funcionales en los ecosistemas. En Conabio. *Capital natural de México. Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad* (pp. 161-189). México: CONABIO.

Estrada-Berg, J. W. y Ortíz-Solorio, C. A. (1982). Plano de erosión hídrica del suelo en México. *Geografía Agrícola*, 3, 23-27.

Fernández de Castro Martínez, G., Vázquez Selem, L., Palacio Prieto, J. L., Peralta Higuera, A. y García Romero, A. (2018). Geomorfometría y cálculo de erosión hídrica en diferentes litologías a través de fotogrametría digital con drones. *Investigaciones Geográficas*, 96. https://doi.org/10.14350/rig.59548

Frausto-Reyes, J. V., Volke-Haller, V., Figueroa-Sandoval, B., Estrella-Chulín, N. y Vaquera-Huerta, H. (1991). Estimación de la erosión hídrica laminar. Caso: Paraje Zaayucuanino, del Distrito de Nochixtlán, Oax. *Agrociencia, Serie Agua-SueloClima*, 2(3), 83-96.

Martínez-Calleja, M. D., Sierra-Cortés, E., Narváez-Carbajal, G., Estrada-Berg, J. W., Ramírez-Pérez, N., Vázquez-Guzmán, M. y Romero-Peñaloza, J. (1986). *Levantamiento fisiográfico y evaluación de la erosión de las Mixtecas Oaxaqueñas Alta y Baja*. Estado de México: Universidad Autónoma Chapingo-Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Chapingo.

Montes-León, M. A. L., Uribe-Alcántara, E. M. y García-Celis, E. (2011). Mapa Nacional de erosión potencial. *Tecnología y ciencias del agua*, 2(1), 5-17.

Práctica 14. Elaboración de monolitos de suelo

Isabel del Rayo Estrada Herrera
Unidad Académica de Estudios Territoriales en Oaxaca, IGG/UNAM

Introducción

El suelo es un recurso natural considerado no renovable. Esto por el largo tiempo que conlleva su formación, que en ocasiones puede ir de decenas a cientos de años, dependiendo de las condiciones de la interacción de los factores de formación de suelo (clima, biota, relieve, material parental, tiempo) y la influencia antropogénica en algunos casos. El suelo es producto de la interacción de estos factores, entre mayor sea la diversidad de estas condiciones ambientales del sitio, área, región, mayor será la diversidad de los suelos. Conocer y entender al suelo, sus propiedades y características también permite promover un mejor manejo y aprovechamiento. Es sabido que el suelo es el recurso natural menos valorado. La falta de apreciación de los suelos ocurre pese a que representan un sistema biótico y multifuncional que sostiene la producción alimentaria; el equilibrio en diversos ecosistemas; que resulta una reserva genética, y con una función fundamental en diversos ciclos como del carbono y el agua, entre muchas otras relevantes para la subsistencia del ser humano.

En el Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta Oaxaca se pueden encontrar una diversidad de suelos, ligada no solo a las condiciones ambientales, si no a aspectos culturales y de subsistencia como los lamabordos. Al menos 8 de los 32 grupos de suelo reconocidos por la Word Reference Base of Soils (WRB) se pueden observar en esta área. Internacionalmente el GMA es reconocido como "el geoparque de los colores".

El suelo, una vez que se erosiona y pierde la capa superficial, es prácticamente imposible recuperarlo; está formado en 45% de fracción sólida inorgánica y 5% de fracción sólida orgánica, 25% de agua y 25% de aire. Estas proporciones varían en función del tipo de suelo. El 5% de material orgánico que los constituye representa la parte biótica del suelo. En el GMA hay sitios en donde aún se observan suelos con todos sus horizontes y capas que no han sido erosionados y que representan los suelos en una época anterior y actual. Una manera de preservarlos y montarlos

para exposición es con la técnica de momificación elaborando monolitos de suelos. Un monolito de suelo es un perfil de suelo extraído mediante una técnica que conserva sus características y propiedades inalteradas. Posteriormente se impregna para endurecerlo y exponerlo en lugares de acceso al público. El objetivo es, además de preservar el suelo, mostrar los procesos que se puedan observar en él. Son un herramienta lúdica y didáctica muy valiosa para los distintos niveles educativos, permite transmitir el valor de las diversas funciones que el suelo realiza y la importancia de ellas en los diversos procesos geoquímicos y el equilibrio de los ecosistemas.

Una colección de monolitos de suelo consiste en perfiles de suelo preservados con sus características *in situ*. Las raíces etimológicas de monolito consisten en mono (uno) litho (piedra), es decir: "una sola piedra". Además, la variedad de colores de suelo hace mucho más atractivas estas colecciones.

Un monolito de suelo es una sección vertical de suelo inalterado en la que se muestran los perfiles con sus horizontes, producto de los procesos que resultan de la interacción de los factores formadores del suelo y al preservar las características del suelo inalteradas, un monolito se convierte en una herramienta didáctica con inmenso valor educativo, científico y cultural en todos los niveles, con la ventaja de no tener que visitar el lugar de origen del suelo. Un monolito de suelo se puede trasladar, con el debido cuidado, de un lugar a otro, tiene una vida útil de al menos dos décadas, con lo que se pueden generar colecciones comparativas a través del tiempo. Actualmente el GMA cuenta con una colección de monolitos de suelo con 18 ejemplares que representan algunos de los distintos tipos de suelo, y se pueden observar en el geoparque.

Objetivo

Aprender a elaborar un monolito de suelo.

Materiales y equipo

Para el trabajo de campo

Herramientas y materiales: pala recta, pala curva, pico, pala chica (cuadrada), machete chico, picoleta, navaja, cuchillo mediano de acero inoxidable, cinta métrica o flexómetro, GPS, altímetro, cámara fotográfica, tabla portapapeles, formato

para descripción de perfiles en campo, bolsas de plástico de 2 kg, etiquetas, cinta masking tape de 2 cm de ancho, etiquetas de papel, marcador indeleble, lápiz, goma, sacapuntas.

Cajón de madera de 90 x 20 x 10, bolsa de 90 x 120, tijeras, barreta de acero, niveleta, guantes de lona, cuchillo de acero de 25 cm afilado, cuchillo de acero de 10 cm, cortadora con disco de diamante, generador chico a gasolina, extensión de luz, 2 L de gasolina, 1/8 de aceite para motores de dos tiempos, 1 bote de laca transparente en aerosol.

Kit de descripción de suelos o mochila pedológica equipada y debe contener: capsula de porcelana, placa de porcelana, agua destilada (500 ml), cintas de papel indicador pH, agua corriente (2 lt), piseta, reactivos (agua oxigenada, ácido clorhídrico al 10%) y carta Munsell, manual de prácticas para la descripción de perfiles del GMA, Guía para la descripción de suelos de la FAO (4ª ed.).

Para la impregnación y fijación del monolito

Tabla de 2 cm de grosor de 17 x 90 (tapa del cajón del monolito, 1 costal de yute, 2 L de pegamento blanco 850, 2 L de laca para madera mate transparente, 3 L de thiner, 2 prensas medianas, 1 tabla de 140 x 120 cm, tornillos para madera de 2.5 cm, taladro, broca delgada, 4 hojas de papel fotográfico, hojas de opalina blanca tamaño carta, 1 bolsa negra de 90 X 120 cm.

Procedimiento

Existen diversas técnicas para realizar monolitos de suelo, la técnica que se sigue en esta guía de prácticas, con ligeras modificaciones, corresponde a Van Baren and Boomer (1982).

1. **Selección del sitio**

   El lugar de extracción del monolito y descripción del perfil se elige en función del interés particular del alumno, docente, investigador y del objetivo específico de la práctica (suelo forestal, suelo agrícola, sitio de interés geológico, etc). Se puede hacer uso de cortes de carretera, en caso contrario se debe realizar el pozo pedológico, en ambos casos se debe evitar estar muy cerca de carreteras, ríos, caminos, etc., que puedan estar alterados y no sean representativos. Para elegir el sitio se puede recurrir a actores clave de lugar (representantes agrarios, agentes y autoridades locales, guías del GMA) que orienten acerca de los suelos más característicos en función del interés particular del descriptor.

2. Descripción del sitio, perfil y extracción del monolito de suelo

Una vez seleccionado el sitio de interés, se debe realizar la descripción del perfil (práctica 10), con apoyo de la guía para la descripción de suelos de la FAO. Una vez seleccionado el sitio se realiza el siguiente procedimiento:

a) *Solicitud de permiso para trabajar al dueño del lugar* (creencia espiritual y tradición en la Mixteca). Este ritual es opcional, se sugiere recurrir al guía, autoridad o responsable de la práctica para realizarlo (Figuras 1 y 2).

Figura 1 y 2. Ejemplo de sitio de muestreo y pedimento de permiso al dueño del lugar (ñun dodo).

b) *Excavación del pozo pedológico:* alternativamente se puede aprovechar un corte que se pueda excavar y sea representativo del área de interés. Para permitir el corte, labrado y extracción del monolito, ambos deben tener las siguientes medidas y profundidades (aproximadamente): 2 x 2 x 1.5 m (Figura 3 y 4).

Figuras 3 y 4. Muestra de corte de perfil y pozo pedológico.

c) *Identificación de capas u horizontes:* se toman las muestras de suelo de aproximadamente 1 kg para análisis físico y químico en laboratorio, y se toma otra muestra de cada capa u horizonte identificado para la descripción en campo de aproximadamente 200 g (Figuras 5 y 6). La diferenciación de capas se realiza con los criterios de diferencia de color y dureza de un horizonte a otro.

Figuras 5 y 6. Muestra de perfil e identificación de horizontes.

d) *Descripción de muestras del suelo (características y propiedades en campo)*. Se toma la muestra de suelo de aproximadamente 1 kg y se coloca en bolsas, se etiquetan con el número de sitio o de perfil y número de capa u horizonte, se reservan para, en caso necesario, realizar los análisis químicos y físicos. Se toma otra muestra de suelo de aproximadamente 200 gr y se colocan sobre bolsas o papel para realizar la descripción en campo (Figuras 7, 8 y 9).

Figuras 7, 8 y 9. Actividades para la descripción de suelo en campo.

e) *Marcado de la calicata (corte del contorno del monolito (17 x 90 cm)*. Para marcar la calicata del monolito, se empareja la cara del perfil (Figura 10) y se corrobora que esté pareja con una niveleta, después se coloca la tabla de la tapa del cajón y se verifica la nivelación (Figura 11), se marca el contorno de la calicata con un cuchillo y se procede al corte del monolito con los cuchillos (Figura 12). En el GMA es común encontrar perfiles con materiales rocosos cerca de la superficie que no es posible cortar con cuchillo, por lo que es necesario utilizar la cortadora con disco de diamante para cortar el material (Figura 13).

Figura 10. Emparejar la cara del perfil.

Figura 11. Colocar la tabla de la tapa del cajón.

Figura 12. Marcar el contorno de la calicata con un cuchillo.

Figura 13. Utilizar la cortadora con disco de diamante.

f) Labrado del monolito de suelo: manualmente con diversas herramientas, en materiales rocosos, raíces o piedras, el corte se realiza con una cortadora de disco de diamante (Figuras 14 a 17).

Figura 14. Labrado de monolito.

Figura 15. Labrado de monolito.

Figura 16. Labrado de monolito.

Figura 17. Monolito listo para colocar en el cajón.

g) *Extracción del monolito de suelo:* para extraer el perfil de suelo de manera inalterada, se forra el cajón de madera con la bolsa de plástico. Esto es para aislar el suelo del cajón y evitar adherencia al momento de la impregnación, y también para facilitar el deslizamiento del cajón en el perfil y evitar daños al perfil. Se empotra en el corte del suelo y se empuja con un mazo de madera, hasta lograr que el cajón cubra todo el corte de fondo (aproximadamente 10 cm) (Figuras 18 a 20). Una vez empotrado el monolito debe ser bien sostenido para evitar que se dañe o rompa durante el desprendimiento (Figura 21).

Figura 18: Cajón y monolito.

Figura 19. Colocación del cajón.

Figura 20. Cajón colocado.

Figura 21. Aseguramiento del monolito.

h) *Desprendimiento del monolito:* el desprendimiento del monolito se realiza cortando con la barreta muy cuidadosamente sin golpear el cajón la parte contraria al cajón, es una etapa delicada que debe llevarse a cabo con mucho cuidado (Figuras 22). Se realizan cortes a unos 20 cm de profundidad hasta que el monolito se desprende de manera natural (Figura 23), se retiran los excesos dejando unos 5 cm por arriba del tope del cajón y se cubre con una venda alrededor para protegerlo durante el traslado (Figura 24).

Figura 22: Desprendimiento del monolito.

Figura 24. Protección del monolito.

Figura 23. Extracción del monolito.

i) *Impregnación:* el monolito de suelo se traslada al taller. El procesamiento para impregnarlo inicia eliminando el exceso de suelo del cajón (Figura 25), con un picahielo se realizan perforaciones de aproximadamente 2 cm de profundidad a cada 5 cm (en zigzag) (Figura 26), la impregnación se realiza en 4 etapas con laca diluida con thiner, inicialmente se agrega poco a poco de manera uniforme aproximadamente 1 L de la mezcla, 70% thiner y 30% laca, y el monolito se deja

reposar de 2 a 3 días hasta que se observe que se absorbió la mezcla (Figura 27). La siguiente aplicación es la dilución 50% thiner y 50% laca, se deja reposar el mismo tiempo, la siguiente dilución es 30% thiner y 70% laca, la cuarta aplicación es 100% laca; el monolito se deja reposar hasta que se observe que el suelo absorbió la laca.

Figura 25. Eliminación de exceso de suelo.

Figura 26. Perforaciones del monolito.

Figura 27. Impregnación con laca.

j) La siguiente etapa es colocar la tapa al cajón. Se coloca una capa de ixtle a la tabla que cubre el cajón y se pega con pegamento blanco (Figura 28). Se prensa para aumentar la presión y se deja secar al menos una semana (Figura 29). Posteriormente se voltea y se retira el cajón y la bolsa (Figura 30).

Figura 28. Colocación de la tapa al cajón.

Figura 29. Secado del monolito.

Figura 30. Retiro del cajón.

Antes de que endurezca se retiran manualmente los excesos de suelo, con lo que el monolito mostrará el aspecto natural que tenía el suelo en campo (Figura 31). Se deja secar con lo que tomará el aspecto petrificado (Figura 32), a ello se debe el nombre de monolito de suelo (del griego *mono* = 1 y *litho* = piedra, una sola piedra). Una vez endurecido se retiran las partículas sueltas con una aspiradora (Figura 33).

Figura 31. Eliminar exceso de suelo.

Figura 32. Se deja secar.

Figura 33. Limpieza con aspiradora.

k) *Fijado y exposición del monolito de suelo:* finalmente, al monolito se le aplica una capa de laca en aerosol. Con ayuda de un taladro, y con cuidado de no dañar el monolito, se fija con tornillos en la tabla grande (Figura 34). En la tabla se pega de manera ordenada y sistematizada la información y descripción del sitio donde se extrajo el perfil, la descripción del perfil que se realizó en campo, y si se llevaron a cabo, los análisis de suelo y la clasificación (WRB y USDA) (Figura 35).

Figura 34. Monolito fijado en una tabla

Figura 35. Monolito listo para exponer.

Recomendaciones

La preservación de perfiles de suelo mediante la técnica desarrolla en esta guía de prácticas de campo permite preservar el perfil de suelo aproximadamente 20 años. Se requiere que se elimine el polvo y las partículas que se desprenden con una aspiradora (al menos cada 3 meses). Se recomienda no mover o transportar de su sitio el monolito de suelo una vez fijado ya que se puede desprender total o parcialmente; de ser necesario su movimiento debe protegerse de golpes bruscos

y hacerse con sumo cuidado. La exhibición debe ser de preferencia en interiores, donde las imágenes no sean expuestas al sol o la lluvia, si sufren deterioro deben ser reemplazadas. Se pueden cubrir con una tela o plástico oscuro (a manera de cortina) para protegerlo del sol y del polvo.

Para saber más

Cuanalo de la Cerda, H. (1990). *Manual para la descripción de perfiles de suelo en campo.* México: Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo.

FAO. (2009). *Guía para la descripción de suelos* (4ª ed.). Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación, FAO,.

IUSS Working Group WRB. (2015). *Base referencial mundial del recurso suelo 2014, actualización 2015*. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelos 106. Roma: FAO.

Siebe, C., Jahn, R. y Stahr, K. (2016). Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo (3ª ed.). México, D.F.: Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Soil Survey Staff. (2014). *Claves para la taxonomía de suelos* (12ª ed.). Whashington, DC: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Conservación de Recursos Naturales.

Van Baren, J. H. V. y Bomer, W. (1982). *Procedimientos para la colección y preservación de perfiles de suelo*. Publicación Técnica 1. Wageningen, Países Bajos: International Soil Reference Information Center (ISRIC).

Práctica 15. Reconocimiento en campo de la degradación y prácticas de conservación del suelo

Isabel del Rayo Estrada Herrera
Unidad Académica de Estudios Territoriales en Oaxaca, IGG/UNAM

Introducción

En el área del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta Oaxaca (GMA) la degradación física y química del suelo se refleja en los paisajes erosivos y en los bajos rendimientos agrícolas. Las principales causas de degradación de suelos son el cambio de uso de suelo, el sobrepastoreo libre, los monocultivos y la falta de cultura sobre la importancia de las diversas funciones del suelo y la relevancia de su cuidado y conservación, todo esto aunado a la topografía accidentada de la región. El suelo es un ecosistema multifuncional y los procesos de degradación disminuyen, entre otras, su capacidad productiva. La degradación del suelo son todos los procesos que ocasionan una disminución y deterioro de sus funciones (CONAFOR, 2018). La evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana (SEMARNAT 2003) define dos categorías de procesos de degradación:

a) *Desplazamiento del material del suelo:* tiene como agente causal a la erosión hídrica.
b) *Degradación resultante de su deterioro interno:* considera a los procesos de degradación física y química únicamente.

Los tipos de degradación asociadas a estos procesos son los siguientes:

Figura 1. Tipos de degradación. Fuente: CONAFOR (2018).

Por el contrario, las prácticas de conservación de suelo se pueden definir como aquellas actividades a nivel local que conservan y disminuyen la pérdida del suelo y a su vez mantienen y aumentan la capacidad productiva del suelo. Las prácticas de conservación de suelos se dividen en vegetativas y mecánicas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Prácticas de conservación de suelos.

Vegetativas	**Mecánicas**
Rotación de cultivos	Nivelación de terrenos
Cultivos en faja	Terrazas de absorción (bancales)
Cultivos en contorno o en curvas a nivel: se refiere a los terrenos acomodados en curvas de nivel o en contorno. La labranza se realiza	Presas de control de azolves
Cultivos protectores de invierno	Regaderas para riego y distribución del agua
Abonos verdes	Manejo de riego para prevenir erosión
Empastamientos	Rastreos y arropes para conservar humedad
Revegetaciones	Construcción de desagües sencillos y sus estructuras
Mejoramiento de praderas	
Vedas para revegetar	
Protección contra la quema	
Corrección de la fertilidad (abonos, enmiendas, compostas, mejoradores)	

Los ambientes productivos rurales o agroecosistemas, además de ser espacios dedicados a la producción agropecuaria, son hábitat para un gran número de especies de la flora y la fauna. En los últimos años, la expansión de la frontera agropecuaria ha producido cambios sustanciales en los sistemas de uso de la tierra, ingresando en áreas naturales de bosques, praderas, pastizales y humedales. Estos cambios contribuyeron a la pérdida o destrucción de hábitat, su fragmentación y disminución de biodiversidad, tanto a nivel de especies como de paisajes (Zaccagnini *et al*., 2014).

A partir del año 1992, la modificación al artículo 27 constitucional indica que la responsabilidad de la conservación del suelo corresponde a los propietarios, con apoyo de los programas de los distintos niveles de gobierno. Con ello es relevante identificar las prácticas de conservación de suelo de los usuarios del mismo, así como, si se realizan apropiadamente y en su caso gestionar la capacitación necesaria para mejorar esta situación, enfocando las acciones hacia las prácticas productivo–conservacionistas. Entre estas se encuentran el manejo integrado de la fertilidad, la agricultura de conservación, agricultura orgánica, rotación de cultivos, manejo de agostaderos, agroforesteria, manejo de riego parcelario, manejo forestal, zanjas bordo, cultivos intercalados (MIAF), control de cárcavas, captación de agua de lluvia y medidas de rehabilitación del suelo.

El suelo está formado, en promedio, de 45% minerales, 25% agua, 25% aire y 5% de materia orgánica. Con la degradación física se pierden entre 25 y 40 millones de toneladas al año de suelo, y la degradación química reduce la capacidad productiva del suelo hasta en un 70% (SEMARNAT, 2003). De ahí la importancia de conocer y promover las prácticas de conservación del suelo.

De las prácticas relevantes conocidas en el área del GMA, son la siembra de milpa en cajete y la construcción de lamabordos. Ambos han sido de las prácticas tradicionales que aún se realizan, en algunos casos consciente, en otros inconscientemente, y promueven la conservación del suelo y disminuyen tanto la degradación física como química y biológica del suelo.

Objetivo

Identificar en campo los tipos de degradación del suelo y las prácticas de conservación de suelo que se realizan en el territorio del GMA, mediante una entrevista a campesinos.

Materiales

Para el desarrollo de esta práctica se requiere:

- Formato de identificación del productor y ubicación de la parcela, unidad de producción o sitio (Anexo 1).
- Formato de guía e identificación de degradación del suelo (Anexo 2).
- Formato guía de reconocimiento e identificación de prácticas de suelo (anexo 3)
- Encuesta sobre prácticas de conservación de suelo en zonas agrícolas y ganaderas (adaptado de Cotler y Cuevas, 2017) (Anexo 4)
- Lápiz, pluma, borrador, tabla con pisapapeles.
- Grabadora de audio (se requiere grabar la parte de las encuestas de las entrevistas).
- GPS (celular o equipo para georreferenciación).
- Portacredencial y credencial que identifiquen al estudiante y la institución de origen.
- Gorra o sombrero, agua.

Métodos

La metodología para el desarrollo de esta práctica es la siguiente:

1. Selección de un municipio, localidad o comunidad de interés.
2. Aplicación mediante entrevista del formato anexo 1. Rellenar cada una de las celdas del formato con la información proporcionada por el entrevistado y las observaciones del entrevistador.
3. Traslado a pie a parcela o sitio a evaluar, aplicación de entrevista para llenado del formato anexo 2. Elegir de cada opción de los tipos de degradación observable y el grado en el que se observa en el sitio, explicando en qué consisten los tipos de degradación. Esto permitirá contextualizar al entrevistado(a) sobre la importancia del cuidado del suelo y facilitará la realización de la siguiente actividad. A su vez, permite identificar los tipos de degradación y la superficie aproximada afectada con cada tipo de degradación. Esto facilitará la formulación de alguna sugerencia, recomendación o el análisis de la información.
4. Entrevista para el llenado del anexo 3. Esta actividad permitirá contextualizar y dar una preparación previa al usuario de la tierra sobre lo que

son y cuáles son las prácticas de conservación que reconoce e identifica y le facilitara responder a la encuesta de la siguiente actividad.

5. Relizar la encuesta del anexo 4. Esta actividad puede ser a orilla de la parcela o sitio de estudio, se sugiere grabar con algún dispositivo móvil o grabadora de audio, ya que a veces durante el diálogo los productores aportan información relevante que no se incluye en la encuesta.
6. Análisis y evaluación rápida sobre la presencia o ausencia en su caso, de las prácticas de conservación y el conocimiento de la degradación del suelo junto con el entrevistado, y el posible seguimiento de las prácticas detectadas y sugerencias para la mantener o mejorar los resultados de estas. Esta actividad es reflexiva mediante un diálogo con el productor de los resultados obtenidos. Si se realizan prácticas de conservación y los resultados son positivos estimular a la continuidad de estas acciones. Si por el contrario el resultado es la ausencia de estas, invitar a iniciar la adopción de las prácticas que mejor se ajusten a las condiciones del sitio y del productor.

Referencias

CONAFOR. (2018). *Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de obras y prácticas* (5ª. ed.). México: Comisión Nacional Forestal. Gerencia de Restauración Forestal.

SEMARNAT. (2003). Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1:250 000. Memoria Nacional 2001-2002. México: SEMARNAT , Colegio de Postgraduados.

Zaccagnini, M. E., Wilson, M. G. y Oszgust, J. D. (2014). *Manual de buenas prácticas para la conservación del suelo, la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos*. Buenos Aires: Programa Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, INTA.

Para saber más

Cotler, A. H, y Cuevas, F. M. (2017). Estrategias de conservación de suelos en agroecosistemas de México. México, D.F.: Fundación Gonzalo Río Arronte, I.A.P. Espacios naturales y desarrollo sustentable.

PNUMA. (2010). El suelo: un elemento olvidado. *Tunza*, 9(2). Recuperado de www.webdocs.unep.org

Siebe, C., Jahn, R, y Stahr, K. (2016). *Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo* (3ª ed.). México, D.F.: Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Anexos

Anexo 1. Formato de identificación del productor y ubicación de la parcela, unidad de producción o sitio.

Información del productor y del sitio	Nombre del productor:	Fecha:
	Nivel de estudios:	
	Actividad principal:	Edad:
	Teléfono o correo electrónico:	
	Municipio: Localidad: Paraje: Nombre local del suelo:	Coordenadas geográficas: UTM x: UTM y: m.s.n.m.
	Evidencias superficiales de erosión:	
	Uso de suelo (agrícola, forestal, etc):	
	Tipo de cobertura vegetal (especies):	
	Fauna:	
	Relieve y pendiente: **a)** casi plano (0-2%); **b)** ligeramente inclinado (2-4%); **c)** Moderadamente inclinado (4-9%); **d)** fuertemente inclinado (9-18%); **e)** escarpado moderado (18-27%); **f)** escarpado (27-36%); **g)** muy escarpado (>36%). (Siebe *et al.*, 2016).	
	Observaciones:	

Anexo 2. Formato de guía e identificación de degradación del suelo (Semarnat-CP, 2003).

Tipo de Degradación			Concepto	NIVEL DE DEGRADACIÓN (superficie aproximada en m^2 o has)			
				Ligera	Moderada	Severa	Extrema
Erosión eólica	Ed	Deformación del terreno por acción del viento	Deformación del terreno. Se presentan desplazamientos desiguales, caracterizados por la formación de grandes hondonadas, montículos o dunas.				
	Es	Pérdida del suelo superficial por acción del viento	Es el desplazamiento uniforme por deflación.				
	Et	Efectos de la erosión eólica fuera del sitio	Efectos fuera del sitio por erosión eólica. Como tolvaneras que ocasiona daño a estructuras como caminos, edificios y/o destrucción de la vegetación por la arena				
Erosión hídrica	Ha	Efectos de la erosión hídrica fuera del sitio	Se consideran depósitos, acumulaciones y sedimentos en los lagos; Inundaciones que Incluye rellenos de materiales no deseables en las márgenes de los ríos, erosión de los depósitos aluviales, acumulación excesiva de sedimentos en las cuencas y destrucción de arrecifes de coral, sedimentos de conchas y algas marinas.				
	Hc	Erosión hídrica con deformación del terreno	Se refiere a un desplazamiento irregular de los materiales del suelo, se caracteriza por la presencia de arroyos mayores, barrancas o movimiento en masa, en cárcavas principalmente (presencia de cárcavas, de canales o movimiento de masas).				
	Hs	Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial	Se presenta una pérdida uniforme por deslave de la superficie y erosión laminar				

Degradación física	Fa	Anegamiento	Discontinuidad de la fertilidad inducida por inundaciones. Este fenómeno ocurre como resultado de cualquier método de conservación, control de inundaciones, lo que trae consigo una discontinuidad en la reposición natural de nutrientes por inundación). Causado por el hombre, inundación y sumersión (se excluyen los campos de arroz).				
	Fh	Hundimiento del suelo superficial	Subsidencia de suelos orgánicos (por drenaje y oxidación).				
	Fc	Compactación	Causada por maquinaria pesada en suelos con débil estabilidad estructural, o en suelos donde el contenido de humus es bajo. 3. Degradación de la estructura. Debido a la dispersión del material del suelo por sales de sodio y magnesio en el subsuelo (sodificación).				
	Fd	Disminución de la disponibilidad del agua	Cambios causados por el hombre en el régimen de humedad del suelo hacia un régimen arídico, causada por ejemplo por el abatimiento del nivel freático (se excluye el agotamiento de los grandes cuerpos de agua).				
	Fe	Encostra-miento y sellamiento	Tal como la formación de capas de arcilla por el desagüe de algunos pantanos costeros, cambios químicos negativos y desarrollo de toxicidad en campos de arroz. Costras a simple vista sobre los terrenos.				
	Fu	Pérdida de la función productiva	Desbalance de la actividad (micro) biológica de la capa superficial del suelo. Este puede ser causado por la deforestación del trópico húmedo o por la sobre-aplicación de fertilizante químico en áreas industrializadas, en México muy especialmente por quemas agropecuarias e incendios forestales.				

Degradación química	Qd	Declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica	Pérdida de nutrientes. Reduce gravemente la producción (ejemplo acidificación acelerada del suelo en el trópico húmedo).				
	Qe	Eutroficación	Inundación, hidromorfismo del suelo				
	Qp	Polución	Contaminación por fuentes bio-industriales. Excesiva aplicación de productos químicos.				
	Qa	Acidificación	Acidificación por fuentes bio-industriales. Excesiva aplicación de productos químicos (estiércol orgánico, fertilizantes, etc.)				
	Qs	Salinización/ Alcanización	Causada por actividades humanas tal como la irrigación				
TOTAL DE LA SUPERFICIE DEGRADADA							
Sin degradación aparente	SH	Estable bajo la influencia humana					
	SN	Estable bajo condiciones naturales					
	UN	Tierras sin uso					
TOTAL DE LA SUPERFICIE NO DEGRADADA							

Anexo 3. Formato guía de reconocimiento e identificación de prácticas de suelo.

Práctica de conservación	**Descripción**	**¿Sabe en qué consiste?**		**La ha realizado**	
		Si	**No**	**Si**	**No**
Aplicación de materia orgánica	Sustancias orgánicas que se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas, pueden consistir en residuos de cultivos dejados en el campo después de la cosecha (rastrojos); restos orgánicos de la explotación agropecuaria (estiércol, purín); restos orgánicos del procesamiento de productos agrícolas; desechos domésticos, (basuras de vivienda, excretas); compost de lombriz; y el compost preparado con las mezclas de los compuestos antes mencionados y mediante un proceso de descomposición controlada.				
Labranza mínima	En terrenos en ladera, esta práctica consiste en trazar curvas a nivel, a las distancias que requieren las hileras del cultivo a instalarse. Luego, el suelo se remueve solo sobre esas líneas trazadas, para luego mezclarlo con abono orgánico y sembrar en ella.				
Labranza cero	Representa el sistema en el que la labranza queda reducida a la imprescindible para la siembra, La cual, se realiza sobre el rastrojo del cultivo anterior. En un terreno que no se labra durante muchos años, los residuos de la cosecha permanecen en la superficie y producen una capa de cobertura vegetal. Esta capa protege el suelo del impacto físico de la lluvia y el viento, además estabiliza la humedad y la temperatura del suelo en los estratos superficiales.				
Labranza de conservación	Es un sistema de labranza que reduce la pérdida del suelo y del agua y por tanto, de la biodiversidad.				
Fertilización orgánica enmiendas químicas orgánicas	Restauran propiedades físicas y químicas en el suelo. Estos son: enmiendas calcáreas, magnésicas y de azufre o yeso; fosfatos naturales; cenizas de madera; escorias; mineral magnésico y minerales potásico				

Abonos verdes	Son aquellas plantas que se siembran para mejorar la materia orgánica y fertilidad del suelo, incorporándolas preferiblemente antes de su floración. Estas plantas son preferiblemente leguminosas, fuentes importantes de abono verde para el suelo son las coberturas vivas y el "mulch". Este último es una cobertura de materiales vegetales cortados y colocados sobre el suelo para cubrirlo o poniéndolo alrededor de las plantas del cultivo o entre las hileras, el "*mulch*" se descompone lentamente encima del suelo.				
Surcos en contorno	Los cultivos se conducen y manejan en curvas a nivel que son construidos en el sentido transversal a la pendiente máxima del terreno.				
Fajas en contorno y cultivos en franjas	La faja es un espacio de terreno que se construye transversalmente a la pendiente máxima del terreno y sobre la cual se instalan cultivos. Es una técnica que permite combinar cultivos en contorno con rotaciones, plantas de cobertura y en muchos casos con terrazas.				
Rotación de cultivos	La rotación de cultivos consiste en la sucesión recurrente o renovación regular, de los cultivos en un mismo terreno. Es una medida que se adopta sobre todo para mejorar la condición física del suelo. También se mejora las propiedades químicas y biológicas del suelo.				
Cultivos asociados o policultivos	Esta técnica permite el uso eficiente del espacio, mantener y mejorar la fertilidad natural del suelo, controlar la erosión, reducir los daños climáticos, romper el ciclo de plagas y enfermedades y permitir rendimiento alterno de productos para el agricultor.				
Cercos vivos o barreras vivas	Las barreras vivas son hileras de plantas perennes de crecimiento denso y resistente a la fuerza de la escorrentía, las cuales se siembran siguiendo las curvas a nivel. Tienen un doble propósito, el de proteger el suelo contra la erosión por el agua al reducir la velocidad y retener los sedimentos, producir forraje para alimentación animal, materia orgánica para incorporar al suelo.				

Cultivos de cobertera	Es la instalación de cultivos para que se forme una cubierta vegetal de protección permanente o temporal, en asociación, rotación o relevo, para proteger al suelo, incorporar materia orgánica y mejorar la fertilidad.				
Cortina rompe viento	Son aquellas plantaciones generalmente de árboles y arbustos de diferentes tamaños, dispuestas en hilera o en surcos con la finalidad de disminuir la velocidad de los vientos.				
Nivelación de terrenos					
Zanjas de infiltración	Las zanjas de infiltración son excavaciones que se realizan en terrenos de laderas en forma de canales de sección trapezoidal (forma de batea), que se construyen a curvas de nivel para contener la escorrentía del agua de lluvia y mantener la humedad para los pastos y plantaciones que se instalen debajo de las zanjas. Las zanjas de ladera son efectivas en pendientes hasta de 50%.				
Presas filtrantes en terrenos de cultivos	Son canales angostos trazados verticalmente a la pendiente y se construyen para interceptar las aguas de escorrentías y luego sacarlas o retenerlas según las condiciones del terreno.				
Piedra acomodada	Para terrazas individuales, muros de control de erosión y en la formación de lamabordos o joyas.				
Cordones de piedra	Son pequeños muros de piedra que se levantan sobre curvas a nivel para disminuir la velocidad del agua y retener el material arrastrado. Además de evitar la erosión, ayudan a limpiar el terreno de cultivo. Se recomiendan en parcelas donde hay muchas piedras.				
Terrazas de absorción o banco	Las terrazas de absorción, presentan sus plataformas con una ligera inclinación hacia adentro o contrapendiente, de tal modo que no se produzcan desbordes de agua fuera de la plataforma, y permita que el agua de lluvia se infiltre, de allí su nombre de terrazas de absorción. Se presentan con muro de piedra y con talud de tierra.				

Lama–bordo	Son aquellas terrazas formadas por el arrastre y acumulación de sedimentos, en la que se forman progresivamente por efecto de barreras de piedra.				
Riegos adecuados y oportunos que no erosionen el suelo	Aspersión, micro aspersión, goteo,				
Construcción de desagües					
Manejo combinado de cultivos y árboles frutales en la misma parcela (silvoagrícola)	Consiste en constituir barreras vivas con las obras físico-mecánicas de conservación de suelos (en terrazas de formación lenta con talud de tierra y talud de piedra y terrazas de absorción), linderos y protección (cortinas rompevientos, contra heladas y defensa ribereña.				
Manejo combinado de cultivo + árbol + pastos en la misma parcela (agrosilvopastoril)					
Manejo combinado de cultivos y pastoreo en la misma parcela (silvopastoril)					
Manejo combinado de ganado y bosque en la misma parcela	Similar al pastoreo libre con control de cabezas de ganado para evitar la compactación.				
Rotación de potreros	Uso de potreros en distintos momentos, rotando el ganado y permitiendo el descanso por ciertos periodos de tiempo.				
Resiembra de pastos	Renovación del material vegetativo en estas áreas.				

Anexo 4. Encuesta del conocimiento del productor acerca del suelo y su conservación.

1. ¿Realiza en su parcela, unidad productiva, área de pastoreo o terreno alguna práctica de conservación de suelo para prevenir o disminuir la erosión del suelo o aumentar la producción de su terreno?

   ○ No, hasta el momento no he realizado prácticas de conservación de suelos en ningún área.
   ○ Personalmente no las he aplicado, pero he visto su aplicación en algunos sitios.
   ○ He utilizado algunas prácticas, solo en casos específicos.
   ○ Siempre aplico prácticas de conservación de suelos y tengo amplia experiencia en ello.
   ○ Otro (explicar).

2. ¿Qué uso tiene el área donde realiza la(s) práctica(s) de manejo y de conservación de suelos?

   ○ Parcelas agrícolas
   ○ Zonas de pastoreo
   ○ Módulos silvopastoriles
   ○ Parcelas agroforestales
   ○ Otras (especificar)

3. ¿Qué prácticas son las que ha utilizado o utiliza con mayor frecuencia? (Marque con X TODAS las que considere)

a. Prácticas agronómicas y vegetativas

   ○ Aplicación de materia orgánica
   ○ Labranza mínima
   ○ Labranza de conservación
   ○ Fertilización química
   ○ Fertilización orgánica
   ○ Abonos verdes
   ○ Surcos en contorno
   ○ Rotación de cultivos

- ○ Cultivos en franjas
- ○ Cultivos asociados
- ○ Cercos vivos
- ○ Cultivos de cobertera
- ○ Otra (especificar)

b. Prácticas mecánicas

- ○ Nivelación de terrenos
- ○ Presas filtrantes en terrenos de cultivos
- ○ Piedra acomodada
- ○ Cordones de piedra
- ○ Terrazas
- ○ Lama–bordo
- ○ Riegos adecuados y oportunos que no erosionen el suelo
- ○ Construcción de desagues
- ○ Otras (especificar)

c. Si tiene sistemas agroforestales

- ○ Manejo combinado de cultivos y árboles frutales en la misma parcela
- ○ Manejo combinado de cultivos y bosque en la misma parcela
- ○ Manejo combinado de cultivos y pastoreo en la misma parcela
- ○ Manejo combinado de ganado y bosque en la misma parcela
- ○ Otra (especificar)
- ○ Uso de rodillo aireador
- ○ Adición de fertilizantes
- ○ Surcado lister
- ○ Control de carga animal
- ○ Rotación de potreros
- ○ Resiembra de pastos
- ○ Establecimientos de arbustos (árboles)
- ○ Cercos vivos
- ○ Piedras filtrantes de piedra acomodada
- ○ Gaviones
- ○ Tinas ciegas
- ○ Otra (especificar)

4. Por favor, especifique el sitio donde ha realizado o realiza las prácticas de conservación de suelos que han sido más exitosas.

5. Describa, con sus propias palabras, las prácticas de conservación de suelos que se realizaron o se realizan en ese sitio.

6. ¿Cuántos jornales/hectárea se requieren para implementar las prácticas que aplicó en el sitio?

   ○ 1-3 días/ha
   ○ 3-5 días/ha
   ○ Más de 5 días/ha

7. ¿Qué tipo de equipamiento requirió para implementar las prácticas en el sitio? (Seleccionar todos los necesarios)

   ○ Maquinaria pesada (tractor, sembradora, retroexcavadora)
   ○ Tracción animal (bestias de carga: caballos, mulas, machos)
   ○ Herramientas (picos, palas, carretillas, etc.)
   ○ Otro (especificar)

8. ¿Cómo se encon traban los suelos al momento de iniciar la aplicación de las prácticas en ese sitio?
   ○ Suelos poco deteriorados (sin evidencias visibles de algún tipo de erosión).

- ○ Suelos medianamente deteriorados (con evidencias visibles de erosión, rasgos de surcos, compactación, poca vegetación).
- ○ Suelos muy deteriorados (sin vegetación, con cárcavas o con signos de fuerte erosión, rasgos de sobrepastoreo)
- ○ Suelos agrícolas con disminución en la producción.

9. ¿Qué cantidades de materiales se necesitaron para implementar las prácticas que ha realizado?

   - ○ Piedra (m^3):
   - ○ Madera/leña (m^3):
   - ○ Tierra (m^3):
   - ○ Semillas híbridas (kg):
   - ○ Plántulas (número):
   - ○ Fertilizante (kg):
   - ○ Composta/abono orgánico:
   - ○ Otros (especificar):

10. ¿Cómo eligió las prácticas de conservación de suelos que se aplicaron en el sitio antes descrito?

    - ○ Se eligieron aquellas prácticas que ya eran conocidas por la comunidad.
    - ○ Se implementaron prácticas nuevas, recomendadas en un manual (indicar título y autor del manual) .
    - ○ Las prácticas se diseñaron especialmente para las condiciones del sitio.
    - ○ Se aplicaron las prácticas porque eran promovidas por un programa de gobierno (indicar el nombre del programa).
    - ○ Otro.

11. ¿Cuánto tiempo tiene que realiza las prácticas en el sitio?

    - ○ Menos de 1 año
    - ○ 1-3 años
    - ○ 3-5 años
    - ○ Más de 5 años

12. Con qué propósito se aplicaron las prácticas en este sitio? Si se persiguieron varios propósitos, marcar su prioridad (1: el menos importante, 6: el más importante).

Propósito	Prioridad					
	1	2	3	4	5	6
Incrementar los rendimientos del cultivo o del forraje						
Mejorar la infiltración del suelo						
Aumentar la materia orgánica en el suelo						
Incrementar la diversidad agrícola en la parcela						
Evitar la erosión y aumentar la retención de sedimentos						
Generar empleo local						
Otro (indicar)						

13. ¿Cuál es la tenencia de la tierra en el sitio donde fueron aplicadas las prácticas?

- ○ Ejidal
- ○ Comunal
- ○ Privada
- ○ Rentada
- ○ Otra

14. ¿Cuál es el tamaño del área en donde realiza las prácticas de conservación?

- ○ Menos de 1 ha
- ○ 1-3 ha
- ○ 3-5 ha
- ○ 5-10 ha
- ○ Más de 10 has

15. ¿El uso del suelo en el sitio ha cambiado a partir de la implementación de esta práctica?
    - ○ No
    - ○ Sí (explicar cómo ha cambiado)

16. ¿Con qué mano de obra se cuenta para el manejo de la parcela?

    ○ Familiar
    ○ Contratada
    ○ Ambas
    ○ Otro

17. En las áreas donde cambió el uso de suelo ¿cómo o cuál era la vegetación natural en el sitio, antes de su transformación a parcela productiva?

18. A su criterio ¿qué grado de organización social es la más apropiada para la implementación exitosa de prácticas de conservación de suelo? (se puede marcar más de una opción)

    ○ Asociaciones
    ○ Cooperativas
    ○ Ejidos organizados, con reglas claras
    ○ Comités de obra
    ○ Grupo de vecinos
    ○ Ninguna
    ○ Otros

19. ¿Ha detectado algún obstáculo que impida que se establezcan o realicen las prácticas de conservación de suelo? (se puede marcar más de una opción)

    ○ Falta de dinero
    ○ Falta de mano de obra
    ○ Ausencia de organización
    ○ Conflictos por tierras
    ○ Falta de asistencia técnica
    ○ La aceptación es difícil
    ○ Otros (especificar)

20. ¿Cómo han resuelto estos obstáculos?

21. ¿Reciben apoyos del gobierno para hacer estas prácticas?

    ○ Sí, ¿cuáles?
    ○ No

22. ¿Considera que se podría continuar la aplicación de estas prácticas sin estos apoyos?
    ○ Sí, pero con apoyos de otras organizaciones (ONG, universidades).
    ○ Sí, solo con recursos propios.
    ○ No

23. Indique el tipo de capacitación que recibió para promover las prácticas de conservación de suelos realizadas (se pueden marcar varias opciones) Parcelas demostrativas

    ○ Intercambio de experiencias entre campesinos
    ○ A través de técnico agropecuario (señalar la institución o programa)
    ○ Visita a campos experimentales
    ○ Eventos demostrativos
    ○ Cursos o talleres
    ○ Ninguna
    ○ Otras (especificar)

24. ¿Cómo se han medido o documentado los resultados de las prácticas de conservación aplicadas? (se puede marcar más de una opción)

    ○ Midiendo los rendimientos
    ○ Evaluando el índice de agostadero
    ○ Observaciones de cambios de sedimentos en cuerpos de agua
    ○ Seguimiento técnico (estudios, tesis)
    ○ Monitoreo participativo con conocimiento local
    ○ Otro (especificar)

25. Las prácticas han sido replicadas por otros agricultores/ganaderos en otras parcelas?

    ○ No
    ○ Sí, en este caso ¿qué resultados se obtuvieron?

26. Por último ¿estaría interesado/a en participar en una reunión o capacitación acerca de este tema con otras organizaciones?

    ○ Sí
    ○ No

¡Muchas gracias por su tiempo y sus respuestas!

Práctica 16. Identificación, caracterización de geositios y diseño de geosenderos

Giuliana Magali Martínez Miranda
Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM

Quetzalcóatl Orozco Ramírez
Unidad Académica de Estudios Territoriales en Oaxaca, IGG/UNAM

Introducción

La geoconservación es "la identificación y conservación de características, ensamblajes, sistemas y procesos geológicos, geomorfológicos y de suelos (geodiversidad) por sus valores intrínsecos, ecológicos o patrimoniales" (Eberhard, 1997 en Sharples, 2002, p. 55). En tal definición quedan evidenciados los dos objetivos fundamentales de la geoconservación: mantener la geodiversidad y, a la vez, los procesos que le dan origen, así como la propia capacidad de cambio y evolución de los sistemas naturales (Sharples, 2002). Para que estos objetivos se puedan alcanzar, se debe llevar a cabo una serie de acciones en las tres dimensiones de la geoconservación: básica, aplicada y sus aplicaciones técnicas. Las acciones iniciales son identificar y evaluar aquellas características que poseen algún tipo de valor por medio de la realización de inventarios específicos en un territorio. (Henriques *et al*., 2011).

Existen varias definiciones de geodiversidad (Carcavilla *et al*., 2008). En el contexto de los geoparques, la que nos interesa es la que se refiere de forma amplia a la variedad natural del territorio de estudio en concreto, referida a los aspectos geológicos, geomorfológicos, suelos y aguas superficiales, así como a otros sistemas generados como resultado de procesos naturales (endógenos y exógenos) y de la actividad humana (Kozlowski, 2004).

El geopatrimonio es un término derivado de la palabra patrimonio y se refiere a aquellos elementos de la geodiversidad que transmiten algo del pasado, que constituyen un tipo de herencia para el ser humano y que, por ende, se hacen acreedores de geoconservación. Además, a diferencia de geodiversidad,

implica otorgar significado o importancia a un rasgo específico del medio abiótico por el hecho de poseer valores excepcionales (Brocx y Semeniuk, 2007). El valor fundamental que debe poseer todo elemento para ser considerado como geopatrimonio es el valor científico o intrínseco, al que se le suman otros valores, entre los que destacan el educativo, el turístico y el cultural (Gray, 2004; Brilha, 2015).

El geopatrimonio está representado por los geositios,los cuales, en términos generales, son sitios intrínseca o culturalmente importantes en los que los valores de distintos tipos tienen mayor potencial. Son sitios que ofrecen de manera óptima información o ideas sobre la evolución de la Tierra, sobre la historia de la ciencia, o bien pueden ser usados para la investigación, la enseñanza o actividades recreativas y de ocio (Brocx y Semeniuk, 2007; Carcavilla *et al.*, 2014). Los geositios se refieren a lugares o áreas bien delimitadas geográficamente que presentan un valor singular desde el punto de vista científico, pedagógico, cultural, turístico u otro, al exponer y hacer posible el entendimiento de procesos estructurales, tectónicos, mineralógicos, paleontológicos, estratigráficos, sedimentológicos, hidrogeológicos, geohistóricos, entre otros. Poseen una cualidad temporal al ser capaces de explicar la evolución de una localidad, una región o del planeta mismo (Brilha, 2005; Palacio, 2013), y pueden ser pequeños (monumentos, puntos, sitios) o abarcar una gran extensión.

Los inventarios de geopatrimonio constituyen uno de los primeros pasos para llevar a cabo una estrategia de geoconservación, ya que la información obtenida de ellos se puede utilizar como criterio a la hora de seleccionar sitios importantes para conservación o en el diseño de espacios protegidos tales como los geoparques (Carcavilla *et al.*, 2008; Pemberton, 2007).

Los geosenderos son un tipo de sendero interpretativo que conecta una serie de geositios, los cuales deben ser representativos de la geodiversidad de la zona. Los geosenderos pueden incluir geositios de interés cultural local, no solamente sitios geológicos. Los geosenderos son una herramienta para la enseñanza y la difusión de las ciencias de la tierra (Palacio-Prieto *et al.*, 2019). Además, un aspecto muy importante es que el geosendero cuente una historia, debe haber un tema o temas que permitan enlaza los conceptos y lo que se muestra en cada geositio. De esta manera los geositios están conectados por un hilo conductor. Encontrar ese hilo conductor es tarea del equipo que diseña el geosendero.

Objetivos

Esta práctica tiene dos objetivos: 1) identificar y caracterizar los geositios de una zona específica; 2) diseñar en gabinete una propuesta de geosendero que conecte una serie de geositios a través de una historia o tema.

Materiales

1. Mapas y bibliografía de la zona de trabajo
2. GPS
3. Fichas para caracterización de geositios
4. Computadora con internet

Métodos

Cómo primera etapa de la práctica, se debe reunir la información bibliográfica y cartográfica necesaria para caracterizar la zona de trabajo. Al menos, se deben tener mapas geol ógicos, de suelos, climas, vegetación, topográficos, e imágenes de satélite. Además de libros y artículos publicados de la región.

Con esta información analizada se decidirá una ruta para recorrer el territorio, con la ayuda de los guías locales y personas con un buen conocimiento de la zona. El objetivo es que las rutas pasen por diferentes áreas, con características contrastantes. Con la ayuda de los guías se decidirá qué sitios visitar para caracterizarlos utilizando la ficha de evaluación de geositios (Anexo 1).

Una vez en campo, el recorrido se debe guardar en el GPS. En cada sitio seleccionado previamente, o identificado como posible geositio, se deberá llenar la ficha de evaluación, la información se debe recabar tanto por observación como con la ayuda de los guías.

Una vez terminado el recorrido, la información de las fichas se debe capturar en una hoja de Excel para hacer la evaluación de los sitios según el puntaje obtenido y en función de estos resultados y la distribución espacial de los geositios se debe proponer un geosendero.

Cabe recordar que los geosenderos deben ser recorridos accesibles para el público general, deben ser seguros e interesantes. Además, deben mostrar la geodiversidad y riqueza paisajística del territorio y contar una historia. Para diseñar el geosendero se deben agregar los puntos de los geositios y los track de los recorridos

en un SIG, puede ser en Google Earth, para tener la imagen de satélite de fondo. Para eso se debe considerar la distancia del recorrido, la secuencia y complementariedad de los geositios, con el fin de tener un guion explicativo coherente e interesante para los visitantes. El geosendeo, así como los geositios incluidos, deben están bien justificados y la explicación de cada geositio debe ser completa y complementar toda la explicación del geosendero. Es recomendable que el geosendero tenga un tema central que sirva de eje para todo el recorrido. Para el reporte se debe entregar al menos: 1) la lista y la descripción de cada geositio, con la información suficiente para hacer un panel explicativo de cada geositios; 2) la propuesta y justificación del geosendero, y 3) un ejemplo de un panel explicativo de un geositio.

Preguntas guía

1. Desde su punto de vista ¿cuáles son las características o consideraciones principales para diseñar un geosendero atractivo?
2. ¿Cuántos tipos de geositios encontraron en su recorrido, qué características comunes tienen y cuáles los hacen diferentes?
3. ¿Cuál fue el geositio estrella de su recorrido, por qué y cómo se podría promover?
4. ¿Cuáles son las acciones y recomendación más urgentes para asegurar la conservación de los geositios identificados? ¿Hay alguno que sea particularmente vulnerable?
5. ¿Cuál o cuáles serían los temas eje y que darían coherencia al geosendero?
6. ¿Cómo se puede incorporar el conocimiento local en las explicaciones de cada uno de los geositios?

Referencias

Brilha, J. (2005). *Patrimônio geológico e geoconservacao. A conservação da natureza na suavertente geológica*. Portugal: Palimage Editores.

Brilha, J. (2015). Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. *Geoheritage*, 8.

Brocx, M. y Semeniuk, V. (2007). Geoheritage and geoconservation-history, definition, scope and scale. *Journal of the Royal Society of Western Australia*, 90, 53-87.

Carcavilla Urquí, L., Durán, J. J. y López-Martínez, J. (2008). Geodiversidad: concepto y relación con el patrimonio geológico. Geo-Temas, 10 (pp. 1299-1303). VII Congreso Geológico de España. Las Palmas de Gran Canaria.

Carcavilla, L., Delvene, G., Díaz-Martínez, E., García Cortés, A., Lozano, G., Rábano, I., Sánchez, A. y Vegas, J. (2014). *Geodiversidad y patrimonio geológico*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, Edición Parques Nacionales.

Gray, M. (2004). *Geodiversity. Valuing and conserving abiotic nature*. Inglaterra: John Wiley & Sons, Ltd.

Henriques, M. H., Pena dos Reis, R., Brilha, J. y Mota, T. (2011). Geoconservation as an emerging geoscience. *Geoheritage*, 3, 117-128.

Kozlowski, S. (2004). Geodiversity. The concept and scope of geodiversity. *Przegld Geologiczny*, 52(8/2), 833-837.

Palacio, J. L. (2013). Geositios, geomorfositios y geoparques: importancia, situación actual y perspectivas en México. *Investigaciones Geográficas*, 82, 24-37.

Pemberton, M. (2007). *A brief consideration of geodiversity and geoconservation*, Department of Primary Industries and Water, Tasmania.

Prieto, J. L. P., de Castro Martínez, G. F. y González, E. M. R. (2019). Geosenderos en el Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta, Oaxaca, México. *Cuadernos Geográficos*, 58(2), 111-125.

Sharples, C. (2002). *Concepts and principles of geoconservation*. Tasmanian Parks & Wildlife Service.

Anexo. Ficha para caracterización de sitios

A. Datos generales		
No.	Nombre:	
Municipio / Localidad:		
Coordenadas	X: Y:	Altura:
Geosendero:		
Fotografías:		
Tipo de interés / fenómeno:		
Tipo de sitio:		
Accesibilidad:		
B. Valor científico		
Diversidad de elementos:		
Representatividad:		
Rareza:		
Integridad:		
Otros procesos de interés		
C. Valor cultural		
Geomitología:		
Histórico/Arqueológico		
Espiritual/Religioso		
Sentido de lugar		
Usos tradicionales		
D. Datos de entrevista		
Nombre de entrevistados		
Edad:	Género:	

Formato originalmente diseñado por _____

Guía de llenado de la ficha

A. Datos generales		
No.	Nombre:	
Municipio / Localidad:		
Coordenadas	X: Y:	Altura:
Geosendero:		
Fotografías:		
Tipo de interés / fenómeno:	¿Qué es lo más importante que se muestra en el sitio?	
Tipo de sitio:	Geológico, biológico, cultural, etc.	
Accesibilidad:	¿Cómo se accede al sitio?	
B. Valor científico		
Diversidad de elementos:	Con más de 3 características geológicas de relevancia científica: 4 puntos Con 3 características geológicas de relevancia científica: 2 puntos Con 2 características geológicas de relevancia científica: 1 punto	
Representatividad:	El sitio es el mejor para presentar el fenómeno o proceso geológico: 4 puntos Es un buen sitio para presentar el fenómeno o proceso geológico: 2 puntos Es un sitio regular para presentar el fenómeno o proceso geológico: 1 puntos	
Rareza:	Es el único sitio para ver este fenómeno: 4 puntos Existen dos o tres sitios similares: 2 punto Existen más de 3 sitios similares: 1 punto	
Integridad:	El sitio está bien preservado: 4 puntos El sitio no está bien preservado: 2 puntos El sitio presenta serios problemas de degradación: 1	
Otros procesos de interés	Describir	

C. Valor cultural Un punto por cada elemento en cada categoría, describir el elemento	
Geomitología:	
Histórico/Arqueológico	
Espiritual/Religioso	
Sentido de lugar	
Usos tradicionales	

Práctica 17. Establecimiento y medición de sitios temporales de monitoreo forestal

Rosario Ramírez Santiago
Universidad Autónoma Comunal de Oaxaca

Introducción

Los bosques templados, compuestos de coníferas y encinos, son uno de los tipos de vegetación de mayor extensión en México (Challenger, 2003). Existen en diferentes asociaciones, formando masas puras de *Pinus* sp., de *Quercus* sp. y en diferentes asociaciones de pino y encino, que son las que predominan, aunque también están incluidos los de *Abies* sp., *Picea* sp., *Pseudotsuga* sp., entre otros (Challenger, 2003).

A diferencia de los bosques templados de mayores latitudes, los de México se caracterizan por albergar una gran diversidad biológica (Challenger, 2003). Se estima que en México existe el 50% (50 especies) de especies de pinos del mundo y cerca del 33% (200 especies) de las especies de encinos, además de que en estos bosques se ubica una gran variedad de otras especies de árboles, arbustos y herbáceas. Por lo que el empleo del término bosque de pino y bosque de pino-encino no refleja adecuadamente su gran diversidad (Jardel, 2012).

En concordancia con lo anterior, en este documento acuñaremos el término bosque mixto de coníferas y latifoliadas (BMCL) para referirnos a los bosques de coníferas y encinos de México, debido a que los encinos, aunque dominantes en la mayoría, no son las únicas especies de latifoliadas que alojan.

En el GMA, la extensión del BMCL es de 121 km^2, lo que representa el 29% de la superficie total del mismo. Se incluyen bosques secundarios de encino y de pino y encino. En promedio, la altura del arbolado adulto no sobrepasa los 20 m y al menos existen dos estratos arbóreos bien desarrollados. Cuando existen individuos adultos de pino, estos se encuentran en el estrato más alto. El desarrollo del sotobosque varía dependiendo de la etapa sucesional del bosque y del uso local.

La mayor extensión del BMCL se concentra en los municipios de San Juan Teposcolula, San Pedro Topiltepec, Santo Domingo Yanhuitlán, San Bartolo

Soyaltepec y Santa María Chachoápam, en donde, por lo general, llega a extenderse hasta las cimas de los cerros con una altura cercana a los 3000 m.

Las especies de encino que hasta ahora se han registrado son *Quercus castanea* (encino rojo), *Q. crassifolia* (cucharal negro), *Q. desertícola*, *Q. grahamii* (encino de chivo), *Q. liebmanii* (encino amarillo) y *Quercus rugosa* (encino negro).

De las coníferas, la especie nativa de mayor importancia es Pinus oaxacana, aunque debido a las reforestaciones llevadas a cabo por las comunidades locales es posible encontrar otras especies de pinos, como *P. greggii*. Otro elemento importante es *Juniperus sp.* (enebro), especie que cuenta con una amplia distribución altitudinal en el GMA, y suele ser menos abundante en el BMCL mientras más avanzada está la etapa sucesional.

La importancia de este tipo de bosque no se deriva únicamente de la diversidad, sino también de los servicios ambientales que genera, como son la captación de humedad atmosférica y agua, participan en la recarga de mantos acuíferos, ayudan a fijar carbono, son el hábitat de diversas formas de vida silvestre (Challenger, 2003; Chapela, 2012; Del Castillo *et al.*, 2004; Jardel, 2012), entre otros. Para las comunidades locales, el BMCL es una fuente de madera en general, materiales de construcción específicamente, leña, proteína proveniente de la caza, plantas medicinales y de forraje para el ganado (Chapela, 2012).

El BMCL ha sido de los más afectados por los asentamientos humanos y por las actividades de producción, como la agricultura, el pastoreo y el aprovechamiento de madera que se practica de manera ilegal (Challenger, 2003). De acuerdo con Castellanos et al. (2008) y Chapela (2012), la mayoría de los bosques de México han sido intervenidos con fines productivos, por lo que se les ha denominado bosques secundarios o de segundo o tercer crecimiento, debido a que su estructura o composición han sido modificadas. Tal es el caso de las comunidades locales del GMA, que en décadas pasadas dieron un uso intensivo y extensivo al BMCL, sobre todo para la agricultura y el pastoreo de ganado caprino, ovino y bovino, este en épocas más recientes.

Hasta el siglo pasado el bosque fue una fuente importante de leña para la fabricación de cal y tejas, aunque en menor cantidad, la leña se sigue usando como combustible doméstico, para hornos de pan y para elaborar tortillas de trigo. Actualmente, debido a la migración de la población local, la reducción de los rebaños, al cambio de chivos por borregos y al uso de gas para cocinar, la presión sobre los bosques ha disminuido y esto ha permitido, en cierta medida, su desarrollo y conservación.

Debido a lo anterior, el conocimiento sobre el estado de conservación y sus características intrínsecas (estructura, composición y diversidad, entre otros

factores), así como de los efectos de la intervención humana sobre el BMCL es relevante sobre todo en comunidades locales, que dependen económica o ambientalmente de estos. Por lo cual es importante llevar a cabo acciones de monitoreo (temporal y permanente) que dicten las pautas para su conservación o manejo. Generalmente se asume que el monitoreo debe llevarse a cabo obligatoriamente en áreas de aprovechamiento forestal, sin embargo, las zonas de BMCL que han tenido un uso intensivo pasado y actual (para leña, extracción de madera sin un plan de manejo, pastoreo) también deberían ser monitoreadas.

De acuerdo con Delgado *et al.* (2007), el monitoreo se define como un proceso de recolección de información usado para mejorar el manejo del bosque. Aquí podríamos agregar, además de manejo, su conservación o protección. El monitoreo permite determinar la ocurrencia, tamaño, dirección e importancia de los cambios en las características del bosque como resultado de las actividades que en él se llevan a cabo, o, por el contrario, el resultado de no llevar a cabo actividad alguna. En tal caso, el monitoreo permite conocer si tales cambios son indeseables, pueden reducirse o eliminarse modificando las actividades que se implementan (Delgado *et al.*, 2007).

El monitoreo es ecológico cuando los cambios relevantes se relacionan con la diversidad biológica del bosque (Finegan *et al.*, 2004). Delgado *et al.* (2007) sostienen que las parcelas puedes ser temporales o permanentes. Las parcelas o sitios permanentes de medición (PPM) permiten dar un mejor seguimiento de los cambios y relacionar mejor estas transformaciones a los eventos causales, pero su instalación supone un costo mayor que la instalación de parcelas temporales (Delgado *et al.*, 2007).

Delgado et al. (2018) señalan que las parcelas o sitios temporales de medición o monitoreo (STM) sirven para la toma de información de vegetación en un punto en el tiempo, brindan información estática, como "fotografías" del estado del bosque, sin permitir estimaciones de la dinámica en términos de tasas de crecimiento, mortalidad y reclutamiento. A diferencia de los sitios permanentes de muestreo y medición, no se lleva un seguimiento individualizado de los árboles a lo largo del tiempo, no se dejan marcas permanentes en campo, ni se colocan placas con códigos únicos a los individuos (Delgado *et al.*, 2018).

Los STM son bastante útiles para determinar cambios en parámetros de estructura, composición y diversidad en bosques; puede indicarnos la tendencia (aumento o disminución) en cuanto a la abundancia, área basal o número de especies comerciales durante un periodo determinado, o si la composición de especies dominantes cambia y permiten dar seguimiento con mayor facilidad a la regeneración arbórea (Delgado *et al.*, 2018).

Objetivo

Capacitar a los participantes en el establecimiento y medición de sitios temporales de monitoreo forestal en el bosque mixto de coníferas y latifoliadas del Geoparque Mixteca Alta (GMA).

Materiales y métodos

Esta práctica dura de uno a dos días, lo cual dependerá de cuánta área se quiera muestrear y con cuánto personal se cuente.

La cantidad del material estará en función de los participantes. Para levantar un STM se requieren un mínimo de tres personas, una que registra los datos y las otras dos que miden los parámetros forestales. Para cada brigada o grupo de medición el material mínimo debe ser el siguiente:

- Tabla de campo por brigada
- Formatos de registro de datos
- Cinta diamétrica o cinta métrica de al menos 5 m
- Cinta métrica de 10 o 20 m
- Flexómetro de 5 a 10 m
- Clinómetro
- Brújula
- GPS
- Lápiz, sacapuntas y borrador
- Cartografía (carta topográfica de INEGI, imagen de Google Earth, etc.)
- Lata de pintura acrílica y brocha, o bien, bote de pintura en spray (color rojo)
- Permiso del ejido o comunidad para hacer el muestreo y colectar plantas (esto último, de ser necesario),

Para el caso del GMA se recomienda evaluar al menos un fragmento de vegetación de bosque mixto de coníferas y latifoliadas, que debe identificarse previamente en Google Earth para ser digitalizado. Una vez hecho esto, se debe decidir el diseño de muestreo que se aplicará. Los tres principales diseños de muestreo que se han aplicado en bosques de México son el muestreo aleatorio, el muestreo sistemático y el muestreo dirigido (Corral *et al.*, 2013). Para que la elección de los sitios sea al azar se puede utilizar la extensión Random Points de

ArcGis, y la distancia entre parcelas debe ser de al menos 100 a 150 m (Delgado *et al.*, 2007).

La elección del diseño de muestreo responderá a los objetivos del monitoreo que se quieran implementar. Antes de llegar a la zona de interés, se tendrán las coordenadas de los sitios de muestreo impresos y grabados en el GPS.

La metodología de monitoreo forestal propuesta para esta práctica está basada en la desarrollada por Finegan *et al.* (2004), Delgado *et al.* (2007) y Delgado *et al.* (2018), que proveen una perspectiva del monitoreo ecológico, que se enfoca no solo en aspectos forestales sino también en los de conservación. Aunque principalmente nos hemos abocado a considerar la propuesta metodológica de Corral *et al.* (2013), esta última es una metodología ampliamente validada para bosques templados mixtos en México. Aunque el objetivo principal de la misma es el establecimiento de sitios permanentes de monitoreo, por los costos y el tiempo que esto puede implicar, y para efectos de esta práctica, se ha adaptado para establecer y medir sitios temporales de monitoreo en el GMA; la práctica está dirigida principalmente a árboles. Las especies de árboles que se registren de los sitios se pueden identificar a nivel de morfoespecie o mediante la consulta al documento de divulgación sobre la vegetación del Geoparque Mixteca Alta, que incluye un catálogo de especies, además, se puede consultar en Naturalista (https://www.naturalista.mx/) o Enciclovida (http://enciclovida.mx/).

Los STM tendrán una forma cuadrada, con una dimensión de 50 × 50 (0.25 ha). Una vez ubicado el sitio de muestreo en campo, se procede a señalizar su centro, de preferencia mediante una estaca de madera pintada de color rojo o amarillo. Posteriormente, cada orilla se trazará tomando los puntos cardinales como referencia, primero una línea al norte, sur, este y, finalmente, al oeste. Los rumbos se trazarán con brújula y cada 25 m se colocará una estaca pintada, que servirán para la marcación de 4 subparcelas o subcuadrantes de 25 × 25 m, cuya numeración se establecerá en dirección a las manecillas del reloj. En cada esquina se marcará un área de 5 × 5 m para la medición de la regeneración o repoblación natural (Figura 1). Las distancias deben ser corregidas según la pendiente.

Una vez que el sitio se ha establecido, se procede a registrar las condiciones generales del sitio de acuerdo con el formato del Anexo 1.

Después se efectuará la medición por cada subcuadrante, donde se medirán todas las especies de árboles > 5 cm de diámetro normal o a la altura del pecho (DAP). Los parámetros forestales que se registrarán son el DAP, la altura, diámetro promedio de copa, etc. (véase Anexo 2) y, finalmente, se hará el conteo de la regeneración en las parcelas de 5 × 5 m (Anexo 3), que, de igual manera, se enumeraran en el sentido de las manecillas del reloj. Existen muchas formas en

las que puede clasificarse la regeneración natural, aquí se cita la propuesta por Camacho (2000), que propone dividirla en tres categorías:

a. Plántula: individuos mayores e iguales a 0.1 m de altura y menores a 0.3 metros.
b. Brinzal: individuos mayores e iguales a 0.3 m a menos de 1.5 m de altura.
c. Latizal bajo: de 1.5 m de altura a un diámetro de 5 cm.

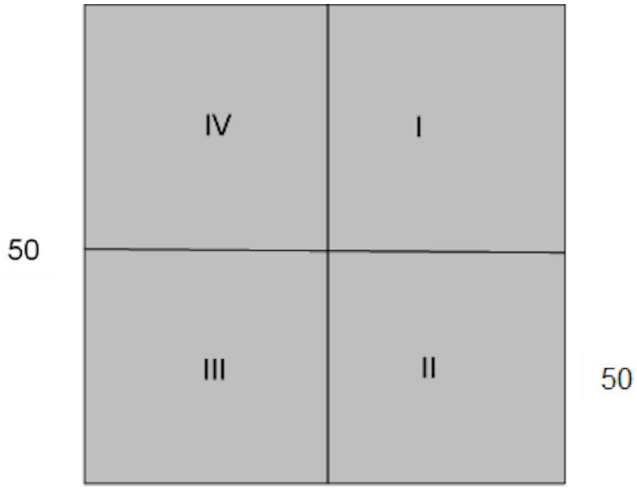


Figura 1. Sitio temporal de monitoreo. Fuente: Corral *et al.* (2013).

Un resumen de las variables y de los indicadores de estructura, composición y diversidad que se pueden obtener como resultado de esta práctica se describen en el Anexo 4.

Para más información sobre el IVI se puede consultar a Mostacedo y Fredericksen (2000) y para los índices de diversidad a Magurran (1988), Moreno (2001) y Medianero y Samaniego (2004), entre otros autores. En este tema existe bastante literatura para bosques templados mixtos y varios artículos que se pueden descargar de internet. Si se quiere profundizar más en el análisis, con las variables de sitio y dasométricas pueden efectuarse análisis de correlación o de regresión, entre otras técnicas estadísticas, para detectar que relación o influencia existe de las primeras sobre las segundas.

Al terminar la práctica se sugiere entregar un informe con conclusiones con los resultados del monitoreo forestal implementado, así como recomendaciones para su conservación o manejo. Información que puede ser útil para en la toma de decisiones de las comunidades sobre el manejo y conservación de los recursos forestales.

El desarrollo de los formatos presentados en los anexos 1, 2 y 3 se basó en los utilizados por Corral *et al.* (2013) y fueron modificados para adecuarlos al objetivo de esta práctica.

Preguntas guía

1. ¿Qué factores consideras que pudieron influir en la distribución diamétrica presentada en el sitio evaluado?
2. ¿Qué se puede concluir sobre la edad del bosque de acuerdo con la distribución diamétrica? ¿Es un bosque joven, secundario, maduro, etc.?
3. ¿Cuál es la especie dominante según el IVI calculado? ¿Qué factores han influido en el sitio para que sea la especie dominante? De acuerdo con la especie dominante, ¿qué características le confiere al bosque?
4. En comparación a otros bosques templados, de otras regiones del estado de Oaxaca y de México, ¿en qué estado se encuentra el bosque evaluado? ¿A qué se deben esos resultados?
5. ¿Existe una relación entre las condiciones del sitio (fisiográficas y de uso y manejo) con las condiciones dasométricas del área muestreada? Para ello es necesario entrevistar a autoridades, pobladores o guía local sobre el uso actual y pasado del área. Posteriormente, considerando esto y las condiciones fisiográficas del sitio, se sugiere hacer análisis de regresión o correlación para saber si existen un efecto sobre las condiciones dasométricas de la vegetación arbórea.
6. Considerando las condiciones del bosque y de la comunidad posesionaria, ¿qué recomendaciones de manejo o conservación se pueden proponer? ¿O no hacer nada es mejor?

Referencias

Challenger, A. (2003). Conceptos generales acerca de los ecosistemas templados de montaña de México y su estado de conservación. En: O. Sánchez, E. Vega, E. Peters y O. Monroy V. (Eds), *Conservación de ecosistemas templados de montaña en México* (pp. 17-44). México: INE.

Chapela, F. (2012). Escenario para el Manejo Forestal Sostenible en México. En: F. Chapela (Coord.), *Estado de los bosques de México* (pp. 6-27). México: Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible A.C.

Camacho, M. (2000). *Parcelas permanentes de muestreo en bosque natural tropical; guía para el establecimiento y medición*. Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica. Manual Técnico (CATIE).

Del Castillo, R. F., Pérez de la Rosa, J. A., Vargas, A. y Rivera, R. (2004). Coníferas. En A. García, M. Ordóñez, M. y M. Briones (Eds.), *Biodiversidad de Oaxaca* (pp. 141-158). México: Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-WWF.

Jardel, E. J. (2012). El manejo forestal en México: estado actual y perspectivas. En F. Chapela (Coord.), *Estado de los bosques de México* (pp. 6-27). México: Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible A.C.

Castellanos, J. F., Treviño, J. E., Aguirre, O., Jiménez, J., Musálem, M. A, y López, R. (2008). Estructura de bosques de *Pinus patula* bajo manejo en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. Madera y Bosques, 14, 51-63.

Corral, J. J., Vargas, B., Wehenkel, C., Aguirre, O. y Crecente, F. (2013). Guía para el establecimiento, seguimiento y evaluación de sitios permanentes de monitoreo en paisajes productivos forestales. México: Comisión Nacional Forestal-Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Delgado, L. D., Borouncle, C., Finegan, B., Galo, Y. y Guadamuz, N. (2007). Monitoreo ecológico del manejo forestal comunitario de pinares naturales de la Región Autónoma del Atlántico Norte de Nicaragua. Una guía preliminar basada en la experiencia del bosque comunitario de Las Crucetas. Turrialba, C.R: CATIE.

Delgado, D., Serrano, J., Vilchez, S. y Morales, J. P. (2018). *Manual para el monitoreo ecológico y productivo de bosques secundarios latifoliados de Mesoamérica*. Turrialba, C.R: CATIE.

Finegan, B., Hayes, J., Delgado, D. y Gretzinger, S. (2004). *Monitoreo ecológico del manejo forestal en el trópico húmedo: una guía para operadores forestales y certificadores con énfasis en bosques de alto valor para la conservación*. San José, C.R.: WWF Oficina Regional para Centroamérica y CATIE.

Louman, B., Valerio, J. y Jiménez, W. (2001). Bases Ecológicas. *En*: Louman, B., Quirós, D., y Nilsson, M. (eds). Silvicultura de Bosques Latifoliados Húmedos con Énfasis en América Central (pp: 21-78.). Turrialba, C. R.: CATIE.

Magurran, A. (1988). *Diversidad ecológica y su medición*. (traductor: A. Cirer) Barcelona: Ed. Vedrá.

Medianero, E. y Samaniego, M. (2004). Comunidad de insectos acuáticos asociados a condiciones de contaminación en el Río Curundú, Panamá. *Folia Entomológica México*, 43, 279-294.

Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad* (vol. 1). Zaragoza, España: M&T–Manuales y Tesis SEA.

Mostacedo, B. y Fredericksen, T. S. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Santa Cruz, Bolivia: BOLFOR.

Anexos

Anexo 1. Registro de las características generales del sitio temporal de monitoreo.

Fecha:	No. de brigada:	Responsable:		No. de sitio	
Municipio:		Localidad:		Paraje:	Altitud:
Exposición		Pendiente (grados):		Coordenadas (UTM/WGS 84):	
Posición fisiográfica:		Plagas o enfermedades:			
(Valle, meseta, terraza, ladera)					
Planicie, lomerío, barranca, bajo)		Tipo de vegetación:			Uso del suelo:
Descripción general del suelo:		Tipo de mantillo:		Profundidad del mantillo:	
Evidencias de erosión:		Tipo de erosión:			
Cobertura del sotobosque y piso forestal por subcuadrante:					
Cobertura	Subcuadrante				
	I	II	III	IV	1 No presente
Arbustos					2 1-10% del sitio
					3 11-2'% del sitio
Herbáceas					4 21-30% del sitio
					5 31-40% del sitio
Pastos					6 41-50% del sitio
					7 51-60% del sitio
Suelo desnudo					8 61-70% del sitio
					9 Más de 70% del sitio

Anexo 2: Medición de árboles mayores a 5 cm de DAP.

Fecha:		No. de sitio:		Localidad:		
Subcuadrante	No. de árbol	Especie	DAP	Altura	Dm. Copa 1	Dm. Copa 2

Anexo 3: Medición de la regeneración natural

<table>
<tr><td colspan="2">Fecha:</td><td colspan="2">No. de Sitio:</td><td>Localidad:</td></tr>
<tr><td colspan="5">a) Plántula: individuos mayores e iguales a 0.1 m de altura y menores a 0.3 metros.</td></tr>
<tr><td colspan="5">b) Brinzal: individuos mayores e iguales a 0.3 m a menos de 1.5 m de altura.</td></tr>
<tr><td colspan="5">c) Latizal bajo: de 1.5 m de altura a un diámetro de 5 cm.</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>Categoría de altura:</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Subcuadrante</td><td>Especie</td><td>Plántula</td><td>Brinzal</td><td>Latizal bajo</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

Anexo 4. Variables e indicadores de estructura, composición y diversidad para evaluar un bosque templado mixto.

Variable	Variable	Indicador	Justificación
Estructura horizontal	DAP	Distribución diamétrica de árboles con DAP > 5 cm (ind/ha), por clase diamétrica, general para todas las especies, para la especie dominante y por grupo de especies,	La estructura horizontal de un bosque está ligada a las condiciones de suelo, clima, a las características de las especies y a las perturbaciones naturales presentes (Louman *et al.*, 2001). Además, en la estructura se reflejan las operaciones de manejo de forma clara y directa, y proveen una medida indirecta de la condición del hábitat para muchos organismos (Delgado *et al.*, 2007). También refleja la productividad de un sitio o rodal. Un bosque puede presentar una distribución diamétrica J invertida, de campana, etc.
	DAP / Altura (para calcular el volumen)	Área basal o volumen general, y para las especies dominantes de pino y encino. Así como por clase diamétrica.	
Composición	DAP o cobertura de copa y densidad (número de individuos).	Índice de Valor de Importancia (IVI) $IVI = \frac{Dr + Dmr + Fr}{3}$ Donde: Dr= Densidad relativa Dmr= Dominancia Relativa Fr= Frecuencia Relativa	La composición florística está determinada por los factores ambientales (altitud, latitud, clima, etc.), factores biológicos (formación claros, régimen de perturbación, temperamento de las especies, etc.) y el manejo o uso local (Louman *et al.*, 2001). La presencia o dominancia de alguna especie en particular ayuda a definir las asociaciones de vegetación, la etapa de sucesión, etc.

Diversidad	Conteo de especies e identificación de la especie o morfoespecie	Indicas de diversidad: Índice de Shannon-Wiener, Alfa de Fisher, Índice de Simpson, etc.	Conocer la diversidad de un bosque es importante porque es una fuente de bienes y servicios para las poblaciones locales y da las pautas para una gestión positiva del bosque, ya sea de conservación y/o manejo.
Regeneración o repoblación natural	Número de individuos de plántulas y brinzales, de pino, encino y otras latifoliadas.	Densidad de la regeneración total y por especie o grupos de especies.	Este indicador es importante sobre todo en el caso de bosques bajo algún tipo de manejo forestal (producción de madera, extracción de resina, etc.).
Cobertura de arbustos, herbáceas y pastos y de suelo desnudo.	Promedio de los porcentajes obtenidos en los cuatro subcuadrantes	Cobertura del sotobosque y del piso forestal.	Permite estimar si es un bosque denso o abierto en sus estratos inferiores, y caracterizar el sitio de muestreo.

* Modificado de Delgado et al. (2007).

Práctica 18. Evaluación de reforestaciones

Erika Mendoza Martínez

Introducción

En el paisaje del Geoparque Mixteca Alta se encuentran áreas deforestadas como resultado de disturbios antrópicos con actividades agrícolas y de ganadería extensiva. Esto ha dado lugar a sitios con diferentes grados de conservación de la vegetación natural, e incluso algunos donde la ausencia de vegetación y la pendiente del suelo han favorecido procesos de erosión al grado de tener suelos con surcos y cárcavas profundas.

Ante este panorama es importante conocer el impacto que han tenido las acciones enfocadas a la solución de esta problemática a través de actividades de restauración. La restauración forestal es el conjunto de actividades tendientes a rehabilitar un ecosistema forestal degradado para recuperar parcial o totalmente sus funciones originales. Las acciones incluyen obras de conservación y restauración de suelos, la reforestación, el establecimiento de sistemas agroforestales como una opción en la reconversión productiva, la protección de áreas reforestadas y el mantenimiento de la reforestación.

La reforestación es una de las acciones utilizadas para restaurar o rehabilitar ecosistemas y consiste en plantar árboles en terrenos que han perdido a disminuido su cubierta vegetal. En la Mixteca se han realizado reforestaciones con distintas especies, principalmente pinos, como *Pinus oaxacana*, desde 1997, *Pinus* greggii en el mismo año, encinos, huajes, entre otros (Plancarte, 2015).

Las áreas de reforestación de *Pinus* sp. del GMA se encuentran en los nueve municipios en forma de pequeños manchones, que ocupan 8 km^2, lo que representa el 2% de la superficie del geoparque. Se han establecido en altitudes que van desde los 2099 a los 2660 msnm, generalmente en terrenos con poca pendiente, de no más del 16% (Figura 1). Para esto se ha recurrido al trabajo voluntario o tequio en las comunidades donde se ha llevado a cabo. A partir de la década del 2000 se ha reforestado en combinación con obras de conservación de suelo, con

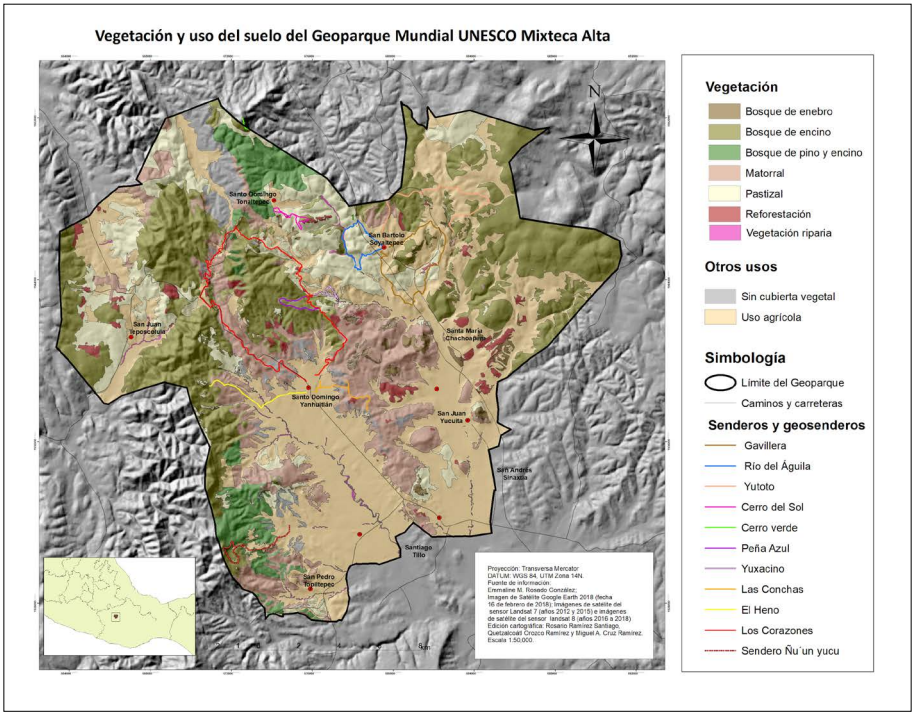


Figura 1. Mapa de vegetación del Geoparque Mixteca Alta.

apoyo financiero de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y otras instituciones gubernamentales.

El establecimiento de reforestaciones, utilizando especies de pinos, comenzó en la década de 1990. Anteriormente se habían utilizado especies como el fresno, casuarina, cedro blanco, eucalipto y, en menor medida, *P. oaxacana*, siendo esta última la especie de mayor éxito en sobrevivencia (Ramírez *et al.*, 2011, pp. 9-67).

A nivel regional, además de *P. oaxacana*, también se ha reforestado con P. greggii. Los estudios realizados en la zona han reportado sobrevivencias de más del 70%, por lo que se considera que las especies de pinos han sido las más adecuadas para reforestar en la Mixteca Alta (Ramírez *et al.*, 2011; Vásquez *et al.*, 2016). La reforestación es importante porque evita la degradación de los suelos y la pérdida forestal.

La alternativa de reforestación usando especies locales es ventajosa, y ha sido reportada en experiencias de organización locales que hacen referencia a especies

como el ramón (*Cercocarpus fothergilloides*), elite, también conocido como aile, palo de águila o tepamo (*Alnus acuminata*), encino (*Quercus* sp.), pino michoacana (Pinus devoniana), Pinus douglasiana, maguey papalomé (*Agave potatorum*), jarilla (*dodonea viscosa*), chamizo (*Baccharis heterophylla*), enebro (*Juniperus* sp.), tepehuaje (*Lysiloma divaricata*), palma sombrero (*Brahea dulcis*), entre otras (Plancarte, 2015).

Los suelos asociados a las áreas reforestadas son Leptosols y Regosols, son áreas muy degradadas en donde se puede ausentar el suelo y lo que soporta la vegetación es material rocoso fragmentado en proceso de formación de suelo (regolito). Son suelos que por su nivel de erosión dependen de la lluvia para soportar vegetación ya que no son capaces de retener humedad, son muy delgados y presentan elevada pedregosidad (Ramírez et al., 2011).

Objetivos

Evaluar el porcentaje de sobrevivencia y caracterizar áreas con reforestaciones realizadas en la región Mixteca Alta.

Identificar y determinar especies locales potenciales para la restauración de zonas degradadas.

Materiales y métodos

Antes de iniciar la práctica se recomienda cargar la imagen de satélite del Google Maps en su laptop, tablet o celular para que la puedan visualizar y registrar datos de los sitios en campo.

Los materiales que van a requerir serán libreta de campo, formato de campo, cámara fotográfica, climómetro, cinta métrica, vernier (medición de diámetro del tallo y la planta). A su consideración: la toma de pH del suelo mineral (es decir, descartando la materia orgánica de la capa superficial), agua destilada, vaso de precipitado, varilla de vidrio y tiras indicadoras.

La práctica consiste en visitar áreas reforestadas por algún geosendero o vereda del geoparque, el cual previamente se acordará con el guía local y el profesor encargado. Se recomienda que el recorrido pase por zonas que han sido reforestadas. Antes de salir al recorrido se deben formar equipo de cuatro estudiantes.

El muestreo se utiliza para determinar la sobrevivencia y el vigor de la reforestación en sus etapas iniciales, es decir, hasta 5 años. Consiste en realizar un muestreo sistemático, en la superficie reforestada con sitios de muestreo circulares de un radio de 5.64 metros (un centésimo de hectárea) como se muestra en la Figura 2, con una intensidad de cuando menos 1%; cuidar que, para superficies menores de 3 hectáreas, cuando menos se tengan 3 sitios de muestreo.

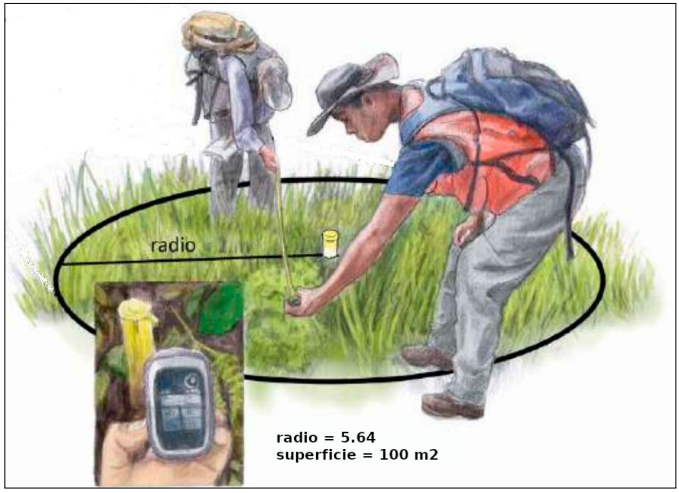


Figura 2. Muestreo de sitios. Fuente: FMCN, CONAFOR, USAID y USFS, 2018.

Para reforestaciones de más de 5 años se recomienda utilizar sitios con un radio de 17.84 metro (un décimo de hectárea) con el mismo esquema de muestreo. Si el porcentaje de pendiente en los sitios es de 10 a 19.9, la distancia para el trazo de la unidad de muestreo será un radio de 17.86 m; en pendientes de 20 a 29.9 porciento, la distancia del radio será de 18.19 metros.

Durante el recorrido se transitará por áreas que hayan sido reforestadas en años anteriores en los que se registrará la información del Cuadro 1.

Cuadro 1. Datos de localización de las áreas reforestadas.

1. Nombre del geosendero o vereda:
2. Nombre del lugar:
3. Número de sitio:
4. Coordenadas. Ejemplo: 17° 33’ 02’’ latitud N 97° 25’ 32’’ longitud Oeste
5. Altitud 2099 - 2660 msnm
6. Tipo de vegetación aledaña:
7. Topografía Ondulada-hondada-punta de cerro- parte superior de ladera-parte media de ladera-parte inferior de ladera-fondo de ladera-fuerte pendiente- próximo a fuerte desnivel-llano.
8. Pendiente (%). Ejemplo: 16
9. Exposición zenital-norte-noreste-este-sureste-sur-suroeste-oeste-noreste
10. Uso del suelo anterior a la reforestación
11. Color del suelo:
12. Tipo de suelo (Leptosols, Regosols eútrico, Regosols calcárico, Phaeozem calcárico y Cambisols vítrico)
13. Nombre local del suelo:
14. Espesor de la hojarasca (cm):
15. Profundidad del suelo fértil (cm):
16. Textura del suelo roca madre- suelo duro-gravoso-arenoso-limoso-arcilloso
17. Pedregosidad ausente-bajo (1-5 piedras por m2), media (5-20), alto (+20), rocoso (roca en el 40% de la superficie)
18. La erosión del suelo, se clasifica en ligera (menor a 5 centímetros de suelo), moderada (de 5 a 30 centímetros de suelo) y severa (mayor a 30 centímetros de suelo).
19. Las prácticas de conservación de suelos: zanja, trinchera, bordo, cajete, terrazas, roturación, barreras, entre otras.
20. pH:

Cuadro 2. Caracterización de las áreas reforestadas.

1. Año de reforestación
2. Especie plantada (nombre común o científico):
3. Superficie reforestada (ha):
4. Distancia entre plantas vivas.
5. Densidad de la plantación (500 a 750 plantas por hectárea, datos CONAFOR): la densidad inicial se estimará a partir de la densidad actual, más el número de cepas sin plantas, y la densidad actual se calculará de manera directa en cada superficie de muestreo y su equivalente por unidad de superficie.
6. Supervivencia en campo = (plantas vivas) / plantas vivas + plantas muertas o faltantes)
7. Altura de la planta o árbol: la altura se medirá desde la base del tallo hasta el punto más alto de la rama principal, con ayuda de una cinta métrica en las plantas de menor altura.
8. Diámetro del tallo o tronco. el diámetro basal será tomado a 30 cm de la base, con un vernier.
9. Color de la planta o árbol:
10. Actividades de mantenimiento: deshierbes, terrazas, riegos de auxilio, abono, replantación, poda, control de plagas y enfermedades, rehabilitación de obras de conservación de suelo, cercado.
11. Sanidad en árboles plaga-enfermedad- fuego- roído- vejez- otro _____
12. Causa de la muerte de la planta: incendió, pastoreo, sequía, helada, plaga, enfermedad, mala calidad de la planta, pastoreo, fecha inapropiada de reforestación, competencia con la vegetación, técnica inapropiada de reforestación, especie no apropiada al sitio, helada, afectación por fauna (roído), vejez, efecto de "cola de zorra", cambio de uso de suelo, otro
13. Regeneración natural -abundante-media-baja con las especies:
14. Existe una reconversión del uso de las áreas reforestadas pecuario-agrícola-recreativo-forestal-agroforestal-aprovechamiento de resina (no maderable)-otro.

Para conocer algunas de estas características del sitio se puede preguntar al guía local o consultar las cartas temáticas de la región una vez que se regresa del campo.

Una vez analizada la información del sitio, en campo se debe discutir en el equipo para identificar las especies potenciales para fines de restauración y determinar su procedencia, las alternativas de solución a los problemas que se identifiquen como plagas, enfermedades, sequía, entre otros, además de los beneficios ecológicos y económicos de los trabajos de reforestación, ya que después de algunos años las áreas con buen desarrollo deberán destinarse a un tipo de manejo (es decir, que deben tener un propósito definido que puede ser incluso un área semillera) que asegure la obtención de beneficios tangibles e intangibles. Se debe tomar una foto representativa de cada sitio para agregar al reporte de la práctica.

Preguntas guía

1. ¿Cuáles son las especies más comunes usadas en las reforestaciones en los sitios visitados y por qué creen que se eligieron esas?
3. ¿Cuáles fueron las especies con mayor sobrevivencia, por qué creen que ocurre esto?
4. ¿Cuáles son los factores más importantes que favorecen la sobrevivencia de la planta y por qué?
5. ¿Qué factores ambientales o sociales son los que más afectaron de forma negativa a las reforestaciones?
7. ¿Qué especies locales se desarrollan en el sitio, cuáles son más vigorosas y cómo estas se han visto beneficiadas o afectadas por las reforestaciones?
8. ¿Las áreas cercadas favorecieron la sobrevivencia de la planta?
9. ¿Las obras de conservación de suelo, ¿favorecieron la reforestación?
10. ¿Es importante la reforestación, se obtiene algún beneficio como productos maderables, no maderables, protección del suelo, captación de agua, recreación, otros?

Referencias

CONAFOR. (2015). *Manual de restauración forestal y reconversión productiva*. México: CONAFOR.

FMCN, CONAFOR, USAID y USFS. (2018). *Manual para trazar la Unidad de Muestreo en bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas. BIOCOMUNI-Monitoreo Comunitario de la Biodiversidad, una guía para núcleos agrarios*. México: Comisión Nacional Forestal-Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza.

Gutiérrez, C. J. (2002). *Propuesta de restauración de los terrenos comunales de Ecatzingo, estado de México*. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales. Chapingo, Estado de México, México.

Plancarte Barrera, A. (2015). *Reforestación con especies nativas en la mixteca oaxaqueña*. México: Fundación Merced, Proyecto Mixteca Sustentable.

Ramírez López, A., Navarro Garza, H., Pérez Olvera, A. y Cetina Alcalá, V. M. (2011). Experiencia organizativa para la reforestación con Pinus oaxacana Mirov. en suelos degradados de la Mixteca oaxaqueña. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 2(7), 57-70.

Vásquez-García, I., Cetina-Alcalá, V. M., Campos-Bolaños, R. y Casal-Ángeles, L. F. (2016). Evaluación de plantaciones forestales en tres comunidades de la mixteca alta oaxaqueña. *AgroProductividad*, 9(2), 12-19.

Práctica 19. Muestreo de epífitas en áreas de bosque mixto de pino y encino

Rosario Ramírez Santiago
Universidad Autónoma Comunal de Oaxaca

Las epifitas son plantas que crecen sobre otras plantas adheridas a los troncos y ramas de árboles y arbustos principalmente (Granados *et al.*, 2003), e incluyen a las orquídeas, aráceas, bromelias y helechos, entre otras (Martínez *et al.*, 2011). El hospedero o "forofito" sobre el que crece una epifita es utilizado solo como soporte, por tanto, una epifita difiere de una planta parásita en que esta última obtiene agua y nutrientes del hospedero (Granados *et al.*, 2003).

Las epifitas despliegan mecanismos variados para sobrellevar no solo los factores ambientales a las que están expuestas, sino también para la adquisición de nutrimentos del ambiente sin tomarlos del forofito (Granados *et al.*, 2003). Tal especialización requiere, en ocasiones, de interacciones mutualísticas con microorganismos, artrópodos y algunos grupos de vertebrados y de características morfoanatómicas y funcionales muy específicas (Granados *et al.*, 2003). Se clasifican en tres grupos principales, dependiendo del tiempo que permanecen en el forofito: epífitas verdaderas, hemiepífitas y epífitas accidentales; algunas de las epífitas más abundantes son las orquídeas (Orchidaceae), las bromelias (Bromeliaceae) y los helechos (Pteridophyta) (Martínez *et al.*, 2011).

Comparado con el total mundial, en México el número de especies epífitas se situaría entre 4.7 y 5.9%, con 24.2 a 25.5% de los géneros y 33.3 a 43% de las familias con representantes epífitos en todo el mundo (Ceja *et al.*, 2008). Dentro del país, Oaxaca es el estado con mayor diversidad de bromelias, con 172 especies (Espejo *et al.,* 2007), y aún quedan sitios sin colectar. La transformación de los hábitats naturales ha perjudicado sus poblaciones, lo que afecta tanto su biomasa como su grado de diversidad (Ramírez, 1996; Wolf, 2005).

En cuanto al Geoparque Mixteca Alta (GMA), el bosque de encino y de pino y encino que alberga se encuentra dentro de la RTP 125 (Cerros Negro-Yucaño); en un estudio reciente realizado en esta región, Gómez et al. (2019) registraron 40 especies de angiospermas epífitas distribuidas en 13 géneros y cinco familias.

Representan el 5% de las especies reportadas a nivel estatal y de las 40 especies señaladas, 72% son endémicas de México y 10% de Oaxaca, lo que le confiere una gran importancia a la RTP 125 (Gómez et al., 2019). Los autores además reportaron que tres de las especies registradas se encuentran catalogadas en la lista de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y pertenecen a las familias Bromeliaceae (Tillandsia carlos-hankii), Orchidaceae (Rhynchostele cervantesii) y Cactaceae (Mammillaria haageana).

Un listado preliminar, recopilado de estudios llevados a cabo en el área del GMA, reporta varias especies de epífitas, entre ellas se hallan *Epidendrum lignosum, Malxis spp., Corallorhiza spp., Govenia capitata (Govenia utriculata), Hexalectris grandiflora, Ponthieva racemosa, Dichromanthus cinnabarinus, Oncidium brachyandrum, Alamania punicea, Laelia furfuracea, Laelia albida, Prosthechea karwinskii* y *Rhynchostele maculata* (Oropeza *et al*., 2016; Velasco, 2018). Con excepción de *Epidendrum lignosum* y *Govenia utriculata*, el resto están consideradas como endémicas de México y *Laelia furfurácea* se considera endémica de Oaxaca. Todas las especies se encuentran catalogadas en el Apéndice II de CITES, menos *Epidendrum lignosum* y *Ponthieva racemosa*. Además, Oropeza et al. (2016) mencionan que en el bosque de encino se desarrollan bromeliáceas como *Tillandsia spp.* (Jagüey o magueyito de monte) y *T. usneoides* (paxtle o heno), que crecen abundantemente.

Figura 1. Árboles con epífitas, comunidad de Topiltepec, Oaxaca.

Objetivo

Cuantificar la presencia, diversidad y abundancia de epífitas (helechos, bromelias y orquídeas) en el bosque templado mixto del Geoparque Mixteca Alta.

Materiales y métodos

- GPS
- Flexómetro
- Cinta métrica o cinta diamétrica
- Cámara fotográfica
- Binoculares
- Formatos para el registro de datos

Para llevar a cabo un muestreo de epífitas (principalmente orquídeas, aunque se pueden incluir bromelias, cactáceas y hasta helechos) en el bosque de pino y encino del GMA se recomienda llevarlo a cabo en los terrenos forestales de San Pedro Topiltepec y Santa María Tiltepec, en la época de floración de las epífitas, principalmente de las orquídeas, que son los más abundantes. Antes de comenzar es importante reconocer el área a muestrear en la cartografía para conocer sus características fisiográficas, edáficas, etc. Y también para considerar si se aplicará algún diseño de muestreo (al azar, sistemáticos, estratificado, dirigido, etc.) o simplemente se acudirá a sitios con abundancia de epífitas, lo que estará acorde a los objetivos de investigación.

Independientemente del diseño de muestreo que se decida implementar, Mostacedo y Fredericksen (2000) recomiendan utilizar el método de transectos para el muestreo de epífitas, el cual consiste en muestrear un número determinado de individuos a lo largo de un transecto con un ancho determinado. En la literatura se ha aplicado el muestreo por transectos con dimensiones de 50 x 4 m (Jiménez, 2014), de 20 × 50 m (Pérez, 2011), entre otras dimensiones, lo que usualmente depende de los costos, personal disponible, características del sitio de muestreo (densidad, tipo de manejo, etc.).

Las dimensiones del transecto son variables y dependen de la clase de plantas y la densidad de individuos. Para considerar el número de plantas a muestrear se debe tomar en cuenta que usualmente es mejor hacer muchos muestreos pequeños que pocos muestreos grandes (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

Una vez que se han definido las dimensiones del transecto se procede a trazarlos y se recomienda hacerlo con orientación al norte, utilizando para ello una brújula y una cinta métrica (Jiménez, 2014). Siguiendo la metodología aplicada por Brown (1990), Jiménez (2014) y Velasco (2018), los datos que se colectaran se agruparan de la siguiente forma:

Datos generales (Anexo 1).

Número de transecto, nombre de la comunidad y municipio, nombre del paraje, altitud, pendiente, exposición, ubicación del transecto (lat/long), posición fisiográfica, descripción del tipo de vegetación y las características generales del suelo (tipo y profundidad del mantillo, erosión, etc.).

Datos del muestreo de epífitas.

A. Árboles hospederos o forofitos (Anexo 2). En cada transecto se registrarán todos los árboles mayores e iguales a 3 cm de DAP (Diámetro a la Altura del Pecho), que crezcan al interior del transecto. Para cada árbol se anotó el nombre de la especie o morfoespecie; también se puede utilizar el nombre común para después identificarlo en el catálogo de especies del GMA. Con una cinta métrica o diamétrica se medirá el DAP, el diámetro de copa y con una pistola Haga o clinómetro, la altura. El diámetro de copa se deberá medir haciendo dos mediciones, del lado más largo y del lado más corto para después obtener un promedio.
B. Epífitas (Anexo 3). Con ayuda de binoculares, para cada forofito se registrará el número de especies de epífitas, la cobertura total en clases (0-10%; 11- 50%; >50%), cobertura de cada especie separadamente (utilizando las mismas clases de cobertura), localización topográfica (tronco, ramas, horquetas). Las ramas se subdividirán con base en el grosor en 4 categorías: rama gruesa (>20 cm de diámetro), rama media (entre 20 y 10 cm), rama fina (entre 10 y 2 cm) y ramita (con menos de 2 cm). Si las especies no forman colonias se registra el número de individuos por especie.

También se pueden clasificar las epífitas por etapa de crecimiento en plántulas, juveniles o adultos. Se considerará como plántulas a los individuos que no sobrepasarán los 10 cm de altura, mientras que los juveniles serán individuos de más de 10 cm pero sin estructuras fértiles y adultos son aquellos con estructuras fértiles, independientemente de su tamaño

Es importante que antes de iniciar el muestreo se elabore una lista con las especies que se han reportado para la zona, para que esto facilite su identificación en campo. Para esto se puede consultar el documento de divulgación sobre la vegetación del Geoparque Mixteca Alta, que incluye un catálogo de especies. También puede ser de utilidad consultar los estudios que se han hecho sobre epífitas en Oaxaca, y específicamente en la Mixteca, como el de Gómez et al. (2007) y el de Espejo et al. (2007). En caso de encontrar especies que no fueron mencionadas en este documento, se deberán tomar fotografías para su posterior identificación consultando un experto o mediante la revisión en Naturalista (https://www.naturalista.mx/) o en Enciclovida (http://enciclovida.mx/).

Una vez terminado el muestreo se capturará la información obtenida, utilizando para ello el programa Excel. El análisis estadístico se llevará a cabo tomando como referencia las especies de epífitas y las especies de forófitos, los sitios de muestreo, la distribución de epífitas en las diferentes partes del árbol, número de individuos por especie y por grupo (bromelias, orquídeas, etc.), etapa de crecimiento (plántulas, juveniles y adultos) (Jiménez, 2014).

De acuerdo con Jiménez (2014) con esta información se pueden llevar a cabo análisis de la diversidad alfa de las especies registradas aplicando el índice de Shannon-Wiener y la dominancia con el índice de Simpson, análisis de abundancia de epífitas por grupo y especie, distribución por etapas de crecimiento, distribución de grupos de epífitas en cada sección del forofito; porcentaje de epífitas por especie de forofito, lo que permitirá conocer la proporción de epífitas distribuida entre las especies de árboles registrados y así conocer si existe una especie de forofito que permita un mejor desarrollo de éstas planta; valor de importancia (IVI) de los forofitos y mediante una regresión lineal, se puede conocer la relación entre los parámetros dasométricos del forofito (DAP, altura, etc.) y la abundancia de epífitas.

Preguntas guía

1. ¿Existe una relación de la presencia de epifitas con las condiciones ambientales del lugar (altitud, exposición, densidad de árboles, etc.)?
2. ¿Qué adaptaciones presentaron las especies de epífitas que se registraron durante el muestreo?
3. ¿Existe una relación entre las características del forofito y la abundancia de epífitas en el mismo?
4. ¿Las epífitas se concentran en un estrato o estructura en particular del forofito?

Referencias

Brown, D. A. (1990). El epifitismo en las selvas montañas del Parque Nacional "El Rey" Argentina: Composición florística y patrón de distribución. *Rev. Biol.* Trop. 38, 155-166.

Ceja, J., Espejo, A., López, A. R., García, J., Mendoza, A. y Pérez, B. (2008). Las plantas epífitas, su diversidad e importancia. *Ciencias*, 91, 34-41.

Espejo-Serna, A., López-Ferrari, A. R., Martínez-Correa, N. y Pulido, V. A. (2007). Bromelias flora of Oaxaca, México: richness and distribution. *Acta Botánica Mexicana*, 81, 71-147.

Gómez, I. N., Espejo, A., López, A.R. y Krömer, T. (2019). Distribución geográfica de angiospermas epífitas de la región terrestre prioritaria Cerros Negro-Yucaño, Oaxaca, México. *Rev. Biol. Trop.*, 67(1), 118-131.

Granados, D., López, G. F., Hernández, M. A., y Sánchez, A. (2004). Ecología de las plantas epífitas. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 9*(2),101-111.

Jiménez, L. (2014). Impacto del aprovechamiento forestal sobre las epífitas en un bosque de pino-encino en la Sierra Norte de Oaxaca, México. Tesis de maestría.. Recuperado de https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1017/1410/1/100000004262_documento.pdf

Martínez, N., Martínez, R., Pérez, M. A. y Martínez, J. (2011). Las epífitas de la Reserva *El Triunfo, Chiapas. Guía ilustrada de las especies más notables*. Chiapas, México: Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

Mostacedo, B. y T. S. Fredericksen. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Santa Cruz, Bolivia: BOLFOR.

Oropeza, O., Vences, D., Cram, S., Ortiz, M. y Hermann, M. (2016). Caracterización del medio natural de la cuenca de Yanhuitlán. En M. Hermann (Coord.), *Configuraciones territoriales en la Mixteca. Volumen II. Estudios de geografía y arqueología* (pp. 35-76). México: Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social.

Pérez G., V. (2011). Conservación de orquídeas en el municipio de Jonotla, Puebla, mediante la elaboración de un catálogo de orquídeas silvestres y una propuesta para el establecimiento de un orquidiario municipal. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México.

Ramírez, J. (1996). Orquídeas de México. *Biodiversitas*, 5, 1-5.

Velasco, A. (2018). Análisis de la familia Orquidaceae en el municipio de Santo Domingo Tonaltepec, Territorio del Geoparque UNESCO Mixteca Alta. Informe Técnico de Residencia Profesional. Instituto Tecnológico Superior de San Miguel el Grande, Oaxaca, México.

Wolf, J. H. D. (2005). The response of epiphytes to anthropogenic disturbance of pine-oak forests in the highlands of Chiapas, Mexico. *Forest. Ecol. Manag.*, 212, 376–393.

Anexos

Anexo I. Datos generales

Datos generales						
No. de transecto:			Fecha:		Paraje:	
Nombre de la comunidad:				Municipio		
Coordenadas: (de cada extremo del transecto)	Latitud			Longitud		
	Latitud			Longitud		
Altitud:			Pendiente: (grados)			
Exposición			Posición geográfica: (cima, ladera, pie de monte y valle)			
Uso del suelo:						
Descripción de la vegetación:						
Descripción del suelo:						
Evidencia de erosión:			Tipo de erosión:			

Tipo de mantillo:						
Profundidad del mantillo:						
Observaciones generales:						

Anexo II. Muestreo de los árboles hospederos o forofitos (a ≥ 3 cm de dap).

No. De transecto	Especie	DAP	Altura total	D. Copa 1	D. Copa 2	Observaciones

Anexo 2. Muestreo de epífitas

No. De transecto	No. de árbol	Grupo	Especie	Cobertura*	Localización*	Etapa de crecimiento

Clases de cobertura: 0-10%; 11- 50%; >50%. Este parámetro solo se utiliza para epífitas que forman
Colonias. Localización: tronco, ramas, horquetas; ramas: rama gruesa (>20 cm de diámetro), rama
media (entre 20 y 10 cm), rama fina (entre 10 y 2 cm) y ramita (con menos de 2 cm).

Práctica 20. Colecta e identificación de hongos

Erika Mendoza Martínez

Introducción

Los hongos son un recurso forestal no maderable importante en las localidades donde se desarrollan, ya que los habitantes han podido generar conocimiento sobre su uso y manejo, principalmente representan una fuente importante de alimento en las comunidades. En México, los estudios ecológicos de los hongos son escasos, desconociéndose la potencialidad de las poblaciones silvestres. Entre los estudios de la región de la Mixteca Alta se destacan los trabajos de Katz y Vargas (1990) sobre la alimentación en una comunidad de Santiago Nuyoó y el estudio sobre el uso de los hongos por Hernández et al. (2016). Este estudio etnomicológico se enfocó al conocimiento y uso de los hongos silvestres en cuatro comunidades: San Juan Yuta, municipio de San Juan Tamazola; Santa Catarina Estetla municipio de Santa María Peñoles, San Andrés Yutatío, municipio de Teozatlán de Segura y Luna y San Miguel Tulancingo.

En ese estudio (Hernández *et al.*, 2016), se identificaron 106 especies de hongos silvestres los cuales crecen en los bosques de pino y encino, bosque tropical caducifolio y pastizal. Entre las especies de hongos identificados reconocidos por los mixtecos con nombres nativos, 26 se consumen localmente, 18 son consideradas tóxicas, 6 tienen uso lúdico, y las 56 especies restantes no se utilizan en las áreas estudiadas, pero tienen potencial como alimento (56 especies), de ellas 28 también pueden ser consideradas medicinales. Se registraron 80, 22 y 4 especies ectomicorrízicas, saprobias y parásitas, respectivamente. Es así que los mixtecos han desarrollado un complejo y preciso conocimiento relacionado con el uso, la nomenclatura, clasificación, ecología y gastronomía de los hongos silvestres en las comunidades estudiadas, y que existe una relación entre la cubierta de la vegetación natural, la erosión del suelo, y la alta marginación económica, con respecto a la riqueza, conocimiento y uso de los hongos silvestres en las comunidades. Por lo que, existen conocimientos micológicos que son transmitidos oralmente de generación en generación, concluyendo así que en esta zona se posee identidad

cultural, que existe una cultura de protección de áreas boscosas, y que se mantiene la lengua mixteca.

Existe un mayor conocimiento y riqueza de hongos silvestres en comunidades con condiciones de mayor cobertura de vegetación natural de pino y encino y menor erosión. Este conocimiento representa una riqueza biológica y cultural que debe ser registrada y analizada para descubrir opciones de aprovechamiento sostenible para el desarrollo de las comunidades del Geoparque Mixteca Alta.

Objetivos

Realizar recorridos para colectar especies de hongos con valor etnobotánico, con la finalidad de registrar el conocimiento tradicional sobre uso, manejo y clasificación de los hongos silvestres.

Materiales y métodos

Previo a la recolección en campo se realizará un listado de las especies conocidas en la región para identificar los parajes y rutas para las colectas, y principalmente para conocer el tiempo de fructificación, lo cual permitirá realizar las colectas.

Será necesario obtener conocimiento acerca de las estructuras de los hongos y los aspectos sobre los que se debe poner atención especial para su colecta. Esta práctica se debe realizar en tiempo de lluvias.

En la Figura 1 podemos ver las partes del esporocarpo o cuerpo fructífero de los hongos superiores o agáricos. Estos son:

> Píleo. También llamado sombrero, es la parte del cuerpo fructífero del hongo que sustenta la superficie donde se alojan las esporas, es decir, el conjunto de láminas y laminillas conocido como himenio.
> Himenio. Es el conjunto de láminas y laminillas, es la parte fértil del hongo.
> Láminas. Son las estructuras bajo el sombrero que actúan como unión de las laminillas con el pie.
> Laminillas. Son las que contienen los basidios y estos a su vez son los que generan las esporas.
> Anillos. Solo presentes en algunos hongos, es el resto del velo parcial al romperse para exponer a las esporas. El velo parcial es la estructura de algunos hongos para proteger el desarrollo del himenio.

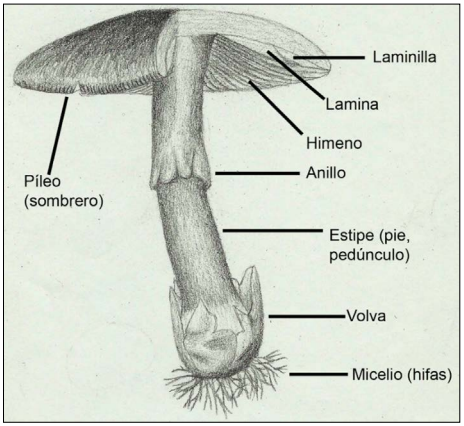


Figura 1. Partes del esporoacarpo. Fuente: D. Castillo (2012).

Estipe. También llamado pie o pedúnculo, es el que sostiene el sombrero. Está conformado por tejido estéril hifal.

Volva. Solo presente en algunos hongos, es el resto dejado por el velo universal, es una cubierta que cubre por competo a un hongo inmaduro. En algunos casos, como en la *Amanita muscaria*, deja un resto visible en el sombrero.

Micelio. Es el conjunto de hifas –filamentos cilíndricos– encargada de la nutrición de los hongos.

En la Figura 2 se anota el nombre mixteco relacionados con las partes de un hongo. Estructuras de hongos Agaricales y Boletales distinguidos por la gente de Santa Catarina Estetla (1), San Juan Yuta (2) y Chalcatongo (3) en la Mixteca Alta, Oaxaca, México.

Su identificación se realizará básicamente por medio de la comparación de fotografías y características de la especie registradas en la literatura (guías de identificación), así como de los trabajos o estudios previos, como el de Traditional knowledge and use of wild mushrooms by Mixtecs or Ñuu savi, the people of the rain, from Southeastern Mexico Hernández *et al.* (2016).

Antes de iniciar la práctica se recomienda cargar la imagen de satélite del Google Maps en su laptop, tablet o celular para que la puedan visualizar estando en campo.

Los materiales que van a requerir serán libreta de campo, climómetro y cinta métrica.

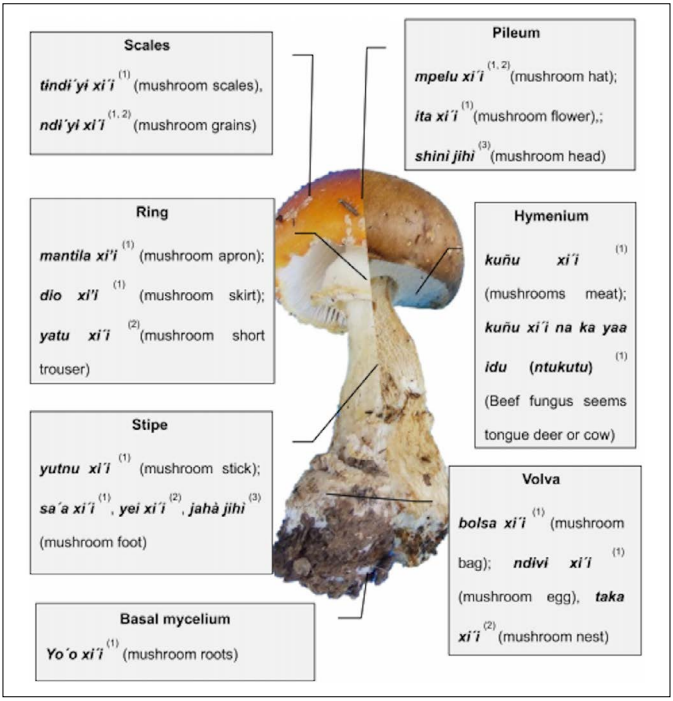


Figura 2. Nombres de las partes del hongo en mixteco. Fuente: Hernández *et al.* (2016).

Para la colecta en campo vamos a requerir las siguientes herramientas: 1) pala para desenterrar la base del hongo; 2) cuchillo para cortar los hongos de gran tamaño o difícil acceso; 3) papel aluminio o papel encerado para envolver los hongos; 4) bolsas de papel para almacenar el material colectado; 5) etiquetas de colecta; 6) lápiz y cuaderno de notas; 7) canasto para transportar las muestras; 8) cámara fotográfica de buena resolución, 9) fondo de color para tomar fotografías técnicas.

Se recomienda no recolectar ejemplares muy jóvenes o maduros, dejar los restos de materia orgánica no deseados en el lugar, fotografiar todas las etapas de desarrollo que sea posible de los hongos colectados.

Para la colecta se deben anotar las condiciones del terreno y las condiciones en que se encontraó el hongo (Cuadro 1). Tomar fotografías del hongo de: 1) el ejemplar completo; 2) el ejemplar completo con referencia de tamaño (regla, moneda, etc.); 3) ejemplar con etiqueta; 4) detalles del ejemplar (lamelas, estípite, escamas, etc.); 5) detalle de la base, y 6) fotografiar el ambiente en el cual se encontró.

Cuadro 1. Ficha de colecta de hongos.

DATOS GENERALES			
Colector		Fecha:	N. colecta
Localidad:			
Coordenadas	17°3 ‘ ‘’ LN	97°2 ‘ ‘’ LW	Altitud: 2,2 m.s.n.m.
Suelo:		Tipo de vegetación: Bosque de encino-B. enebro-B. pino y encino	
		B. Matorral-Vegetación ribereña-Pastizal-Terreno de cultivo, Otro:	
Lugar de colecta: Cerro-orilla de arroyo o río-cañada-plano			
Número de ejemplares:			
DATOS DE LA PLANTA			
Nombre común:		Lamela:	
Color:		Estípite:	
Altura:		Escamas:	
Sustrato:		Detalle de la base:	
Fotos: de la 1 a la 4		Exudado:	
Observaciones:			

En observaciones se anotará si es un hongo tóxico, medicinal, alimenticio y se detallará su preparación y uso.

Para la toma de muestra se debe extraer todo el ejemplar ya sea desenterrándolo de la base, cortándolo o sacándolo como parte del sustrato (especies que crecen en sustratos transportables como hojas o ramas pequeñas). Una vez extraída se deben observar los cambios que pueden generarse, por ejemplo, que se tiña al tocarlo, que cambie de color, que exude algún líquido, entre otros. Fotografiar nuevos detalles (tamaño, color, lamelas, píleo). Anotar los datos de la etiqueta de recolección. Guardar la muestra en una bolsa de papel para posteriormente secarlo en un lugar ventilado.

Preguntas guía

1. ¿Qué potencialidades tienen los hongos colectados?
2. ¿Qué acciones se deben tomar para mantener el conocimiento acerca de los hongos de la región?
3. ¿Qué criterios se utilizan para distinguir un hongo tóxico de uno comestible?
4. ¿Cuáles son los sitios o parajes de colecta para las distintas especies?
5. ¿Qué acciones garantizan el crecimiento de los hongos en los años siguientes?
6. ¿Existen especies con potencial comercial en la región? ¿Cuáles son y cómo se desarrollaría su potencial? Por ejemplo, como un producto deshidratado, preparado en salmueras y vinagretas.
7. ¿Es posible desarrollar un turismo de hongos (micoturismo), con recorridos y microgastronomía?
8. ¿Se podría hacer inoculación de ectomicorrizas comestibles hongos en especies arbóreas nativas que tienden a la reforestación de áreas degradadas y desarrollo de micosilvicultura, incluidas prácticas de manejo forestal que tienden a aumentar producción natural de hongos silvestres, principalmente especies ectomicorrícicas?
9. ¿Qué cosmovisión se tiene respecto de los hongos silvestres?

Referencias

Hernández F., S. , Moreno, J. P., Cázares, B. X., Suárez, J. J. A., Trejo, E. O., de Oca, G. M. M. y Aguilar, I. D. (2016). Traditional knowledge and use of wild mushrooms by Mixtecs or Ñuu savi, the people of the rain, from Southeastern Mexico. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*, 12(1), 35.

Katz, E. y Vargas Guadarrama, L. A. (1990). Cambio y continuidad en la alimentación de los mixtecos. *Anales de Antropología*, 27(1), 15-31.

Villarreal Ruiz, L. (1997). *Los hongos silvestres: componentes de la biodiversidad y alternativa para la sustentabilidad de los bosques templados*. Colegio de Postgraduados. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Informe final SNIB-CONABIO. Proyecto No. C066. México, D.F. Consultado el 20 de febrero de 2020 en http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfC066.pdf

Práctica 21. Construir una guía de identificación de aves en el Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta, Oaxaca

Rocío Mañón de la Cruz
Universidad Autónoma del Estado de México

Oralia Oropeza Orozco
Instituto de Geografía, UNAM

Introducción

Las aves son consideradas parte fundamental de los ecosistemas que habitan, ya que la gran diversidad de los recursos que utilizan para alimentarse y la forma de obtenerlos les permiten tener funciones importantes como dispersoras de semillas, polinizadoras de flores y controladoras de poblaciones de insectos (SEMARNAT, 2011).

El estudio de las aves permite obtener un buen conocimiento sobre el estado de conservación de los ecosistemas, ya que estas poseen una serie de características que las hacen buenas bioindicadoras, entre las que se encuentran su comportamiento conspicuo, taxonomía bien conocida, alto grado de endemismos, especialización a un hábitat y alta sensibilidad al disturbio, entre otros (Navarro, 2004; Stotz, 1996, citado en SEMARNAT, 2011).

Oaxaca es la entidad más importante en cuanto a riqueza y diversidad biológica en México. Para las aves también se cumple ese patrón de riqueza. De las 10 000 especies que se estima hay en el mundo, y de las aproximadamente 1100 especies de aves reconocidas para México, de acuerdo con Navarro (2004), Oaxaca cuenta con 768 registros de especies confirmadas. Por lo tanto, es el estado más rico en especies de aves en todo el país (Blázquez, 2016).

Esta variedad se explica por la localización geográfica del estado, la variedad fisiográfica del lugar y la ecología de los taxones. El Istmo de Tehuantepec es una región clave, principal barrera para las especies de tierras altas, así como un corredor importante para el contacto entre las aves que se reproducen en las tierras

bajas del Atlántico y Pacífico, y una avenida para los movimientos migratorios entre aves del norte y sur de América (Binford, 1989, citado en Blázquez, 2016).

Debido a la presencia de grandes cadenas montañosas, la Región Mixteca se caracteriza por la existencia notable de accidentes orográficos que hacen complicada su topografía. Las pendientes abruptas y la explotación intensiva de los recursos naturales son algunas razones por las que en esta zona se presenta un elevado nivel de degradación y pérdida de suelo. Sin embargo, quedan aún zonas con vegetación boscosa de pino y combinación de pino y encino, en la parte alta, y selvas bajas caducifolias y cactáceas en la parte baja, donde se encuentra gran diversidad de aves (SEMARNAT, 2011).

En la Región Mixteca se tienen registradas 168 especies dentro de 36 familias y 14 órdenes. Las familias con mayor número de representantes a nivel de especies son Parulidae (reinitas y chipes) con 23 especies, *Emberizidae* (gorriones y otros) con 16 especies y *Tyrannidae* o mosqueros con 15 especies (SEMARNAT, 2011).

En la NOM-059-SEMARNAT-2010 se registran 14 especies en esta región con algún grado de amenaza, siete especies en la categoría de amenazadas y siete en la categoría de protección especial. En esta región destaca la presencia del águila dorada (Aquila chrysaetos) que se encuentra en la categoría de amenazada; otras tres especies que se encuentran en esta situación, y además presentan una distribución restringida a México, son el colibrí frente verde (*Amazilia viridifrons*), el colibrí cola blanca (*Eupherusa poliocerca*) y el vireo pizarra (*Vireo brevipennis*) (SEMARNAT, 2011).

Este proyecto se desarrolla con el fin de generar información acerca de la riqueza biológica del GMA, ya que se cuenta con muy poca en este rubro. Además, se trata de incentivar y realizar nuevas actividades geoturísticas en el geoparque.

"Alas a la obra" es una propuesta didáctica, un proyecto de aprendizaje dirigido a los visitantes del geoparque, centrado en la realización de un recorrido por los diversos sitios del GMA de forma activa. El objetivo es confeccionar una guía de aves, para ello los visitantes tendrán que observar, recoger información, tratarla posteriormente y representarla de forma gráfica.

Objetivos

Construir una guía de aves del GMA, a través de la observación y descripción de los componentes naturales y de la riqueza biológica. Integrar conceptos de biodiversidad y turismo en el proyecto. Elaborar informes descriptivos ligados a

los componentes biológicos para reconocer la dependencia vital del ser humano respecto a la naturaleza.

Materiales y métodos

- Vamos a necesitar:
- Mapa del Geoparque Mixteca Alta con geosenderos y geositios
- Binoculares o monocular
- Colores
- Plumones
- Cámara fotográfica
- Cuaderno de campo
- GPS

Previamente, el visitante tendrá que buscar algunas de las especies registradas en la Región Mixteca en el estado de Oaxaca (Anexo 1), en áreas naturaels protegidas cercanas y otras referencias, sobre todo de manera gráfica para su fácil identificación, prestando especial atención a las características físicas de las aves y de los ecosistemas en que estas se desenvuelven. Para iniciar esta actividad se dará un acercamiento a la riqueza biológica del Geoparque Mixteca Alta, así como de la importancia y la utilidad de realizar un catálogo de especies de aves.

Es importante que el equipo cuente con un mínimo de cuatro personas ya que cada una tendrá funciones específicas; observar, describir, caracterizar y verificar. También será imprescindible el uso de un mapa o GPS, dibujos, cámara fotográfica o teléfono movil por equipo y binoculares o monoculares (no obligatorio, pero si recomendado).

En campo, los alumnos anotarán al mayor número de aves que puedan observar, registrándolas con ayuda del Anexo 2, así como las características que puedan observar y algunas otras que consideren importantes; es necesario que realicen ilustraciones que los orienten, de cualquier forma, por lo que una cámara podría ser de gran ayuda (Figura 1).

El mapa (Anexo 3) que cada equipo llevará es indispensable si no se cuenta con GPS, ya que servirá para determinar la ubicación aproximada o ecosistema en el que se haya observado el ave, ya que las especies corresponden a ecosistemas específicos, por lo que no se encontrarán las mismas a largo de todo el GMA.

Las libretas de campo, colores y lápices serán de uso individual, para que por medio de las descripciones personales se pueda llegar a un consenso acerca de las

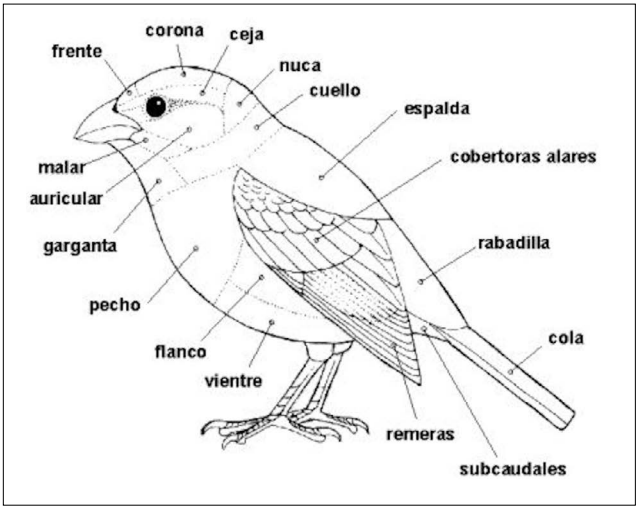


Figura 1. Parte de las aves. Fuente: CONABIO (2012).

características que los integrantes del equipo hayan observado. Para este caso, el uso de binoculares o monocular será una gran herramienta, pero no necesario.

De ser posible, hacer anotaciones del número aproximado de individuos por especie que han observado para determinar la abundancia de la especie en un ecosistema o geositio específico. En campo se pueden utilizar como herramientas para la identificación de aves algunas aplicaciones como Naturalist, eBird, BirdNET, entre otras,

Ya que el guía del GMMA estará presente en estos recorridos, es imprescindible su participación, ya que podría aportar información acerca de las especies observadas como el nombre común, nombre mixteco, entre otras características.

Al terminar el trabajo de campo se realizará una discusión por equipo para homogeneizar los datos entre participantes, se integrarán los resultados, y con ellos se elaborará un catálogo en el que describirán las características de cada especie observada y con esos datos se buscará el nombre común o científico de la especie, con ayuda de bibliografía.

Como producto final, el equipo presentará un catálogo de aves observadas en el recorrido que haya realizado, proyectando el sitio de avistamiento. Este resultado puede ser una guía ilustrada manuscrita o digital y presentada ante sus compañeros para compartir la información generada.

Los alumnos darán a conocer su experiencia en el desarrollo de la actividad, para dar lugar a una retroalimentación entre alumnos-guías del GMA, y comentar acerca del aprendizaje obtenido, y ahondar en temas como la geoconservación y el geoturismo.

Preguntas guía

1. Observa su tamaño
   Es la característica más sencilla de identificar. Observa el tamaño que tienes enfrente: ¿es más grande o chico que alguna otra especie que conoces? ¿Es del tamaño de una paloma o de un pato? Si no estás muy seguro de cómo medirlo, fíjate en los objetos que están a su alrededor: árboles, piedras, plantas. Este ejercicio te dará una idea aproximada del tamaño del ave.
2. Mira su forma
   Contempla cuidadosamente la silueta; puedes hacer un dibujo rápido en una libreta para tener una idea más clara de su forma. ¿Tiene la forma de un carpintero, un búho, una garza? Tómate el tiempo de admirar cada detalle: ¿cuál es la forma y el tamaño de su cola? ¿Es más larga que su cuerpo? ¿Qué tan grueso o plano es su pico? Recuerda que comparar el ave con otras especies que ya conozcas es una de las claves para identificarla.
3. ¿Cómo se comporta?
   Si tienes la suerte de atrapar a uno de estos animales comiendo, fíjate bien en su alimento. ¿Son semillas, gusanos, frutas? El entorno en el que observes el ave es un gran indicador de su especie. Observa si el ave se encuentra sola o si forma parte de una parvada. También, presta atención al sitio donde ha decidido posarse: ¿Es en la rama de un árbol? ¿Cerca de un arbusto? Estos detalles sutiles te ayudarán a determinar la categoría general del ave.
4. Registra su hábitat
   ¿En dónde habita el ave que te está quitando el sueño? Pregúntate si está cerca de un cuerpo de agua, de un bosque templado o si se encuentra en medio de un valle. Muy seguramente no hallarás a un correcaminos en medio de la playa o a un pelícano descansando en el desierto. Si no sabes exactamente en qué clase de entorno te ubicas, puedes consultarlo en internet y así delimitar especies.
5. Contempla sus colores

Este es nuestro paso favorito: no hay nada más disfrutable que hallarse ante un ave llena de color. De hecho, es probable que sus brillantes plumas hayan despertado tu curiosidad en primer lugar. Fíjate si tiene alguna marca de color sobresaliente: tal vez una mota roja cerca del pico o un mechón amarillo. ¿Por qué el paso más evidente es justo el último? Hay una buena razón: hay aves que cambian de color según la temporada. Así que asegúrate de registrar primero todas las características anteriores.

6. Pregúntale a tu guía o a los habitantes del GMA
   La mayor parte de los habitantes del GMA reconoce lo que hay en su territorio, así que, si hay uno cerca, puedes preguntarle, quizá él te pueda orientar.

Referencias

Blázquez, M. (2016). *Avifauna de Oaxaca (México): acervo bibliográfico para el diagnóstico de conocimiento actual Birds of Oaxaca: bibliography for the diagnosis of the current knowledge*. España: Universidad Politécnica de Madrid.

CONABIO. (2011). Biodiversidad faunística de la Región Mixteca, MEXICO. Recuperado de: http://proyectomixtecasustentableac.org/wp-content/uploads/2018/08/09-Biodiversidad-faun%C3%ADstica-de-la-regi%C3%B3n-mixteca.pdf.

Diario Oficial de la Federación. (2010). Norma Oficial Mexicana: NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Recuperado de https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf

Navarro, A. (2004). Base de datos de aves mexicanas del Natural History Museum, Tring, Inglaterra. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Bases de datos SNIB-CONABIO proyecto No. V009. México, D.F.

SEMARNAT. (2011). Caracterización del programa de Ordenamiento Ecológico Regional del territorio del estado de Oaxaca. Componente Natural. México.

Anexos

Anexo 1. Lista de familias de aves identificadas en la región mixteca
Fuente: _____

Tabla 86 Familias de Aves según número de especies en la Región Mixteca.

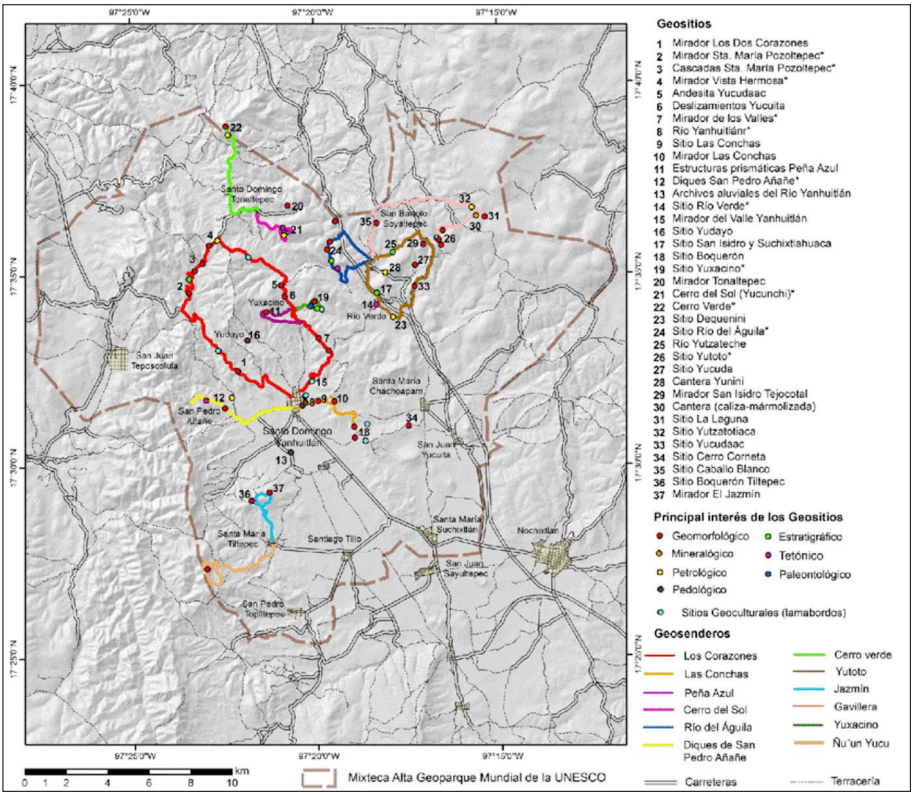
Familia	Especie	Nombre comun
Parulidae	23	Reinitas y chipes
Emberizidae	16	Gorriones
Tyrannidae	15	Mosqueros
Trochilidae	14	Picaflores, colibríes, pájaros mosca o ermitaños
Vireonidae	11	Vireos
Cardinalidae	9	Cardenales, picogruesos y semilleros
Troglodytidae	8	Saltaparedes, matraquitas
Columbidae	7	Palomas y tortolas
Turdidae	7	Petirrojos
Cuculidae	6	Cuclillos, correcaminos y garrapateros
Icteridae	6	Tordos
Strigidae	5	Lechuzas, buhos y tecolotes
Corvidae	4	Cuervos, urracas, arrendajos
Mimidae	4	Calandrias
Rallidae	4	Rascones, gallinetas y polluelas
Furnariidae	3	Trepatroncos
Picidae	3	Carpinteros
Caprimulgidae	2	Tapacaminos y chotocabras
Fringillidae	2	Jilgueros y pinzones
Odontophoridae	2	Codorniz
Tityridae	2	
Accipitridae	1	Gavilanes y aguilillas
Aegithalidae	1	Sastrecitos
Alaudidae	1	Alondras
Alcedinidae	1	Martín pescadores
Apodidae	1	Vencejos y salanganas
Ardeidae	1	Garzas
Cathartidae	1	Zopilotes
Hirundinidae	1	Golondrinas
Laniidae	1	Alcaudones
Passeridae	1	Gorrion comun
Polioptilidae	1	Tarcuaras
Psittacidae	1	Loros, guacamayas y papagayos
Regulidae	1	Reyezuelos
Scolopacidae	1	Playeros, zarapitos, andarríos y correlimos
Sittidae	1	Sitas

Fuente: CONABIO y portal WEB Avibase.

Anexo 2. Formato de registro.

Formato de aves observadas			
Integrantes:			
Fecha/Hora	Geositio:		
Características			
	Color y manchas	Color principal	Color de las manchas
	Color de ojos	Color de la cola	Color del Pico
	Forma y tamaño	Tamaño (cm)	Tamaño y forma de las alas
	Forma y tamaño del pico	Forma y tamaño del cuello	Forma y tamaño de la cola
	Comportamiento	¿Está en parvada?	¿En vuelo?
	¿Comiendo?	¿Trepando un árbol?	¿En el agua?
	Describe el hábitat		
Espacio para dibujo	Nombre común		

Anexo 3. Mapa de geositios del Geoparque Mixteca Alta.



Práctica 22. Recorridos para colectas etnobotánicas

Erika Mendoza Martínez

Introducción

En la Región de la Mixteca Alta ,como en otras, se ha desarrollado una estrecha relación entre el hombre y las plantas. Este proceso ha derivado en el uso y manejo de especies para distintos fines como son alimento, medicina, construcción, uso religioso, además del desarrollo de tecnología agrícola tradicional o saber tradicional. La ciencia que estudia la relación entre el hombre y las plantas se conoce como etnobotánica. Este saber no se ha documentado del todo en la región del geoparque, ya que al respecto solo se ha publicado el estudio de la etnobotánica mixteca de la Montaña de Guerrero (Casas *et al*., 1994), donde se establece la relación y el conocimiento de las comunidades locales sobre los recursos vegetales.

La etnobotánica tiene importancia en la medida que, para entender nuestro desarrollo social, es necesario estudiar los conocimientos tradicionales que se han adaptado, seleccionado y mejorado como parte de un proceso histórico.

Vista desde la perspectiva del desarrollo social, la etnobotánica permite conocer los recursos vegetales de una comunidad, de una región o del país. Permite conocer también la tecnología de uso y manejo desarrollada empíricamente por las etnias a través de los siglos. Estos dos elementos resultan de gran trascendencia para conocer las materias primas que pueden emplearse para distintos propósitos productivos, así como la manera en la cual pueden emplearse. Son también una base importante para la experimentación de nuevos elementos tecnológicos, tan necesarios para detener la destrucción de la naturaleza y mejorar el nivel de vida de los numerosos grupos indígenas que habitan nuestro país (Casas et al., 1994).

Con el fin de documentar el conocimiento etnobotánico de la Mixteca se trabajará para obtener información al respecto en el área que comprende el Geoparque Mixteca Alta.

Objetivo

Realizar recorridos para colectar especies con valor etnobotánico con la finalidad de identificar y caracterizar su uso y manejo.

Materiales y métodos

Se realizará una reunión de trabajo con el fin de registrar información previa a las especies con valor etnobotánico que permitan determinar transectos o geosenderos para su colecta.

La tabla con la información que se debe reunir previamente a los recorridos de colecta está en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Información previa a los recorridos sobre las plantas en la comunidad.

Nombre común o mixteco	Paraje donde se puede colectar la planta	Tipo de vegetación en el que se desarrolla: bosque encino, b. enebro, b. pino-encino, matorral, pastizal.	Forma de vida hierba, arbusto, árbol, helecho, orquídea, cactácea, biznaga, bejuco, maguey, etc.	Para qué se usa: alimento, construcción, medicina, religiosa, ornamental, delimitación de terrenos, como bordo en laderas.	Parte usada: raíz, tallo, corteza, ramas, hojas, flores, frutos, semillas, savia, etc.	Forma de uso: fresca, cocida, hervida, machacada, asada, etc.

Una vez obtenida la información se podrán determinar los geosenderos o transectos a recorrer con el objetivo de colectar 3 ejemplares de cada especie.

Los materiales y herramientas son: tijeras de podar, cuchillo de monte, cinta métrica metálica, bolsas grandes de polietileno (plástico), ficha de colecta y libreta de campo (en la cual se registran los datos referentes a los lugares de colecta y

de las plantas colectadas), lapicero, plumón indeleble o crayola, papel periódico (hoja doble de 30 x 40 cm.), cartón corrugado con las mismas medidas del papel periódico, guantes de lona, cámara fotográfica y prensa portátil con cintas o cuerdas para ajustarla. Además de un dispositivo que tenga GPS para anotar las coordenadas del sitio y la altitud. Para cada colecta se debe llenar la ficha de colecta (Cuadro 2).

Antes de iniciar la práctica se recomienda cargar la imagen de satélite del Google Maps en su laptop, tablet o celular para que la puedan visualizar estando en campo.

Cuadro 2. Ficha de colecta.

DATOS GENERALES			
Colector:	Fecha:		N. colecta:
Localidad:			
Coordenadas: 17°3 ‘ ‘’ LN		97°2 ‘ ‘’ LW	Altitud: 2,2 m.s.n.m.
Suelo:	tipo de vegetación: bosque de encino-b. enebro-b. pino y encino		
	b. matorral-vegetación ribereña-pastizal-terreno de cultivo, otro:		
Lugar de colecta: cerro-orilla de arroyo o río-cañada-plano			
DATOS DE LA PLANTA			
Forma de vida hierba, arbusto, árbol, helecho, orquídea, cactácea, bejuco, maguey, etc.			
Altura de la planta:	Nombre común o mixteco:		
Color de la flor:	Color de la fruta:		
Usos:	Fotografía número:		
Observaciones:	Ejemplar: 1/3 - 2/3 - 3/3		

Colecta y prensado de ejemplares

Se deben colectar muestras que contengan ramas con hojas completas para notar su disposición, flores o frutos completos, cuando esto sean de gran tamaño se podrán realizar dobleces para ajustarlos al tamaño de la hoja de periódico. Es re-

comendable guardar en bolsa de papel las pequeñas estructuras que se desprenden fácilmente como son las semillas a fin de no perderlas en el proceso.

Para especies de tipo arbóreo es importante colectar ramas completas, es decir, que tengan flores o frutos, muestras de la corteza, sobre todo si esta es desprendible y es importante para la identificación taxonómica.

Cada juego de tres ejemplares será rotulada o marcada con el número de colecta, a fin de que cuando las plantas se hayan secado se les pueda relacionar con los datos de su ficha de colecta.

La disposición de las plantas colectada en la prensa es colocar el calor corrugado, el papel periódico con la muestra dentro de una de las hojas de periódico perfectamente colocada y del tamaño adecuado, sobre esta se coloca otro cartón corrugado, repitiendo esta acción con cada ejemplar (Figura 1). El material colectado será cambiado de papel periódico hasta que se encuentre seco. El secado se podrá hacer en un lugar ventilado y con calor para evitar su pudrición.

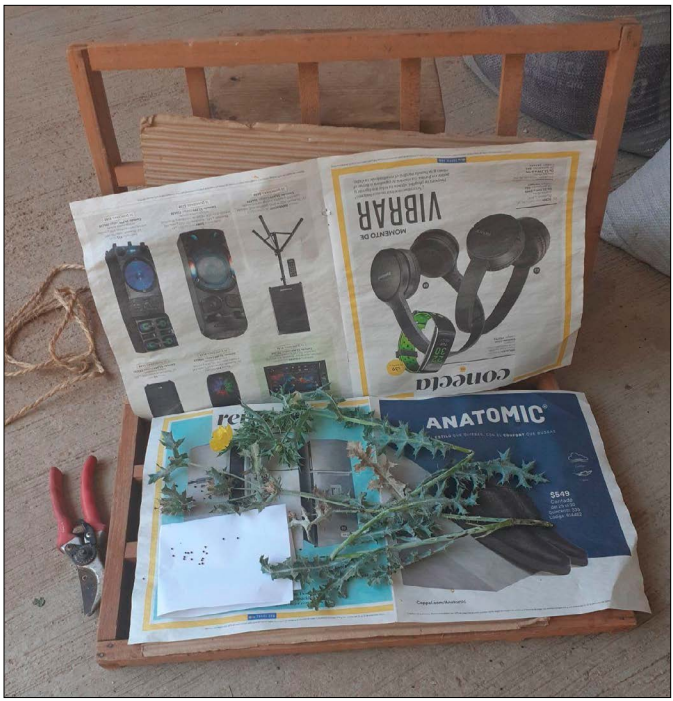


Figura 1. Forma de prensar las muestras de plantas

Para facilitar su transporte, las plantas colectadas en campo serán colocadas en bolsas de costal (bolsa de mandado), posteriormente, serán colocadas en la prensa para su secado, como se explica en el párrafo anterior.

Preguntas guía

1. El conocimiento de las especies ha estado en función de las necesidades de la población: alimento, salud, vestido, construcción, etc. Además de estas, ¿que otro conocimiento etnobotánico se han desarrollado en el área del Geoparque Mixteca Alta como delimitación de tierras, para realizar terrazas, como barreras cortavientos, para atraer o mantener fuentes de agua?
2. ¿Hay plantas nativas que han desaparecido o se ha reducido su población? ¿Por qué?
3. ¿Su dieta alimenticia ha sufrido cambios? ¿Continúa consumiendo especies locales, como quelites?
4. Para mantener su salud, ¿qué especies locales utiliza?
5. En eventos culturales o religiosos, ¿qué especies se utilizan comúnmente?
6. En cuanto al uso de especies, ¿qué conocimiento está más desarrollado, el alimenticio, medicinal, religioso u otro? ¿Por qué?
7. ¿Cómo se ha mantenido el conocimiento etnobotánico de generación en generación?
8. ¿Cómo crees que se pueda mejorar el uso y manejo de especies de interés etnobotánico? La mejora de la tecnología tradicional, por ejemplo, enriquecer alimentos, incluir especies potenciales para la recuperación de suelos y la fertilidad, el uso de material de construcción que sustituya plásticos u otros materiales que generan basura y contaminación.
9. Es posible registrar ejemplos del conocimiento local sobre las especies como indicadores de fenómenos naturales, es decir, si por ejemplo, cuando en el año se tendrá una sequía prolongada, ¿los árboles de enebro se observan con un color más cenizo que de costumbre? (Esto es deseable, pero tal vez no sea posible. Lo dejo a su consideración).

Referencias

Casas, A., Viveros, J. L. y Caballero, J. (1995). Etnobotánica mixteca. Ciencias, 39, 61-63.

Katz, E. (1997). Las plantas exógenas en la taxonomía mixteca (México). Acta etnobotánica, 92, 53-58. Recuperado de https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers17-06/010028855.pdf el 19 de febrero de 2020.

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez Instituto de Ciencias Biomédicas Programa de Biología Unidad de Exhibición. *Recolecta de plantas y Herborización*. Recuperado de: http://www3.uacj.mx/ICB/UEB/Documents/Publicaciones/9%20Herborizacion.pdf el 20 de febrero de 2020.

Práctica 23. Identificación y descripción de los paisajes agrícolas

Quetzalcóatl Orozco Ramírez
Unidad Académica de Estudios Territoriales en Oaxaca, IGG/UNAM

Introducción

El estudio del paisaje es un tema recurrente en la geografía en México (García y Muñoz, 2002; Urquijo y Bocco, 2011). El paisaje como concepto se usa en muchos ámbitos del conocimiento, tanto en las ciencias naturales y sociales como en las humanidades y el arte. Incluso es muy utilizado popularmente para referirse a lo que se ve y en particular a espacios naturales. En este capítulo consideramos al paisaje con un concepto de la geografía, entendiéndolo como la unidad espacio-temporal en donde convergen elementos de la naturaleza y la cultura (Urquijo y Barrera-Bassols, 2009). Debido a que el término geográfico de paisaje integra a la naturaleza y a la cultura, se convierte en elemento clave para entender de forma completa los procesos que ocurren en el espacio, en un periodo de tiempo y donde interactúan tanto procesos naturales como culturales. Sin embargo, en México son pocos los intentos de utilizar el concepto de paisaje como el marco para unificar los enfoques en el estudio integrado de la naturaleza y la sociedad (Urquijo y Bocco, 2011).

Esta práctica trata sobre un tipo particular de paisajes, los agrícolas. Lo que diferencia a estos es su objetivo principal: la producción de alimentos u otros productos para satisfacer las necesidades humanas. Para obtener dichos productos es necesaria una modificación intencionada, la cual puede ser radical en comparación con la estructura y organización paisaje anterior. Esta intensa modificación provocada por el hombre es el resultado de la interacción entre los conocimientos de los agricultores, la tecnología que poseen y los elementos y factores naturales, así como de la historia de las comunidades agrícolas. Por estas razones, para algunos autores, los paisajes agrícolas son paisajes culturales (Zimmerer, 2014).

Los paisajes agrícolas tienen reconocimiento mundial a través de la Organización de la Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricul-

tura (FAO). En 1972 se celebró la Convención del Patrimonio Mundial Cultural y Natural de la UNESCO, en la cual se establece que ciertos lugares del planeta con valor excepcional universal pertenecen al patrimonio de toda la humanidad. Actualmente la lista de patrimonio mundial está compuesta por 1073 sitios en 163 países (UNESCO, 2019). Hasta 2012 en ella se encontraban 27 sitios con paisajes agrícolas (Castillo y Martínez, 2014). Entre los más conocidos de esta lista se encuentran: las laderas, las casas y bodegas de Champagne en Francia y las terrazas de arroz en las cordilleras de Filipinas. En México hay 35 sitios, de los cuales 3 están relacionados con los paisajes agrícolas. Las Chinampas de Xochimilco, el paisaje agavero de Jalisco y el valle de Tehuacán-Cuicatlán: hábitat originario de Mesoamérica (UNESCO, 2019).

La Mixteca Alta es un área fascinante para el estudio de los paisajes agrícolas. Es una región con paisajes muy dinámicos, aún antes de que se inventara la agricultura han tenido periodos de grandes cambios (Solís-Castillo *et al*., 2018). Los registros de construcción de terrazas agrícolas datan de al menos 3400 años (Leigh *et al*,. 2013). Durante el desarrollo urbano de la Mixteca, en la época prehispánica, hubo una gran modificación del paisaje con fines agrícolas (Spores, 2018). Y durante la época colonial el nuevo sistema socioeconómico tuvo impacto muy fuerte en los paisajes de la zona (Pastor, 1987).

Los estudios del paisaje y la agricultura que se han desarrollado en la Mixteca Alta son de dos tipos principalmente. Por un lado, tenemos los que desde la arqueología relacionan los patrones de asentamiento de las comunidades prehispánicas, las zonas agrícolas y el desarrollo urbano con las características del paisaje, pasado y actual (Pérez-Rodríguez, 2006; Spores, 2018;). Por otro, tenemos los estudios sobre economía agrícola y agroecología y cuyo objetivo principal es identificar los efectos del manejo campesino sobre los recursos naturales (García-Barrios et al., 1991), para establecer estrategias de adaptación agrícola de las comunidades (Rogé et al., 2014). Si bien en estos últimos estudios no se hace un uso explícito del concepto de paisaje agrícola, los resultados apuntan a una diferenciación de espacios agrícolas con características contrastantes en un territorio.

Objetivo

Identificar, diferenciar y describir los paisajes agrícolas del Geoparque Mixteca Alta con base a cinco criterios: 1) relieve, 2) temporalidad y diversidad de los cultivos, 3) régimen hídrico, 4) manejo, 5) distribución geográfica.

Materiales y métodos

Para esta práctica habrá que imprimir la sección de la carta topográfica (1:50 000) correspondiente al área que se vaya a trabajar, así como la imagen de satélite de Google Earth a escala 1:50000.

El primer paso será acordar con un informante local sobre el día y la hora para hacer la práctica. Se recomienda que sea en la mañana, entre las 8:00 y las 12:00 del día. Y acordar el recorrido que se hará, el cual se sugiere que inicie en la parte más baja y termine en un mirador donde se tenga una vista adecuada sobre la mayor parte de la zona que se va a trabajar.

El trabajo de campo se dividirá en dos partes: el recorrido de campo y la delimitación de los paisajes agrícolas. Durante el recorrido, el cual, como dijimos, iniciará en la parte más baja, se pondrán atención en los cinco criterios para la delimitación y clasificación de los paisajes agrícolas (Cuadro 1). La noción de paisaje implica la unidad, entonces la idea es delimitar zonas compactas, que tengan características similares en los cinco criterios a utilizar (véase la Figura 1 con ejemplos de paisajes de la región). Durante el recorrido se pondrá atención (observación participante) y se preguntaré al informante local sobre aspectos que no sean evidentes, como el manejo, o los cultivos en otra época del año. Si durante el recorrido notamos un cambio relevante sobre alguno de estos criterios, se debe marcar en el mapa la ubicación del cambio.

Cuadro 1. Criterios para la delimitación de paisajes agrícolas.

Criterio	Valores
1. Relieve	- Plano - Lomerios - Lomerios con terrazas - Laderas de pendiente mediada - Laderas de pendiente media con terrazas - Laderas con pendiente fuerte - Laderas con pendiente fuerte con laderas
2. Temporalidad y diversidad de los cultivos	- Cultivos en primavera-verano - Cultivos en otoño-invierno - Cultivos todo el año - Cultivo anuales - Cultivos perennes (plantaciones) - Cultivos principales - Monocultivos - Policultivos

3. Régimen hídrico	- Temporal (periodo de lluvias) - Humedad residual - Humedad del subsuelo - Riego (rodado, aspersión, goteo, etc)
4. Manejo	- Tipo de labranza (maquinaria, animal, manual) - Tipo de variedades (nativas, criollas, mejoradas) - Tipo de fertilización (nada, residuos orgánicos, estiércol, fertilizantes químicos - Otros insumos (herbicidas, plaguicidas) - Cosecha (manual, mecánica) - Destino principal de la producción (autóconsumo, venta, uso para animales)
5. Distribución geográfica	Este criterio se refiere a la delimitación, resultado de aplicar los criterios anteriores.

Una vez recabada la información durante el recorrido, para lo cual se deben tomar notas, nos instalaremos en un punto elevado para tener una buena vista sobre toda o la mayor parte del área a demarcar. El objetivo de este proceso es delimitar los paisajes agrícolas por los que pasamos, trazando líneas sobre la carta topográfica y la imagen de satélite, para eso debemos ubicar muy bien los puntos de referencia en el terreno, en la carta y la imagen. La delimitación se debe confirmar con el informante local, así como la homogeneidad de las unidades de paisaje definidos en todos o la mayoría de los criterios utilizados.

A

B

C

D

E

F

Figura 1. Ejemplos de paisajes agrícolas de la región: A) valles irrigados, B) valles de temporal, C) laderas de temporal, D) laderas con riego, E) pequeñas planicies elevadas y F) lamabordos.

Preguntas guía

1. ¿Cuál es el o son los principales criterios que hacen diferentes a los paisajes agrícolas delimitados?
2. ¿Cuáles son los principales problemas ambientales en cada uno de los paisajes identificados?
3. ¿Cuál es, a grandes rasgos, la historia ambiental y de manejo de cada uno de los paisajes identificados?
4. ¿Es posible identificar rasgos prehispánicos o coloniales en cada uno de los paisajes delimitados? Descríbelos, por favor.
5. ¿Qué dificultades se presentaron para la utilización de los criterios y la delimitación de los paisajes?

Referencias

Castillo Ruiz, J. y Martínez Yáñez, C. (2014). El patrimonio agrario: definición, caracterización y representatividad en el ámbito de la UNESCO. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 66, 105-124.

FAO. (s/f). Sistemas Importantes del patrimonio mundial. Consultado el 20 de octubre de 2019 en http://www.fao.org/giahs/es/

García Romero, A. y Muñoz Jiménez. J. (2002). *El paisaje en el ámbito de la Geografía*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

García-Barrios, R., García-Barrios, L. y Álvarez Buylla, E. (1991). *Lagunas: deterioro ambiental y tecnológico en el campo semiproletarizado*. México: El Colegio de México.

Leigh, D. S., Kowalewski, S. A. y Holdridge, G. (2013). 3400 years of agricultural engineering in Mesoamerica: lama-bordos of the Mixteca Alta, Oaxaca, Mexico. *Journal of Archaeological Science*, 40(11), 4107-4111. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.05.009

Pastor, R. (1987). *Campesinos y reformas: La mixteca*, 1700-1856. México: El Colegio de México.

Pérez-Rodríguez, V. (2006). Sociedades complejas y paisajes agrícolas: un estudio regional de asentamientos y terrazas en la Mixteca Alta, Oaxaca, México. En I. Grau-Mira (Ed.), *La aplicación de los SIG en la arqueología del paisaje* (pp. 247-25)4. Alicante: Universidad de Alicante.

Rogé, P., Friedman, A. R., Astier, M. y. Altieri, M. A. (2014). Farmer strategies for dealing with climatic variability: a case study from the Mixteca Alta region of Oaxaca, Mexico. *Agroecology and Sustainable Food Systems 38*(7), 786-811. DOI: https://doi.org/10.1080/21683565.2014.900842.

Solís-Castillo, B., Fernández de Castro Martínez, G., Vázquez-Castro, G., García-Ayala, G., Bocco, G. y Ortíz, M. A. (2018)."Paisaje cultural y evidencias estratigráficas del antropoceno en la Mixteca alta, Oaxaca. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana 70*(1), 147-171.

Spores, R. (2018). Ñuu Ñudzahui, La Mixteca de Oaxaca: La evolución de la cultura mixteca desde los primeros pueblos preclásicos hasta la Independencia. México: UNAM-IIEPO.

UNESCO. (s/f): Patrimonio mundia". Consultado el 15 de octubre de 2019 en https://es.unesco.org/themes/patrimonio-mundial

Urquijo Torres, P. S., y Barrera Bassols, N. (2009). Historia y paisaje: Explorando un concepto geográfico monista. Andamios, 5(10), 227-252.

Urquijo, P. S. y Bocco, G. (2011). Los estudios de paisaje y su importancia en México, 1970-2010. *Journal of Latin American Geography* 10(2), 37-63.

Zimmerer, K. S. (2014). Conserving agrobiodiversity amid global change, migration, and nontraditional livelihood networks: the dynamic uses of cultural landscape knowledge. *Ecology and Society*, 19(2), 1. DOI: http://dx.doi.org/10.5751/ES-06316-190201

Práctica 24. Análisis de los sistemas productivos agrícolas

Quetzalcóatl Orozco Ramírez
Unidad Académica de Estudios Territoriales en Oaxaca, IGG/UNAM

Introducción

La agricultura es la actividad que, por definición, caracteriza a las zonas rurales. En la Mixteca Alta, y en particular en el geoparque, no es la excepción. Aquí la agricultura se ha practicado ininterrumpidamente desde hace al menos 3400 años (Leigh *et al.,* 2003 y el hombre ha modificado intensamente el paisaje de la región por milenios (Solís *et al*., 2018). La Mixteca Alta se considera como una de las zonas rurales con mayores tasas de erosión y se ha definido como una zona de desastre ecológico atribuido al mal manejo de los recursos naturales por parte de las comunidades (Guerrero-Arenas *et al*., 2010).

En las localidades del GMA las actividades comunes son la agricultura y la ganadería. Las mismas se combinan de forma variable en la generación de ingresos con otras actividades como el comercio, la construcción y los servicios (Rogé y Astier, 2015; Palacio Prieto *et al*., 2016). Los cambios económicos impulsados para la modernización del país desde los años cuarenta trajeron como consecuencia una crisis de mano de obra debido a la migración de las zonas rurales a las ciudades. Esto causó profundos cambios en la economía de las comunidades rurales y en el sistema maicero tradicional con la semi-proletarización de los campesinos (García-Barrios y García-Barrios, 1990). En la década de los ochenta ocurrió una migración masiva, sobre todo de jóvenes, lo que contribuyó al abandono de la agricultura tradicional con tracción animal y a la prevalencia de cultivos que se podían mecanizar. La migración también afectó la ganadería; el ganado se redujo y el tractor reemplazó a la yunta (Rogé *et al*., 2014).

La actividad agrícola que vemos hoy en las comunidades del GMA es diversa y está influida tanto por las políticas agrícolas y los cambios socioeconómicos de las últimas décadas como por los factores naturales y los procesos históricos que han ocurrido en el territorio. Tanto entre comunidades, como al interior de

ellas, vemos diversos tipos de agricultura. Por ejemplo, en las partes altas del GMA hay quienes siguen practicando de forma común la siembra del maíz de cajete. Mientras que en el valle ya se cambió por otras semillas como el maíz hibrido cuando hay riego o por el frijol de mata en condiciones de temporal. Así mismo, al interior de las comunidades hay diferencias entre agricultores sobre todo por su acceso diferenciado a la tierra en términos de superficie y calidad, así como al acceso a asesoría técnica y financiamiento, entre otros factores.

Como en otras regiones del país en las comunidades agrícolas la familia es la unidad de producción más común. Aún en territorios en donde la agricultura tiene un carácter puramente comercial, los empresarios agrícolas maneja la explotación agrícola, finca o granja, más como un negocio familiar que como una corporación. En regiones como la Mixteca Alta, en donde la agricultura es principalmente para autoconsumo y es un complemento para el ingreso familiar, lo más propio es analizar la agricultura desde la escala de la familia. Este análisis nos permitirá integrar la información familiar para después hacer un análisis comunitario en caso de ser necesario.

En nuestro caso nos referimos a la familia campesina, o a la familia que realiza actividades agrícolas como unidades de producción rural, conformadas por cuatro elementos principales: los miembros de la familia (mano de obra), sus tierras que trabajan (medio de producción), las herramientas y el capital que invierten.

Objetivos

Aplicar entrevistas a familias para conocer las características de las unidades de producción agrícola.

Materiales y métodos

Lo ideal para esta práctica es que el grupo se divida en dos o más comunidades con características contrastantes. Con la finalidad de tener resultados diversos para tener una discusión más enriquecedora. El trabajo de campo consistirá básicamente en el levantamiento de una encuesta a una muestra de las familias que se dedican a la agricultura en la comunidad, para lo cual hay que seguir los siguientes pasos y recomendaciones para aplicar la encuesta:

1. Pedir permiso a las autoridades de la comunidad, explicando claramente el objetivo de la encuesta y entregarles una copia de esta.
2. Tener el número total de agricultores o familias que se dedican a la agricultura en la comunidad, este será nuestro universo de estudio. Cada familia en el contexto del muestreo será nuestra unidad muestral.
3. Decidir el tamaño de muestra objetivo. Existen varios métodos estadísticos para calcular el tamaño de muestra más adecuado según las variables a mediar. En este caso, un tamaño de muestra recomendable es de más de 30% de unidades muestrales.
4. Decidir la forma de seleccionar la muestra. Esta puede ser al azar o sistemática. Al azar consiste en seleccionar de forma aleatoria qué unidades entrevistar. La selección sistemática se lleva a cabo de acuerdo con un patrón, ya sea en la lista de agricultores en las calles de la comunidad, por ejemplo. Para obtener una muestra de 30% se puede iniciar con una casa en el extremo de una calle y a partir de esta saltarse dos casas y a la siguiente aplicar la entrevista.
5. Antes de salir a aplicar la entrevista hay que asegurarse de que se cuenta con todo el material, como formatos de encuesta, lapiceros, tabla, gorra, agua, identificación oficial.
6. Antes de aplicar la encuesta hay que presentarse con el entrevistado, explicarle completamente de qué se trata la encuesta y pedirle su consentimiento para aplicar la encuesta y explicar claramente que sus datos personales estarán protegidos. Antes de empezar con las preguntas se debe entregar la hoja de descripción del estudio y donde se le solicita su consentimiento.
7. Durante la aplicación de la encuesta hay que ser los más nítidos posible, hablar de forma clara, ni tan rápido ni tan lento.
8. Al final dar las gracias al entrevistado.

Una vez que se hayan realizado las encuestas programadas, habrá que capturar la información ya sea a través de un formulario en Google o directamente en una hoja de Excel y procederemos a analizar los datos utilizando estadística descriptiva y haciendo gráficas útiles para resumir la información.

Preguntas guía

1. ¿Cómo se distribuye la superficie de la tierra entre las familias entrevistadas, cuál es el mínimo de superficie, el máximo, el promedio?

2. ¿Cuál es el tipo de propiedad más común en la localidad?
3. ¿Cuáles son los cultivos más comunes en la comunidad?
4. ¿Cuáles consideras que son los problemas más importantes que están afectando a la agricultura en la comunidad?
5. ¿Cómo se distribuye el porcentaje de autoconsumo y de venta de la producción y a qué características de la unidad de producción puede estar asociada?
6. ¿Hay algunos cultivos que sean exclusivamente para venta y otros para autoconsumo?

Referencias

García-Barrios, R. y García-Barrios, L. (1990). Environmental and technological degradation in peasant agriculture: A consequence of development in Mexico. *World Development*, 18(11), 1569-1585. DOI: https://doi.org/10.1016/0305-750X(90)90044-X

Guerrero-Arenas, R., Jiménez-Hidalgo, E. y Santiago-Romero, H. (2010). La transformación de los ecosistemas de la Mixteca Alta oaxaqueña desde el Pleistoceno Tardío hasta el Holoceno. *Ciencia y Mar*, 14(40), 61-68.

Leigh, D. S., Kowalewski S. A. y Holdridge, G. (2013). 3400 years of agricultural engineering in Mesoamerica: lama-bordos of the Mixteca Alta, Oaxaca, Mexico. *Journal of Archaeological Science*, 40(11), 4107-4111. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.05.009

Palacio-Prieto, J. L., Rosado-González, E., Ramírez-Miguel, X., Oropeza-Orozco, O., Cram-Heydrich, S., Ortiz-Pérez, M. A. Figueroa-Mah-Eng, J. M. y Fernández de Castro-Martínez, G. (2016). Erosion, culture and geoheritage; the case of Santo Domingo Yanhuitlán, Oaxaca, México. *Geoheritage, 8*, 359-369. https://doi.org/10.1007/s12371-016-0175-2

Rogé, P., Friedman, A. R., Astier, M. y Altieri, M. A. (2014). Farmer strategies for dealing with climatic variability: a case study from the Mixteca Alta region of Oaxaca, Mexico. *Agroecology and Sustainable Food Systems, 38*(7), 786-811.

Rogé, P. y Astier, M. (2015). Changes in climate, crops, and tradition: Cajete maize and the rainfed farming systems of Oaxaca, Mexico. *Human Ecology*, 43(5): 639-653.

Solís-Castillo, B., Fernández, G., Vázquez-Castro, G., García-Ayala, G., Bocco, G. y Ortíz, M. A. (2018). Paisaje cultural y evidencias estratigráficas del antropoceno en la Mixteca alta, Oaxaca. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 70*(1), 147-171.

Anexo 1: Encuesta a Unidades de producción agrícola[2].

Encuestador: _____ No. de encuesta: _____

Sección 1: Información básica

1.1. Comunidad: _____ 1.2. Fecha _____
1.3. Nombre: _____
1.4. Edad: _____
1.5. ¿Nació usted aquí? ○ Sí / ○ No:
    1.5.1. ¿De dónde viene? _____
    1.5.2. ¿En qué año llegó? _____
1.6. ¿Usted o algún miembro del hogar es comunero?
    ○ No, todos son avecindados
    ○ Sí, yo (el participante)
    ○ Sí, otro miembro:
    1.6.1. ¿quién(es)? _____
1.7. ¿Usted o algún miembro del hogar ocupa algún cargo en la comunidad, agencia, o municipio?
    ○ No / ○ Sí:
    1.7.1. ¿qué puesto? _____
1.8. ¿Usted o algún miembro del hogar es dueño de tierras en la comunidad?
    ○ No
    ○ Sí:
    1.8.1. ¿Cuántas parcelas/terrenos tienen en total? _____
    1.8.2. ¿Cuántas hectáreas abarcan en total?
    1.8.3. ¿Cómo las obtuvieron? (*marcar más de una si aplica*)
    ○ Herencia / ○ Compra / ○ Otro: _____
    1.8.4. ¿Qué superficie de ellas sembraron el año pasado? _____
    1.8.5. ¿Qué había en lo que no sembraron? (en caso de no sembrar todo)
    _____
1.9. ¿Usted o alguien en su hogar utiliza las tierras de uso común?
    ○ No / ○ Sí:
    1.9.1. ¿para qué? _____

[2] Este cuestionario fue hecho en colaboración con _____ y _____

1.10 ¿Usted o alguien de su hogar trabaja parcelas de las que no es dueño? (sin incluir tierras de uso común)
○ No / ○ Sí:
1.10.1. ¿De quién son? (parentesco/relación) _____
1.10.2. ¿Qué arreglo tienen?
○ renta / ○ préstamo / ○ a medias / ○ otro: _____
1.10.3. ¿Cuántas hectáreas trabajaron así el año pasado? _____

Sección 2: Programas de gobierno

2.1. En su hogar, ¿con qué apoyos gubernamentales para la agricultura han contado en los últimos cinco años?

Programa	¿Continúan recibiéndolo?	¿Con cuánto dinero los apoyan/ apoyaban? ¿Qué tipo de apoyo recibían si no era monetario?	¿Cada cuándo reciben/ recibían este apoyo?
	○ Sí: ¿Desde hace cuántos años? _____ ○ No: ¿En qué año se los quitaron? _____ ¿Por cuántos años lo recibieron _____		
	○ Sí: ¿Desde hace cuántos años? _____ ○ No: ¿En qué año se los quitaron? _____ ¿Por cuántos años lo recibieron _____		
	○ Sí: ¿Desde hace cuántos años? _____ ○ No: ¿En qué año se los quitaron? _____ ¿Por cuántos años lo recibieron _____		

Sección 3: Agricultura y ganadería

3.1. ¿Tienen acceso a alguna fuente de agua para regar sus cultivos?
○ No / ○ Sí:
3.1.1. ¿De qué tipo? _____
3.1.2. ○ Es temporal (intermitente) / ○ Es permanente
3.1.3. ○ La usa para su invernadero / ○ La usa para su terreno
3.2. ¿Cuántos ciclos de siembra realizan al año? _____
3.3. ¿En cuántos sitios siembran actualmente? _____

3.4. ¿Alguno de estos sitios incluye alguna terraza o camellón? ○ No / ○ Sí:
3.4.1 ¿Cuánta superficie siembran en terraza o camellón? _____
3.5. ¿Qué tipo(s) de labranza usan? ¿Son suyo(a)s?
3.5.1. ○ Tractor:
3.5.1.1. ○ Es nuestro / ○ Lo rentamos / ○ Nos lo prestan (sin costo)
3.5.2. ○ Yunta:
3.5.2.1. ○ Es nuestra / ○ La rentamos / ○ Nos la prestan (sin costo)
3.5.3. ○ Otro: _____
3.5.3.1. ○ Es nuestro / ○ Lo rentamos / ○ Nos lo prestan (sin costo)
3.6. ¿Qué tipo(s) de fertilizantes o abono usan? _____
3.7. ¿Qué tipo(s) de herbicidas usan? _____
3.8. ¿Qué tipo(s) de plaguicidas o insecticidas usan? _____
3.9. ¿Contratan jornaleros? ○ No / ○ Sí:
3.9.1. Aproximadamente, ¿cuántos contrataron el año anterior?_____
3.9.2. ¿Para qué los utilizan?
○ Para cosechar / ○ Para sembrar / ○ Otro(s): _____
3.10. ¿Qué variedades de maíz siembran?
_____
3.11. ¿Existen variedades que sembraban antes pero ya no? ○ No / ○ Sí:
3.11.1. ¿Cuáles? _____
3.11.2. ¿Por qué dejaron de sembrarlas?
_____
_____
3.12. ¿Suelen sembrar varios cultivos juntos (en milpa) o separados?
○ Juntos / ○ Separados
3.13. De los siguientes cultivos, ¿podría decir cuánto sembraron y produjeron en los últimos 2 años? De esa producción, ¿cuánto es para consumo propio y cuánto para venta? (en %)

Cultivo	2019		2018		% auto- consumo vs. % venta
	Sup. (ha)	Prod. (kg)	Sup. (ha)	Prod. (kg)	
Maíz cajete					
Maíz riego					
Maíz temporal					
Frijol					
Trigo					

3.14. Además de estos cultivos, ¿ustedes siembran…?

- ○ Avena
- ○ Alfalfa
- ○ Cebada
- ○ Alpiste
- ○ Otro: _____

3.15. ¿Dónde suelen vender su producción agrícola?

- ○ Aquí mismo (la gente de aquí la compra)
- ○ Aquí mismo (vienen compradores)
- ○ La llevamos a: _____

3.16. En promedio, ¿para cuántos meses les alcanza el maíz que se queda? _____

3.17. En promedio, ¿para cuántos meses les alcanza el frijol que se queda?_____

3.18. Comparado con hace 10-15 años, ¿ha cambiado la cantidad de tierra que trabajan?

- ○ No, trabajamos lo mismo
- ○ Sí, ahora trabajamos menos superficie / ○ Sí, ahora trabajamos más superficie

3.18.1. ¿Cuánto trabajaba hace 10-15 años? _____

3.18.2. ¿Por qué ahora trabaja menos (o más) tierra?_____

_____

3.19. ¿Tuvieron ganado el año pasado? ○ No / ○ Sí:

	Bovino (vacas, becerros, toros, bueyes)	Ovino (ovejas, borregos)	Caprino (chivos, cabras)
¿Cuántas cabezas de ganado tuvieron el año pasado?			
¿Cuántas vendieron?			
¿Cuántas dejaron para auto-consumo?			

3.20. ¿Dónde suele vender su ganado?

- ○ Aquí mismo (la gente de aquí lo compra)
- ○ Aquí mismo (vienen compradores)
- ○ Lo llevamos a: _____

3.21. Comparado con hace 10-15 años, ¿ha cambiado la cantidad de ganado que tienen?

○ No / ○ Sí:

3.21.1. ○ Ahora tenemos menos ganado bovino / ○ Ahora tenemos más ganado bovino

3.21.1.1. ¿Cuántas cabezas de ganado bovino tenían hace 10-15 años?

_____

3.21.2. ○ Ahora tenemos menos ganado ovino / ○ Ahora tenemos más ganado ovino

3.21.2.1. ¿Cuántas cabezas de ganado ovino tenían hace 10-15 años?

_____

3.21.3. ○ Ahora tenemos menos ganado caprino / ○ Ahora tenemos más ganado caprino

3.21.3.1. ¿Cuántas cabezas de ganado caprino tenían hace 10-15 años?

_____

3.21.4. ¿Por qué ha cambiado la cantidad de ganado que tenían hace 10-15 años?_____

Práctica 25. Construcción de lamabordos

Quetzalcóatl Orozco Ramírez
Unidad Académica de Estudios Territoriales en Oaxaca, IGG/UNAM

Introducción

Los lamabordos o camellones (como son conocidos localmente) tienen importancia arqueológica, histórica y cultural. Los más antiguos que se han datado tienen entre 3400 y 3500 años (Leigh *et al.*, 2013). Se construyeron para aprovechar la erosión que ocurre de forma natural en la región, retener suelo y crear más superficie para sembrar. La tierra cultivable es escasa en la región por la topografía. La construcción de terrazas tipo lamabordos permitió el florecimiento de la cultura mixteca en la Mixteca Alta (Spores, 2018). En la época prehispánica se construyeron tantos lamabordos que modificaron profundamente el paisaje de lo que hoy es el Geoparque Mixteca Alta (López-Castañeda, 2016).

Actualmente los lamabordos son importantes para asegurar la producción de alimentos para las familias porque la cosecha del maíz es segura año con año. Aunque haya un año malo, la cosecha es de entre un 50% y 70% de un año bueno. Las terrazas que se forman por los camellones mantienen la humedad adecuada para las siembras, la humedad de las lluvias se guarda y esto ayuda sobre todo cuando la lluvia es irregular. Además, acumulan materia orgánica que arrastra la lluvia y no es necesario aplicar fertilizantes (Figura 1). Los camellones y los arenales son terrenos construidos por las familias campesinas y son una tecnología que los mixtecos desarrollaron y son parte del patrimonio cultural de la región (Bocco *et al.*, 2019).

Este texto, que documenta el conocimiento para la construcción de los lamabordos, es el resultado de la colaboración entre la academia y una familia de campesinos. El conocimiento que aquí se registra es el resultado de años de experiencia de la familia Rodríguez Cruz de la comunidad de Río Blanco, Tonaltepec. Don Concepción Rodríguez, doña Demetría Cruz, Jorge Rodríguez Cruz y su esposa Camelia han rehabilitado y construido camellones desde inicios de los años ochenta, tienen casi 40 años de experiencia y son herederos de este conocimiento mixteco ancestral.

Figura 1. Arenales (lamabordos) sembrados de maíz en Rio Blanco Tonaltepec.

Objetivos

Esta práctica tiene por objetivos construir un lamabordo, contribuir a la valoración del conocimiento tradicional asociado al control de la erosión y a la creación de terrenos productivos, y analizar el trabajo y la productividad del sistema de producción de maíz en lamabordos.

Materiales

Los materiales principales son las piedras de varios tamaños, entre más grandes mejor. El tamaño depende de cuánta gente va a trabajar, y de las herramientas disponibles.

Las herramientas necesarias son: barretas, picos, palas, cuñas, carretillas, marro grande y chico y maderos. Si las piedras que se van a mover están lejos y son muy grandes se usa la yunta.

Métodos

Los camellones se construyen primero en la parte baja de la barranca o arroyo, para que la tierra que arrastra el agua primero llene abajo. Después se construye otro más arriba y así sucesivamente. Por eso, ahora vemos en algunas barrancas una fila de larga de camellones hasta llegar a la parte más alta de la barranca (Figura 2). A esta sucesión de lama-bordos se le llama Coo, serpiente en mixteco, porque los lamabordos uno tras de otro parecen una gran serpiente que baja entre los cerros.

Los camellones se construyen entre enero y marzo, antes de las lluvias, para que cuando llueva se empiecen a rellenar. Si hay tierra para sembrar, se debe utilizar en cuanto se acabe de construir el camellón, de preferencia en enero, para que la milpa alcance a crecer y no se tape con la arena que baja.

El lugar debe tener tierra maciza por los lados para que el agua no vaya a derrumbar el camellón por las orillas. Se debe ubicar de dónde se va a sacar la piedra y cómo se va a llevar al lugar (Figura 3). Dependiendo de lo ancho de la barranca y de la fuerza del agua se van a necesitar piedras más grandes, también se va a requerir construir una tascada con madera, palos y ramas para disminuir la fuerza de la corriente.

Figura 2. Secuencia de camellones en buen estado de conservación en Guadalupe Gavillera, San Bartolo Soyaltepec.

Figura 3. Lugar apto para construir un camellón.

La construcción se inicia abriendo una zanja, como para un cimiento, a lo ancho de la barranca. El ancho de la zanja será de 3 metros. La profundidad depende de qué tan hondo está el suelo macizo para soportar el muro y que no se vaya la piedra con la fuerza del agua. La forma de acomodar las piedras es lo importante. Se comienza poniendo una fila de piedras lo más grandes posible hacia el lado de afuera del camellón (Figura 4). Las piedras deben quedar bien sentadas. A continuación, se rellenan con piedras medianas y chicas los tres metros de zanja. Las piedras deben estar bien acomodadas y juntas como un filtro fino, no como una coladera. Las piedras no deben moverse (estar bailando). Es mejor meterle piedras grandes abajo, medianas y chicas hasta arriba, porque si se le mete piedra chica abajo y piedra grande arriba el peso puede hacer que se derrumbe el camellón.

Figura 4. Las primeras piedras de la base del camellón.

De ahí se hace otro camelloncito, otra fila de piedra y entonces la rellenamos con pura piedra chica. El siguiente paso es poner unas tablas arriba del camellón y una madera fuerte que servirá para rodar la piedra y subirla al camellón, para poner la siguiente capa de piedras. El camellón debe quedar bien firme y caminar arriba con la carretilla sin que se mueva.

Hay que tener cuidado para no golpearse, y tomarse el tiempo par decirle a alguien que esté cerca que se retire un poco o informarle que vamos a palanquear con barreta o con pico. Uno también debe tener cuidado con lo que se está haciendo porque de repente se puede resbalar la barreta o alzar el pico. Hay gente que se ha golpeado, por lo que hay que estar atentos. También hay que tener cuidado al meter la mano para mover las piedras, que todos carguemos parejo porque hay veces que se recarga más de un lado el peso. Esos son los cuidados que hay que tener para no machucarse (Figura 5).

Figura 5. Trabajando con cuidado.

Para lograr mover las piedras grandes se usa la barreta en la parte de abajo de la piedra y por arriba se empuja, teniendo cuidado de que no se desequilibre el peso. La piedra se va rodando y cuando es sobre arena y no rueda, se buscan maderos para ponerlos y echarla por encima, es como hacer un caminito y sobre las maderas echarla a que ruede (Figura 6).

Figura 6. Moviendo piedras grandes con mucho cuidado.

La altura que se puede alcanzar el primer año es de un metro o uno con veinte centímetros cuanto mucho. Eso se verá con la pendiente que trae el río, con la barranca. Porque si tenemos mucha pendiente no nos conviene subirle mucho. Después, podemos poner piedras a los lados en el tiempo que no llueve, las podemos acomodar y rodarlas.

El desplante del camellón, el primer año, depende de la anchura de la barranca, pero por lo regular se ocupan dos días para ya dejarlo terminado a un metro, porque se va muy lento para acomodarlo. Es un poquito tardado porque hay que tener cuidado en el trabajo (Figura 7),

Figura 7. El camellón está terminado para recibir las primeras lluvia.

En los años siguientes a la construcción hay que limpiar el camellón, depende cómo se vaya viendo, porque si ya descombramos donde está la barranca, hay que dejar que la arena vaya subiendo. Si hay mucha carga de agua, hay que ver la mejor forma para evitar esa corriente para que no afecte tanto, o disminuir el peso de esa carga de agua para que se vaya frenando, por eso se hacen otros camelloncitos en la parte de arriba para que el golpe vaya frenando siempre y cuando el lugar se preste.

Hay que revisar el camellón porque a veces el agua hace remolinos y busca su salida por abajo, hace un hoyo y puede derrumbar el camellón. En ese caso se debe rellenar el hoyo con piedras grandes abajo y tierra y meterle cuñas por el frente del camellón para amacizarlo.

El segundo año, dependiendo de cuanto se llenó de arena el lamabordo, debemos subir otro poco el camellón, máximo otro metro. Se hace en el tiempo de secas. Usando la misma técnica, poniendo piedras grandes hacia el lado de afuera del lama-bordo y piedras pequeñas hacia adentro para que sea como un filtro. Se debe poner atención en dejar el escarpio suficiente a cada hilera de piedras para el camellón tenga la resistencia suficiente.

Preguntas guía

1. ¿Cuál fue el volumen y el peso de las piedras movidas para la construcción del camellón durante la práctica y cuánta gente trabajo?
2. ¿Cuál es el volumen aproximado de los sedimentos que se van a retener una vez que esté lleno el camellón?
3. ¿Cuál será la superficie aprovechable una vez que esté lleno el lamabordo y cuantas plantas de maíz se podrán sembrar? Con esta información, considerando un rendimiento de 100 gramos de maíz por planta, calcula cual será la cosecha estimada y discute con la información de todas estas preguntas sobre la sustentabilidad del sistema de producción en lamabordos.

Referencias

Bocco, G., Solís Castillo, B., Orozco-Ramírez, Q., y Ortega-Iturriaga, A. (2019). La agricultura en terrazas en la adaptación a la variabilidad climática en la Mixteca Alta, Oaxaca, México. *Journal of Latin American Geography, 18*(1), 141-168. DOI: 10.1353/lag.2019.0006.

Leigh, D. S., Kowalewski, S. A. y Holdridge, G. (2013). 3400 years of agricultural engineering in Mesoamerica: lama-bordos of the Mixteca Alta, Oaxaca, Mexico. *Journal of Archaeological Science, 40*(11), 4107-4111.

López-Castañeda, N. 2016. Transformación antrópica del paisaje por prácticas agrícolas en Yanhuitlán Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Colegio de Geografía, UNAM.

Spores, R. (1969). Settlement, farming technology, and environment in the Nochixtlan Valley. *Science, 166*(3905), 557-569.

Spores, R. (2018). *Ñuu Ñudzahui. La Mixteca de Oaxaca: La evolución de la cultura mixteca desde los primeros pueblos preclásicos hasta la Independencia*. México: UNAM-IIEPO.

Glosario

Arenal. superficie plana que se forma por la acumulación de arena y tierra en un camellón. Es la superficie donde se cultiva. Se llama arenal porque se acumula principalmente arena arrastrada por la corriente de agua.
Barreta. herramienta metálica que sirve para mover piedras usándola como palanca.
Camellón. pared de piedra que se construye para retener el suelo arrastrado por la corriente.
Cuña. herramienta metálica que sirve para quebrar piedras.
Escarpio. ángulo o inclinación del camellón que le permite tener más resistencia. Se forma porque cada hilera de piedras está un poco más metida que la hilera anterior.
Lamabordo. tipo de terraza formada por una pared de piedra (camellón) y el arenal (superficie plana). Se construyen sobre los arroyos y aprovechan la erosión natural de los suelos que se encuentran arriba.
Tascada. barrera construida con troncos y ramas para disminuir la fuerza del agua para evitar que la corriente destruya el camellón.

Práctica 26. Agrobiodiversidad de la milpa

Quetzalcóatl Orozco Ramírez
Unidad Académica de Estudios Territoriales en Oaxaca, IGG/UNAM

Introducción

La agrobiodiversidad se refiere a la variedad y variabilidad de organismos que se encuentran en los agroecosistemas, teniendo esta un papel fundamental en la sustentabilidad agrícola y en la seguridad alimentaria (Jackson *et al.*, 2007). Su conservación *in situ* es esencial por varias razones. Esta es una fuente de variación genética útil para el desarrollo de nuevas variedades que permiten asegurar la producción mundial de alimentos (Brush, 2000). También es importante para la adaptación de los sistemas agrícolas al cambio climático (Bellon y van Etten, 2014). Para los agricultores, la agrobiodiversidad juega un papel básico para la viabilidad de sus sistemas de producción, ya que esta brinda adaptación local a ambientes marginales y a la variación ambiental. Además, proporciona servicios ecosistémicos como la resistencia a plagas y enfermedades (Jarvis *et al.*, 2011). La modernización de la agricultura, que incluye el uso de variedades mejoradas, trajo como consecuencia la pérdida de agrobiodiversidad, debido a la sustitución de variedades locales por mejoradas (Hawkes, 1983; Harlan, 1992). En los años 1960 se propusieron dos enfoques para la conservación de la biodiversidad agrícola, uno que implica conservar las variedades tradicionales en bancos de germoplasma, conocida como conservación *ex situ* (Plucknett *et al.*, 1987) y otro que consiste conservar la diversidad en los campos de los agricultores llamada conservación *in situ* (Altieri y Merrick, 1987).

La milpa es un sistema de policultivo inventado por los grupos indígenas mesoamericanos, es un sistema muy antiguo pero que se mantiene vivo. Las especies fundamentales de la milpa son el maíz, el frijol y la calabaza, y a estas se integran otras en función de las condiciones ambientales y culturales (Figura 1). A lo largo del país hay muchos tipos de milpas (Aguilar *et al.*, 2003). En ellas operan varios procesos ecológicos que contribuyen a incrementar el rendimiento y a hacerlo estable aún con fluctuaciones ambientales, lo que llamamos resiliencia. Por ejemplo, existen

Figura 1. Milpa en la Mixteca Alta.

interacciones de cooperación entre las especies principales, el maíz da soporte al frijol, el frijol fija nitrógeno. El maíz crea un ambiente de sombra para la calabaza y esta cubre el suelo para reducir el crecimiento de otras yerbas. La diversidad también contribuye a reducir el ataque de plagas y enfermedades. Además, se hace uso óptimo del espacio (Gliessman, 2002; Aguilar *et al.*, 2003). Otro elemento muy importante de la milpa son las plantas arvenses útiles, los más conocidos son los quelites, otras son las medicinales y la mayoría se usa para forraje.

En la Mixteca Alta hay una larga historia agrícola, se menciona que tiene más de tres milenios (Leigth *et al.*, 2013). Las condiciones ambientales de la región hacen que la agricultura sea una actividad muy riesgosa, entre las que destacan una corta estación de crecimiento, suelos delgados en las laderas, lluvias irregulares y bajas temperaturas. Al mismo tiempo estas condiciones ambientales han contribuido por cientos de años a la selección de maíces, frijoles, calabazas y otras especies adaptadas a estas condiciones. Uno de los sistemas de milpa más especiales y únicos en la región es el maíz de cajete (Figura 2), un sistema de producción de maíz, frijol y calabaza que utiliza la humedad residual del suelo (Orozco *et al.*, 2019).

Figura 2. Siembra de maíz de cajete.

Debido a la diversidad de milpas en diferentes ambientes y condiciones socioeconómicas y culturales resulta de importancia realizar un inventario de la agrobiodiversidad. Aunque este concepto incluye también a los microrganismos y a las plantas que viven en los alrededores de las parcelas, en esta práctica solo nos referiremos a la agrobiodiversidad útil para la familia. Por otro lado, la disponibilidad de productos de la milpa no se presenta de manera continua durante todo el año, de allí la importancia de conocer el calendario de la milpa.

Objetivos

Realizar un inventario de las especies útiles presentes en la milpa y describir sus usos. Y realizar un calendario de disponibilidad de productos de la milpa.

Métodos

Esta práctica se realizará por equipos, con un máximo de 4 personas, quienes harán un recorrido por una milpa en compañía de la familia dueña de la milpa.

Se recomienda llevarla a cabo entre los meses de agosto y octubre que es cuando se encuentra la mayor diversidad de plantas en el campo.

El primer paso será caminar por la milpa y hacer una lista libre de todas las plantas que se pueden observar, para esto se anotarán los nombres comunes de las plantas dadas por la familia. En esta lista se deben incluir tanto las plantas cultivadas, las que crecen solas en los surcos y las que se encuentran en las orillas de la parcela. Sería muy recomendable tener fotos de cada una de las plantas listadas.

Una vez que tengamos la lista, la escribiremos de preferencia en un rotafolio, y al lado de la lista anotaremos los usos que tiene cada una de las plantas y sus productos. Por ejemplo, en el caso del maíz se utilizan los elotes, el grano, y la planta seca como forraje (Cuadro 1). Una vez que tengamos la información de cada planta podemos preguntar si no se nos está olvidando alguna.

En algunas comunidades también se aprovechan insectos de la milpa, como los chapulines. Si es el caso de esta familia también lo anotaremos.

Cuadro 1. Lista de plantas y animales de la milpa y sus usos.

Nombre	Uso 1	Uso 2	Uso 3
Planta 1			
Planta 2			
Planta 3			
…			

Una vez terminada la lista, vamos a realizar el calendario de los productos de la milpa para lo que utilizaremos un calendario anual dividido en meses. Sería ideal que cada mes esté dividido en semanas (Cuadro 2). En cada renglón vamos a anotar cada una de las plantas y animales registrados y procederemos a preguntar en qué época del año están disponibles. Es posible que en la lista no se hayan

anotado todas las plantas por no estar presentes en el momento del recorrido, así que al acabar de anotarlas debemos preguntar si no falta alguna.

Cuadro 2. Calendario de la disponibilidad de los productos de la milpa.

Nombre	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Planta 1												
Planta 2												
…												

Una vez recopilada la información será sistematizada, se pueden diseñar gráficos atractivos que ayuden al análisis de la información en el grupo. También se le deben regresar los resultados a la familia que apoyo aportando la información.

Preguntas guía

1. ¿Tenías idea de la diversidad de plantas que hay en la milpa y sus usos?, ¿cuáles fueron los que más te sorprendieron?
2. ¿Cuáles son los meses en donde han más abundancia de productos de la milpa y cuando hay menos?
3. ¿Qué se podría hacer para aumentar la disponibilidad en los meses que escasean algunos productos de la milpa?
4. ¿Por qué, si la milpa es un sistema tan bondadoso en términos de los productos que ofrece, cada vez se siembra menos maíz en milpa y más en monocultivo?
5. ¿Cuáles fueron las diferencias encontradas entre las milpas que estudiaron cada uno de los equipos?

Referencias

Aguilar, J., Illsley, C. y Marielle, C. (2003). Los sistemas agrícolas de maíz y sus procesos técnicos. En G. Esteva y C. Marielle (Eds.), *Sin maíz no hay país* (pp. 83-122). México: Conaculta.

Altieri, M. A. y Merrick, L. (1987). In situ conservation of crop genetic resources through maintenance of traditional farming systems. *Economic Botany, 41*(1), 86-96.

Bellon, M. R. y J. van Etten, J. (2014). Climate change and on-farm conservation of crop landraces in centres of diversity. En M. Jackson, B. Ford-Lloyd y M. Parry (Eds.), Plant Genetic Resources and Climate Change (pp., eds., 137-150). UKGran Bretaña: CABI.

Brush, S. (2000). *Genes in the field: On-farm conservation of crop diversity*. 288. International Development Research Centre Institute International Plant Genetic Resources Lewis Publishers.

Gliessman, S. R. (2002). *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Catie.

Harlan, J. R. (1992). *Crops and Man*. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin: Crop Science Society of America.

Hawkes, J. G. (1983). *The diversity of crop plants*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Jackson, L. E., U. Pascual, U. y T. Hodgkin, T. (2007). Utilizing and conserving agrobiodiversity in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 121*, 196-210.

Jarvis, D. I., Hodgkin, T., Sthapit, B. R., Fadda, C. y Lopez-Noriega, I. (2011). An heuristic framework for identifying multiple ways of supporting the conservation and use of traditional crop varieties within the agricultural production system. *Critical Reviews in Plant Sciences, 30*(1-2), 125-176.

Leigh, D. S., Kowalewski, S. A. y Holdridge, G. (2013). 3400 years of agricultural engineering in Mesoamerica: lama-bordos of the Mixteca Alta, Oaxaca, Mexico. *Journal of Archaeological Science, 40*(11), 4107-4111.

Orozco-Ramírez, Q., Bocco, G. y Solís-Castillo, B. (2019). Cajete maize in the Mixteca Alta region of Oaxaca, Mexico: adaptation, transformation, and permanence. *Agroecology and Sustainable Food Systems, 44*(50), 1-23.

Plucknett, D., Smith, N. J., J. Williams, J. y Anishetty, N. M. (1987). *Gene banks and the world's food*. Princeton, N.J.: Princeton University Press.

Práctica 27. Estimación de almacenamiento de carbono en árboles frutales

Isabel del Rayo Estrada Herrera
Unidad Académica de Estudios Territoriales en Oaxaca, IGG/UNAM

Introducción

Los efectos del cambio climático se observan principalmente en la disminución en la productividad de la producción agrícola. Se denomina efecto invernadero al fenómeno por el que parte de la energía calorífica emitida por la corteza terrestre es retenida y reflejada por determinados gases que forman parte de la atmósfera, impidiendo que se produzca un enfriamiento progresivo de la Tierra. Sin la actuación de estos gases, la vida tal como la conocemos no sería posible, ya que el calor emitido por el planeta se disiparía en el espacio produciendo unas temperaturas extremadamente bajas. Entre estos gases se encuentran el dióxido de carbono (CO_2), el óxido nitroso y el metano que, en su mayor parte, son liberados por la industria, la agricultura, la ganadería y la combustión de combustibles fósiles. De todos estos gases, el CO_2 cobra especial relevancia por su efecto sobre las condiciones climáticas del planeta debido a que es un gas de larga permanencia, es decir, permanece activo en la atmósfera durante mucho tiempo. Así, por ejemplo, del CO_2 emitido a la atmósfera, un 50% tardará 30 años en desaparecer, un 30% permanecerá varios siglos y el 20% restante durará varios millares de años (Solomon *et al.*, 2007; Espada, 2013).

Las plantas son un sumidero de carbono. Se conoce como sumidero todo sistema o proceso por el que se extrae de la atmósfera un gas o gases y se almacena, ya que las plantas tienen la capacidad de captar el CO_2 atmosférico, y mediante procesos fotosintéticos metabolizarlo para la obtención de azúcares y otros compuestos que requieren para el normal desarrollo de su ciclo vital. En resumen, las plantas, a través de la fotosíntesis, extraen el carbono de la atmósfera (en forma de CO_2) y lo convierten en biomasa. La biomasa al descomponerse se convierte en parte del suelo (en forma de humus) o en CO_2, a través de la respiración de los microorganismos que procesan la biomasa (Espada, 2013). El CO_2 capturado por

las plantas es el resultado de las diferencias entre el CO_2 atmosférico absorbido durante la fotosíntesis y el CO_2 emitido por la atmosfera durante la respiración. Esta diferencia es convertida en biomasa y suele oscilar entre el 45-50% del peso seco de la planta. Por lo tanto, mientras el crecimiento sea alto, la vegetación natural y los cultivos agrícolas se convierten en los sumideros de carbono. Teniendo esto en cuenta, los cultivos perennes se pueden convertir en un mecanismo para mitigar el incremento del CO_2 atmosférico.

Los árboles frutales contribuyen a la mitigación del cambio climático mediante la captura de carbono en sus estructuras leñosas. Una forma de estimar el potencial de captura de carbono en especies frutales es mediante ecuaciones alométricas específicas por especie, las ecuaciones alométricas se generan mediante muestreos destructivos, posteriormente con un análisis estadístico se generan las ecuaciones definitivas que se pueden aplicar en estimaciones en campo midiendo el diámetro a la altura del pecho (DAP) y el diámetro de algunas ramas en función de la especie. Una vez generadas se pueden aplicar posteriormente a las mismas especies.

Salgado et al. (2018) refieren en la parte maderable de frutales de café hay una concentración de carbono del 47.8%. En un sistema agroforestal con cacao la acumulación de carbono fue en promedio de 243 Ton de carbono al año (Sonwa, 2004).

En 1998 se inició, en Oaxaca, el Proyecto Manejo Sustentable de Laderas (PMSL) constituido por varios sub-proyectos, uno de los cuales fue denominado "Metodología de medición de la captura del carbono". Sus objetivos fueron contribuir a entender mejor la cantidad de carbono asociada a ciertos sistemas vegetales naturales y a determinados sistemas agrícolas tradicionales y mejorados con tecnología apropiada, así como estudiar la manera y cantidad con que estos diversos sistemas contribuían a la captura y secuestro de carbono en el largo plazo (PMSL, 1999).

El proyecto fue parcialmente financiado por el Global Environmental Facility (GEF), Banco Mundial, el gobierno del estado de Oaxaca, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y fue ejecutado por el Colegio de Postgraduados. Uno de sus resultados fue la generación de ecuaciones alométricas para estimar el potencial de la captura de carbono en arboles de café y durazno, estas últimas serán las que se utilizarán en el desarrollo de esta práctica de campo.

En algunos municipios y agencias del territorio del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta Oaxaca con anterioridad han incidido programas como PESA (Proyecto Especial para la Seguridad Alimentaria) y PEDREL (Programa Especial de Desarrollo Rural en Territorios de Laderas) que han promovido el establecimiento de sistemas agrícolas integrales como el MIAF (Milpa Intercalada con

árboles frutales), un sistema sustentable de tecnología con enfoque multi-objetivo y multi–funcional, abarca la producción agrícola, la cual aumenta el ingreso neto del productor de manera significativa mediante la venta de la producción de los frutales, promueve la práctica de conservación del suelo y el sistema actúa como sumidero de carbono atmosférico.

Objetivo

Estimar mediante mediciones de los frutales de sistemas ya existentes en campo, y la aplicación de ecuaciones alométricas generadas para esas especies, el potencial de captura carbono de los frutales que estén establecidos en territorio del GMA durante las prácticas de campo que se desarrollan en el área del geoparque.

Materiales y métodos

- Lo que vamos a necesitar será:
- Vernier y cinta métrica o flexómetro
- Formato de recolección de datos (anexo 1)
- Lápiz
- Ropa, zapatos y equipo para recorridos de campo (agua, gorra o sombrero).

Se sugiere planear está práctica con anticipación para que los guías y personal del GMA preparen con los productores que tengan frutales establecidos, los recorridos y se distribuya la cantidad de practicantes en función de la disponibilidad de parcelas. Deben considerarse los siguientes aspectos:

1. Presentación del grupo de practicantes con productores y autoridades o representantes locales para explicar la actividad.
2. Distribución de practicantes a las parcelas y productores disponibles.
3. Se toman medidas del diámetro de los componentes de los árboles frutales en base al siguiente esquema y se registran en el formato b) del anexo 1:

   Ecuación para especie de durazno: en esta especie la biomasa total del árbol se calcula por partes, primero la biomasa aérea de las ramas, luego se le suma la biomasa del tallo, la cual se estima con base en el volumen de este y la densidad de la madera, como se indica a continuación:

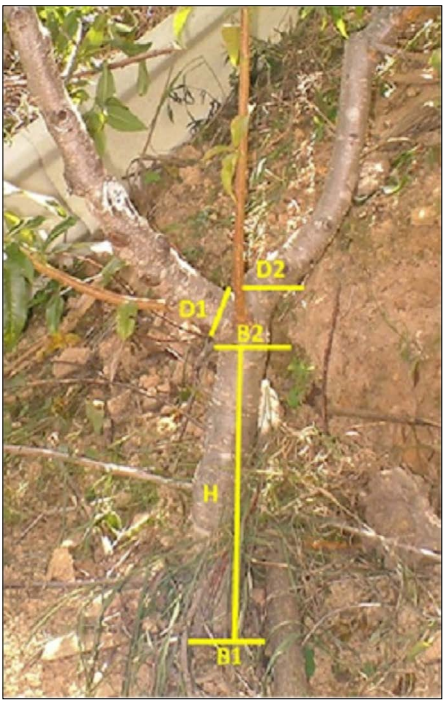


Figura 1. Esquema de mediciones en árboles de durazno. Fuente: Estrada (2007).

Biomasa aérea (BA) de las ramas: se sustituye el valor del diámetro de cada rama en ecuaciones independientes y se suman para obtener la biomasa aérea de ramas, es decir, esta ecuación se repite al menos en dos ocasiones, el MIAF tiene un manejo en el que solo se desarrollan 2 ramas, en raras ocasiones se encuentran hasta un máximo de 3 ramas, de ser el caso al final se suma el resultado de la BA de las ramas encontradas.

BA = *EXP (-2.76398 + 2.367 ln(D1))*
D1= diámetro a la base de rama 1 (r1)
BA = *EXP (-2.76398 + 2.367 ln(D2))*
D2= diámetro a la base de rama 2 (r2)
BAT= Bar1 + Bar2

Volumen del tallo (VT): primero se calcula el volumen del tallo del árbol (VT) utilizando los diámetros de las bases superior e inferior y la altura, considerando que este es un tronco de cono.

VT = ((Bs+Bi)/2)*H
Bs = base superior
Bi = base inferior
H = altura

Biomasa del tallo (BT): una vez obtenido el volumen del tallo, se procede a calcular la biomasa del tallo (BT) con la fórmula siguiente que considera la densidad de la madera, determinada experimentalmente por Acosta (2003).
BT = (VT*0.6)/100
VT = volumen del tallo
0.6 = densidad de la madera durazno.

Biomasa total (BTt): se suman los resultados obtenidos de la biomasa aérea de las ramas (BA) y de la biomasa del tallo (BT) para obtener la biomasa total del árbol.

BTt = BA + BT

Estimación del carbono en la biomasa aérea de los árboles frutales: para estimar la cantidad de carbono asociada a la biomasa se multiplica esta última, que se expresa en peso seco a 72°C, por el factor 0.5, valor correspondiente a las estimaciones experimentales realizadas en la madera de estos árboles por Acosta (2001). Un ejemplo de los cálculos de esta actividad se incluye en el apartado c) del Anexo 1.

Suponiendo una densidad de 1000 árboles frutales por ha, se multiplica el resultado por esta cantidad para estimar el potencial de los frutales por ha.

Con el desarrollo de esta práctica podemos conocer el valor ecosistémico de los árboles frutales y explicar a los productores de la importancia de estos en la mitigación del efecto invernadero. Además los árboles tienen valor económico por la venta del fruto. Otro beneficio de los árboles es su importancia para la conservación del suelo. Podemos fomentar la reactivación de estos sistemas que en algunos lugares se encuentran abandonados.

Referencias

Acosta, M., Etchevers, J. D., Monreal, C., Quednow, K. e Hidalgo, C. (2001). *Un método para la medición del carbono en los compartimientos subterráneos (raíces y suelo) de sistemas forestales y agrícolas en terrenos de ladera en México*. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, México.

Acosta, M. M., (2003). *Diseño y aplicación de un método para medir los almacenes de carbono en sistemas con vegetación forestal y agrícolas de ladera en México*. Tesis: Doctor en ciencias agrícolas. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, México.

Espada, C. J. L. (2013). *Los árboles frutales como sumideros de CO_2 desempeñan un importante servicio ambiental*. Unidad de Tecnología Vegetal. Cultivos leñosos. Ed. Gobierno de Aragón. Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente. Dirección General de Alimentación y Fomento Agroalimentario. Servicio de Recursos Agrícolas.

Estrada, H. I del R. (2003). *Carbono del suelo acumulado en sistemas agrícolas en tres microcuencas del Estado de Oaxaca*. Tesis. Ingeniero Agrónomo Especialista en Suelos. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México.

Estrada, H. I del R. (2007). *Carbono en biomasa aérea, en suelo y su relación con la fracción fina de este reservorio*. Tesis. Maestra en Ciencias en Edafología. Colegio de Postgraduados, Montecillo. Texcoco, México..

PMSL. (1999). *Proyecto manejo sustentable de laderas, regiones: Mazateca, Cuicateca y Mixe en Oaxaca, México*. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de Méx. Disponible en http:// www.colpos.mx/_proy_rel/laderas/index.htm

Salgado, M. M. G., Moreno, M. J. L., Irena, M. B., Aguirre, M. J. F. (2018). Captura de carbono en biomasa aérea de árboles de sombra asociados a Coffea arabica L. en el Soconusco, Chiapas, México. *Agroproductividad, 11*(2), 120-126.

Solomon, S., Qin, D. Manning, M. et al. (2007). Technical Summary. En S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor y H.L. Miller (Eds.), Climate Change 2007: The Physical Science Basis. *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge y Nueva York.

Sonwa, D. J. (2004). *Biomass management and diversification within cocoa agroforest in the humid forest zone of Southern Cameroon*. Göttingen: Cuvillier Verlag.

Anexos

a. Datos generales del productor y la parcela.

Información del productor y del sitio	**Nombre del productor:**	Fecha:
	Nivel de estudios:	
	Actividad principal:	Edad:
	Teléfono o correo electrónico:	
	Municipio: Localidad: Paraje: Nombre local del suelo:	Coordenadas geográficas: UTM x: UTM y: m.s.n.m.
	Especie frutal establecida:	
	Número de árboles en la parcela:	
	Superficie con frutales (m2 o has):	
	Relieve y pendiente: **a)** casi plano (0-2%); **b)** ligeramente inclinado (2-4%); **c)** Moderadamente inclinado (4-9%); **d)** fuertemente inclinado (9-18%); **e)** escarpado moderado (18-27%); **f)** escarpado (27-36%); **g)** muy escarpado (>36%).	
	Observaciones:	

b. Hoja de toma de datos y mediciones de los frutales (en cm).

No. de árbol	Rama 1 (D1)	Rama 2 (D2)	Rama 3 (d3)	Base 1 (Inferior)	Base 2 (Superior)	Altura (H)
A1						
A2						
A3						
A4						
A5						
A6						
A7						
A8						
A9						
A10						
A11						
A12						
A13						
A14						
A15						
A16						
A17						
A18						
A19						
A20						
A21						
A22						
A23						

c. Ejemplo de cálculo (Estrada, 2007).

Datos recopilados de las mediciones de los árboles (diámetro en cm).					
No. árbol	**Rama 1 (D1)**	**Rama 2 (D2)**	**Base 1 (inferior)**	**Base 2 (superior)**	**Altura (H)**
A1	5.2	5.5	7.2	6.9	61
A2	4.8	5	6.1	7	58
A3	3.9	4.9	7	6.4	33
A4	5.8	5.1	7.1	7.5	51
A5	3.6	4.8	4.9	6.8	85

Ejemplo de cálculo con la aplicación de las fórmulas.						
Fórmula	**Biomasa aérea (BA) (kg)**	**Volumen del tallo (VT) (cm3)**	**Biomasa del tallo (BT) (kg)**	**Biomasa Total (BTT) (kg)**	**Carbono (c) kg/árbol**	**Carbono Mg/ha con una densidad de 1000 árboles por ha**
	=EXP(-2.76398+2.367*LN(R1)) + (EXP(-2.76398+2.367*LN(R2)))	**=((B1+B2)/2)*H**	**=(H4*0.6)/100**	**=BA+BT**	**=BTT/2**	**=((c*1400)/1000)**
Resultado A1	6.68673486	430.05	2.5803	9.26703486	4.63351743	6.487
Resultado A2	5.42794441	379.9	2.2794	7.70734441	3.853672203	5.395
Resultado A3	1.58004211	221.1	1.3266	2.90664211	1.453321057	2.035
Resultado A4	4.04252578	372.3	2.2338	6.27632578	3.138162892	4.393
Resultado A5	1.30733461	497.25	2.9835	4.29083461	2.145417303	3.004

Práctica 28. Análisis de las actividades económicas y el ingreso de los hogares

Quetzalcóatl Orozco Ramírez
Unidad Académica de Estudios Territoriales en Oaxaca, UNAM

Introducción

Desde la década de 1990 se empezó a evidenciar la necesidad de nuevos enfoques para analizar los procesos socioeconómicos en las áreas rurales. Diversos estudios dieron cuenta de los cambios que estaban experimentado las zonas rurales, tanto en las actividades económicas, la composición poblacional o el desarrollo territorial (Ruiz-Rivera y Delgado Campos, 2008). Los cambios más relevantes que caracterizan la nueva situación de las zonas rurales son: el incremento de actividades económicas no agrícolas, la flexibilización y feminización del trabajo rural, mayor interacción y modificación de las relaciones entre las áreas rurales y urbanas, y mayor dependencia de remesas internacionales. Al conjunto de estos procesos y cambios se les ha denominado nueva ruralidad (Kay, 2009).

Entendemos como zonas rurales a los territorios que se caracterizan por una baja densidad poblacional. Para el INEGI, por ejemplo, las localidades que tienen menos de 2500 habitantes se consideran localidades rurales. Para el Banco Mundial las áreas rurales se definen como aquellas que tienen una densidad menor a 150 habitantes por kilómetro cuadrado (González y Larralde, 2013). Históricamente las comunidades rurales se dedicaban a las actividades primarias, como la agricultura, la ganadería, la explotación forestal, la recolección de productos forestales no maderables e incluso la cacería y la pesca. En las últimas décadas esa situación ha cambiado, y aunque estas actividades continúan desarrollándose en las zonas rurales, es común que estas no sean las más importantes en términos del ingreso familiar (González y Larralde, 2013; Grammont y Tejera, 1996). Actualmente, las remesas y el trabajo asalariado son fuentes de ingreso más importantes para las familias rurales que las actividades agrícolas o ganaderas (Kay, 2009).

Por otro lado, las zonas rurales ahora ofrecen otras oportunidades de negocios antes inexistentes, por ejemplo, el turismo de naturaleza o el agroturismo

(González-Domínguez *et al*., 2018), el pago por servicios ambientales o incluso la venta de terrenos para casas de campo, sobre todo en zonas muy accesibles desde las ciudades (Vargas del Río, 2015). Esto ha cambiado drásticamente la economía de las comunidades rurales. Así mismo, el mejoramiento de las vías de comunicación ha dado la posibilidad a la población, sobre todo los jóvenes, a ir a trabajar a ciudades cercanas en movimientos diarios, esto ha incrementado las opciones de empleo en las ciudades que son centros económicos regionales y también ha modificado la necesidad de servicios en las comunidades rurales, por ejemplo, transporte accesible y acceso a medios de comunicación como teléfono o internet.

La Mixteca Alta y el geoparque no son la excepción en estos procesos (García-Barrios y García Barrios, 1990; Palacio-Prieto et al., 2016). Sabemos que la migración en la zona inició en la década de los años cuarenta con la apertura de la carretera Panamericana, a partir de esa fecha sobre todos los jóvenes buscaron nuevas alternativas de empleo en las zonas industriales del país, otros, en menor medida, aprovecharon el programa Bracero para ir a trabajar a los Estados Unidos de América.

El deterioro de la agricultura desde la década de los años sesenta, en particular en las comunidades con suelos delgados y dependientes de la lluvia, acentuaron la migración. Durante la décads de 1990 y la primera de este siglo, el mejoramiento de la infraestructura carretera hacia las comunidades más pequeñas y la posibilidad de acceder fácilmente a las ciudades que son polos regionales permitió una mayor movilidad de los jóvenes para ir a estudiar o trabajar en el sector terciario. Actualmente vemos una mayor integración regional en la Mixteca y una diversificación de actividades productivas y de empleo, lo que ha modificado la noción sobre el trabajo en las zonas rurales.

Objetivos

Aplicar una encuesta a una muestra de hogares para conocer su composición, las actividades económicas que realizan y sus ingresos.

Conocer la diversidad de actividades económicas que se desarrollan en las comunidades rurales.

Materiales y métodos

El trabajo de campo consistirá básicamente en el levantamiento de una encuesta a una muestra de hogares de la comunidad, para lo cual hay que seguir los siguientes pasos y recomendaciones:

1. Pedir permiso a las autoridades municipales, explicando claramente el objetivo de la encuesta y entregando una copia de esta. Debido a que se van a preguntar datos personales y de ingresos del hogar será muy importante dejar claro que todos los datos de identificación personal serán confidenciales.
2. Tener el número total de hogares en la comunidad, este será nuestro universo de estudio. Cada familia en el contexto del muestreo será nuestra unidad muestral. El número total de hogares se puede obtener del censo del INEGI o directamente con las autoridades municipales.
3. Decidir el tamaño de muestra. Esto es el número de hogares a encuestar. Existen varios métodos estadísticos para calcular el tamaño de muestra más adecuado según las variables a mediar. En este caso un tamaño de muestra recomendable es de más de 30% de unidades muestrales.
4. Decidir la forma de seleccionar la muestra. Puede ser al azar o sistemática. Al azar consiste en seleccionar de forma aleatoria a las unidades a entrevistar. La selección sistemática es seleccionando de acuerdo con un patrón, ya sea en la lista de hogares o en las calles de la comunidad, por ejemplo, para obtener una muestra de 30% se puede iniciar con una casa en el extremo de una calle y a partir de sta saltarse dos casas y a la siguiente aplicar la entrevista.

Antes de salir a aplicar la entrevista hay que asegurarse de que se cuenta con todo el material, como formatos de encuesta, lapiceros, tabla, gorra, agua, identificación oficial, etc.

Antes de aplicar la encuesta hay que presentarse con el entrevistado, explicarle a detalle de qué se trata la encuesta y pedirle su consentimiento para aplicarla y explicar claramente que sus datos personales estarán protegidos. Antes de empezar con las preguntas se debe entregar la hoja de descripción del estudio donde se le solicita su consentimiento.

Durante la aplicación de la encuesta hay que ser lo más diáfanos posible, hablar de forma clara, ni tan rápido ni tan lento.

Al final dar las gracias al entrevistado.

Una vez que se hayan realizado todas las encuestas planeadas habrá que capturar la información, ya sea a través de un formulario en Google o directamente en una hoja de Excel. Después procederemos a analizar los datos utilizando estadística descriptiva y haciendo gráficas útiles para resumir la información.

Preguntas guía

1. ¿Cuáles son las actividades más comunes en los hogares de la comunidad?
2. ¿Cuáles fueron las actividades que más te llamaron la atención y por qué?
3. ¿Cuáles son las actividades más remuneradas?
4. ¿Crees que los ingresos declarados por los entrevistados son verídicos, por qué sí o por qué no? ¿Cómo los podemos verificar?
5. ¿Cómo es la composición de los hogares en la comunidad, el tamaño de hogar se parece a la media de Oaxaca y del país?
6. ¿Qué papel juega la educación de los miembros de los hogares en relación con los ingresos, es posible ver algunos patrones en los hogares muestreados?
7. ¿Cómo se podría mejorar el cuestionario utilizado en esta práctica?

Referencias

García-Barrios, R. y García-Barrios, L. (1990). *Environmental and technological degradation in peasant agriculture: A consequence of development in Mexico*. World Development. DOI: https://doi.org/10.1016/0305-750X(90)90044-X

González, S. y Larralde, A. (2013). Conceptualización y medición de lo rural. Una propuesta para clasificar el espacio rural en México. En CONAPO, La situación demográfica de México 2013 (pp. 141-157). México: CONAPO.

González-Domínguez, I., Thomé-Ortiz, H. y Osorio-González, R. (2018). Políticas turísticas y etnoturismo: entre la rururbanización y el desarrollo de capacidades. *Pasos. Revista de turismo y patrimonio cultural, 16*(1): 21-36.

Grammont, H. C. de y Tejera, H. (Comps.). (1996). *Nuevos procesos rurales en México: teorías, estudios de casos y perspectivas.* México: UNAM, UAM, INAH.

Kay, C. (2009). Estudios rurales en América Latina en el periodo de globalización neoliberal: ¿una nueva ruralidad? *Revista Mexicana de Sociología, 71*(4), 607-645.

Palacio-Prieto, J. L., Rosado-González, E., Ramírez-Miguel, X., Oropeza-Orozco, O., Cram-Heydrich, S., Ortiz-Pérez, M. A. Figueroa-Mah-Eng, J. M. y Fernández de Castro-Martínez, G. (2016). Erosion, culture and geoheritage; the case of Santo Domingo Yanhuitlán, Oaxaca, México. *Geoheritage, 8*, 359–369. DOI: https://doi.org/10.1007/s12371-016-0175-2

Ruíz Rivera, N. y Delgado Campos, J. (2008). Territorio y nuevas ruralidades: un recorrido teórico sobre las transformaciones de la relación campo-ciudad. *Eure, 34*(102), 77-95.

Vargas del Río, D. (2015). Turismo de segundas residencias y turismo de naturaleza en el espacio rural mexicano. *Estudios sociales, 23*(46), 290-312.

Anexo 1. Cuestionario sobre la economía de los hogares

Encuestador: _____ No. de encuesta: _____

Sección 1: Información básica

1.1. Comunidad: _____ 1.2. Fecha _____
1.3. Nombre: _____
1.4. Edad: _____

1.5. ¿Nació usted aquí? ○ Sí / ○ No:
  1.5.1. ¿De dónde viene? _____
  1.5.2. ¿En qué año llegó? _____
1.6. ¿Usted o algún miembro del hogar es comunero?
  ○ No, todos son avecindados
  ○ Sí, yo (el participante)
  ○ Sí, otro miembro:
    1.6.1. ¿quién(es)?_____
1.7. ¿Usted o algún miembro del hogar ocupa algún cargo en la comunidad, agencia, o municipio?
  ○ No / ○ Sí:
  1.7.1. ¿qué puesto? _____
1.8. ¿Usted o algún miembro del hogar es dueño de tierras en la comunidad?
  ○ No
  ○ Sí:
    1.8.1. ¿Cuántas parcelas/terrenos tienen en total? _____
    1.8.2. ¿Cuántas hectáreas abarcan en total? _____
    1.8.3. ¿Cómo las obtuvieron? [marcar más de una si aplica]
    ○ Herencia / ○ Compra / ○ Otro: _____
    1.8.4. ¿Qué superficie de ellas sembraron el año pasado? _____
    1.8.5. ¿Qué había en lo que no sembraron? (en caso de no sembrar todo)
    _____
1.9. ¿Usted o alguien en su hogar utiliza las tierras de uso común?
  ○ No / ○ Sí:
  1.9.1. ¿Para qué? _____
1.10 ¿Usted o alguien de su hogar trabaja parcelas de las que no es dueño? (sin incluir tierras de uso común)
  ○ No / ○ Sí:

1.10.1. ¿De quién son? (parentesco/relación) _____
1.10.2. ¿Qué arreglo tienen?
○ renta / ○ préstamo / ○ a medias / ○ otro: _____
1.10.3. ¿Cuántas hectáreas trabajaron así el año pasado? _____

Sección 2. Programas de gobierno

2.1. En su hogar, ¿con qué apoyos gubernamentales han contado en los últimos cinco años?

Programa	¿Continúan recibiéndolo?	¿Con cuánto dinero los apoyan/ apoyaban? ¿Qué tipo de apoyo recibían si no era monetario?	¿Cada cuándo reciben/ recibían este apoyo?
	○ Sí: ¿Desde hace cuántos años? _____ ○ No: ¿En qué año se los quitaron? _____ ¿Por cuántos años lo recibieron _____		
	○ Sí: ¿Desde hace cuántos años? _____ ○ No: ¿En qué año se los quitaron? _____ ¿Por cuántos años lo recibieron _____		
	○ Sí: ¿Desde hace cuántos años? _____ ○ No: ¿En qué año se los quitaron? _____ ¿Por cuántos años lo recibieron _____		
	○ Sí: ¿Desde hace cuántos años? _____ ○ No: ¿En qué año se los quitaron? _____ ¿Por cuántos años lo recibieron _____		
	○ Sí: ¿Desde hace cuántos años? _____ ○ No: ¿En qué año se los quitaron? _____ ¿Por cuántos años lo recibieron _____		

Sección 3. Hogar y su economía

¿Me podría mencionar quienes viven actualmente en su hogar y algunas de sus características? (empezando por usted):

ID	Parentesco	Sexo	Edad	Escolaridad
1	(*participante*)	◯ Muj. / ◯ Hom.		◯ Ning. / ◯ Prim. / ◯ Sec. / ◯ +Sec.
2		◯ Muj. / ◯ Hom.		◯ Ning. / ◯ Prim. / ◯ Sec. / ◯ +Sec.
3		◯ Muj. / ◯ Hom.		◯ Ning. / ◯ Prim. / ◯ Sec. / ◯ +Sec.
4		◯ Muj. / ◯ Hom.		◯ Ning. / ◯ Prim. / ◯ Sec. / ◯ +Sec.
5		◯ Muj. / ◯ Hom.		◯ Ning. / ◯ Prim. / ◯ Sec. / ◯ +Sec.
6		◯ Muj. / ◯ Hom.		◯ Ning. / ◯ Prim. / ◯ Sec. / ◯ +Sec.
7		◯ Muj. / ◯ Hom.		◯ Ning. / ◯ Prim. / ◯ Sec. / ◯ +Sec.
8		◯ Muj. / ◯ Hom.		◯ Ning. / ◯ Prim. / ◯ Sec. / ◯ +Sec.
9		◯ Muj. / ◯ Hom.		◯ Ning. / ◯ Prim. / ◯ Sec. / ◯ +Sec.
10		◯ Muj. / ◯ Hom.		◯ Ning. / ◯ Prim. / ◯ Sec. / ◯ +Sec.

3.2. ¿A qué se dedican usted y los miembros de su hogar? (* = otras actividades que generen ingreso)

Actividad	**De las personas que viven en su hogar, ¿quién participa en esta actividad?** [usar ID]	**¿Donde realizan esta actividad?**	**¿Cuánto ganan de esta actividad al año?**
Agricultura			
Ganadería			
Alfarería			
Jornales			
Albañilería			
*			
*			
*			
*			
*			

3.3. ¿Cuántas habitaciones/dormitorios tiene su casa? _____
3.4. ¿De qué material es el piso de su casa? _____
3.5. ¿De qué material son las paredes de su casa? _____
3.6. ¿De qué material es el techo de su casa? _____
3.7. ¿Cuenta con electricidad en su casa? ○ Sí / ○ No
3.8. ¿Cuenta con agua potable entubada en su casa? ○ Sí / ○ No
3.9. ¿Cuenta con vehículo(s) propio(s) para trasladarse?

○ No
○ Sí:

Núm. de coches _____ / Núm. de camionetas _____ / Otro(s): _____

3.10. ¿Usted o alguien de su hogar pertenece a alguna cooperativa, sociedad, o asociación productora?

○ No / ○ Sí:

¿De que tipo? _____

Práctica 29. Análisis del sistema alimentario de la comunidad

Quetzalcóatl Orozco Ramírez
Unidad Académica de Estudios Territoriales en Oaxaca, UNAM

Introducción

El sistema alimentario puede ser definido como el conjunto de actividades de producción, transformación y comercio, y de funciones comerciales, de transporte y distribución que concurren a la función alimentaria de una población dada (Malassis y Ghersi, 1992). No existe un concepto único que defina el sistema alimentario (Molina, 1995). Otra definición de sistema alimentario resalta el conjunto de relaciones socio-económicas que inciden de forma directa sobre los procesos de producción, transformación, acopio, distribución y consumo de alimentos (Schejtman, 1994).

En la actualidad el sistema alimentario se estudia bajo diferentes perspectivas. Por ejemplo, desde el punto de vista histórico (Molina, 1995); desde de la perspectiva organizacional para mejorar la logística en el abasto (Georgiadis *et al*., 2005, Prindezis y Kiranoudis, 2005); de la seguridad alimentaria, entendida como el abasto de alimentos seguros, libres de contaminantes o patógenos (Gorris, 2005); desde el enfoque del uso de recursos (Bauer *et al*., 1994) y, por supuesto, desde la sustentabilidad (Heller y Keoleian, 2002; Heller y Keoleian, 2000). En los últimos años se ha propuesto a la agroecología como el marco para el análisis del sistema alimentario, ya que esta vincula disciplinas ambientales y sociales y permite tratar con todos los actores del sistema, desde los productores hasta los consumidores, y abarcar todos los flujos de materia y energía, desde las fuentes hasta el consumidor final (Francis *et al*., 2003).

En este contexto, el análisis de la transformación del sistema alimentario debido a la globalización cobra importancia por dos razones: 1) debido a la modificación de las funciones de las zonas rurales dentro del sistema alimentario. 2) por las modificaciones a la dieta que tiene impactos en la salud de los pobladores (Torres y Rojas, 2018). Actualmente, además de producir alimentos, las localidades

rurales también son consumidores de alimentos externos. La integración regional ha creado flujos de alimentos aparentemente contrarios a la lógica económica de la eficiencia. Por ejemplo, hay zonas rurales productoras de maíz en donde los tortilleros compran maíz de fuera de la región (Orozco *et al.*, 2010).

Aunque existen muchas formas de aproximarse al análisis del sistema alimentario, aquí vamos a adoptar un enfoque local tomando como unidad de estudio a las familias rurales. Este tipo de análisis se realiza sobre todo para evaluar la cantidad y calidad nutrimental de las dietas (Ávila-Curiel *et al.*, 2005). En nuestro caso vamos a utilizar la información de los alimentos de la familia para trazar su origen y mapa de distribución.

Los hogares en la Mixteca Alta, al igual que otras regiones rurales del país, han experimentado un cambio sustancial en las dietas debido al incremento de los alimentos industrializados. Las razones principales de estos cambios han sido el acceso a alimentos debido al mejoramiento del ingreso de las familias rurales y al acceso (Bertrán, 2005; Pérez-Izquierdo *et al.*, 2012). La incorporación de alimentos industrializados ha remplazado alimentos locales, varios de los cuales se producían en los hogares. La variación en las dietas también ha tenido consecuencias económicas en las regiones y ha modificado la estructura de los mercados regionales.

En esta práctica vamos a trazar el sistema alimentario de una comunidad a partir de la información de los alimentos consumidos por las familias y entenderemos cómo el sistema está integrado a diferentes regiones y escalas.

Objetivos

- Enlistar los alimentos y las cantidades consumidas por una familia durante una semana.
- Trazar el flujo de abasto de los alimentos e intentar rastrear las zonas de producción y transformación.
- Cuantificar el porcentaje de alimentos de origen local, regional y extraregional en las dietas cotidianas de las familias

Métodos

Se sugiere hacer equipos de 3 personas y cada equipo trabajará con una familia en un taller que dura aproximadamente 2 horas. Antes de iniciar el taller se debe

solicitar permiso a las autoridades municipales y acodar con la familiar la hora y la fecha que se realizará el taller.

En la primera etapa del taller se presentarán sus objetivos a la familia y se les solicitará el consentimiento para recabar la información sobre la alimentación de la familia. El segundo paso será escribir las características generales de la familia, como número de integrantes, edades, sexo, actividad principal de los jefes de familia y si practican la agricultura o tienen huerto de traspatio.

El tercer paso será enlistar los alimentos consumidos por la familia en la semana inmediata anterior. Empezando con el día de ayer. Para eso vamos a usar el formato del Cuadro 1. En otra se anotarán los alimentos consumidos entre comidas, como botanas, por ejemplo.

El cuarto paso será agrupar los alimentos por grupos (Cuadro 2). En cada grupo se anotará al inicio de la lista los alimentos más comunes y en la siguiente columna se anotará el lugar de compra o la forma de obtención de dicho alimento. En la tercera columna se anotará la frecuencia de compra y la cantidad. En este cuadro es importante desagregar los ingredientes de los platos más comunes. Por ejemplo, si dice sopa de pasta, debemos anotar la pasta en la sección de cereales y el jitomate en la sección de verduras.

Cuadro 1. Lista de alimentos consumidos por la familia la semana anterior.

Ayer	Hace 2 días	Hace 3 días	Hace 4 días	Hace 5 días	Hace 6 días	Hace 7 días
Desayuno:						
Comida:						
Cena:						
Otra:						

Cuadro 2. Tipos de alimentos y lugar de compra u origen.

Alimento	Lugar de compra	Frecuencia de compra/cantidad
Hortalizas, frutas, frutos secos y semillas		
1		
2		
3..		
Cereales y legumbres		
1		
2		
3…		
Carnes, huevos y pescados		
1		
2		
3…		
Lácteos y derivados (queso, yogur…)		
1		
2		
3…		
Aceites, grasas y azúcares		
1		
2		
3…		

Con la información de estos dos cuadros vamos a tener el total de alimentos consumidos en una semana y podremos clasificar los alimentos en locales y externos. El siguiente paso será trabajar todo el grupo junto para integrar la información de todos los equipos y organizarse para obtener la información sobre el abasto y origen de los alimentos externos a la comunidad. Con esto vamos a tener un mapa del sistema alimentario de la comunidad y cómo este se integra con otras regiones del país o incluso del extranjero.

Preguntas guía

1. ¿Cuáles son los alimentos más comunes en la dieta de las familias entrevistadas?
2. ¿Estas dietas se parecen en general a las dietas promedio de México o difieren en algo?
3. ¿Cuáles son los alimentos locales consumidos más importantes y estos corresponden con lo que se produce en la comunidad?
4. ¿Entre las familias entrevistas hubo algunas que tuvieran un mayor índice de consumo de alimentos producidos por ellos mismos? ¿A qué se debe esto?
5. En general ¿cómo ves la alimentación de estas familias, se puede mejorar en algo?
6. ¿Qué alternativas puede haber para incrementar el consumo de alimentos locales?
7. ¿Cómo es el mapa del sistema alimentario de la comunidad, está integrado regionalmente o más bien es dependiente de alimentos que se producen en otras regiones del país?

Referencias

Ávila-Curiel, A., Galindo-Gómez, C. y Chávez-Villasana, A. (2006). Encuesta Nacional de Alimentación y Nutrición en el Medio Rural ENAL 2005. Resultados Oaxaca. Cuernavaca: Instituto Nacional de Salud Pública. Disponible en http://www.nutricionenmexico.org. mx/encuestas/enal_2005_oax. pdf

Bertrán, M. (2005). *Cambio alimentario e identidad de los indígenas mexicanos*. México: UNAM.

Francis, C., Lieblein, G., Gliessman, S., Breland, T. A., Creamer, N., Harwood, R., Salomonsson, L., Helenius, J., Rickerl, D., Salvador, R., Wiedenhoeft, M., Simmons, S., Allen, P., Altieri, M., Flora, C. y Poincelot, R. (2003). Agroecology: The Ecology of Food Systems. *Journal of Sustainable Agriculture, 22*, 99-180.

Georgiadis, P., Vlachos, D. e Iakovou, E. (2005). A system dynamics modeling framework for the strategic supply chain management of food chains. *Journal of Food Engineering, 70*, 351-364.

Gorris, L. G. M. (2005). Food safety objective: An integral part of food chain management. *Food Control, 16*, 801-809.

Heller, M. C. y Keoleian, G. A. (2000). *Life cycle-based sustainability indicators for assessment of the US food system*. Center for Sustainable Systems. School of Natural Resources and Environment. University of Michigan.

Heller, M. C. y Keoleian, G. A. (2002). Assessing the sustainability of the US food system: a life cycle perspective. *Agricultural Systems, 76*,1007-1041.

Malassis, L. y Ghersi, G. (Coords.). (1992). *Initiation à l'économie agroalimentaire*. France: Hatier.

Molina, L. E. (1995). Revisión de algunas tendencias del pensamiento agroalimentario (1945-1994). *Agroalimentaria, 1*.

Orozco-Ramírez, Q., Barrera-Bassols, N., Astier, M. y Masera, O. (2010). El sistema maíz-tortilla en el estado de Michoacán. En J. L. Seefoó Luján y N. Maria Keilbach Baer (Eds.), *Ciencia y Paciencia Campesina: el maíz en Michoacán* (pp. 119-136). México: El Colegio de Michoacán.

Pérez Izquierdo, O., Nazar Beutelspacher, A., Salvatierra Izaba, B., Pérez-Gil Romo, S. E., Rodríguez, L., Castillo Burguete, M. T. y Mariaca Méndez, R. (2012). Frecuencia del consumo de alimentos industrializados modernos en la dieta habitual de comunidades mayas de Yucatán, México. *Estudios sociales, 20*(39), 155-184.

Prindezis, N. y C. T. Kiranoudis. (2005). An internet-based logistics management system for enterprise chains. *Journal of Food Engineering, 70*, 373–381.

Schejtman, A. (1994). *Economía política de los sistemas alimentarios en América Latina*. Santiago de Chile: Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.

Torres, F, y Rojas, A. (2018). Obesidad y salud pública en México: transformación del patrón hegemónico de oferta-demanda de alimentos. *Problemas del desarrollo, 49*(193), 145-169.

Práctica 30. Diagnóstico de los servicios turísticos de una comunidad

Quetzalcóatl Orozco Ramírez
Unidad Académica de Estudios Territoriales en Oaxaca, UNAM

Introducción

Una de las alternativas económicas para las comunidades que son parte de un geoparque es el geoturismo, un pilar fundamental del Programa de Geoparques Mundiales de la UNESCO. De allí la importancia de que los proyectos de geoparques tengan una estrategia consolidada para el desarrollo del geoturismo. En este sentido, los guías locales son la llave de entrada de los geoturistas al territorio de los geoparques.

Entendemos por geoturismo a un tipo de turismo sustentable que tiene como características principales la educación (geoeducación) y la divulgación de las ciencias de la Tierra. En particular, el geoturismo busca fomentar la compresión, apreciación y conservación de los rasgos geológicos. Esto en un contexto de desarrollo local (Dowling, 2011). Este se puede dividir en dos componentes: uno geológico u otro geográfico. El primero tiene que ver con la valoración y apreciación del patrimonio geológico y su aprovechamiento como atractivo turístico. El segundo relaciona estos rasgos geológicos y geomorfológicos con los elementos biológicos y humanos de un territorio. Por lo que el geoturismo es una forma de apreciar el territorio en toda su complejidad y estructura (Palacio-Prieto *et al.*, 2018). El geoturismo tiene tres metas fundamentales: 1) contribuir a la conservación y promoción de un medio ambiente más saludable; 2) promover el conocimiento de las ciencias de la Tierra y el papel que desempeñan en el ambiente y su relación con la sociedad, y 3) contribuir a la promoción del desarrollo socioeconómico local (Dowling y Newsome, 2010).

Los visitantes del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta son principalmente estudiantes de educación media superior y superior. En 2019 hubo más de tres mil visitantes que recorrieron alguno de los geosenderos. De allí la importancia de contar con un mayor número de sitios que visitar y actividades

que realizar en los nueve municipios que ocupa el geoparque. En la región existen sitios turísticos muy conocidos y visitados, como el exconvento de Yanhuitlán, el exconvento de Teposcolula, las cascadas de Apoala y los manantiales de Tamazulapan, los cuales tiene miles de visitantes al año.

En el GMA se han hecho diagnósticos turísticos para todo el territorio y se han planeado y diseñado geosenderos que recorren los geositios definidos del GMA (Palacio-Prieto *et al.*, 2019). Estos lugares están incluidos en el mapa del GMA y en los folletos por geosendero. Sin embargo, todas las comunidades tienen atractivos turísticos, como lugares o actividades que no se han incluido en la oferta general del geoparque y que podrían desarrollarse para incrementar la derrama económica en dichas comunidades y contar con una estrategia turística más integral.

Como en todas las áreas del desarrollo y los proyectos, el diagnóstico es un paso fundamental en un proceso de planeación, y en el turismo no es la excepción. Existen varias metodologías para diagnosticar el potencial del turismo local. En este caso vamos a usar una adaptación del *Manual para el diagnóstico turístico local* (Ricaurte, 2009), debido a que lo que requerimos es diagnosticar a las comunidades del geoparque, de las cuales ya conocemos sus características principales.

Objetivos

- Realizar una investigación documental sobre la comunidad de trabajo.
- Realizar un diagnóstico turístico local con los guías y actores locales clave.
- Redactar un informe para su entrega a los guías y actores locales clave.

Materiales y métodos

Esta práctica se divide en tres partes. La revisión documental sobre la comunidad a diagnosticar, la aplicación de la ficha de diagnóstico de turismo local (Anexo 1) y la sistematización de la información y redacción del reporte.

En la primera etapa se deben conseguir todos los documentos disponibles sobre la comunidad. Un buen inicio es la biblioteca pública local que debe contar con los libros y documentos preparados para la comunidad como informes de consultorías o planes de desarrollo municipal. También podemos hacer una búsqueda

en línea y en las bibliotecas regionales. Es recomendable tener estos documentos en físico para el día del taller con los guías y actores clave.

La segunda etapa es el llenado de la ficha de diagnóstico turístico local (Anexo 1). Esto se hará en un taller en donde estarán los guías locales y otros actores clave como el regidor de desarrollo rural, de educación, los representantes del museo local, etc.

En la tercera etapa se sistematizará la información de la ficha de diagnóstico y se preparará el informe, que debe tener al menos los siguientes apartados:

1. Descripción general de la comunidad: localización, clima (temperaturas a lo largo del año, y época de lluvias) población, actividades económicas principales, fiestas y eventos anuales, artesanías, y otra información general que sea fundamental conocer.
2. Acceso: descripción detallada de las formas de llegar a la comunidad (transporte público, vehículo particular, bicicleta) partiendo de los puntos más conocidos de la región, por ejemplo, de la Ciudad de México y de Oaxaca, incluyendo los tiempos de traslado y los puntos de interés en el trayecto.
3. Atractivos turísticos: descripción de los sitios de interés, como geositios, gesenderos, sitios arqueológicos, templos, plazas, etc.
4. Actividades turísticas para desarrollar: actividades en marcha o propuestas como recorridos guiados, recorridos en caballos, en bicicletas, talleres de artesanías, etc.
5. Servicios: alojamiento, comida, esparcimiento, acceso a teléfono celular e internet, transporte, servicios de salud.
6. Recomendaciones para fortalecer el turismo local.

Sería deseable que como resultado de este diagnóstico se pudiera diseñar un folleto turístico de la comunidad, un cartel turístico y actualizar o incluir los sitios de interés y de servicios en Google Maps.

Preguntas guía

1. ¿Cuál es el potencial turístico de los sitios y las actividades que existen en la comunidad?
2. ¿Cuál de ellas te llamó más la atención y por qué?

3. ¿Qué estrategias se pueden desarrollar para potenciar la actividad turística de la comunidad?
4. ¿Cuál crees que es la percepción de la población en general hacia los visitantes?
5. ¿Está la comunidad preparada para recibir más visitantes o de un tipo diferente a los estudiantes que ahora llegan?
6. ¿Cuáles son los riesgos del turismo en la comunidad? Por ejemplo, destrucción de sitios, escasez de agua, aumento de basura, incremento del ruido, competencia con otras actividades económicas de la comunidad, etc.
7. ¿Qué otros aspectos se deberían de incluir para mejorar este diagnóstico de turismo local?

Referencias

Dowling, R. K. (2011). *Geotourism's global growth. Geoheritage, 3*(1), 1-13.

Dowling, R. K. y Newsome, D. (2010). *Geotourism: the tourism of geology and landscape*. Goodfellow Publishers.

Palacio-Prieto, J. L., Rosado G., E. M. y Martínez M., G. M. (2018). *Geoparque, guía para la formulación de proyectos*. México: Instituto de Geografía, Seminario de Geoparques y geopatrimonio. UNAM. Disponible en http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/book/144

Prieto, J. L., de Castro Martínez, G. F. y González, E. M. R. (2019). Geosenderos en el Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta, Oaxaca, México. *Cuadernos Geográficos, 58*(2), 111-125.

Ricaurte Quijano, C. V. (2009). *Manual para el diagnóstico turístico local*. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Anexo 1. Ficha para el diagnóstico turístico local (modificado de Ricaurte, 2009)

1. Nombre de la comunidad: _____ 2. Fecha: _____
3. Informantes locales: _____

Servicios turísticos

4. Oferta de alojamiento (describir si hay hoteles, hostales, casas de huéspedes, lugares para acampar, etc.):

5. Oferta de servicios de alimentos y bebidas (describir los restaurantes, comedores, cenadurías, cafeterías, bares, etc.):

6. Tiendas de abarrotes:

7. Lugares de esparcimiento (canchas deportivas, lugares de recreo, etc.):

8. Describa los lugares de interés turístico dentro de la comunidad:

9. Otros servicios o actividades para el turista (artesanías, actividades en el campo, talleres específicos, medicina tradicional, etc.):

Infraestructura y servicios

10. Tiempos y opciones de transporte desde Nochixtlán y la ciudad de Oaxaca (describir cada opción):

11. Principales vías de acceso a la comunidad, describir si son pavimentadas y si hay señalización:

12. Transporte público existente en la comunidad:

13. Describa la forma de acceder a teléfono fijo, celular, e internet en la comunidad:

14. Describa la fuente y el acceso al agua, así como su calidad y cantidad:

15. Describa el sistema de drenaje de la comunidad, así como el tratamiento que se le da a las aguas negras:

16. Describa el manejo de los residuos sólidos en la comunidad:

17. Describa los servicios de salud existentes en la comunidad o los más cercanos:

Gobierno y actividades económicas

18. Describa la estructura de gobierno de la comunidad:

19. Describa al comité encargado de las actividades turísticas:

20. Problemas que pueden afectar la actividad turística:

21. Principales actividades económicas de la comunidad:

22. Comentarios generales (puede describir un itinerario típico de una visita a la comunidad):

Práctica 31. Manejo de los residuos sólidos urbanos: tequio de limpieza

Selene Eridani Zaragoza Álvarez
Instituto de Geografía, UNAM

Oralia Oropeza Orozco
Instituto de Geografía, UNAM

Introducción

Diariamente aumenta la generación de residuos debido a varios factores: el crecimiento poblacional, la urbanización, el desarrollo industrial, y los patrones de consumo de la población. Sin embargo, su cantidad y composición son diferentes entre familias, regiones y países, dependiendo principalmente de su nivel de ingresos. Consumir es una actividad que las personas realizan en todo momento, pero pocas veces se detienen a pensar en el origen de los productos que adquieren o en los impactos que generan en el medio ambiente antes, durante y después de usarlos (González *et al*., 2015).

En México y el mundo, en las calles, las carreteras, las barrancas, los ríos, los océanos, y hasta en la atmósfera, están presentes los residuos, lo que conlleva a una contaminación en el agua, suelo, aire y paisaje, así como daños en la salud de la población. Coe *et al.* (2019) señalan que los residuos son un contaminante oceánico, terrestre y atmosférico. Pero, ¿por qué? Hay dos motivos fundamentales: por el incorrecto manejo de los residuos de la industria y el gobierno, pero también por la falta de educación ambiental en los habitantes.

El manejo de los residuos sólidos urbanos generalmente incluye las etapas de recolección, transferencia, valorización de los residuos (por ejemplo, el reciclaje), tratamiento (ya sea compostaje para el caso de los residuos orgánicos o incineración para los residuos inorgánicos), así como el barrido y limpieza de áreas públicas, y por último la disposición final (Figura 1). Sin embargo, en las áreas rurales, como es el caso del Geoparque Mixteca Alta, el manejo de los residuos sólidos urbanos se limita a la recolección, barrido y disposición final, los cuales suelen ser

Figura 1. Etapas del manejo de los residuos sólidos urbanos.

inadecuados. Actualmente, la mejora de los sistemas de manejo de los residuos es un tema de creciente importancia para la sostenibilidad de cualquier territorio.

Por otro lado, es importante mencionar el papel del turista en la generación de los residuos. Se ha estimado que un turista puede generar hasta el doble de residuos en comparación con los residentes locales (Gómez, 2017). Un caso de impacto ambiental por el turismo se ha presentado en el Himalaya, en donde los turistas arrojan todo tipo de residuo (bolsas de polietileno, latas, botellas de plástico, botellas de vidrio, envolturas, etc.) en los senderos, sin preocuparse de causar riesgos para la salud de los habitantes y contaminar el medio ambiente (Kuniyal *et al.*, 2003). Otro ejemplo se puede observar en Malasia, específicamente en el Geoparque Langkawi, ya que ha aumento la generación de los residuos por turistas, así como el inadecuado manejo de los residuos en la isla, donde los queman o los vierten en algunas áreas cercanas a las carreteras (Shanshiry *et al.*, 2011). Por esto se necesita aumentar la conciencia ambiental entre los turistas para disponer adecuadamente sus residuos, o, en el mejor de los casos, no generarlos.

Hay que recordar que un Geoparque Mundial UNESCO sigue un concepto holístico de protección, educación y desarrollo sostenible, así como un compromiso con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). De los 17 ODS, hay diez que se relacionan con el tema de residuos, por ejemplo, el Objetivo 11 "Ciudades y Comunidades Sostenibles", Objetivo 12 "Producción y Consumo responsable", o el Objetivo 13 "Acción por el Clima" (PNUD, s.f.).

Bases conceptuales

Los residuos sólidos urbanos son los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de

los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos (*Diario Oficial de la Federación*, 2018, p. 6).

El tequio es el trabajo gratuito que todos los ciudadanos tienen obligación de dar para realizar obras de beneficio comunitario (Maldonado, 2015, p. 157). El tequio es una expresión de ayuda comunal, realizado principalmente en municipios regidos por usos y costumbres.

Objetivos

- Concientizar sobre la problemática ambiental generada por el inadecuado manejo de los residuos sólidos urbanos.
- Realizar un tequio de limpieza en algún sitio del Geoparque Mixteca Alta.

Materiales y métodos

Preparativos:

- Tener disponible un aula para la explicación del tema.
- A cada alumno se le pedirá un guante de reuso.
- A cada equipo se le dará un costal.
- Pedir a los alumnos que durante toda su estancia en el geoparque observen la limpieza en las calles de los municipios, carretera, senderos, geositios, etc.
- Enviar a los alumnos los carteles que están en el Anexo 2.

Desarrollo

Esta actividad consiste en la participación de los visitantes en un tequio de limpieza en el Geoparque Mixteca Alta, en un lugar previamente identificado con residuos, ya sea un geosendero, geositio, calles, carretera, río o barranca (véase Cuadro 1). La duración aproximada es de cuatro horas y las actividades a desarrollar son las siguientes:

1. Explicación de la problemática de los residuos en el mundo, en México y en el geoparque (duración 60 minutos en el aula). Explicar el significado de un tequio y la importancia que tienen en comunidades regidas por usos y costumbres.
2. Dar indicaciones de la actividad del tequio y dudas (duración 15 minutos).
3. Tequio de limpieza en un lugar del geoparque (duración 60 minutos), por grupos de cinco personas depositar los residuos en un costal.
4. Traslado al lugar seleccionado previamente para la separación de residuos (30 minutos).
5. En el lugar seleccionado, vaciar cada uno de los costales, y separar por tipo de residuos, para después pesarlos, y en un formato anotar los datos (Anexo 1) (60 minutos). Es importante mencionar que antes de la separación se tiene que pesar solo el recipiente en donde se colocarán cada uno de los tipos de residuos, después pesar el recipiente con los residuos, para que al final se haga una resta y así obtener el peso del residuo.
6. Reflexión sobre la actividad (15 minutos).
7. Para finalizar, los residuos separados se entregarán a la autoridad municipal para que puedan disponerlos adecuadamente, por ejemplo, en el caso del pet, vidrio, latas, tetrapak papel y cartón se pueden vender en los centros de acopio de Nochixtlán.

Previamente al tequio tiene que haber coordinación con las autoridades de algún municipio, de los nueve que conforman el geoparque, para que ayuden a identificar un lugar con residuos y para que faciliten un espacio para la separación de los residuos (se recomienda que sea cerca de la Presidencia Municipal).

Cuadro 1. Resumen de la práctica.

Edades a las que se orienta la actividad: estudiantes de bachillerato, licenciatura o adultos.
Duración: Aproximadamente cuatro horas: • Explicación de la problemática de los residuos: 60 minutos. • Indicaciones de la actividad: 10 minutos • Tequio de limpieza: 60 minutos • Traslado al lugar de la separación: 30 minutos. • Separación de residuos: 60 minutos. • Reflexión: 15 minutos.

Cuadro 1. Continua.

Número de participantes: mínimo 5 y máximo 40.
Materiales: • Guantes de reuso. • Costales. • Un recipiente para pesar por tipo de residuo. • Báscula digital portátil. • Formato de datos (seleccionar un responsable en todo el grupo para tener el formato en Word y editarlo digitalmente en un celular, o imprimirlo en una hoja de reuso). • Pluma y lápiz.
Conceptos clave: Contaminación, manejo de los residuos y tipos de residuos.
Actitudes: Trabajo en equipo.
Frase: "Por un Geoparque Geolimpio y Geosustentable –G3"

Recomendaciones antes de la visita

Como visitante al geoparque también tienes incidencia en la generación de los residuos, por lo que te hacemos las siguientes recomendaciones para tener un compromiso ambiental:

Para visitar el geoparque te pedimos que traigas tu termo, en los hoteles podrás rellenarlo.

Si quieres consumir productos locales, te invitamos a que traigas tus recipientes desde casa. Durante tu visita evita los plásticos de un solo uso como bolsas, vasos, platos y cubiertos desechables.

Si en algún momento llegas a consumir un producto en cualquier tienda del geoparque, y generas residuos como pet, tetrapak, latas, envolturas de dulce, galletas o frituras, te invitamos a que te los lleves a tu casa y los coloques adecuadamente, porque por el momento no podemos disponer correctamente los residuos en el geoparque; estamos trabajando en ello.

Trata en la medida de lo posible que tu estancia en el geoparque genere la menor cantidad de residuos, recuerda que lo más importante es prevenir la generación porque *"la mejor basura es la que no se genera"*.

Preguntas guía

1. ¿Qué cantidad y qué tipos de residuos genera la población en el mundo y en México?
2. ¿Cómo es el manejo de los residuos sólidos urbanos en el Geoparque Mixteca Alta?
3. ¿Qué tipo de transporte ocupan para recolectar los residuos sólidos urbanos en el geoparque?
4. ¿Cómo es la recolección de los residuos sólidos urbanos en el geoparque?
5. ¿Qué tipo de tratamiento le dan a los residuos sólidos urbanos generados en el geoparque?
6. ¿En dónde se lleva a cabo la disposición final de los residuos sólidos urbanos que genera la población en el geoparque?
7. ¿Por qué la gente arroja los residuos en la calle, carretera, ríos, barrancas, geosenderos y geositios del geoparque?
8. ¿Qué tipo de residuos te imaginas que han sido arrojados en las calles, carretera o geositios del geoparque?
9. ¿Qué se necesita para tener un geoparque más limpio?
10. ¿De qué forma la visita de turistas al geoparque impacta en la generación de residuos?
11. ¿Tu visita en el geoparque ha sido "basura cero"?

Evaluación

¿Qué acciones harás para prevenir, reducir y reutilizar los residuos que generas en tu casa, escuela, trabajo, así como turista?

Reflexión final

Para mejorar la gestión de los residuos se necesita asumir una responsabilidad compartida desde la industria, el gobierno y la sociedad. Se han planteado soluciones desde la jerarquía de residuos, casura cero, economía circular, sin embargo, no hay solo una forma de solución. La industria tiene que repensar la forma de empaquetar o envasar sus productos, así como evitar contaminar en el proceso de producción. El gobierno tiene que dar el servicio y la infraestructura para el manejo de los residuos. Y a nivel personal, preguntarse ¿lo necesito o lo quiero?, y si lo necesitas, pensar en la forma de adquirirlo, lo cual llevará a un consumo responsable. Asi mismo, todos los involucrados tienen que contribuir a no arrojar

la basura en cualquier lugar, así como ser agentes informados, reflexivos, responsables y activos. Es un gran reto social, económico, político, cultural y ambiental, pero se tiene que empezar con algo, a pesar de que algunos de los actores involucrados tengan resistencia al cambio.

Referencias

Coe, J. M., Bud, A. G. y Kirsten, M. (2019). Taking control of persistent solid waste pollution. *Marine Pollution Bulletin*. 139, 105-110. DOI: https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.12.004

Diario Oficial de la Federación (2018). *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)*. Última reforma 19-01-2018. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. México. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_190118.pdf

Gómez P. (2017). Turismo en México se enfrenta al reto de la sostenibilidad. *Boletín UNAM-DGCS*. Dirección General de Comunicación Social. https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2017_333.html

González, V. M., Ayala, I. D., Vargas, P. P., Moreno, R. J., Castellanos, C. J., Serna, Z. D. et al. (2015). *En un mar de residuos: el cambio necesario*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Programa Universitario de Estrategias para la Sustentabilidad. http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD002248.pdf

Kuniyal J. C., Jain, A. P. y Shannigrahi, A. S. (2003). Solid waste management in Indian Himalayan tourists' treks: a case study in and around the Valley of Flowers and Hemkund Sahib. *Waste Management, 23*(9), 807-816. DOI : https://doi.org/10.1016/S0956-053X(03)00027-8

Maldonado, A. B. (2015). Perspectivas de la comunalidad en los pueblos indígenas de Oaxaca. *Bajo el Volcán, 15*(23), 151-169. Disponible en https://www.redalyc.org/pdf/286/28643473009.pdf

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (s.f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Disponible en https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html

Shanshiry, E., Nadi, B, Bin, M. M., Komoo, I., Saadiah, H. H. y Yahaya, N. (2011). Integrated Models for Solid Waste Management in Tourism Regions: Langkawi Island, Malaysia. *Journal of Environmental and Public Health*, 1-5. DOI: https://doi.org/10.1155/2011/709549

Para saber más

Loeffler, B. C. (COOR) (2012). *Educación y gestión escolar para el desarrollo sustentable: residuos sólidos y consumo responsable*. Fundación Flor y Canto desarrollo social sustentable. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Editorial Tierra Firme. DISPONIBLE EN http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/CD001477.pdf

Rondón, T. E., Szantó, N. M., Pacheco, J. F., Contreras, E. y Gálvez, A. (2016). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*. Manuales de la CEPAL. Naciones Unidas y el Ministerio de Desarrollo Social-Gobierno de Chile. Disponible en https://www.cepal.org/es/publicaciones/40407-guia-general-la-gestion-residuos-solidos-domiciliarios

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2017). *Curso en Línea: Gestión integral de residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial*. Duración: 20 horas. Disponible en https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/curso-en-linea

Anexos

Anexo 1. Cuantificación de los tipos de residuos recolectados en el tequio de limpieza.

	TIPO DE RESIDUO	PESO DEL RECIPIENTE (kg)	PESO TOTAL (kg)	PESO DEL SUB-PRODUCTO (kg)	PORCENTAJE (%)
Plásticos*	PET-Polietileno Tereftalato (botellas de agua, refrescos, aderezos, etc.).				
	HDPE o PEAD-Polietileno de lta Densidad (botellas de detergente, envases de yogurt, tapas de refresco, etc.).				
	PVC-Policloruro de Vinilo (tuberías, recubrimiento de cable, tarjetas de crédito, manguera, etc.)				
	LDPE o PEBD -Polietileno de Baja Densidad (bolsas, cubiertos desechables, etc.)				
	PP-Polipropileno (envolturas de galletas, cepillos de dientes, popotes, etc.)				

Plásticos	PS-Poliestireno (vasos desechables transparentes, unicel, bandejas de comida, etc.)				
	Otros (biberones, CD, piezas de coches, garrafones, etc.)				
Vidrio					
Metales (latas, papel aluminio, etc.)					
Tetrapak					
Papel y periódico					
Ropa y textiles					
Zapatos					
Tecnológicos (celulares, cables, etc.)					
Peligrosos	Médico-asistenciales (medicamentos, punzocortantes, etc.)				
	Pilas				
	Focos				
	Otros				
No aprovechables	Papel de baño				
	Pañales				
	Toallas sanitarias				
	Colillas de cigarro				
	Otros				
Otros					
Total					

*El tipo de plástico se identifica con un número del 1 al 7 rodeado por un triángulo con tres flechas sucesivas (véase en la parte inferior del residuo).

Anexo 2: Propuesta de carteles para enviarle a los alumnos por email, antes de la actividad.

Figura 2. Trae tu botella cuando visites el geoparque.

Figura 3. Que tu visita al geoparque deje una huella de conocimiento y no una huella de residuos.

Práctica 32. Identificación y clasificación de amenazas

Oralia Oropeza Orozco
Instituto de Geografía, UNAM

Ana Itzel Solís García
Instituto Politécnico Nacinoal

Silke Cram Heydrich
Instituto de Geografía, UNAM

María del Pilar Fernández Lomelín
Instituto de Geografía, UNAM

Introducción

La mayoría de los geoparques que conforman la "Red Global de Geoparques (RGG) de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura", (UNESCO Global Geoparks –UGGps- Network, por sus siglas en inglés) se encuentran en varios ambientes geográficos donde pueden estar, parcial o totalmente, expuestos a diferentes tipos de amenazas y a eventos climáticos extremos. Algunos geoparques mundiales UNESCO (GMU, se localizan en territorios donde históricamente han ocurrido desastres y estos se ven afectados por fenómenos naturales peligrosos como sismos, volcanes, movimientos en masa, tifones o huracanes, sequías, nevadas, temperaturas extremas, e incendios forestales, entre otros. Además, en años recientes, debido al cambio climático, hay una mayor influencia de este en la ocurrencia e intensidad de distintas amenazas hidrometeorológicas, varios de los geoparques de Alemania, Austria, Polonia y la República Checa se ven afectados por inundaciones (Fassoulas et al., 2018). Otros más de los GMU se encuentran en zonas de riesgo sísmico y volcánico, a los que se asocian fenómenos peligrosos como los movimientos en masa y los tsunamis. Ejemplos de volcanes activos en GMU son los siguientes: Kalta (Islandia), Wudalianchi (China), Batur (Indonesia), y Jeju (Korea) (Nakada, 2013; Fassoulas *et al*., 2018). De hecho, es a partir del terremoto y tsunami de 2011 en Tohoku,

Japón que el riesgo de desastres ha tomado mayor relevancia en los geoparques y desde entonces se han sumado esfuerzos en pro de reducirlo (Fassoulas et al., 2018). También cabe destacar que, debido a que se han presentado varios eventos volcánicos en el Geoparque Global "Unzen Volcanic Area", donde se encuentra el volcán activo Unzen, que cubre el área completa de la Península Shimabara en Nagasaki, Japón, la prevención es un tema prioritario (UNESCO, 2012). Por lo anterior, en 2012, en Unzen, Japón, cuando se celebró la 5ª Conferencia Mundial de Geoparques, se promulgó la "Declaración de Shimabara" (2012) en la cual 31 países de la RGG afirmaron su compromiso de contribuir a mitigar los riesgos de desastres. De esta manera, el análisis del riesgo de desastres es un tema prioritario en numerosos geoparques globales de la UNESCO (Nakada, 2013; Calcaterra *et al.*, 2014; Guida *et al.*, s.f.; Fukuoka, 2014; Guida *et al.*, 2014, Fassoulas *et al.*, 2018).

Además, a partir de la "Declaración de Shimabara", la RGG adopta un rol importante en el cumplimiento de los objetivos del Marco de Sendai (2015-2030) para la Reducción del Riesgo de Desastres (RRD), ya que los geoparques pueden apoyar a sus comunidades vulnerables, sensibilizando a la población para disminuirlo. Esto se logra concientizando a la población local y a los visitantes, utilizando como recurso y laboratorio viviente al territorio del geoparque ya que este se reconoce como un escenario de riesgos (Fassoulas *et al.*, 2018).

Igualmente, desde 2015, tanto la RGG como la sección de Ciencias de la Tierra y el grupo para la Reducción del Riesgo por las Geo-amenazas de la UNESCO, decidieron abordar como tema de investigación prioritaria el del riesgo de desastres en los geoparques, a fin de tener una mejor comprensión de la exposición a los mismos, sobre todo frente a las amenazas de origen natural y desarrollar actividades para mitigar el riesgo de desastres. Sin dejar de atender también a las amenazas socio-naturales y tecnológicas (Fassoulas *et al.*, 2018).

Ya que gran parte de los territorios de los GMU se encuentran en espacios rurales, en estos no se cuenta con el personal capacitado para responder en caso de ocurrencia de un desastre. Por lo que es importante generar conciencia y conocimiento para reducir el riesgo de desastres en la población local y en los visitantes de los geoparques. Por ello se ha comenzado a tomar medidas para la RRD, como la implementación de sistemas de monitoreo de los peligros/amenazas, de recuperación posdesastres, buscando generar comunidades resilientes, proyectos educativos para la concientización, capacitación, preparación y evacuación (Fassoulas *et al.*, 2018).

Por todo lo anterior, en el marco de una Gestión Integral del Riesgo de Desastre (GIRD) se vuelve necesario que en el Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta (GMUMA) se lleven a cabo acciones que involucren tanto a la población local

como a los visitantes, con la finalidad de disminuir el riesgo de desastres. Para ello, una de las primeras etapas es la identificación de peligros o amenazas como una contribución a la GIRD en los geoparques mexicanos.

Objetivo general

Identificar y clasificar las amenazas en el Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta.

Objetivos particulares

- Construir un cuadro con los desastres históricos que se han registrado en los municipios del geoparque.
- Elaborar una cartografía a partir de los rasgos observados y de los que mencione la población local sobre las amenazas que se presentan en el geoparque.
- Crear un registro fotográfico de las evidencias encontradas en campo, con su respectiva explicación para proporcionarlo a las autoridades del geoparque (Figura 1).

Figura 1. Daños en el camino del Geosendero Los Corazones, por erosión y movimientos en masa debido a lluvias torrenciales en el GMUMA.

Materiales y métodos

Los materiales son:

- Un mapa base del geoparque, escala 1:50 000, que también contenga los geosenderos y los geositios correspondientes
- GPS
- Cámara fotográfica u otro instrumento que permita registrar evidencias de los efectos causados por los diversos tipos de amenazas identificadas en el geoparque
- Espacio para trabajar en la cartografía y llevar a cabo la discusión y presentación de resultados

Esta actividad está orientada a estudiantes de bachillerato y licenciatura. Se trabaja en equipos de cuatro personas; máximo 20 participantes. Tiene una duración de uno o dos días

Los pasos para seguir son:

1. Revisión previa de documentos (bibliográficos, cartográficos y hemerográficos), así como de otras fuentes de información (por ejemplo, el Servicio Sismológico Nacional) sobre registros históricos de los desastres que han ocurrido en los nueve municipios que conforman el geoparque.
2. Observación directa en campo.
3. Conversaciones con los guías del geoparque y con los habitantes para obtener información sobre las amenazas y los desastres ocurridos.
4. Clasificación de amenazas de acuerdo con el Sistema Nacional de Protección (LGPC, 2018) (Cuadro 1).

Amenazas:

Geológicas: sismos, erupciones volcánicas, tsunamis, movimientos en masa, erosión

Hidrometeorológicas: ciclones tropicales, lluvias extremas, inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres; tormentas de nieve, granizo, polvo y electricidad; heladas; sequías; ondas cálidas y gélidas; y tornados.

Químico-tecnológicas: incendios de todo tipo, explosiones, fugas tóxicas, radiaciones y derrames.

Sanitario-ecológicas: epidemias y plagas, contaminación del aire, suelo y agua.

Socio-organizativas: demostraciones de inconformidad social, concentración masiva de población, terrorismo, sabotaje, vandalismo, accidentes aéreos,

Cuadro 1. Clasificación de amenazas de acuerdo con del Sistema Nacional de Protección Civil y sus características.

Tipo de amenaza	Localización: lugar / localidad, municipio	Coordenadas	Registro histórico del desastre / evento / año	Elementos expuestos	Observaciones

marítimos o terrestres, e interrupción o afectación de los servicios básicos o de infraestructura estratégica.

Astronómicas: eventos, procesos o propiedades a los que están sometidos los objetos del espacio exterior incluidos estrellas, planetas, cometas y meteoros. Algunos de estos fenómenos interactúan con la Tierra, ocasionándole situaciones que generan perturbaciones que pueden ser destructivas tanto en la atmósfera como en la superficie terrestre, entre ellas se cuentan las tormentas magnéticas y el impacto de meteoritos.

Al final presentar grupalmente los resultados y llevar a cabo una breve discusión sobre los mismos. Se trata de compartir las opiniones y experiencias sobre la práctica.

Preguntas guía

1. ¿Qué tipos de desastres encontraron en los registros históricos de la zona?
2. ¿Cuáles desastres son más frecuentes en la actualidad?
3. ¿Qué tipos de amenazas identificaron los participantes en la práctica?
4. ¿Qué tipo de amenazas y desastres identificó la población local?

5. ¿Cuál amenaza es la más significativa en las comunidades del geoparque?
6. ¿Existe alguna amenaza que los habitantes del geoparque asocien al cambio climático?

Referencias

Calcaterra, D., Guida, D., Budetta, P., De Vita, P., Di Martire, D. y Aloia, A. (2014). Moving geosites: how landslides can become focal points in Geoparks. In Abstracts 6th international UNESCO Conference on Global Geoparks, Saint John (Canadá) (pp. 12-13) Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Diego_Di_Martire/publication/263587668_Moving_geosites_how_landslides_can_become_focal_points_in_Geoparks/links/0046353b543d144f77000000.pdf

Declaración de Shimabara (2012). Recuperado de https://geopark.jp/about/pdf/geoparks2012_en.pdf

Fassoulas, Ch., Watanabe, M., Pavlova, I., Amorfin, A. E. y Dierickx F. (2018). UNESCO Global Geoparks: living laboratories to mitigate natural induced disasters and strengthen communities, resilience. En *Natural Hazards and Disaster Risk Reduction Policies* (vol 1, capítulo 10) (pp. 175-197). II Sileno Edizioni.

Fukuoka, H. (2014). Landslides, GeoParks, and World Heritages. Recuperado de http://dspace.lib.niigata-u.ac.jp/dspace/bitstream/10191/30765/1/29_Suppl._7-8.pdf

Guida, D., Aloia, A., Calcaterra, D., De Vita, A., Valente, A., Muraro, C. y Amato, M. (2014). Advancing in Geo-Scientific Management in the Cilento, Vallo Diano and Alburni Geopark, Southern Italy. Recuperado de http://archives.datapages.com/data/atlantic-geology-journal/data/050/050001/pdfs/320.htm

Guida, D., Cuomo, A., Cestari, A., Dramis, F., Palmieri, V. y Siervo, V. (s.f). The Salerno University Geomorphological Informative Mapping System: the Licosa polygentic case study (Cilento European Geopark, southern Italy). En J. Jasiewicz, Z. Zwolinski, H. Mitasova y H. Hengl, *Geomorphometry for Geosciences* (pp. 53-56). Adam Mickiewicz University in Poznan, Institute of Geoecology and Geoinformation, International Society for Geomorphometry. Consultado en http://geomorphometry.org/system/files/Guida2015geomorphometry.pdf

DOF (Diario Oficial de la Federación). (2018). Ley General de Protección Civil.

Nakada, S. (2013). Volcano Geoparks and the 5th International UNESCO Conference on Geoparks. IAVCEI 2013 Scientific Assembly. July 20-24, Kagoshima, Japan. Consultado en http://www.kazan.or.jp/iavcei2013/iavcei_hp/PDF/4W_4I-P11.pdf

UNESCO. (2012). Geoparks share experience in volcanic disasters and recovery. Natural Sciences Sector. Consultado en http://www.unesco.org/new/en/general-conference-38th/single-view/news/geoparks_share_experience_in_volcanic_disasters_and_recovery/

UNISDR (Estrategia Internacional para Reducción del Riesgo de Desastres de las Naciones Unidas). (2009). Terminología sobre reducción del riesgo de desastres, ONU. Consultado en https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf

Glosario

Riesgo de desastre. las posibles pérdidas que ocasionaría un desastre en términos de vidas, las condiciones de salud, los medios de sustento, los bienes y los servicios, y que podrían ocurrir en una comunidad o sociedad particular en un período específico de tiempo en el futuro. La definición del riesgo de desastres refleja el concepto de desastres como resultado de diversas condiciones del riesgo que están presentes de forma continua. El riesgo de desastres abarca diferentes tipos de pérdidas posibles que con frecuencia son difíciles de cuantificar. No obstante, con el conocimiento sobre las amenazas imperantes y los patrones de la población y del desarrollo socioeconómico, se pueden evaluar y desarrollar mapas del riesgo de desastres, al menos en términos generales (UNISDR, 2009, p. 30).

Amenaza. un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales (UNISDR, 2009, p. 5).

Amenaza natural. un proceso o fenómeno natural que puede ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales. Las amenazas naturales son un subgrupo de todas las amenazas. Este término se utiliza para describir eventos relacionados con amenazas existentes al igual que condiciones latentes de que podrían ocasionar el surgimiento a acontecimientos futuros. Las amenazas naturales se pueden caracterizar por su magnitud o intensidad, su velocidad en un principio, la duración y el área que abarcan. Por ejemplo, los terremotos son de corta duración y por lo general afectan regiones relativamente pequeñas, mientras que el desarrollo y el desvanecimiento de las sequías son lentos y generalmente afectan regiones más grandes. En algunos casos,

las amenazas se pueden combinar, tal como sucede con una inundación ocasionada por un huracán, o un tsunami que surge a raíz de un terremoto (UNISDR, 2009, p. 7).

Amenaza socio-natural. el fenómeno de una mayor ocurrencia de eventos relativos a ciertas amenazas geofísicas e hidrometeorológicas, tales como aludes, inundaciones, subsidencia de la tierra y sequías, que surgen de la interacción de las amenazas naturales con los suelos y los recursos ambientales explotados en exceso o degradados. Este término se utiliza para aquellas circunstancias en las que las actividades humanas están incrementando la ocurrencia de ciertas amenazas, más allá de sus probabilidades naturales. La evidencia señala que hay una creciente carga de los desastres que ocasionan estas amenazas. Las amenazas socio-naturales pueden reducirse y hasta evitarse a través de una gestión prudente y sensata de los suelos y de los recursos ambientales (UNISDR, 2009:8).

Amenaza tecnológica. una amenaza que se origina a raíz de las condiciones tecnológicas o industriales, lo que incluye accidentes, procedimientos peligrosos, fallas en la infraestructura o actividades humanas específicas que pueden ocasionar la muerte, lesiones, enfermedades u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales o económicos, o daños ambientales. Entre los ejemplos de amenazas tecnológicas se encuentran la contaminación industrial, la radiación nuclear, los desechos tóxicos, la ruptura de represas, los accidentes de transporte, las explosiones de fábricas, los incendios y el derrame de químicos. Las amenazas tecnológicas también pueden surgir directamente como resultado del impacto de un evento relativo a las amenazas naturales (UNISDR, 2009, pp. 8-9).

Vulnerabilidad. las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza. Existen diversos aspectos de la vulnerabilidad que surgen de varios factores físicos, sociales, económicos y ambientales. Entre los ejemplos se incluyen el diseño inadecuado y la construcción deficiente de los edificios, la protección inadecuada de los bienes, la falta de información y de concientización pública, un reconocimiento oficial limitado del riesgo y de las medidas de preparación y la desatención a una gestión ambiental sensata o prudente. La vulnerabilidad varía considerablemente dentro de una comunidad y en el transcurso del tiempo. Esta definición identifica la vulnerabilidad como una característica de los elementos de interés (comunidad, sistema o bien) que es independiente de su exposición. Sin embargo, en su acep-

ción común, con frecuencia esta palabra se utiliza más ampliamente para también incluir el grado de exposición de esos elementos (UNISDR, 2009, pp. 34-35).

Exposición. la población, las propiedades, los sistemas u otros elementos presentes en las zonas donde existen amenazas y, por consiguiente, están expuestos a experimentar pérdidas potenciales. Las medidas del grado de exposición pueden incluir la cantidad de personas o los tipos de bienes en una zona. Estos pueden combinarse con la vulnerabilidad específica de los elementos expuestos a una amenaza en particular con el fin de calcular los riesgos cuantitativos relacionados con esa amenaza en la zona bajo estudio (UNISDR, 2009, p. 17).

Desastre. una seria interrupción en el funcionamiento de una comunidad o sociedad que ocasiona una gran cantidad de muertes al igual que pérdidas e impactos materiales, económicos y ambientales que exceden la capacidad de la comunidad o la sociedad afectada para hacer frente a la situación mediante el uso de sus propios recursos. Con frecuencia se describe a un desastre como el resultado de la combinación de la exposición a una amenaza, las condiciones de vulnerabilidad presentes, y capacidades o medidas insuficientes para reducir o hacer frente a las posibles consecuencias negativas. El impacto puede incluir muertes, lesiones, enfermedades y otros efectos negativos en el bienestar físico, mental y social humano, juntamente con daños a la propiedad, la destrucción de bienes, la pérdida de servicios, trastornos sociales y económicos y la degradación ambiental (UNISDR, 2009, pp. 13-14).

Gestión Integral del Riesgo de Desastre. es la reducción de los riesgos a partir de acciones dirigidas a la creación e implementación de políticas públicas, estrategias y procedimientos integrados que combatan las causas estructurales de los desastres y fortalezcan las capacidades de resiliencia o resistencia de la sociedad, en la cual se involucran las etapas de identificación de los riesgos y/o su proceso de formación, previsión, prevención, mitigación, preparación, auxilio, recuperación y reconstrucción (Ley General de Protección Civil, LGPC, 2018, art. 2, xxviii).

Práctica 33. Pintar con los colores de la tierra

Silke Cram
Instituto de Geografía, UNAM

Oralia Oropeza Orozco
Instituto de Geografía, UNAM

María del Pilar Fernández
Instituto de Geografía, UNAM

Ingrid Jardines Muñoz
Facultad de Artes y Diseño, UNAM

Lilian Lucio Rojas
Facultad de Ciencias, UNAM

Diana Samantha Salgado Ortiz
Facultad de Ciencias, UNAM

Introducción

Una de las características más llamativas del GMA es la gran variedad de colores que tienen sus paisajes. El color es una propiedad visual extraordinaria que puede aprovecharse como una estrategia de enseñanza y divulgación de las ciencias de la Tierra.

Los pigmentos dan color a nuestra vida y son productos de la Tierra. Estos colores son un reflejo de procesos que suceden alrededor de nosotros, así, el suelo nos cuenta su historia a través del color, el contenido de materia orgánica es responsable del color negro, los óxidos de hierro de los rojos y amarillos, los carbonatos del blanco, inclusive puede haber colores azules por la presencia de óxidos de manganeso. El color siempre ha sido un elemento de diagnóstico y nomenclatura de suelos, tanto en las clasificaciones académicas, campesinas como indígenas, porque existe una estrecha correlación con las características físicas, químicas y biológicas de los suelos.

Otros colores muy llamativos en el GMA son los diferentes tonos rojizos-amarillo-beige de la Formación Yanhuitlán que se deben a diferentes contenidos de hierro y carbonatos, o los colores que se originan por el proceso de metamorfismo de contacto, gris, blanco, púrpura o inclusive verdes por efecto de cambios físicos o químicos en los minerales debido a temperaturas altas y sustancias hidrotermales.

Existen evidencias de que desde la antigüedad la humanidad ha utilizado diferentes tipos de materiales coloridos para pintar, siendo las pinturas rupestres las primeras manifestaciones pictóricas elaboradas sobre rocas y dentro de cuevas, como una expresión del pensamiento y de las creencias de las sociedades humanas desde la prehistoria. Los pigmentos que utilizaban podían ser de origen mineral, como los colores ocres y los óxidos de hierro, y provenían de arcillas, rocas o suelos o también de origen biológico, extraídos de plantas, animales e insectos.

Las pinturas son una mezcla de diferentes compuestos, los tres principales son: a) el pigmento, que determina el color de la pintura, b) el aglutinante o adhesivo que permite la retención de los pigmentos en el medio y c) el vehículo, que es un medio de dispersión de los pigmentos como el agua o el aceite.

Esta práctica es una guía para la elaboración de acuarelas a partir de la gran cantidad de suelos y sedimentos de colores que se encuentran en el GMA, para usarlos como pigmentos y crear pinturas. La creatividad y esfuerzo de cada persona pueden dar lugar a utilizar diferentes ingredientes y materiales, y así obtener otros resultados. Lo importante es disfrutar lo que se está haciendo.

Objetivos

- Reconocer los colores del GMA a través de su utilización con acuarelas. elaboradas con suelos y sedimentos.
- Descubrir la belleza del geoparque por su variedad de colores de la tierra.
- Divertirse y aprender acerca de los procesos que generan los colores de la tierra.

Materiales y métodos

Los materiales que necesitamos son:

- Muestras de suelos y sedimentos de diferentes colores
- Agua
- Miel

- Mortero, rodillo o martillo
- Espátula
- Charolas
- Frascos pequeños (para guardar los polvos de colores)
- Pinceles de diferentes tamaños
- Godette o platos para usar la pintura
- Recipientes o vasos
- Papel o cualquier otro material sobre el que se va a pintar
- Laca en spray o pegamento blanco diluido para cubrir y proteger la obra de arte (opcional)

Preparación del aglutinante con miel

1. En un recipiente colocar una cucharada de miel y agregar agua hasta obtener una mezcla un poco pegajosa pero no demasiado. Revolver muy bien hasta diluir la miel completamente.
2. Cerrar el recipiente para evitar que se derrame el contenido.
3. Reservar el recipiente hasta la elaboración de las pinturas.

Preparación de los suelos/sedimentos

4. Moler los suelos o sedimentos secos en un mortero o sobre una charola con un rodillo o martillo hasta obtener un polvo fino (Figura 1). Mientras más finas sean las partículas, se obtendrá una mejor calidad del pigmento.
5. Colar o tamizar el material para eliminar las partículas grandes y que quede un polvo fino homogéneo. Un tamiz fino se puede hacer con una media y un aro de madera para costura.

Figura 1. Molido de suelos en un mortero.

Figura 2. Tamizado de suelo.

6. Guardar el polvo fino de cada muestra en diferentes frascos. Sería excelente tener al menos 5 o 6 muestras de colores diferentes.

Preparación de las acuarelas

7. Colocar el material pulverizado en un recipiente y agregar poco a poco el aglutinante base miel previamente elaborado. Mezclar muy bien hasta disolver completamente la mezcla y que no queden grumos. Usar más aglutinante o agua si la mezcla está seca.
8. Mezclar muy bien la mezcla hasta obtener una pasta ni muy aguada ni muy espesa.
9. Con ayuda de una espátula o una cuchara colocar poco a poco la pasta hecha en corcholatas o taparroscas.
10. Dar unos pequeños golpes a la corcholata ya rellena, para sacar el aire que se pudo quedar dentro, y así evitar que la acuarela se agriete.

Figura 3. Preparación de la mezcla.

11. Finalmente dejar secar la acuarela a temperatura ambiente y guardarlas hasta que se vayan a usar. Con esto ya se puede armar un kit para pintar.

Procedimiento para pintar con los colores de la tierra

12. Diseñar un boceto a lápiz sobre el papel o material en el que se va a pintar. Se recomienda usar un papel grueso.
13. Como si fueran acuarelas comerciales, humedecer el pincel en un recipiente con agua y luego humedecer con el mismo pincel la acuarela. Tomar un poco de la pintura de la acuarela y luego pintar sobre el papel.
14. Dejarlo secar en un lugar libre de polvo.
15. Si al final el papel se dobla ya estando seco, se puede humedecer el papel por el reverso a la cara donde está el dibujo y dejarlo secar en un lugar plano y con peso encima.

Nota: se pueden proteger los dibujos con una capa de laca o pegamento.

Figura 4. Pinturas terminadas.

Figura 5. Ejemplos de pinturas.

Preguntas guía

1. ¿A qué se deben los colores de la tierra que utilizaste para pintar?
2. Busca los nombres de color en la toponimia (cromotoponimia) del GMA y explica su origen.
3. ¿Qué otro aglutinante sugieres que se podrían usar para pintar con los colores de la tierra?
4. ¿En dónde has visto o has leído que se utilicen los colores de la tierra para pintar?

Referencias

Brunetti, B. G. (2009). Caratterizzazione di pigmenti a base di terre. http://becu.chm.unipg.it/corso/ChimicaAmbienteBC/lezione4-terre.pdf. Consultado el 21 de agosto de 2017.

Janke, R. (2011). How to make your own paint from local materials. Recuperado el 2 de marzo de 2020 de https://parideazafarmart.wordpress.com/workshop-on-making-paint-from-soil/

Capeche, C. L. (2010). Educação ambiental tendo o solo como material didático: pintura com tinta de solo e colagem de solo sobre superficies. Rio de Janeiro, Brasil: Embrapa Solos.

Soilart. (2017). Painting with the colours of the earth (D/E/CZ). Recuperado el 15 de octubre de 2019 de http://www.soilart.eu/180-1-Erdfarben.htm

Ugolini, F. (2010). Soil colors, pigments and clay paintings. En E.R. Landa y C. Feller (Eds), Soil and Culture (pp. 67-82). Berlín: Springer.

Yusuke, A. (2014). Yasuke Asai yamatane. Artista que utiliza suelo para crear sus murales. Recuperado el 26 de marzo de 2020 de http://www.ricegallery.org/yusuke-asai/

Practica 34. Rally Dzahui: la lluvia como recurso del geopatrimonio

Anabell Pérez Flores
Instituto de Geografía, UNAM

Oralia Oropeza Orozco
Instituto de Geografía, UNAM

Introducción

La erosión hídrica en Mixteca Alta, en Oaxaca, es el objeto de estudio de varias investigaciones desde varios contextos de la parte física, social y económica de la ciencia, debido a su complejidad que se presenta en el sistema. La erosión no es un proceso aislado o de magnitudes negativas, lo cual es evidente en el geoparque, ya que se considera como un museo de la erosión, por tanto la lluvia y sus efectos representan un recurso del geopatrimonio.

La erosión hídrica depende de varios factores interrelacionados como son los tipos de suelo, precipitación, pendiente, exposición de la ladera, tipo de vegetación y la influencia antrópica directa o indirecta (Montes, 2009), la cual forma parte de la modelación del espacio.

Dentro de este territorio es una condición natural el proceso de la erosión hídrica debido a sus características físicas y químicas de los suelos, por lo que las poblaciones humanas se han adaptado a las condiciones que se presentan y han generado técnicas efectivas que permitieron el desarrollo de su cultura y que también permitió la reducción de los daños ecológicos, a partir de medidas estructurales como los lamabordos, terrazas que disminuyen la escorrentía y proporcionan sedimentos que favorecen a la actividad agrícola (López, 2019). Sin embargo, esto puede ser causa de la disminución de la productividad agrícola, por lo tanto, de la calidad de vida de los habitantes de las comunidades.

Este proceso se ha intensificado por las actividades humanas como la deforestación, la agricultura y sobre pastoreo de la ganadería, donde las consecuencias han provocado la disminución del 95% de la productividad agrícola (Contreras, *et*

al., 2005), por lo tanto, la población se encuentra con alto grado de marginación. De los 155 municipios que componen la región cultural Mixteca Alta, el 63.87% se se clasifica con alto grado de marginación (Rosado, 2016), lo que convierte a la zona en un centro de expulsión de población.

Objetivo general

Desarrollar una estrategia lúdica de enseñanza-aprendizaje que utiliza herramientas TIC y complementa otras prácticas relacionadas con los procesos erosivos que son peculiares en el geoparque y en la Mixteca Alta.

Objetivos particulares

1. Identifique las características de un sistema hídrico en el espacio geográfico que permita relacionarlas con los paisajes del geoparque.
2. Aporte sus conocimientos sobre la importancia en el cuidado y protección del recurso agua.

Materiales y métodos

Se conformaran equipos de 5 integrantes, donde un alumno será el líder del grupo y tendrá que convencer a todos con una sola frase sobre por qué debe estar en este equipo. En ese momento, se les entregará el material para poder realizar las actividades. Véase el Cuadro 1 con la información técnica de la actividad.

En seguida, el guía dará una breve explicación sobre la relación del agua y de la erosión, donde se reflexionará sobre la función del ciclo del agua, en los suelos y en el ecosistema, sus riesgos, problemáticas en su protección y conservación. Posteriormente, se explicará que la competencia del rally consiste en realizar las actividades que se les explicarán a continuación y que presten atención en las indicaciones. Al término de cada actividad cada equipo recogerá el banderín, y ganará el equipo que tenga todos o la mayoría los banderines.

El primer banderín se obtendrá después de la plática al responder correctamente tres preguntas en un cuestionario, que se puede hacer en línea en la plataforma del Quizlet Live (en https: //quizlet.com.mx). En seguida acudirán a la siguiente parada, donde otro guía explicará cómo trazarán los escurrimientos,

Cuadro 1. Ficha de información de la clase:

Edades sugeridas: La edad que se sugiere para realizar la siguiente actividad es de 12 a 18 años, con estudios previos en Geografía General, Geografía Física y Geografía de México, así como en Ciencias de la Tierra.	
Número de participantes: Mínimo 15 y máximo 30 jóvenes, en equipos de 5 integrantes.	
Duración de la actividad El guía o el profesor a cargo del grupo explica la importancia del agua en los procesos de la erosión del geoparque (incluye ciclo del agua, escurrimientos fluviales, cuencas, erosión e intemperismo, etc.). En relación con la actividad anterior, contestarán un cuestionario en Quizlet Live.	60 min 15 min 30 min
Sobre un mapa base (mapa topográfico) escala 1:50 000, marcar las corrientes fluviales que se ubican en el sendero que se recorrerá en la actividad. En este mismo mapa también se delimitarán las microcuencas. En el recorrido ubicarán lo que se trazó en el mapa, así como las zonas de acumulación de suelo y sedimentos por erosión fluvial y zonas de captación de agua de lluvia, así mismo se explicará la importancia de la vegetación. Por último, elaborarán una propuesta de cuidado del agua utilizando fotografías y elaborando un collage del sitio.	30 min 60 min 30 min
Materiales 1. Mapa topográfico 1:50 000 2. Plumones de colores 3. Cámara fotográfica 4. Computadora y cañón 5. Papel bond 6. Tijeras 7. Pegamento 8. Libreta de campo 9. Pluma, lápiz, sacapuntas y goma 10. 4 banderines de color verde, azul, amarillo, blanco	
Palabras clave: recurso natural, erosión, ciclo hidrológico, escurrimientos, cuenca, precipitación,	
Actitudes: El alumno aprenderá a trabajar en equipo. Se fomentará el liderazgo en la toma de decisiones en su comunidad. Se fomentará el cuidado del medio ambiente y la valoración de los recursos naturales.	
Frase: “El río de color turquesa”	

y las características y elementos a considerar en el mapa para poder culminar con la actividad; al primer equipo que termine la actividad se le entregará el banderín.

En la siguiente parada se les proporciona la explicación de la obtención de la cuenca y al término se tomará un descanso mientras los otros equipos se emparejan, con la finalidad de continuar el recorrido en conjunto hacia un sendero, en el cual se les explicará la acumulación y el transporte de los suelos durante el proceso de erosión, las zonas de captación y las medidas estructurales que se han realizado para reducir la remoción del suelo.

Mientras los alumnos tendrán que ubicar en su mapa las zonas donde se ha acumulado el material, las áreas de captación de lluvia y las medidas estructurales que se han llevado a cabo para evitar la erosión, el guía explica lo que se observa; el alumno toma fotografías y hace anotaciones en el cuaderno y en el mapa.

La última parada será para realizar un collage o dibujo sobre la importancia del agua, su conservación y protección; los trabajos se someterán a votación, el equipo con más puntos gana y se pone en el cuadro de honor.

Evaluación

Carpeta de evidencia de las actividades que se llevaron a cabo en el rally, en la cual se puede realizar una rúbrica y, por último, un promedio. Las actividades que se realizaron con evidencia: el cuestionario, el mapa con la ubicación de las cuencas, ríos y zonas de acumulación y de remoción y el collage. También se pueden evaluar actitudes durante la visita, como el trabajo en equipo, participación en la actividad, calidad del trabajo, ortografía, fotografía, dibujos e identificación de los elementos en el espacio geográfico.

Reflexión

La pregunta de cierre o detonante de la problemática sería: ¿el proceso de erosión hídrica beneficia o perjudica al espacio geográfico? ¿Cuándo es un riesgo para el ser humano? ¿Qué acciones puedo realizar para reducirlo?

Preguntas guía

1. ¿Por qué es importante el ciclo del agua?
2. ¿Cuál es la relación entre la atmósfera y la superficie terrestre respecto al ciclo del agua?

3. ¿Por qué al agua se le puede considerar un recurso del geopatrimonio?
4. Explica brevemente ¿qué parte del ciclo del agua provoca erosión del suelo?
5. ¿Qué es la erosión?
6 ¿Qué tipos de formaciones observaste en tu recorrido en el sendero?
7. Menciona brevemente tres formas de erosión que ocurren en la Mixteca Alta y en el geoparque.
8. Explica los beneficios y perjuicios de la erosión hídrica sobre la superficie de la tierra.
9. Menciona dos formas para controlar la erosión hídrica en la Mixteca Alta y en el geoparque.
10. Menciona la diferencia de la erosión fluvial y pluvial.
11. Menciona dos medidas para reducir el riesgo de inundación y erosión.

Referencias

Cherenque, W. (1987). *Hidrología*. Perú: Pontífica Universidad de Perú, CONCYTEC.

Contreras, H., Volke, V., Oropeza, J., Rodríguez, C., Martínez, T. y Martínez, Á. (2005). Reducción del rendimiento de maíz por la erosión del suelo en Yanhuitlán, Oaxaca, México. Terra Latinoamericana, 23(3), 399-408. Consultado en (https://www.redalyc.org/pdf/573/57311101012.pdf el 3 de marzo de 2020.

López, N. (2019). *Lamabordos de la Mixteca Alta: Características de Suelos, Abandono y Dinámica erosiva*. Tesis para obtener el grado de maestría en Geografìa. UNAM.

Lugo, J. (1989). Diccionario gemorfológico (2ª ed.). México: Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM.

Montes, P. (2009). *Inventario de erosión acelerada de suelos en la Mixteca Alta de Oaxaca*. Tesis para obtener el grado de maestro en Geografía. UNAM.

Rosado, M. (2016). *El geoparque de la Mixteca Alta, Oaxaca; propuesta de incorporación a los Geoparques Globales de la UNESCO*. Tesis para obtener el grado de licenciada en Geografía. UNAM.

Towhid, O. (2014). Soil erosion by water. En K. Towhid Osman, *Soil, degradation, conservation and remediation*. Springer. Disponible en: https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1007/978-94-007-7590-9

Younos, T. y Parece, T. (2015). *Advances in Watershed Science and Assessment*. Suiza: Springer.

Glosario

Erosión. proceso natural que implica la remoción, deposición y transporte del material no consolidado, incluyendo suelos por la acción del agua y viento (Lugo, 1989).

Erosión hídrica. es la separación de las partículas del suelo por la acción del agua de lluvia y por el escurrimiento debido a la pendiente y a la posición de la ladera. Los principales tipos de erosión por agua son laminar, salpicadura, por surcos, de barrancos, deslizamiento de tierra y erosión de corrientes (Towhid, 2014).

Ciclo hidrológico. es un proceso de permanente movimiento o transferencia de las masas de agua, impulsado por la energía solar, asociado a la gravedad y a la rotación terrestre, materializa en la superficie o en la parte subterránea, así como en sus diferentes estados (sólido, líquido o gaseoso) de la atmósfera del planeta (Chereque,1987).

Cuenca. es el límite geográfico donde la precipitación cae en un área delimitada, en la cual fluyen ríos, arroyos y lagos, o se filtra hacia un sistema de agua subterránea. Se encuentra fuertemente relacionada con la dinámica del sistema de la litosfera y los ecosistemas, y relacionada con las actividades de los seres humanos, que puede impactar significativamente en la calidad y disponibilidad del agua, para su consumo y la salud del ecosistema (Younos y Parece, 2015).

Ríos. corriente de agua continua que escurre por un valle en el cual labra su cauce, que se reconoce por sus grandes distancias que recorre, por su carácter de corriente (permanentes y temporales) y su tipo de alimentación (lluvia, nieve, glaciares y aguas subterráneas); presentan una cabecera y desembocadura y conforman un sistema fluvial en relación con un conjunto de órdenes (Lugo, 1989).

Práctica 35. Sistematización de la historia oral local

Erika Mendoza Martínez

Introducción

La Mixteca Alta es una región con una alta diversidad geológica, edafológica, biológica y cultural (Palacio Prieto *et al.*, 2016). Un evento destacado en su historia se ubica en los años 1521 y 1522, cuando los españoles llegaron a esta región, llamada *Ñú Ñudzahui* en mixteco y Mixtlán en nahua. Los españoles la denominaron "la Mixteca", a la que dividieron en tres partes: la Baja (*Ñuiñe*) en el norte y noroeste; la Alta (*Ñu Dzahui Ñuhu*), en la parte central y este, y la Costa (*Ñundehui*), en los llanos, entre la Cordillera del Sur y el océano Pacífico. En la Mixteca Alta, que poseía gran riqueza natural y cultural, los invasores establecieron su área principal de aplicación de políticas de control, influencia y explotación económica y religiosa. La sociedad mixteco-española floreció alrededor de centros como Yanhuitlán, Teposcolula, Nochixtlán, Tlaxiaco, Tamazulapan, Tejupan, Chalcatongo y Achuitla (Spores, 2018).

En el Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta se han desarrollado esfuerzos a fin de conocer con mayor detalle aspectos relacionados al ambiente natural, el uso y manejo de recursos naturales, potencialidades existentes, así como a investigación social enfocada al fortalecimiento de la identidad que está relacionada con la historia local y regional.

Por lo anterior, es importante señalar algunos aspectos sobre la historia. De acuerdo con el diccionario de la Real Academia Española, la historia es una disciplina que estudia y expone, de acuerdo con determinados principios y métodos, los acontecimientos y hechos que pertenecen al tiempo pasado y que constituyen el desarrollo de la humanidad desde sus orígenes hasta el momento presente.

En este ejercicio trabajaremos con la visión de la historia como los eventos significativos del pasado y del presente para la construcción del porvenir, en un escenario de participación que involucra a todos los actores, así como el término de historia local hace referencia a un ámbito espacial. La historia local es la que nos remite al pasado y nos ofrece un panorama de las motivaciones individuales

y colectivas para el conocimiento, cultivo y uso de la población en general. La historia local se sirve de fuentes de tipo oral, que reflejan la experiencia subjetiva de sus habitantes. Su importancia reside en el hecho de ser fuente de "diagnóstico" de sucesos muy especiales para la comunidad que se traducen en conocimientos afectivos capaces de fortalecer la identidad de la comunidad, la integración de sus miembros y las acciones tendientes al desarrollo de su entorno inmediato (Medina, 2006).

Según Castells (citado por Gruzinski, 1990), la identidad de la gente se expresa cada vez más en un ámbito territorial distinto del Estado nación moderno. Hay un mayor apego a las identidades locales o regionales que a las identidades históricas constituidas. La identidad comunitaria, que por siglos se había conformado en torno a este bien común que es la propiedad colectiva de la tierra, es el fundamento de su autonomía política y de su organización social.

La identidad nacional, para el antropólogo o el historiador ocupado de los datos que arroja el conocimiento del patrimonio cultural, consiste en la búsqueda de la verdad histórica, independientemente de si ello contribuye o no a reforzar el patriotismo o la solidaridad nacional.

Para lograr la sistematización de la historia local de las comunidades se procederá según la metodología plateada y el objetivo señalado.

Objetivos

- Establecer procedimientos para la sistematización de la historia local.
- Registrar y documentar las historias locales y regional.
- Promover la conservación del patrimonio escrito y oral del Geoparque Mundial Unesco Mixteca Alta y fortalecer la identidad local y regional.
- Desarrollar trabajos para la preservación del patrimonio histórico-cultural y local.
- Formar grupos de trabajo que se ocupen del desarrollo cultural de las comunidades.

Materiales y métodos

La historia local será abordada en cada localidad o comunidad participante y tendrá tres etapas. En la primera se buscará obtener un diagnóstico inicial de la comunidad mediante revisión bibliográfica, entrevistas formales e informales, ta-

lleres para la reconstrucción histórica local o entrevistas a actores clave (escritores, pintores, escultores, gestores culturales, músicos, autodidactas, investigadores, historiadores) sobre un tema o suceso específico.

Es recomendable que los entrevistadores obtengan información previa que les facilite la identificación de hechos relevantes y la organización cronológica en distintas fuentes como libros, documentales, parroquias, documentos históricos, visita a sitios históricos.

En la segunda etapa, mediante entrevistas o conversaciones formales o informales, se obtendrá la información sobre los informantes y la historia local con base en el Anexo 1 y la tercera fase la información será sistematizada y se elaborará el documento de historia local.

Los materiales requeridos para las entrevistas será el formato de entrevista, lapicero, grabadora y cámara fotográfica, mapa de la comunidad.

Se abordará desde su fundación, en cada década, momento histórico, fecha en especial, sucesos políticos y sociales, personas notables, manifestaciones autóctonas, propiedad de la tierra, estructura económicas y sociales, ambiente y aspectos ecológicos.

Una vez obtenida la información, se sistematizará para realizar un documento (libro) con los siguientes temas desarrollados como sigue:

- Título
- Introducción
- El paisaje original y el uso del espacio antes de establecerse la comunidad
- Los primeros en llegar, la fundación y origen de la comunidad
- La infraestructura inicial, casas, calles y servicios públicos
- La economía local
- La consolidación del sector, sus cambios estructurales
- Lo cultural y lo tradicional
- Los problemas, las coyunturas, la unión y dispersión
- Las fuerzas sociales, los logros y las frustraciones vecinales
- La organización comunitaria y social
- La actualidad
- Conclusiones

En cada tema se deben contestar las siguientes preguntas:

¿Qué fue lo que sucedió?

- ¿Por qué? Explicar las causas, fundamentos, justificaciones, motivaciones de los hechos.

- ¿Para qué? Hablar de las consecuencias, la utilidad de lo que ocurrió.
- ¿Cómo fue que sucedió?, y
- ¿Cuándo y dónde sucedió?

La historia de la comunidad debe ser un producto balanceado entre la crónica, el análisis y la preocupación por conectar la historia con el entorno social y conjugar las iniciativas de acción comunitarias e institucionales, de manera que ambas puedan comprenderse dentro del marco del desarrollo local.

Con la información obtenida, a manera de resumen, se elaborará una cronología de hechos históricos (Cuadro 1).

Preguntas guía

1. ¿Qué suceso o evento ha determinado la situación actual de la comunidad?
2. ¿Cuáles son las manifestaciones culturales que prevalecen en la comunidad?
3. ¿Es la organización comunal clave para la solución de necesidades o problemas?
4. ¿Cuál es la percepción del futuro en la comunidad a corto, mediano y largo plazo?
5. ¿En la localidad o comunidad prevalece la identidad? ¿Qué elementos la han mantenido?

Cuadro 1. Modelo de cronología del pueblo.

Año	Acontecimiento	Observaciones
Ejemplo: 1521	El municipio era conocido como:… Significa…	Las familias provenían de…
1528	El conquistador Diego de Figueroa la tomó como encomienda	
1547	Se realiza el primer censo que reporta una población de 3400 habitantes.	
1600	Llegada de la imagen de la Virgen del…	
Etc.		

Fuente: entrevista a, los C.…, talleres, otros.

6. ¿Esta actividad contribuye al rescate de la memoria colectiva de la comunidad?

Referencias

Almeida, R. A. (2012). *El pueblo cuenta su historia. Manual de herramientas metodológicas para la reconstrucción de la historia local*. Colección Difusión. Venezuela. Consultado el 27 de febrero de 2020 en https://www.researchgate.net/publication/298788120_El_Pueblo_cuenta_su_historia_Manual_para_la_autoconstruccion_de_la_Historia_Local

Ayala, S. H. R. (1999). *La identidad nacional mexicana como problema político y cultural*. México: Siglo XXI Editores.

Bartra, R. (2014). *La jaula de la melancolía: identidad y metamorfosis del mexicano*. Debolsillo.

Castells, M. (1996). *La era de la información: Economía, sociedad y cultura.* (vol. III). El poder de la identidad. México, Siglo XXI.

Gruzinski, S. (1990). *Más allá de la historia de las mentalidades. Memorias del Simposio de Historiografía Mexicanista* (pp. 36-60). México: IIH, UNAM.

Medina, R. A. (2006). Manual de historial local. Biblioteca Nacional. IABNSB. Consultado el 25 de febrero de 2020 en https://es.slideshare.net/KCERBERO/historia-local-presentaci%C3%B3n

Montero, M. (1984). *Ideología, Alineación e Identidad Nacional una aproximación psicosocial al ser venezolano*. Caracas: Ediciones de la Biblioteca UCV.

Palacio-Prieto, J. L., Rosado-González, E., Ramírez-Miguel, X., Oropeza-Orozco, O., Cram-Heydrich, S., Ortiz-Pérez, M. A., Figueroa-Mah-Eng, J. M. y Fernández de Castro-Martínez, G. (2016). Erosion, culture and geoheritage; the case of Santo Domingo Yanhuitlán, Oaxaca, México. Geoheritage, 8(4). DOI 10.1007/s12371-016-0175-2.

Spores, R. (2018). *Ñuu Ñudzahui: la Mixteca de Oaxaca. La evolución de la cultura mixteca desde los primeros pueblos preclásicos hasta la Independencia*. Ciudad de México: UNAM, IEEPO.

Anexo

Formato para la construcción de la historia local (modificado de Medina, 2006).

DATOS GENERALES

1. Nombre de la comunidad: _____
2. Fecha: _____
3. Nombre del informante:_____
4. Sexo H M
5. Años que vive en la localidad_____
6. Ocupación: _____
7. Nivel de instrucción _____
8. Lugar de residencia _____
9. ¿Ha escuchado o tienen alguna información sobre este proyecto (Geoparque Mixteca Alta)?_____

Fundación

10. ¿Cuánto tiempo lleva fundada la comunidad?

_____

11. ¿Cómo fue y porqué eligieron ese lugar?

_____
_____
_____

12. ¿Cuál es el origen del nombre del pueblo? ¿Qué significado tiene el nombre?

_____
_____
_____

13. ¿Cómo era el terreno cuando llegaron los primeros pobladores?

_____
_____
_____

14. ¿Cómo se produjo la distribución de la tierra?

_____
_____
_____

15. ¿Qué actividades realizaban los habitantes en esa época?

_____
_____
_____

16. ¿Cómo eran los servicios al inicio de la comunidad?

_____
_____
_____

Es recomendable disponer de un mapa regional y local que sirva para que los participantes señalen los primeros poblados.

GENTE Y ESPACIOS: LOCAL Y REGIONAL

17. ¿Qué cosas caracterizan a su comunidad?
Gente: _____
Costumbres: _____
Tradiciones: _____
Música: _____
Danza: _____
Indumentaria: _____
Gastronomía: _____
Medicina natural:_____
Mitos: _____
Ritos: _____
Creencias: _____
Prácticas religiosas: _____
Comidas: _____
_____
_____
Lenguaje: _____

18. ¿Han ocurrido epidemias, desastres naturales, otros como educación y salud, desempleo, inseguridad, luchas sociales para conseguir beneficios?

19. ¿Cómo ha cambiado con el tiempo, el paisaje original se ha modificado?

Tipo de viviendas: _____
Servicios públicos: _____
Edificaciones importantes: _____
Vías de comunicación: _____
Demografía. Natalidad, mortalidad, estratos socioeconómicos.

20. ¿Qué organizaciones, instituciones, agrupaciones, conoce usted en su comunidad? ¿Sabe desde cuándo existen? ¿Qué opinión tienen de ellas?

21. ¿Cómo es la participación de la gente en la comunidad (mucha, regular, poca o nada)? ¿Por qué cree que es así?

22. ¿Usted participa en actividades comunitarias, culturales, deportivas, etc.? ¿Por qué sí o no ha participado?

21. ¿Cómo son las relaciones entre vecinos?

22. ¿Por qué cree que son así?

23. ¿Su comunidad se parece a otras? ¿Por qué?

NECESIDADES, RECURSOS Y EXPECTATIVAS

24. ¿Existe algún tipo de necesidad, social, económica, ambiental? ¿Cuál o cuáles?

25. ¿Siempre ha existido esta necesidad o problema?

26. ¿Cuál fue el origen de esta necesidad o problema?

27. ¿Alguien ha intentado solucionarlo? ¿Quién o quiénes? ¿De qué manera lo han hecho? ¿Cuáles fueron los resultados?

28. Actualmente, ¿cuál sería la necesidad o problema más urgente por resolver en la comunidad?

29. ¿Estaría dispuesto a participar en la solución de los problemas?

30. ¿En qué forma? O, ¿por qué no?

31. ¿Dónde se reúne la comunidad cuando va a discutir sobre asuntos importantes?

32. ¿Se siente parte de la comunidad? ¿Por qué?

33. ¿Cómo se imagina su comunidad dentro de 10 años? Expectativa a corto, mediano y largo plazo

34. ¿Le gustaría que sus hijos crecieran en la comunidad? ¿Por qué?

Práctica 36. Geo mixteca TV

Perla Lorena Romero Gaeta
Instituto de Geografía, UNAM

Introducción

Los geoparques mundiales UNESCO son sitios geográficos con gran importancia geológica a nivel internacional, donde el patrimonio geológico, natural, sociocultural e histórico es utilizado para la concientización de la importancia del sitio a nivel social, a través del aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. La gestión de estos paisajes y sitios se hace bajo el concepto de protección, educación y desarrollo sustentable, involucrando a las comunidades locales a través de la creación de empresas innovadoras, nuevas fuentes de empleo basados en el geoturismo y actividades asociadas a la conservación del sitio, entre otros (UNESCO, 2017).

El Geoparque Mixteca Alta (GMA) se encuentra al noroeste del estado de Oaxaca, comprende un total de nueve municipios, con una superficie aproximada de 415 km². Se trata de una región que presenta diversos paisajes y formas del relieve derivados de la intensa erosión de los suelos que, a lo largo de la historia, han presentado una estrecha relación con el desarrollo cultural y los procesos productivos y sociales de las diferentes comunidades que en él se encuentran (Martínez, 2018; Rosado y Ramírez, 2017). Esta región cuenta con una amplia gama de recursos que lo convierten en un sitio importante para la conservación y divulgación del patrimonio cultural (tangible e intangible), histórico, arqueológico, gastronómico, geomorfológico y ecológico.

El GMA se estableció en 2014, a través de la participación de las autoridades municipales, instituciones educativas y la población local. Uno de sus principales objetivos es generar las condiciones para el aprovechamiento sustentable de los recursos a través de dos enfoques: el educativo, que permite exponer la importancia del patrimonio natural, socio-cultural e histórico de la región y, por otro lado, el geoturístico como herramienta para el bienestar y desarrollo de las comunidades (GMA, 2019).

En el marco del geoturismo la generación de conocimientos a través de diferentes enfoques y herramientas ofrecen a los visitantes distintas posibilidades de interpretación de los recursos patrimoniales del GMA. En este sentido, las herramientas audiovisuales ofrecen una alternativa para la comunicación y divulgación de la información a través de imágenes y sonidos que permiten a la población entender de manera teórica y visual los fenómenos que buscan explicarse (Romero, 2018). Los canales de circulación de la información varían en función de las herramientas utilizadas, de tal forma que alcanzan a un sector más amplio y diverso de la población (Estrada, 2014).

Esta actividad está dirigida a los estudiantes de las diferentes diciplinas que visitan el Geoparque Mixteca Alta y estén interesados en aplicar sus conocimientos para producir un recurso audiovisual para la divulgación de los diferentes elementos patrimoniales del sitio.

Objetivo

Generar una herramienta audiovisual que sirva como mecanismo de divulgación de los elementos patrimoniales del Geoparque Mixteca Alta, a partir de la aplicación de los conocimientos y enfoques particulares de los estudiantes de las diferentes áreas involucradas en la investigación del sitio.

Especificaciones de la actividad

Duración de la actividad: 9 horas
Población objetivo: Alumnos de bachillerato y licenciatura
Especificaciones del video:

- Duración máxima de 5 minutos
- Contenido: importancia del patrimonio del GMA
- Formato: libre (entrevista, reportaje, documental, etc.)

Materiales

- Celulares con cámara
- Descargar previamente en, al menos un celular, la aplicación FilmoraGo (gratuita) o cualquier editor de video.

- Micrófono/manos libres
- Laptop con un editor de video instalado (opcional)
- Formato de guion técnico
- Plumas

Métodos

La actividad se desarrollará en las siguientes etapas:

1. Análisis de la información bibliográfica y cartográfica (recopilada previamente) sobre el estado del patrimonio geológico, geomorfológico, cultural, histórico, ecológico, gastronómico y arqueológico del Geoparque Mixteca Alta. Tiempo de actividad: 90 minutos.
2. Organización de los equipos. Los alumnos se dividirán en equipos integrados por 3 o 5 personas y seleccionarán el o los elementos patrimoniales del geoparque sobre los que trabajarán la herramienta audiovisual.
3. Llenado del formato "Guion técnico". Todo el equipo debe hacer un primer boceto de la herramienta audiovisual a través del llenado del formato "Guion Técnico". Este formato sirve para tener una estructura sobre la cual trabajar la herramienta audiovisual antes de salir a campo. Tiempo de actividad: 90 minutos.

El formato consiste en cuatro columnas:

- La primera columna, "Escena", corresponde al número de planos que se utilizarán para presentar la información en el video.
- En la columna "Audio" se indicará el sonido que acompañará a la imagen correspondiente. En esta puede incluirse un diálogo, música, sonidos de ambientación, entre otros.
- En la columna "Imagen" se especifica la toma a realizar en campo, puede incluir tomas panorámicas, utilizando los diferentes ángulos de la cámara (cenit, picado, normal, contrapicado, nadir), acercamientos (close up), etc. Es importante especificar qué objeto, paisaje o persona se mostrará en la imagen.
- La última columna corresponde al "Tiempo". En ella se debe especificar el tiempo de duración de cada una de las escenas. Se debe tener en cuenta que el tiempo máximo del video será de cinco minutos.

4. Rodaje. Una vez concluido el "Guión Técnico", el equipo está listo para salir a grabar al campo. Con ayuda de un celular, un micrófono o manos

libres se deben tomar las escenas antes planeadas para obtener el material audiovisual necesario para la edición del video. Tiempo de actividad: 2 horas.

5. Edición. Después de obtener los insumos de imagen y sonido el equipo se debe concentrar en el punto de reunión para comenzar con la edición. Este paso es uno de los más tardados a la hora de crear un producto audiovisual. En esta fase los alumnos deben organizar el material previamente obtenido en campo y darle un formato final. La edición es libre, por lo que es posible utilizar música y efectos a su elección. Tiempo de actividad: 3 horas.
6. Presentación de trabajos. Al finalizar la edición todos los participantes deben concentrarse en la misma sala con el fin de presentar al resto del grupo los videos finales de cada uno de los equipos. Tiempo de actividad: 1 hora.

Preguntas guía

1. ¿Qué tipos de elementos del patrimonio caracterizan al Geoparque Mixteca Alta?
2. ¿Cuáles son las características de cada uno de los elementos patrimoniales?
3. ¿Cómo se relacionan entre ellos?
4. ¿Cómo se relaciona la población local con el GMA?
5. ¿Cuál es el papel del GMA en el ámbito turístico regional?
6. En materia de conservación, ¿cuál es la relevancia del GMA?
7. ¿De qué manera puede contribuir la incorporación de herramientas audiovisuales con los objetivos fundamentales del GMA?

Referencias

Cebrían Herreros, M. (2014). *Divulgación audiovisual, multimedia y en red de la ciencia y tecnología*. CIESPAL-ASECIC.

Estrada, L. (2004). Los medios para divulgar la ciencia. En *La divulgación de la Ciencia*. Instituto Politécnico Nacional.

Guridi Colorado, J. J. (2010). *El discurso audiovisual en la divulgación de la ciencia de la UNAM: la construcción de un modelo de ciencia para divulgar*. Tesis de maestría en Comunicación de la Ciencia y la Cultura, Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente.

López de Juambelz, R. (2017). El paisaje de la Mixteca Alta. Bitácora, UNAM, número 31, pp. 076-085 [en línea], Disponible en https://bitacora.incitrus.com/2017/11/page/15/

Martínez Miranda, G. M. (2018). Identificar, caracterizar y evaluar sitios geoculturales. Trabajo de campo en el Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta. *Investigaciones Geográficas, 97*, Disponible en http://www.investigacionesgeograficas.unam.mx/index.php/rig/article/view/59799

Palacio Prieto, J. L. (2013). Geositios, geomorfositios y geoparques: importancia, situación actual y perspectivas en México. *Investigaciones Geográficas, 82*, 24-37 Recuperado de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56928965003

Palacio Prieto, J. L., de Castro Martínez, G. F. y González, E. M. R. (2019). Geosenderos en el Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta, Oaxaca, México. *Cuadernos Geográficos, 58*(2), 111-125.

Romero Gaeta, P. (2018). *Comunicación del riesgo de desastre por inestabilidad de ladeas en el municipio de Teziutlán, Puebla*. Tesis de licenciatura en Geografía. Colegio de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM.

Rosado, G. E. M. y Ramírez, M. X. (2017). Importancia del trabajo comunitario participativo para el establecimiento del geoparque mundial de la UNESCO Mixteca Alta, Oaxaca, México. *Investigaciones Geográficas, 92*, 1-11. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n92/2448-7279- igeo-92-00012.pdf

UNESCO. (2017). Los Geoparques Mundiales de la UNESCO: Celebrando el Patrimonio de la Tierra, sosteniendo las comunidades locales. Recuperado de https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000243650_spa

Anexo

Guion Técnico			
Escena	Audio	Imagen	Tiempo

Los autores y autoras

Ana Itzel Solís García. (anaitzel.sol@gmail.com) Licenciada en Geografía por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Actualmente cursa la maestría en Geografía en la UNAM, su trabajo de tesis es una propuesta metodológica para la aplicación de cartografía participativa para la identificación de peligros, vulnerabilidades y capacidades del riesgo de desastre.

Anabell Pérez Flores. (ana_perflo@yahoo.com.mx) Licenciada en Geografía por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Cursa el Posgrado en Geografía en la Universidad Nacional Autónoma de México desarrollando el tema de inundaciones pluviales en las áreas urbanas, una propuesta de adaptación a partir de la planeación territorial.

Diana Samantha Salgado Ortiz. (samantha.salgado@ciencias.unam.mx) Licenciada en Ciencias de la Tierra con orientación en Ciencias Ambientales en la Facultad de Ciencias de la UNAM. El trabajo realizado para obtener su grado se titula "Divulgación de la Ciencia a partir del estudio del origen de los colores de la tierra en el Geoparque Global UNESCO Mixteca Alta".

Erika Mendoza Martínez. (zanezka@gmail.com) Es Ingeniera en Agroecología y Maestra en Ciencias Forestales por la Universidad Autónoma Chapingo, México, con experiencia como prestador de servicios profesionales a comunidades, ejidos, asociación de productores, realizando y apoyando proyectos como ordenamientos territoriales, inventarios de flora, entre otros.

Giuliana Magali Martínez Miranda. (giulm.miranda@gmail.com) Es licenciada en Geografía por la Universidad Nacional Autónoma de México, estudiante de la maestría en Geografía con especialización en Manejo Integrado del Paisaje en el Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM. Sus líneas de interés son el valor cultural del geopatrimonio y el conocimiento tradicional del paisaje.

Gonzalo Fernández de Castro Martínez. (gonfermar@comunidad.unam.mx) Es doctor en Geografía en el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. Sus líneas de Investigación son la biogeografía, la dinámica del paisaje y los geo-

parques. Está especializado en análisis espacial con sistemas de información geográfica, procesamiento digital de imágenes y fotogrametría para levantamientos geomorfológicos.

Ingrid Jardines Muñoz. (jingriid7@gmail.com) Artista visual egresada de la Facultad de Artes y Diseño, UNAM. Es miembro del "Laboratorio de Exploración Territorial" que dirige Eduardo Cué. Su línea de investigación artística indaga sobre cómo habitan los cuerpos los entornos naturales o las áreas verdes dentro de la Ciudad de México.

Isabel del Rayo Estrada. (irayo@geografia.unam.mx) Es ingeniera agrónoma especialista en suelos por la Universidad Autónoma Chapingo, tiene maestría y doctorado en edafología del Colegio de Postgraduados. Sus líneas de investigación son la fertilidad del suelo, la captura de carbono, entre otras. Es investigadora por México en la Unidad Académica de Estudios Territoriales en Oaxaca, Instituto de Geografía, UNAM.

Jhoanna Silis Esquivel. (jsilis.unacar@gmail.com) Es ingeniera geóloga egresada del Instituto Politécnico Nacional, tiene una maestría en Geociencias por el mismo instituto. Sus líneas de investigación son la sedimentología, tectonoestratigrafía y cartografía geológica. Es docente-investigador en la Universidad Autónoma del Carmen.

Lilian Lucio Rojas. (lilian.luro@gmail.com) Licenciada en Ciencias de la Tierra por la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (2012-2017). Actualmente estudiante de la maestría en Geografía, dentro del Posgrado de la UNAM.

María del Pilar Fernández Lomelín. (pilarf@geografia.unam.mx) Pertenece al Departamento de Geografía Física del Instituto de Geografía de la UNAM. Es bióloga, con maestría en Ecología y Ciencias Ambientales. Participa en proyectos de contaminación y degradación de suelos y evaluaciones de impacto ambiental, así como en el Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta, Oaxaca.

Oralia Oropeza Orozco. (orooro@geografia.unam.mx) Maestra en Ciencias por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Investigadora del Departamento de Geografía Física del Instituto de Geografía de la UNAM. Sus principales líneas de investigación son la Geografía de los Riesgos y el Ordenamiento Territorial.

Perla Lorena Romero Gaeta. (lorena.romerogaeta@gmail.com) Licenciada en Geografía por la Universidad Nacional Autónoma de México. Realiza investigación sobre la aplicación de metodologías participativas para la reducción del riesgo de desastre en la Sierra Norte de Puebla, como parte de sus estudios de posgrado en Geografía, en la especialidad de Geografía Ambiental.

Quetzalcóatl Orozco Ramírez. (qorozco@geografia.unam.mx) Es investigador del Instituto de Geografía de la UNAM, en la Unidad de Estudios Territoriales en la ciudad de Oaxaca. Doctorado en la Universidad de California, Davis (2009-2014), en Geografía. Actualmente realiza investigación sobre la agrobiodiversidad en la Mixteca Alta de Oaxaca.

Rocío Mañón de la Cruz. (manoncr23@gmail.com) Licenciada en Ciencias Ambientales por la Universidad Autónoma del Estado de México. Cursa el posgrado de Geografía en el área ambiental, de la Universidad Nacional Autónoma de México, desarrollando el tema de determinación de áreas vulnerables a derrames de hidrocarburos en el municipio de Papantla, Veracruz.

Rosalba Lima Velázquez. (rlima@pampano.unacar.mx) Ingeniera Geóloga, egresada del Instituto Politécnico Nacional. Especialista en caracterización de yacimientos petroleros. Actualmente labora en la Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR), con la línea de investigación en educación de las geociencias bajo el esquema de resolución de problemas bajo un modelo basado en competencias con trabajo.

Rosario Ramírez Santiago. (chayoixt@hotmail.com) Es profesora en la Universidad Autónoma Comunal de Oaxaca. Realizó un posdoctorado en la Unidad Académica de Estudios Territoriales de Oaxaca del Instituto de Geografía de la UNAM. Bióloga, con maestría en manejo y conservación de bosques tropicales y biodiversidad, y doctorado en ciencias forestales.

Selene Eridani Zaragoza Álvarez. (geoeridani@gmail.com) Licenciada y maestra en Geografía por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Cursa el doctorado en Geografía en la UNAM, su investigación es sobre la prevención y gestión integral de los residuos sólidos urbanos en el municipio de Santo Domingo Yanhuitlán del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta, en Oaxaca.

Silke Cram Heydrich. (silkecram@geografia.unam.mx) Trabaja en el Departamento de Geografía Física del Instituto de Geografía de la UNAM. Es bióloga, con un doctorado en Ciencias Agrícolas. Sus líneas de investigación son la degradación y conservación de suelos, suelos urbanos.

Víctor Manuel Dávila Alcocer. (davilal@unam.mx) Es ingeniero geólogo de la Facultad de Ingeniería, UNAM. Maestría en Ciencias, Universidad de Texas en Dallas. Trabajó en el Departamento de Geología Regional del Instituto de Geología de la UNAM. Participó en el proyecto del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta, Oaxaca.

Guía de actividades escolares de campo en el Geoparque Mixteca Alta, editado por el Instituto de Geografía, se terminó de imprimir el 19 de diciembre de 2022, en los talleres de Litografica Ingramex S.A. de C.V., Centeno, núm. 195, Valle del sur, Iztapalapa, 09819, Cd. Mx.

El tiraje consta de 200 ejemplares impresos en digital sobre papel cultural de 90 gramos para interiores y couché de 250 gramos para los forros. Para la formación de galeras se usó la fuente tipográfica Adobe Garamond Pro, en 9.5/10, 10/12, 11/13 y 15/17 puntos. Edición realizada a cargo de la Sección Editorial del Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. Corrección de estilo: Lilia Carmina Villanueva Barrios. Formación de galeras: Deyanira Ballesteros Bonola. Cuidado de la impresión: Laura Diana López Ascencio.

OTROS TÍTULOS DE LA SERIE

Las investigaciones geográficas, naturalistas y geológicas en México, 1876-1946
Luz Fernanda Azuela Bernal
y Rodrigo Vega y Ortega
(Coordinadores)

Glosario geomorfológico para montañistas
Miguel Ángel Hernández Espejo
y José Lugo Hubp

El mundo por descifrar
La perspectiva geográfica
Paul Claval

La geografía y la historia natural en México
Producción de conocimientos y aplicaciones tecnocientíficas, 1795-1934
Luz Fernanda Azuela Bernal
y Rodrigo Vega y Ortega
(Coordinadores)

Polifemo cegador
La geografía y los modelos del mundo
Franco Farinelli

Científicos, empresarios y funcionarios en la construcción del conocimiento y su aplicación práctica en México (1824-1938)
Luz Fernanda Azuela Bernal
y Rodrigo Vega y Ortega
(Coordinadores)

Geomorfología tridimensional para el análisis del relieve mexicano
J.-F. Parrot, J. Lugo-Hubp,
C. Ramírez-Núñez y J.J. Zamorano-Orozco

Algorítmica de los módulos ejecutables del libro Geomorfología tridimensional para el análisis del relieve mexicano
J.-F. Parrot

Guía de actividades escolares de campo en el Geoparque Mixteca Alta

Quetzalcóatl Orozco Ramírez
Coordinador

Los geoparques mundiales de la UNESCO son territorios para la conservación, el desarrollo sostenible y la educación. Desde sus inicios, el Geoparque de la Mixteca Alta ha tenido como actividades principales, además del geoturismo, a las educativas, entre las que se encuentran actividades de educación formal e informal. El vínculo entre el geoparque y varios programas universitarios de licenciatura y postgrado es muy fuerte.

En esta guía ponemos a la disposición de los docentes de diferentes niveles educativos un compendio de treinta y seis prácticas escolares, diseñadas para el Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta, pero pueden aplicarse en otras regiones. El público al que están dirigidas son los estudiantes de licenciatura, de varias carreras afines a la geografía, debido a que los temas son diversos, pero tiene como eje el territorio. Sin embargo, algunas prácticas se pueden adaptar a los niveles medio y medio superior.

El objetivo es brindar opciones de formación y educación más allá de las visitas y las explicaciones de los guías locales durante los recorridos, ofrecer a los estudiantes y docentes otras opciones para el aprendizaje de los temas vistos en los cursos. De esta manera aprovecharan al máximo la visita a este territorio maravilloso.

ISBN 978-607-30-6758-4