Fortalecimiento de las Geociencias en México a través de la perspectiva geoética

Strengthening Geosciences in Mexico through a geoethical perspective

Antoni **Camprubí**[1,*], Sandra P. **Villacorta**[2], Susana A. **Alaniz-Álvarez**[3]

[1] Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito de la Investigación Científica, Ciudad Universitaria, 04510, Coyoacán, CDMX, México.

[2] Australian Resources Research Centre, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Kensington, WA, 6151, Australia.

[3] Instituto de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Boulevard Juriquilla 3001, 76230, Juriquilla, Querétaro, México.

* Autor para correspondencia:
(A. Camprubí) *camprubi@geologia.unam.mx*

Cómo citar este artículo:
Camprubí, A., Villacorta, S.P., Alaníz-Álvarez, S.A., 2025, Fortalecimiento de las Geociencias en México a través de la perspectiva geoética: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 77(2), A170725. http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2025v77n2a170725

Manuscrito recibido: 5 de Junio de 2025
Manuscrito corregido: 15 de Julio de 2025
Manuscrito aceptado: 16 de Julio de 2025

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia CC BY-NC-SA (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

RESUMEN

Este artículo examina el papel de la geoética en fortalecer la enseñanza y la práctica profesional de las geociencias en México. Para ello, se analizó el panorama actual de la integración de la geoética en las diversas disciplinas de estudio y conocimiento adscritas a las Ciencias de la Tierra, destacando su importancia para asegurar un desarrollo geocientífico que sea sostenible y éticamente responsable. En este sentido, se proponen estrategias para la generalización de la geoética como asignatura clave en la enseñanza superior de las diversas carreras disponibles en el país, relacionadas con las Ciencias de la Tierra. A través de ejemplos y casos de estudio, se discuten las aplicaciones prácticas de la geoética en diversos aspectos relevantes de interés geocientífico en México, incluyendo la gestión del territorio y sus recursos naturales, la mitigación de desastres y la conservación del patrimonio geológico. Se identifican los principales desafíos en estos temas y se recomiendan estrategias para el aumento en la concienciación geoética, buscando promover un cambio significativo hacia prácticas más justas y respetuosas con el medio ambiente y las sociedades humanas en México. Entre los desafíos que es preciso atender son destacables los generados por las industrias extractivas, los peligros naturales y el rol antrópico en su agudización (con una incidencia particularmente crítica en medios urbanos), las afectaciones a los recursos hídricos y edáficos, las fuentes de energía, y el cambio climático.

Palabras clave: recursos naturales, peligros naturales, cambio climático, gestión del territorio, enseñanza, programas de estudio, Ciencias de la Tierra.

ABSTRACT

This article examines the role of geoethics in strengthening both the teaching and professional practice of geosciences in Mexico. To this end, it analyzes the current landscape of geoethics integration across the various disciplines and fields of knowledge encompassed within the Earth Sciences, emphasizing its importance in ensuring a geoscientific development that is both sustainable and ethically responsible. In this context, the article proposes strategies for the inclusion of geoethics as a key subject in higher education programs related to the Earth Sciences in Mexico. Through examples and case studies, the practical applications of geoethics are discussed in relation to several geoscientifically relevant areas in the country, including land and natural resource management, disaster mitigation, and the conservation of geological heritage. The main challenges in these areas are identified, and strategies are recommended to enhance geoethical awareness, with the goal of fostering a meaningful shift toward fairer and more environmentally and socially respectful practices in Mexico. Among the most pressing challenges to be addressed are those posed by extractive industries, natural hazards and the anthropogenic factors that exacerbate them (with particularly critical impacts in urban environments), as well as threats to water and soil resources, energy sources, and climate change.

Keywords: natural resources, natural hazards, climate change, territorial management, teaching, syllabi, Earth Sciences.

http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2025v77n2a170725

1. Introducción

La geoética se define como *la investigación y reflexión sobre los valores y principios que sustentan los comportamientos adecuados dondequiera que las acciones humanas interactúen con el sistema terrestre* (*sic*, Villacorta *et al.*, 2023), según la definición de Di Capua y Peppoloni (2019). En consecuencia, es un campo de conocimiento que articula las Ciencias de la Tierra con las Humanidades, incluyendo Filosofía, Sociología, Ciencias de la Educación, Economía, y las Ciencias Políticas. Los principales problemas y temas que trata la geoética incluyen (pero no se limitan a): (1) el uso sustentable de los recursos naturales, (2) la reducción y gestión de los riesgos naturales y antropogénicos, (3) la gestión del territorial, de áreas costeras, mares y océanos abiertos, (4) la contaminación ambiental y su impacto en la salud humana, (5) los cambios ambientales a nivel global, incluyendo el cambio climático, (6) la protección de los ambientes naturales, (7) la integridad en la investigación y el desarrollo de códigos de conducta científica y profesional, (8) la educación en Ciencias de la Tierra, (9) la geodiversidad, el geopatrimonio, los geoparques y el geoturismo, y (10) la geología forense y la geología médica (Di Capua y Peppoloni, 2019).

Se entiende que coexisten e interaccionan cuatro dominios geoéticos, (individual, interpersonal o profesional, social y ambiental; *e.g.*, Villacorta *et al.*, 2023) que, bajo el principio ético, determinan valores geoéticos que promueven una conciencia geocientífica justa, informada y respetuosa de la Geosfera (Villacorta *et al.*, 2023).

Como subrayan Koupatsiaris y Drinia (2024), la geoética requiere una educación transformadora, que fomente el pensamiento sistémico, la responsabilidad social y el compromiso ambiental como elementos centrales del quehacer geocientífico.

Esta transformación también implica ampliar el alcance de la geoética más allá de sus fundamentos tradicionales, reconociendo, por ejemplo, la relación ancestral de los pueblos originarios con la tierra y la legitimidad epistémica de sus conocimientos. En este sentido, diversos autores (*e.g.*, Ryan-Davis y Scalice, 2022; McKinley *et al.*, 2023; Lacreu, 2024) han llamado a integrar los sistemas de saber indígena como formas válidas y expertas de conocimiento geológico, promoviendo prácticas de campo basadas en el consentimiento informado, la reciprocidad y el respeto cultural. Así, la geoética se perfila también como una herramienta anticolonial para construir relaciones equitativas y sostenibles entre ciencia y sociedad.

Los valores fundamentales de la geoética, recogidos en la Declaración sobre Geoética de Ciudad del Cabo (Peppoloni, 2018)[1] son los siguientes:

1. Honestidad, integridad, transparencia y fiabilidad del geocientífico, incluyendo la estricta adhesión a los métodos científicos;
2. Aptitud, incluyendo capacitación regular y aprendizaje de por vida;
3. Socialización del conocimiento en todos los niveles como una actividad valiosa, lo cual implica comunicar ciencia y resultados, teniendo en cuenta sus limitaciones intrínsecas como probabilidades e incertidumbres;
4. Verificación de las fuentes de información y datos, y aplicación de procesos objetivos e imparciales de revisión por pares a publicaciones técnicas y científicas;
5. Trabajo con espíritu de cooperación y reciprocidad, que implica la comprensión y el respeto para las distintas ideas e hipótesis;
6. Respeto por los procesos y fenómenos naturales, donde sea posible, cuando se planifican e implementan intervenciones en el ambiente;
7. Protección de la geodiversidad como un aspecto esencial del desarrollo de la vida y de la biodiversidad, de la diversidad cultural y social, y del desarrollo sustentable de las comunidades;
8. Valorización del patrimonio geológico, lo cual une los factores científicos y culturales que poseen un valor intrínseco social y económico,

1 Disponible en 37 idiomas en https://www.geoethics.org/ctsg (5 de febrero de 2024).

http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2025v77n2a170725

para reforzar el sentido de pertenencia de las personas en su entorno;

9. Asegurar la sustentabilidad de las actividades económicas y sociales para garantizar el suministro de energía y otros recursos naturales a las futuras generaciones;
10. Promoción de la geoeducación y la divulgación para todos, a fin de impulsar el desarrollo económico sustentable, la prevención y mitigación de las geoamenazas, la protección ambiental, y el aumento de la resiliencia y bienestar de la sociedad.

Con estos principios como marco referencial, el objetivo de este trabajo es analizar el estado actual de la geoética en México, destacando áreas de oportunidad para su consolidación y proponer estrategias que permitan su implantación efectiva en la formación académica y en la práctica profesional de las Ciencias de la Tierra. La necesidad de una práctica geocientífica situada, responsable y culturalmente sensible ha sido destacada por Vela-Almeida *et al.* (2022), particularmente en América Latina, donde el consentimiento informado y el reconocimiento de los saberes locales resultan indispensables para los proyectos de exploración minera.

Esta visión se alinea con la aplicación de la "ética geoambiental" (Valera *et al.*, 2021), altamente pertinente en países megadiversos y con fuerte presión sobre sus recursos naturales, como es el caso de México.

2. La geoética en México

Villacorta *et al.* (2024) analizaron los obstáculos en la implantación de la enseñanza de la geoética en la educación superior comunes en América Latina y los resumieron en (1) resistencia al debate crítico ante dilemas éticos, particularmente cuando en ello interfieren intereses corporativos, u otros tipos de conflictos de intereses, (2) existencia de esfuerzos fragmentarios, (3) deficiencias en la formación y falta de conciencia de los educadores en este tema, (4) resistencia a cambios en programas de estudio ya establecidos, (5) falta de recursos educativos y falta de colaboración entre diversos agentes para paliar, (6) falta de integración de la disciplina a la realidad multilingüe y multicultural de la región, y (7) falta de fomento al interés de los estudiantes en el tema. En definitiva, incluso en países en que ya existe experiencia en la introducción de la geoética en el medio académico y en la educación superior (*e.g.*, Chile), subsisten resistencias de diversos tipos que dificultan el desarrollo óptimo de esta. En consecuencia, la mayoría de los profesionales en Ciencias de la Tierra presentan un comportamiento de índole exclusivamente técnica al abordar sus actividades.

Por tales motivos, en primer lugar, es preciso caracterizar la situación actual de la enseñanza en Ciencias de la Tierra (y adláteres) en México y la implantación de las nociones de ética en general dentro de los programas de estudio oficiales en el país. En segundo lugar, se analiza la existencia de acciones concretas en México dentro del campo de la geoética. Finalmente, se analiza la disponibilidad de medios editoriales en México, particularmente los de acceso libre, y su experiencia en temas relativos a la geoética. De algún modo, con ello se pretende estimar el grado de madurez que presentan espontáneamente los diversos actores afines a las Ciencias de la Tierra para albergar iniciativas más sólidas en el terreno de la geoética.

2.1. ESTADO ACTUAL DE LA ENSEÑANZA EN CIENCIAS DE LA TIERRA EN MÉXICO Y PRESENCIA DE LA GEOÉTICA EN LOS PROGRAMAS DE ESTUDIO

La enseñanza en Ciencias de la Tierra dentro de la educación superior de México se lleva a cabo en numerosos centros universitarios en forma de programas de licenciatura que son temáticamente muy diversos. Estos abarcan áreas de estudio de tipo general hasta campos de alta especificidad: Ingeniería Geológica (o en Geociencias), Ingeniería Geofí*sica*, Ingeniería Petrolera (o del Petróleo), Geología (o Geociencias o Ciencias de la Tierra), Ingeniería Geológica Ambiental, Ingeniería de Minas (y Metalurgia),

http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2025v77n2a170725

Ingeniería Ambiental, disciplinas dentro de la Hidrogeología o la Edafología, Ingeniería Topográfica, Geomática o Geodésica, etc. (Tabla A1). Asimismo, recientemente se anunció la impartición de la nueva carrera de Ingeniería en Mineralogía en el Tecnológico Nacional de México[2], aunque a la fecha no se conoce en cuántos institutos tecnológicos se impartirá la carrera ni cuándo se va a dar inicio a la misma. En este análisis se obvian las licenciaturas en Geografía, pues esta disciplina en México se cuenta dentro las Humanidades y sólo se incluyen las variantes más técnicas o ingenieriles asociadas a esta, con todo y la gradación existente en los contenidos temáticos de planes de estudios relativamente afines.

La enseñanza de las licenciaturas analizadas en este trabajo se imparte en 25 de las 32 entidades federativas de México (Figura 1), mayoritariamente en instituciones públicas (con las excepciones de la USL y la UVM). Las disciplinas consideradas como parte de las Ingenierías dominan el panorama educativo en Ciencias de la Tierra de México (83 de 96 planes de estudio de licenciatura, o un 86.5%). Esta es una característica compartida con el Perú, lo cual contrasta con otros países latinoamericanos, como Argentina o Chile, en que la enseñanza en Geología se imparte habitualmente como Ciencia y no como Ingeniería (Villacorta *et al.*, 2024).

Entre los que fueron analizados, sólo existe un plan de estudio o programa docente en licenciatura o postgrado en México, que incluye una asignatura bajo el epígrafe de geoética, en la Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra de la UNAM. Cabe destacar, que existe una asignatura en un programa de licenciatura en la UABCS cuyo contenido es análogo a los principios de la geoética (sin mencionarla como tal), una en la UNAM relativa a bioética, ecoética y zooética, y otra de ética ambiental en la UAEM y la UMSNH. Sin embargo, más del 57% de los programas de licenciatura que fueron objeto de análisis incluyen asignaturas cuyas denominaciones denotan un contenido en ética deontológica. El gran total de asignaturas en programas de licenciatura en México relativos a la ética profesional es de 59%. Dichas características se reproducen a escala continental.

Efectivamente, Villacorta *et al.* (2024) reportan la ausencia generalizada de la geoética en los programas docentes en licenciaturas en países representativos de América Latina, además de un desconocimiento general sobre cualquier tipo de investigación formal en el tema. En México, por ejemplo, se obtuvo el mayor porcentaje, entre los países analizados (Villacorta *et al.*, 2024), de encuestados que reconocen (1) la falta de entrenamiento adecuado en el área de la geoética de los docentes, y (2) que la falta de docencia en geoética es profesionalmente inconveniente (en ambos casos, con un 82%).

Todas las instituciones confederadas en el sistema del Tecnológico Nacional de México (TNM) incluyen la asignatura de ética en forma de taller dentro de las licenciaturas en Ciencias de la Tierra. Notablemente, el sistema del TNM abarca casi un tercio (32.2%) del total de la oferta nacional de enseñanza en Ciencias de la Tierra, a nivel de licenciatura. La distribución de las 28 instituciones en el sistema del TNM que imparten licenciaturas en Ciencias de la Tierra y afines denota su vocación profesionalizante, pues estas se ubican preferencialmente en estados de gran tradición petrolera (Tabasco, Tamaulipas, Veracruz) o minera (Chihuahua, Coahuila, Durango, Sonora, Zacatecas) y, por consiguiente, con una gran demanda laboral dentro de las licenciaturas de las ingenierías Geológica, Petrolera o de Minas. La marcada vocación hacia el sector productivo de estas instituciones queda patente por el hecho de que una sola dependencia del TNM imparte estudios de postgrado en Ciencias de la Tierra.

En contraste con los programas de licenciatura, los programas de postgrado en disciplinas dentro de las Ciencias de la Tierra existentes en México tienden hacia una formación con una orientación más de carácter científico que

2 https://www.gob.mx/presidencia/prensa/anuncia-presidenta-claudia-sheinbaum-creacion-de-330-mil-nuevos-lugares-para-estudiantes-de-educacion-superior?idiom=en (consultado el 5 de diciembre de 2024)

http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2025v77n2a170725

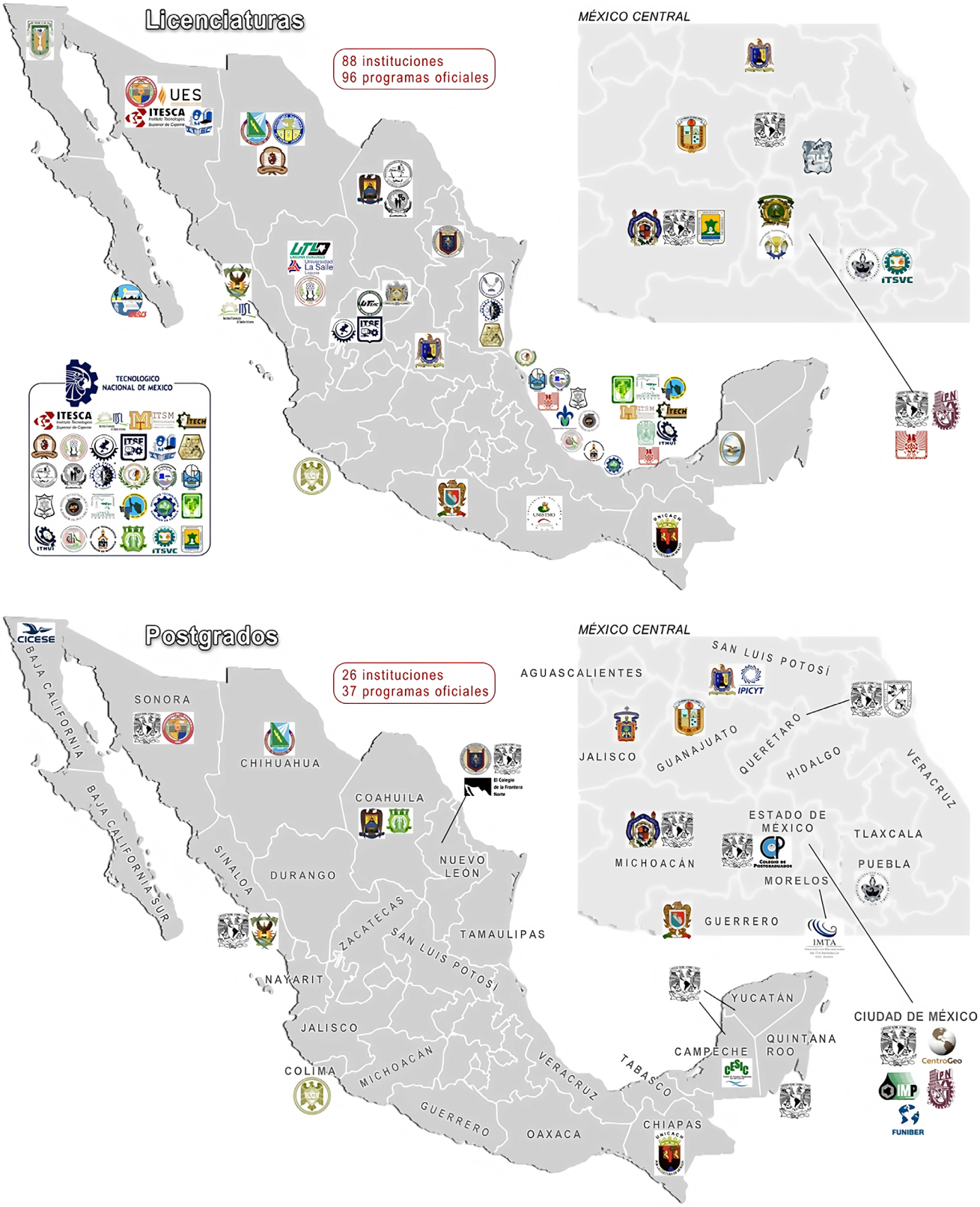

Figura 1 Instituciones de educación superior en México con programas docentes oficiales de licenciatura o postgrado en Ciencias de la Tierra, y su distribución geográfica por estado (parcialmente reelaborado de Villacorta *et al*., 2024).

http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2025v77n2a170725

ingenieril, independientemente de su enfoque hacia Ciencias bá*sic*as o aplicadas. Ninguno de los 37 programas de postgrado que se pudieron analizar (mayormente, de maestría) incluye materias claramente etiquetadas como relativas a la ética, y sólo uno de ellos incluye en su programa docente una sección sobre ética de los documentos científicos. Como es obvio, ello también contrasta fuertemente con la compo*sic*ión de los programas de licenciatura analizados. Sin embargo, es preciso hacer notar que, a diferencia de los de licenciatura, muchos programas de postgrado no transparentan su plan docente, por lo que no se dispone de información suficiente para afirmar categóricamente la ausencia de asignaturas de carácter ético.

Por tanto, en conjunto, no se detectó ningún tipo de iniciativa en el campo de la Geoética en programas docentes oficiales de instituciones de educación superior mexicanas a ningún nivel, pero, además, este campo parece estar ausente también a nivel de la vida académica general. Tales carencias contrastan con el hecho que la ética deontológica y la integridad profesional son conceptos invocados de forma muy recurrente a nivel institucional, tanto en entidades públicas como privadas, y tanto dentro del campo de la educación y la investigación científica como por parte de agentes gubernamentales o corporativos. No obstante, la falta de acciones concretas relativas al avance de la ética, siquiera a nivel deontológico o inespecífico, denotan que el ámbito de los llamados a la ética o a la integridad profesional tienden más a lo retórico o políticamente correcto que a lo efectivo o resolutivo.

Esta carencia se vuelve aún más crítica si se considera que la educación geoambiental constituye un vehículo clave para la transmisión de los principios geoéticos, tal como proponen autores como Koupatsiaris y Drinia (2024) o Lacreu (2024), quienes subrayan que la geoeducación debe vincularse a la sostenibilidad, la justicia ambiental y la alfabetización ética de los futuros profesionales.

2.2. ACCIONES EN MÉXICO EN CONSONANCIA CON LOS PRINCIPIOS GEOÉTICOS

Este estudio es ampliado a partir de Villacorta *et al.* (2024). Hasta el momento, no se han logrado identificar acciones específicas en México evidentes en el dominio público bajo la denominación de la geoética. Tampoco hemos podido encontrar evidencias sobre iniciativas fomentadas por los representantes nacionales para México de las principales asociaciones internacionales en esta área —*International Association for Promoting Geoethics* (IAPG) e *International Association for Geoethics* (IAGETH). Las excepciones a ello son algunas presentaciones en congresos científicos nacionales. Por otro lado, a la fecha, la Unión Geofí*sic*a Mexicana es la única organización o sociedad profesional o científica mexicana que ha suscrito la Declaración de Ciudad del Cabo sobre Geoética[3].

Sin embargo, desde hace varias décadas ha habido instituciones que (1) han llevado a cabo el monitoreo de peligros geológicos o sísmicos e informan puntualmente de dichos eventos, (2) han llevado a cabo tareas de asistencia preventiva y paliativa directa a la población afectada por o potencialmente vulnerable a desastres naturales, (3) han logrado desarrollar vínculos sólidos con la sociedad civil mediante la socialización del conocimiento pertinente, y (4) han ostentado un papel decisivo en la toma de decisiones y políticas preventivas y paliativas. Tal es el caso del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED[4]), integrado hoy día en la Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana del Gobierno Federal, y del Servicio Sismológico Nacional (SSN), adscrito a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). El SSN[5], además de llevar a cabo tareas permanentes de diseminación del conocimiento científico en su área, por diversos medios y métodos, tiene bajo su responsabilidad el mantenimiento de una red de estaciones sismológicas, y la publicación de información

3 https://www.geoethics.org/ctsg
4 https://www.gob.mx/cenapred/en
5 http://www.ssn.unam.mx/

http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2025v77n2a170725

precisa y de forma continua de todos los eventos sísmicos registrados, así como de la interpretación de estos. Incluso el Ejército Mexicano y la Marina Nacional tienen la encomienda oficial de asistir a la población y a mantener las comunicaciones e infraestructura necesarias ante desastres naturales, a través del plan DN-III-E[6] o el Plan Marina[7]. Por lo tanto, existen ya instancias del Gobierno Federal (CENAPRED, Ejército y Marina) o con fuertes nexos con este (SSN) con los que pueden establecerse nexos a partir de otros actores sociales o académicos bajo la guía de los principios geoéticos.

El Instituto de Geología de la UNAM creó el Servicio Geológico Metropolitano (SGM) en 1999, con los objetivos de categorizar los peligros geológicos en el área metropolitana de la Ciudad de México y crear conciencia de estos tanto a nivel social como gubernamental. El SGM fue una piedra angular en la reflexión sobre la geoética y sus implicaciones en el quehacer geocientífico, pero, desafortunadamente, fue cerrado en 2009 al cesar todo apoyo económico del gobierno local. Durante el periodo 2011-2018, el Instituto de Geología de la UNAM llevó a cabo numerosas iniciativas de carácter social y circunscritas a los principios de la geoética. Tales fueron los casos, por ejemplo, de diversos estudios geoforenses que contribuyeron a entender y paliar diversos eventos catastróficos (Tabla 1). Sin embargo, iniciativas de este tipo en la administración subsiguiente de la dependencia han sido muy escasas.

La UNAM también alberga los llamados "programas universitarios" especializados en agua, suelos, estudios urbanos, y cambio climático, entre otros. Estos programas tienen teóricamente como objetivo, entre otros, estimular la interacción entre la academia y la sociedad, así como una retroalimentación positiva entre estos agentes y los gubernamentales, aunque la incidencia visible de estos es muy desigual. Por ejemplo, el Programa de Investigación en Cambio Climático (PINCC[8]) presenta una actividad alta y bien documentada en promover la conciencia social y la formulación de políticas a escala federal y local. Por otra parte, el PINCC constituye la contraparte en México del Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas (IPCC[9]). Asimismo, la existencia del Programa Universitario de Bioética[10] y el énfasis generalizado de la bioética, la ecoética y la zooética en la enseñanza universitaria, cuya necesidad ya nadie cuestiona, ponen de manifiesto que no hay razón para postergar la adopción de la geoética en la vida académica.

Otras instituciones han llevado a cabo iniciativas en su área de conocimiento específica, como las relativas a la gestión de bosques y agua o almacenamiento de carbono por parte del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP; Flores-Garnica, 2021), pero se desconoce el impacto de dichas acciones. También existen nuevos modelos educativos en que se analizan a nivel de pregrado las causas, consecuencias y soluciones al cambio climático, que pueden circunscribirse a las perspectivas que aborda la geoética —caso del Instituto Tecnológico de Monterrey (Clarke-Crespo *et al.*, 2021). Además, aunque no explícitamente ligado a la sensibilización geoética, se estima que el Objetivo de Desarrollo Sostenible (*Sustainable Development Goal*, SDG) número 13 de las Naciones Unidas[11] ha ejercido un impacto social relevante en la educación superior de México (Munguía *et al.*, 2023). Ello, con respecto a la concienciación del hecho que el cambio climático es de origen antropogénico, y es esperable que dicha conciencia sea instrumental en la implementación de nuevas políticas tendientes a la sostenibilidad de las actividades humanas.

En resumen, los y las profesionales en Ciencias de la Tierra pueden ostentar un papel activo y positivo en la toma de decisiones y, en cuanto a su responsabilidad social bajo los principios de la geoética que, aun sin emplearse este término,

6 https://www.gob.mx/sedena/acciones-y-programas/plan-dn-iii-e

7 https://www.semar.gob.mx/planmarina/

8 https://www.pincc.unam.mx

9 https://www.ipcc.ch/

10 https://www.bioetica.unam.mx/

11 https://sdgs.un.org/goals

http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2025v77n2a170725

Tabla 1. Acciones del Instituto de Geología de la UNAM durante 2011-2018, en atención a problemas geológicos, medioambientales o sociales.

Acción	Entidad que encomendó el estudio
Caracterización del origen de la explosión del 31 de enero de 2013 en la Torre Ejecutiva de Pemex en la Ciudad de México	Pemex y Secretaría de Gobernación
Determinación del entorno geológico en que se hallaron restos humanos vinculados a actividades del crimen organizado	Policía Federal
Identificación de una carga ilegal de mineral en bruto	Sistema de Administración Tributaria y la Aduana de Manzanillo, Colima
Determinación del impacto ambiental del derrame de lixiviados de mina en los ríos Bacanuchi y Sonora del 6 de agosto de 2014	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Caracterización de deslaves asociados a temporadas de lluvia, huracanes y tormentas tropicales	Diversas comunidades rurales en el centro-sur del país
Estudio de largo recorrido sobre el impacto en la salud de suelos, vegetales y humanos de la irrigación con aguas negras en el valle del Mezquital en Hidalgo	Comunidades locales
Caracterización de los efectos del sismo somero de Mw = 7.1 del 19 de septiembre de 2017	Comunidades locales y gobiernos de la Ciudad de México y de Morelos

ya se circunscriben al medio conceptual de esta. Sin embargo, las iniciativas que se han llevado a cabo hasta el momento han constituido en general esfuerzos aislados o fragmentarios, y con poco o nulo apoyo institucional (Villacorta *et al.*, 2024). Las acciones más notorias desde el medio académico han partido de la UNAM, lo cual es esperable por su implantación nacional y por ser una de las instituciones académicas y de enseñanza de mayor tamaño en México. A pesar de las numerosas dependencias que la integran y de su compleja organización, todavía no existe aún ningún organismo en la UNAM que atienda de forma directa e integral los peligros y riesgos geológicos, los asociados a la gestión y ordenamiento del territorio, y los asociados a sus recursos naturales. Las interrelaciones de los problemas y peligros relacionados con la configuración geológica y social de México hacen recomendable una mayor implicación institucional de la UNAM en la gestión de estos mediante un enfoque ético propio de las Ciencias de la Tierra, además de una formación profesional y técnica adecuada para abordar óptimamente tal complejidad.

Dicha gestión, en asociación con instituciones gubernamentales, debiera de abarcar las necesidades de asistencia y de acceso a la información adecuada, en favor de un desarrollo sustentable. Con todo, la responsabilidad no debe de recaer en una sola institución, sino ser compartida entre todas las instituciones mexicanas de educación superior. Ahora bien, las características especiales de la UNAM en el panorama universitario mexicano —en su calidad de mega-universidad, con una implantación nacional, y que a menudo se toma como modelo por otras instituciones mexicanas de educación superior en cuanto a tendencias educativas— la erigen como una de las candidatas ideales para iniciar una política institucional en el fomento de la geoética y sus principios. Aun con una implantación menor a nivel nacional, ese sería también el caso del IPN. Sin embargo, una institución que puede ejercer de forma muy rápida y efectiva ese papel pionero en el ámbito docente es el TNM, debido a que ya se imparte una asignatura de Ética en todas las carreras en Ciencias de la Tierra de los institutos tecnológicos confederados en este —31 carreras en 27 institutos, en los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Michoacán, Puebla, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas (Tabla A1).

http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2025v77n2a170725

El cambio de la asignatura de ética a geoética sería relativamente simple por sólo requerir una mínima adaptación temática y estratégica, además de contar ya con profesorado experimentado en el área de conocimiento. En aras de no continuar la fragmentación de esfuerzos y la escasa inercia social que ello conlleva, lo ideal sería que TNM, UNAM e IPN colaboren en la promoción y la implantación docente de la geoética a nivel nacional. Con todo, no basta con introducir una materia de geoética en los programas docentes universitarios, sino que las asignaturas correspondientes a cada campo de conocimiento susceptible de enfrentar dilemas geoéticos deberían de incluir en su programa, consideraciones éticas y la implementación, a tal efecto, de herramientas de diálogo aplicables al desarrollo docente (Villacorta *et al.*, 2023).

También es preciso resaltar la labor llevada a cabo en los dos Geoparques Mundiales de la UNESCO (GMU) en México: el de la Comarca Minera en Hidalgo y el de la Mixteca Alta en Oaxaca[12], en cuya designación en 2017 intervinieron diversas dependencias de la UNAM, entre otras instituciones. Aun siendo su designación todavía relativamente reciente, se ha analizado la vertiente geoturística de estos geoparques, además de muy diversos aspectos de índole social y de la interacción humana sustentable con el patrimonio natural, histórico y artístico (*e.g.*, López, 2020; García-Sánchez *et al.*, 2021; Mora Chaparro y Ruiz Pelcastre, 2021; Palacio-Prieto *et al.*, 2021). Sin embargo, también sería de alto interés evaluar el impacto que han tenido estos en los diversos niveles de la educación. Asimismo, atendiendo a la riqueza geológica y biológica de México, y a su igualmente vasto patrimonio histórico, cultural y artístico, cabría esperar que hubiera más iniciativas conducentes a la consecución de GMU, multiplicando así acciones educativas y de concienciación potencialmente dentro del terreno de la Geoética. Por otra parte, han habido intentos no fructíferos, propuestas oficiales en curso a la UNESCO o aún en desarrollo sobre El Oro-Tlalpujahua entre Michoacán y el Estado de México, entre Cañones (incluyendo el Cañón del Sumidero) en Chiapas, el volcán Tacaná en Chiapas (conjunto con Guatemala), el volcán Chichonal en Chiapas, el Bosque de La Primavera y la Región de Los Valles en Jalisco, El Pinacate en Sonora, la Huasteca Potosina en San Luis Potosí[13], el Triángulo Sagrado en Querétaro[14], Rutas del Agua en Aguascalientes[15], Frontera Tierra Adentro en Guanajuato[16], el volcán Paricutín en Michoacán, San Juan Raya-Tehuacán en Puebla, Múzquiz en Coahuila[17], las Barrancas del Cobre en Chihuahua, las Grutas de Cacahuamilpa en Morelos, o Loreto-Comondú-La Purísima en Baja California Sur (Espinosa-Rodríguez, 2017; Aguirre-Díaz *et al.*, 2021; Palacio-Prieto *et al.*, 2021; Suárez-Rodríguez *et al.*, 2021). Dichos proyectos están promovidos por numerosas instituciones, como la Universidad de Sonora, la Universidad Autónoma de Querétaro, la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, la UNAM, la Universidad de Guadalajara, la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, o el Servicio Geológico Mexicano, entre otras.

Aun cuando no se hayan puesto en práctica expresamente bajo el cobijo de la geoética, los antecedentes mencionados hasta ahora certifican que existe un grado de madurez suficiente en las instituciones mexicanas educativas y de investigación científica, así como por parte de agentes gubernamentales (al menos, a nivel federal), para llevar a cabo iniciativas de mayor envergadura dentro de esta disciplina. Estimamos que la implantación de la geoética dentro de la oferta educativa en México, tanto en estudios de grado como de postgrado, proveerá de una ruta coherente para el ejercicio profesional en las Ciencias de la Tierra, al grado de llevar a confluir esfuerzos fragmentarios en una auténtica política nacional.

12 https://en.unesco.org/global-geoparks/comarca-minera-hidalgo y https://en.unesco.org/global-geoparks/mixteca-alta

13 https://geoparquehuastecapotosina.com/

14 https://tellus.geociencias.unam.mx/index.php/geoparque-queretaro-2/

15 https://www.aguascalientes.gob.mx/ICA/geoparque

16 https://www.fronteratierraadentro.org

17 https://proyectogeoparquemuzquiz.com/

http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2025v77n2a170725

2.3. MEDIOS EN MÉXICO PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS SOBRE GEOÉTICA Y TEMAS RELACIONADOS

Todavía son escasas las publicaciones editadas en México que han incidido en la geoética y trabajos de investigación que se pueden circunscribir a esta. Es importante que se realicen publicaciones bajo este esquema conceptual a nivel nacional y en la lengua franca de este, a fin de garantizar la máxima difusión de sus contenidos. Sin embargo, no es menos importante la difusión de contenidos en las lenguas autóctonas del país (*e.g.*, Elbjorn-Flores y Núñez-López, 2022), en apego a los principios de la geoética, que incluye el respeto y fomento de la diversidad en todos sus ámbitos, incluido el lingüístico y cultural. Los contenidos difundidos a nivel nacional o al nivel de las diversas comunidades lingüísticas no representan contribuciones de menor valor intrínseco que las publicaciones internacionales en inglés, sino que son complementarias a estas por dirigirse a públicos distintos.

También, la existencia de publicaciones a nivel nacional contribuye a la soberanía editorial de cualquier país, es generalmente independiente de intereses corporativos, y extiende su rango de difusión potencial al total de América Latina. A falta de publicaciones sobre el tema en forma de libros, por ahora existen algunos ejemplos de publicaciones sobre este tema en revistas científicas.

Ese es el caso del Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana[18], donde ya se ha abordado específicamente el tema de la geoética (Villacorta *et al.*, 2023). Asimismo, en esta revista se han editado dos números especiales dedicados a Geología Urbana[19], que estuvo promovido por miembros del extinto Servicio Geológico Metropolitano y que entraña el manejo directo de conceptos y principios de la geoética. Igualmente, la mayoría de artículos publicados en otros números temáticos especiales sobre pequeña minería, geología ambiental, o la geología del Valle de México[20] se circunscriben a los mismos principios. También es el caso de la revista Enseñanza y Comunicación de las Geociencias[21], editada desde 2022 por la UNAM bajo el auspicio del Comité de Educación de la *International Union of Geological Sciences* (COGE/IUGS[22]), donde se exploran diversas estrategias para la enseñanza en Ciencias de la Tierra, a niveles de aprendizaje distintos. Otras revistas, como Atmósfera[23] o la Revista Internacional de Contaminación Ambiental[24], por su especialidad temática, ya representan en sí mismas una contribución permanente a la consecución de conocimientos directamente utilizables mediante los principios geoéticos.

A partir de 2017, con la designación de la UNESCO de dos geoparques mundiales en Hidalgo y Oaxaca, iniciaron diversas publicaciones sobre aspectos diversos de los mismos, aunque pocas de las que abordan temas relativos a la geoética se encuentran en revistas mexicanas, como Investigaciones Geográficas, Empiria, o Perfiles Latinoamericanos (López, 2020; Orozco-Ramírez *et al.*, 2022; López y Lorenzen, 2023). Otras revistas mexicanas de carácter científico y con arbitraje estricto dentro del ámbito de las Ciencias de la Tierra (o ámbitos temáticos contiguos) que pueden ejercer un papel importante en el terreno de la geoética son la Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, Geofísica Internacional, Ciencias Marinas, o Paleontología Mexicana. También existe una amplia variedad de revistas multidisciplinarias y en el ámbito de las Humanidades[25] en que también pudieran tener cabida temas geoéticos. Tal posibilidad también incluye a revistas de divulgación[26], que constituyen el medio en que mayor difusión ha habido hasta

18 http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/

19 Vol. 58 no. 2 de 2006 y vol. 59 no. 2 de 2007.

20 Vol. 62 no. 1 de 2010, vol. 65 no. 1 de 2013 y vol. 67 no. 2 de 2015.

21 http://encomunicacionct.geociencias.unam.mx

22 https://iugscoge.org/

23 https://www.revistascca.unam.mx/atm/index.php/atm

24 https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica

25 https://www.revistascytconacyt.mx/ o https://revistas.unam.mx/catalogo/

26 https://conahcyt.mx/comunicacion/indice-de-revistas-mexicanas-de-divulgacion-cientifica-y-tecnologica/

http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2025v77n2a170725

el momento en temas de geoética (sin nombrarla), mayormente en temas relativos al cambio climático o a la sostenibilidad[27]. Sean de divulgación o científicas, el carácter abierto e inclusivo de las revistas mexicanas, que mayoritariamente publican sus contenidos bajo un esquema de acceso abierto completo (o *Diamond Open Access*) las identifica como medios ideales para la difusión de nuevos paradigmas en la Ciencia, al menos a nivel nacional o regional, incluidos temas relativos a la geoética.

3. Casos de estudio y ejemplos de aplicación en México

Existe un campo potencialmente muy amplio para la implementación y mejora en el uso y gestión de los recursos geológicos en México bajo un esquema geoético, puesto que se trata de un país que abarca una gran cantidad de posibles problemas relacionados con dicha disciplina. México es uno de los países más ricos en América Latina y a nivel global en cuanto a sus recursos naturales —metales, minerales y rocas industriales, petróleo y gas natural, además de su valor paisajístico (Camprubí, 2013). México también forma parte de la selecta lista de países megadiversos en términos de su riqueza biológica (*e.g.*, Espinosa *et al.*, 2008). Todo ello confluye en la particular relevancia de (1) la explotación de recursos geológicos (minerales metálicos e industriales, rocas e hidrocarburos), (2) los peligros geológicos, generalmente agravados por acción antropogénica, (3) los recursos hídricos, energéticos y edáficos, (4) la gestión de la vida silvestre, (5) el crecimiento de la población, la expansión de las áreas metropolitanas e industriales, y el manejo de residuos urbanos e industriales, (6) las deficiencias en la protección del patrimonio natural y cultural, independientemente de la legislación existente, y (7) los efectos del cambio climático global. Cada uno de estos factores conlleva su propia complejidad e interrelación, y todos ellos se comunican entre sí y retroalimentan de formas muy diversas.

3.1. INDUSTRIAS EXTRACTIVAS

La minería constituye históricamente una de las principales actividades económicas del país desde la época colonial, mientras que la extracción de petróleo y gas lo es desde la década de 1950. Resulta innegablemente enorme, si bien es muy difícil de cuantificar, el masivo impacto ambiental que las industrias extractivas han ejercido, en grados diversos, a través de la historia, así como las actividades asociadas a estas, de tipo metalúrgico, refinado, transporte, etc. (*e.g.*, de la O-Villanueva *et al.*, 2013; Hernández-Martínez *et al.*, 2023; Ochoa-Contreras *et al.*, 2023). Ello, particularmente, por el hecho que la adopción de leyes y medidas paliativas y de restauración es relativamente reciente. Con todo, existen casos de contaminación natural que es necesario puntualizar, como la fluorosis endémica en México central, asociada a la voluminosa presencia de rocas volcánicas e hipabisales con topacio o fluorita (*e.g.*, González-Partida *et al.*, 2019; Morales-Arredondo *et al.*, 2023).

El impacto social y sobre el medio de estas actividades es altamente complejo y de carácter multiescalar, en términos de, por ejemplo, (1) el desplazamiento de mano de obra, (2) los derechos laborales vs. intereses corporativos (*e.g.*, caso de Cananea en Sonora), (3) el problema escurridizo de la pequeña minería (González-Sánchez y Camprubí, 2010) o la minería clandestina (frecuentemente asociada al crimen organizado), (4) la pérdida de flora, fauna, suelo, agua y del paisaje, particularmente en regiones áridas o semiáridas, (5) los abundantes pasivos medioambientales en forma de presas de jales, contaminación del medio acuático o aéreo, tanto en la actividad minera

27 Tal es el caso del vol. 24 no. 2 de 2023 de la Revista Digital Universitaria (editada por la UNAM) (https://www.revista.unam.mx/marzo_abril_2023/), del vol. 72 no. 4 de 2021 (https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/vol-72-numero-4), del vol. 65 no. 4 de 2014 (https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/vol-65-numero-4) y del vol. 63 no. 4 de 2012 (https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/ediciones-anteriores/ediciones-anteriores?id=203) de la revista Ciencia (editada por la Academia Mexicana de Ciencias).

http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2025v77n2a170725

en sí misma como en los procesos de fundición y extracción, (6) el impacto socioeconómico o en la salud humana y del medio en comunidades rurales o indígenas (*e.g.*, Rodríguez, 2013; Tetreault, 2019), (7) la pérdida de arraigo o de referentes culturales en muchas de esas comunidades, con lo que ha sido tradicionalmente (8) el régimen de concesiones mineras más permisivo de América Latina (Azamar Alonso *et al.*, 2021). Todo ello es aún más grave bajo la perspectiva histórica y social de cinco siglos de minería. Las operaciones de las empresas mineras o de exploración, además, están en la raíz de numerosos conflictos con las comunidades que se resisten a las actividades extractivas a nivel industrial (*e.g.*, Ixtacamaxtitlán en Puebla). Según el Observatorio de Conflictos Mineros en América Latina (OCMAL), en la actualidad se registran 58 conflictos mineros activos en México[28], país líder en este rubro a nivel latinoamericano.

Sin embargo, en un periodo de análisis más largo (2006-2019) se identificaron en México casi 900 eventos conflictivos de tipo social y ambiental relacionados con proyectos mineros, de explotación de hidrocarburos, y de recursos eólicos e hidroeléctricos[29]. Por otro lado, no son pocos los casos en que áreas mineralizadas han constituido el centro de especulación bursátil de las empresas que ostentan las concesiones mineras, particularmente en las bolsas de Vancouver y Toronto (Sacher, 2010; Tetreault, 2013), o de especulación de cariz político (*e.g.*, El Barqueño en Jalisco; Regalado Santillán, 1991).

En cuanto las minas operativas cesan su actividad, se generan pueblos "fantasma" o severamente despoblados, y no hay prácticamente vuelta atrás a actividades económicas tradicionales que fueron abandonadas durante los periodos de bonanza minera. Efectivamente, la duración de estos suele abarcar de corto a medio término, pero la existencia de operaciones mineras suele ser altamente disruptiva en la transmisión del conocimiento relativo a actividades económicas tradicionales. A estas, además, suelen estar ligados los referentes culturales comunitarios, incluida la teogonía ancestral de comunidades indígenas. Algunas de las antiguas poblaciones o haciendas mineras constituyen, en la actualidad, atracciones turísticas para visitantes atraídos por la desolación y la decadencia. Tal es el caso de Real de Catorce, en San Luis Potosí, donde, paradójicamente, se hallaron nuevas actividades económicas asociadas a ese atractivo. El Geoparque Mundial de la UNESCO de la Comarca Minera en Hidalgo[30], que incluye lo que antaño fue el distrito minero con mayor producción de plata en el mundo (Pachuca–Real del Monte), constituye el esfuerzo más organizado para reconvertir un área minera decaída en una oportunidad para la diseminación de conocimiento geológico y la apreciación del patrimonio histórico y natural. Otros antiguos núcleos mineros, como Mineral de Pozos y Cerro de San Pedro en San Luis Potosí, Aranzazú del Cobre en Zacatecas, u Ojuela en Durango (Patrimonio Mundial de la UNESCO), se encuentran abandonados o muy severamente despoblados.

Ello refleja que el principio de "pan para hoy, hambre para mañana" destruye comunidades más rápido que las construye. El coste social de la destrucción de comunidades rurales o ciudades pequeñas, o bien cambios drásticos en el paisaje (a menudo, con un importante valor cultural ancestral) no puede ser evaluado con facilidad. Los peligros ambientales asociados a una actividad minera durante más de cinco siglos son frecuentemente soslayados o minimizados. Por ejemplo, la misma ciudad de Pachuca en Hidalgo se asienta en parte sobre antiguos jales mineros muy extensos y constituidos por material de grano fino, que afectan gravemente la calidad del suelo, de los acuíferos y del aire (Jonathan *et al.*, 2010; López-Ramírez y Cuevas-Cardona, 2022), en una ciudad conocida por su clima ventoso. Desastres masivos asociados a actividades extractivas de minerales o hidrocarburos, como la explosión

28 https://mapa.conflictosmineros.net/ocmal_db-v2/conflicto/lista/02024200 (consultado el 2 de febrero de 2024).

29 https://conversingwithgoli.wixsite.com/misitio y https://mx.boell.org/es/2019/02/27/identifican-mas-de-800-conflictos-socioambientales-generados-por-proyectos-mineros-y (consultados el 2 de febrero de 2024).

30 https://geoparquecomarcaminera.mx/

http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2025v77n2a170725

de gas grisú en la mina de carbón de Pasta de Conchos (Coahuila) del 19 de febrero de 2006, que le costó la vida a 65 trabajadores, el derrame de lixiviados de la mina Buenavista del Cobre (Cananea) en los ríos Bacanuchi y Sonora del 6 de agosto de 2014 (*e.g.*, Gutiérrez-Ruiz *et al.*, 2022), o los accidentes en plataformas petroleras del Golfo de México (*e.g.*, Herguera *et al.*, 2023), han merecido una considerable atención mediática, pero no son más que casos paradigmáticos de un problema de mucha mayor gravedad, extensión espacial y alcance ecológico y social que los eventos catastróficos.

3.2. PELIGROS NATURALES Y EL FACTOR ANTRÓPICO

Los numerosos peligros y riesgos naturales, tales como los asociados a actividad volcánica, terremotos y tsunamis, fallas activas, monzones, huracanes y tormentas tropicales, deslaves y movimientos en masa, o subsidencia, se magnifican o devienen catastróficos debido a la (sobre)población humana y a una pobre gestión del territorio. Además, México ha sido tradicionalmente el país más contaminante de América Latina en cuanto a la emisión de gases de efecto invernadero, mayormente como resultado de plantas productoras de electricidad a partir de la combustión de gas natural (Banacloche *et al.*, 2022). La mayor área metropolitana del país, alrededor de la Ciudad de México, abarca tres entidades federativas y una población total estimada en alrededor de 22 millones. Esto la convierte en la sexta mayor área metropolitana del mundo y la segunda en América Latina, sólo superada escasamente por São Paulo en Brasil. Su localización junto a un volcán activo (el Popocatépetl), en una región afectada por una elevada sismicidad, y asentada en buena parte sobre el sistema lacustre endorreico de Texcoco (*e.g.*, Arce *et al.*, 2015; Ortega-Guerrero *et al.*, 2015; Lozano-García *et al.* 2017) le confiere una alta singularidad entre ciudades con población de similar magnitud. El cráter del Popocatépetl se encuentra más cerca todavía del área metropolitana de Puebla, con una población cercana a los 3 millones, y de numerosas comunidades entre ambas áreas metropolitanas, abarcando un área particularmente sensible a problemas asociados con la caída de cenizas o con lahares. En particular, la Ciudad de México presenta una alta recurrencia y severidad de muy diversos problemas (Tabla 2).

Muchas otras áreas urbanas en México están afectadas, si bien en diferentes grados, por una combinación de estos problemas, u otros relacionados con estos, pero existen algunos denominadores comunes en todas estas áreas urbanas. Efectivamente, el ordenamiento territorial y la gestión urbana han sido históricamente deficientes, lo cual incluye una gestión y preservación precaria de los recursos hídricos. De este modo, la población en aumento y la concentración creciente de ésta en áreas urbanas amplifican los efectos de eventos naturales hasta adquirir consecuencias potencialmente catastróficas (*e.g.*, Arrubarrena Moreno y Arango Galván, 2013; López Álvarez *et al.*, 2013; Zúñiga de León *et al.*, 2016; López *et al.*, 2022; Rodríguez-Campero *et al.*, 2023).

Además del caso paradigmático que supone la megalópolis de la Ciudad de México, la población en otras grandes áreas metropolitanas en México como las de Guadalajara, Monterrey, Puebla, Tijuana, León, Ciudad Juárez, o Querétaro ha aumentado continuamente en las últimas décadas, y cada ciudad presenta sus propios problemas y retos. Cabe recordar que México es un país con un grado de concentración de su población en áreas urbanas que excede el 80%, y que sigue en aumento; es decir, que aproximadamente 105 millones de personas en México (de un total superior a 130 millones) habitan áreas urbanas. Por otro lado, en ciudades turísticas costeras como Acapulco, Mazatlán, Cancún o Los Cabos, la consiguiente extracción masiva de agua dulce (particularmente en temporadas de alta afluencia turística) suele dar como resultado intrusiones de agua marina y la salinización de acuíferos.

Aunado con los efectos más evidentes de la actividad volcánica, como los edificios volcánicos

http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2025v77n2a170725

Tabla 2. Sumario de los principales problemas o peligros geológicos y ambientales en la Ciudad de México, mayormente relacionados con la actividad antrópica (según Carreón-Freyre *et al.*, 2006; García-Palomo *et al.*, 2006; Campos-Enríquez *et al.*, 2015; Domínguez Mariani *et al.*, 2015; Jazcilevich Diamant *et al.*, 2015; Solano Rojas *et al.*, 2015; Escolero *et al.*, 2016; Cervantes-Solano *et al.*, 2019; Cejudo *et al.*, 2022; Cigna y Tapete, 2022; entre otros).

Problema o peligro
Inundaciones a causa de lluvias monzónicas y tormentas tropicales, como es esperable de un sistema endorreico que alguna vez contuvo un lago con una superficie total de alrededor de 5400 km^2.
Disminución de la infiltración de agua y su tiempo de concentración, a la par de un aumento en la velocidad de escorrentía, debido a la expansión urbana y del pavimentado.
Urbanización sobre zonas de recarga de acuíferos hacia las laderas de las montañas.
Urbanización en áreas montañosas sobre cauces naturales y terrazas fluviales, altamente susceptibles de afectación durante las temporadas de lluvias, y por parte de la erosión subsiguiente.
Urbanización y aumento de la contaminación del agua en zonas chinamperas, con la consiguiente amenaza a la fauna y flora silvestre, la depauperación cultural y agrícola, y el riesgo de dañar irreversiblemente el efecto de mitigación de la temperatura urbana que ejercen los humedales.
Intensificación de la subsidencia debido a la sobreexplotación de acuíferos.
Contaminación creciente de los acuíferos, por parte de aguas contaminadas de origen urbano, industrial o agrícola.
Deformación diferencial de sedimentos lacustres o fluviales.
Licuefacción de sedimentos lacustres o fluviales e intensificación subsiguiente del riesgo sísmico.
Baja calidad del aire como efecto de sobrepoblación, transporte terrestre y actividad industrial (así como polvo o bien ceniza volcánica en suspensión), particularmente en eventos de inversión térmica.
Efecto de "isla de calor" urbano y sus consecuencias sobre el clima local, el suelo y la vegetación.
Corrimientos de tierra o derrumbes en las laderas que bordean el valle, especialmente en áreas afectadas por deforestación.
Riesgo volcánico latente y sus numerosos efectos, con la aparición potencial de nuevos volcanes, especialmente a lo largo de sistemas de falla de orden kilométrico.

en sí mismos, las coladas de lava, la caída de cenizas o la generación de nubes piroclásticas (*e.g.*, Bonasia *et al.*, 2014), la formación de lahares y corrimientos de tierra tanto en volcanes activos como inactivos o durmientes, constituyen un peligro latente sobre áreas urbanas adyacentes. Estos eventos pueden ser inducidos por lluvias fuertes, deshielo o sismos (*e.g.*, Aceves Quesada *et al.*, 2014; Andrés de Pablo *et al.*, 2014; Legorreta Paulín *et al.*, 2014; Ortíz-Rodríguez *et al.*, 2020; Sieron *et al.*, 2021; Martínez-Valdés *et al.*, 2023).

3.3. AGUA Y SUELOS

Además de las grandes zonas urbanas, la subsidencia y las restricciones de agua como consecuencia de una sobreexplotación de los acuíferos constituyen graves problemas en ciertas regiones dedicadas a la agricultura o a la ganadería, especialmente en aquellas en que estas actividades son de tipo extensivo o industrial (Deng *et al.*, 2020). Tal es el caso del área de Irapuato en Guanajuato, la llamada "capital mundial de la fresa", y su extensiva agricultura de la fresa. Además, la ganadería porcina extensiva en la misma región conlleva la contaminación de suelos y acuíferos. A pesar de que dichos efectos son todos ellos graves, el problema se ha investigado muy escasamente (de Victoria-Almeida *et al.*, 2008; Bautista-Zúñiga y Aguilar-Duarte, 2021).

La deforestación y la pérdida de vida silvestre y biodiversidad —que inciden en el aumento de casos de deslaves y del volumen de estos— y la pérdida de suelo por erosión o su empobrecimiento, además de promover migraciones humanas, son efectos comunes a gran escala de la escasa regulación o

http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2025v77n2a170725

descontrol de actividades agropecuarias y de una pobre gestión territorial (*e.g.*, Mendoza-Ponce *et al.*, 2021; López-Castañeda *et al.*, 2022). Las sequías prolongadas o anómalamente acusadas tienden a agudizarse como efecto del cambio climático (Deng *et al.*, 2020; Asif *et al.*, 2023) y se agregan al problema de la escasez de agua, pero, además, constituyen un factor detonante de incendios forestales o de la aparición de plagas (San Agustín-Canales *et al.*, 2023). Aunque se ha externado la preocupación desde medios académicos sobre la gestión geoética de los recursos hídricos por parte de las diversas administraciones, las acciones en ese terreno son aún dudosas (Carrillo-Rivera *et al.*, 2021; Hatch-Kuri *et al.*, 2021).

Los incendios forestales son generalmente de origen antrópico, a modo de disponer de un área creciente para la agricultura a gran escala, como lo es el caso de la expansión del cultivo de aguacates, el llamado "oro verde" (Charre-Medellín *et al.*, 2021; Denvir, 2023). Al igual que con otras formas de deforestación deliberada, como los llamados talamontes, existe para ello una motivación económica subyacente, descontrolada, cuando no francamente ilegal. Las áreas forestales vulnerables a incendios están relacionadas sensiblemente a variaciones climáticas y se estima que los incendios forestales constituyen contribuciones de primer orden en las emisiones de carbono de México (Corona-Núñez *et al.*, 2020) y exacerban la disminución de los recursos hídricos (Charre-Medellín *et al.*, 2021). La pérdida de masa forestal y el cambio climático se retroalimentan, de modo que el aumento de los periodos de sequía y de su severidad, los incendios forestales, la intensidad de los huracanes y tormentas tropicales, y la pérdida de balance hidrológico se interrelacionan (Urquhart, 2020; Ruiz-García *et al.*, 2023).

Un efecto colateral de las sequías y de las deficiencias en la gestión territorial, combinadas con el endemismo de las desigualdades sociales y económicas, ha sido históricamente la migración interna desde áreas tradicionalmente agrícolas hasta áreas urbanas o turísticas (Wilson, 2020; Dobler-Morales and Bocco, 2021; Thalheimer *et al.*, 2022). Ello supone la agudización de los problemas en áreas urbanas, además de la destrucción sociocultural de comunidades rurales. En último término, la migración se extiende a los Estados Unidos o Canadá, lo cual constituye un fenómeno con su propio conjunto de repercusiones sociales.

La existencia de un turismo masivo sin límites, particularmente en zonas costeras, contribuye adicionalmente al rápido crecimiento de ciertas áreas urbanas y, por consiguiente, a un aumento de la vulnerabilidad de la población ante eventos catastróficos y a los efectos del cambio climático (Sandoval *et al.*, 2023). Con todo, a pesar de la complejidad asociada a las áreas urbanas, se estima que la vulnerabilidad de la población rural o indígena con bajos ingresos es mayor que la de la población urbana, especialmente ante eventos catastróficos asociados a huracanes, tormentas tropicales y sismos (Zúñiga *et al.*, 2015).

3.4. ENERGÍA

Las fuentes energéticas más notables en México, más allá de los combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón) y de los problemas inherentes o asociados a su explotación, son la geotérmica y la hidroeléctrica, con una contribución en aumento de la fotovoltaica (solar) y la eólica, y un papel subordinado de la nuclear (SENER, 2008, 2023). A la complejidad de la gestión de las diversas fuentes de energía, se unen los efectos de la legislación de 2013, que incentiva el papel de actores privados en el medio, de modo que la mayoría de desarrollos energéticos eólicos y fotovoltaicos en la última década han sido comisionados a corporaciones privadas (SENER, 2009, 2023). La relevancia de esto último tiene que ver con una mayor probabilidad de desarrollo de conflictos laborales o con las comunidades locales cuando la contraparte es de tipo corporativo que cuando es una empresa paraestatal. Aún no se cuenta con estimaciones sobre los efectos en ello del cambio en la legislación reciente, que revierte en gran manera la de 2013.

http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2025v77n2a170725

Al margen de la vertiente política y de soberanía nacional en el tema energético, en lo que atañe al alcance geoético de la gestión de las fuentes de energía, cabe recordar que no hay aún una fuente energética que evite plenamente y por sí sola, consideraciones o limitantes de tipo ambiental (*e.g.*, caso de la contaminación de aire, suelos y agua en las inmediaciones de plantas geotérmicas; Ramos *et al.*, 2021). Asimismo, la expansión de plantas fotovoltaicas y eólicas presenta nuevos retos para la gestión del territorio, pues los cambios que su instalación y óptimo funcionamiento pueden inducir socialmente a nivel local no han sido todavía objeto de análisis. Con todo, energías renovables de alta resiliencia, como la geotérmica o la solar, aun cuando requieren de un mayor desarrollo, son de creciente importancia en el sistema energético mexicano (Prol-Ledesma y Morán-Zenteno, 2019; Zozmann *et al.*, 2021; de Jesús Fernández y Watson, 2022). Otras posibles fuentes renovables de energía, como las relacionadas con mareas o corrientes de marea en el "fondo de calceta" del Golfo de California, a gradientes salinos o a fuentes geotérmicas submarinas o costeras, han sido eventualmente sugeridas pero no desarrolladas (Hiriart Le Bert, 2009).

Los retos de la tran*sic*ión energética hacia el uso de energías más limpias y del parque vehicular hacia la propulsión eléctrica presentan su propio conjunto de repercusiones. Ello nos lleva, de nueva cuenta, a la minería y a sus efectos, aunque para otro tipo de materias primas, como son el litio y otros metales especializados. En definitiva, no hay ninguna fuente de energía que no presente asociados retos importantes de carácter geoético, independientemente de sus ventajas.

3.5. CAMBIO CLIMÁTICO

La intensificación y aumento en frecuencia de eventos climatológicos extremos en México, o asociados a estos, como olas de calor, huracanes y tormentas tropicales, granizadas, heladas o sequías, el desplazamiento de la temporada de monzones, temporadas de secas más secas y temporadas de lluvias más lluviosas, incendios forestales, y el aumento generalizado de temperaturas, han sido atribuidos directa o indirectamente al cambio climático, y se amplifican mediante otros tipos de impacto antrópico (*e.g.*, Ibarrarán *et al.*, 2019; Andrade-Velázquez *et al.*, 2021; Cortés-Ramos *et al.*, 2021; Dobler-Morales y Bocco, 2021; Dykstra and Dzwonkowski, 2021; Lee *et al.*, 2021; Montiel-González *et al.*, 2021; Murray-Tortarolo, 2021; Zhao *et al.*, 2021; Montero-Martínez y Andrade-Velázquez, 2022; Flores-Fernández *et al.* 2022; Muñoz-Pizza *et al.*, 2023).

Es razonablemente previsible que el aumento de las temperaturas, que ha sido determinado de forma consistente, y los cambios en los patrones de precipitación a nivel regional den como resultado un impacto catastrófico en cuanto a la conversión de ecosistemas húmedos en áridos, la expansión de la híper-aridez, la pérdida y fragmentación de ecosistemas, la intensificación de eventos hidrometeorológicos extremos, el aumento en la evapotranspiración, la salinización de suelos, la fusión de glaciares y permafrost, la drástica disminución de la disponibilidad de agua y tierra arable, brotes de plagas, la emergencia y reemergencia de enfermedades tropicales antes soslayadas, etc. (*e.g.*, Silva *et al.*, 2020; Hassani *et al.*, 2021; Soto, 2021; Tidman *et al.*, 2021; Rangel-Parra *et al.*, 2022; Correa-Islas *et al.*, 2023; de Lima *et al.*, 2023; Hernández-Rodríguez *et al.*, 2023; Martínez-Sifuentes *et al.*, 2023).

En cuanto a ambientes marinos y costeros, el calentamiento global y el subsiguiente cambio climático pueden provocar olas de calor marinas, la acidificación del agua marina y el aumento en el nivel del mar. Ello supondrá grandes retos para la vastedad de las costas y aguas territoriales de México. Entre ellos, cabrá enfrentar la pérdida de biodiversidad marina, presiones extremas sobre ecosistemas marinos, la somerización y extensión de ambientes euxínicos, la invasión marina de tierras bajas cerca de la costa, la aceleración de la erosión y la pérdida de suelos en áreas emergidas, la salinización de acuíferos, la pérdida de bosques de algas, los brotes de especies parásitas o de algas

http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2025v77n2a170725

dañinas, por nombrar algunos efectos (*e.g.*, Ochoa *et al.*, 2016; Ramos Reyes *et al.*, 2016; Arafeh-Dalmau *et al.*, 2021; Jiménez-Hernández *et al.*, 2021; Randazzo-Eisemann *et al.*, 2021; Urdes y Alcivar-Warren, 2021; Sánchez-García *et al.*, 2023; Lettrich *et al.*, 2023; Wurl *et al.*, 2023; Zambrano-Medina *et al.*, 2023). Además, la pérdida de manglares prevendrá el almacenamiento masivo de carbono ejercido por estos (Cinco-Castro *et al.*, 2023).

Es también previsible que la suma de consecuencias indeseables del cambio climático, debilite de forma adicional la consistencia de las diversas sociedades de México, lo cual pudiera resultar en una escalada en los conflictos sociales (Rodríguez-Robayo *et al.*, 2022). A pesar de la rápida y entusiasta adhesión de México a los acuerdos internacionales existentes sobre este problema global, se estima que las acciones gubernamentales sobre el cambio climático son aún endebles y fragmentarias (Solorio, 2021), si bien la influencia global de este país en el cambio climático es relativamente pequeño en comparación con el de China, India, los EUA, o la Unión Europea. Sin embargo, los cambios en las políticas ambientales y en la rigurosa aplicación de la ley dentro de ese campo, combinados con soluciones creativas multiescalares y científicamente sólidas pueden mitigar los efectos perniciosos del cambio climático y la sobrepoblación (*e.g.*, Barradas y Esperón-Rodríguez, 2021; Cota Lucero y Herrera-Silveira, 2021; Gooden y Prizlaff, 2021; Jurado-Guerra *et al.*, 2021; López-Pacheco *et al.*, 2021; Mendoza-Ponce *et al.*, 2021; Reyes, 2021; Rivera-Torres y Gerlak, 2021). Por supuesto, la ausencia de cambios no es ninguna alternativa.

4. Propuestas geoéticas para un ejercicio profesional responsable de las Geociencias en México

Frente a los desafíos explicados anteriormente, se requiere una agenda que combine la ética profesional, la educación crítica y la justicia ambiental, involucrando además la participación ciudadana y la articulación de un ente rector a nivel gubernamental. En este marco, se proponen cuatro líneas estratégicas que pueden orientar un cambio estructural hacia el establecimiento de una agenda geoética aplicable en México.

Esta propuesta articula una visión de geoética de implementación a largo plazo, coherente con la complejidad geosocial de México. Se apuesta por una transformación del ejercicio geocientífico hacia prácticas más justas, preventivas y corresponsables, que fortalezcan el tejido institucional, científico y ciudadano del país. El desafío no es únicamente hacer geociencia de calidad, sino hacerla de forma responsable y justa en contextos concretos (Bohle y Preiser, 2019; Villacorta, 2022). Esta propuesta representa un primer paso hacia esa transformación colectiva.

4.1. EDUCACIÓN Y CONCIENTIZACIÓN EN ASPECTOS GEOCIENTIFICOS Y DEL GEOPATRIMONIO

La promoción de una educación geoambiental crítica y concienciación sobre los riesgos naturales y el impacto de las actividades humanas desde la enseñanza bá*sic*a hasta la formación universitaria y profesional es fundamental para una alfabetización geocientífica que responda a los retos contemporáneos (Villacorta, 2022; Lacreu, 2024). Esto incluye la formación en geoética para profesionales y la educación geocientífica pública para aumentar la resiliencia comunitaria, lo que permite conectar el conocimiento geológico con los derechos humanos y la sostenibilidad. Integrar los principios de sostenibilidad en la legislación garantiza que las actividades humanas no comprometan la capacidad de las futuras generaciones para enfrentar los riesgos naturales. Este enfoque incluye la educación sobre el geopatrimonio, la conservación de la geodiversidad y el uso responsable de los recursos naturales. En conjunto, estas acciones constituyen una herramienta didáctica poderosa para fortalecer el arraigo territorial y la conciencia sobre los procesos geodinámicos que modelan el entorno

http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2025v77n2a170725

terrestre. (Nazaruddin y Ab Manaf, 2024).

Experiencias exitosas en Brasil, España y Sudáfrica muestran que el vínculo entre geociencia, identidad local y patrimonio geológico puede fortalecer la resiliencia social y la apropiación del conocimiento geológico (González, 2023; Dias *et al.*, 2023; Grobbelaar *et al.*, 2019). Acciones necesarias en este eje incluyen: (1) el establecimiento de programas nacionales de educación geoambiental crítica, con enfoque intercultural y multilingüe, (2) la promoción del uso de geoparques y geositios como aulas vivas de enseñanza y divulgación, en colaboración con escuelas, universidades y comunidades locales (Greco *et al.*, 2022), y (3) articulación de la educación en geoética con el marco de la educación transformadora para el desarrollo sostenible (de Moura Fé *et al.*, 2022; Bohle *et al.*, 2019).

Para consolidar el campo de la geoética en el ámbito científico y profesional mexicano, es clave fortalecer revistas nacionales (científicas y de divulgación) que aborden explícitamente temas de geoética, geodiversidad y conflictos territoriales. Asimismo, la incentivación de publicaciones en lenguas indígenas contribuye a reconocer la diversidad epistémica del país (Elbjorn-Flores y Núñez-López, 2022). Para ello, es necesario reforzar la soberanía editorial mediante acceso abierto, criterios de revisión contextualizados y redes regionales de colaboración.

4.2. CREACIÓN DE UN OBSERVATORIO O AUTORIDAD NACIONAL DE GEOÉTICA

Con el fin de institucionalizar la vigilancia y promoción de las prácticas geoéticas, y tomando como referencia diversas experiencias europeas y latinoamericanas que han articulado, de manera efectiva, la ética geocientífica con la política pública (Bohle *et al.*, 2019; Abrunhosa *et al.*, 2024; Lacreu, 2024), se propone, en este contexto, la creación de un Observatorio de Geoética, concebido como una entidad autónoma, interinstitucional e interdisciplinaria. Esta entidad tendría como funciones:

1. El desarrollo de una Hoja de Ruta Nacional de alcance medio (a 10 años vista), que establezca objetivos, metas y acciones concretas para la institucionalización de la geoética en México. Esta hoja de ruta incluiría la revisión del currículo de Geociencias y de la normatividad profesional.
2. La coordinación con redes nacionales e internacionales afines a la geoética para la realización de investigaciones aplicadas sobre dilemas geocientíficos en contextos urbanos, rurales e indígenas.
3. El financiamiento de proyectos piloto de innovación docente, social y tecnológica con enfoque geoético.
4. La elaboración de protocolos y marcos de evaluación geoética para proyectos territoriales de alto impacto (industrias extractivas y energéticas, infraestructura, gestión hídrica).
5. Servir de centro de formación continua, asesoría y resolución de conflictos socioambientales.
6. Fomentar la transparencia en la toma de decisiones relacionadas con la gestión de riesgos naturales y antrópicos.
7. Involucrar a las comunidades locales en el proceso de toma de decisiones para asegurar que sus preocupaciones y conocimientos sean transmitidos directamente al nivel gubernamental.

4.3. ELABORACIÓN PARTICIPATIVA DE UN MANIFIESTO O CÓDIGO NACIONAL DE GEOÉTICA

Se propone convocar a todas las entidades geocientíficas mexicanas, académicas, gubernamentales, profesionales, educativas y comunitarias, para la elaboración participativa de un Manifiesto o Código Nacional de Geoética que exprese compromisos compartidos, principios fundamentales y desafíos prioritarios para el sector. Este documento deberá reflejar la pluralidad geográfica, social, cultural y epistémica de México, integrando la visión de actores históricamente excluidos del campo geocientífico, como los pueblos indígenas o afrodescendientes y las comunidades

http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2025v77n2a170725

rurales. El documento servirá como guía para la formación académica, la evaluación profesional y la formulación de políticas públicas en el ámbito de las Geociencias. Además, funcionará como un referente de autorregulación colectiva, en consonancia con los enfoques contemporáneos de la ética situada, entendida no como una norma abstracta, sino como una práctica que fomenta la participación activa y reflexiva de diversos actores en la deliberación pública (Buxó i Rey, 2021). Ello, con los marcos ampliados de responsabilidad anticipatoria, que proponen integrar la justicia social, epistémica y ambiental en la evaluación ética de riesgos y decisiones tecnocientíficas, abriendo espacios para un diálogo inclusivo entre expertos y comunidades (Umbrello *et al.*, 2023).

4.4. ALINEAMIENTO CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)

El ejercicio de las Geociencias en México debe integrarse de forma explícita y sistemática con los ODS de la Agenda 2030 de la ONU, con énfasis particular en los ODS 4 (educación de calidad), ODS 6 (agua limpia y saneamiento), ODS 11 (ciudades y comunidades sostenibles), ODS 13 (acción por el clima) y ODS 16 (paz, justicia e instituciones sólidas). Esta articulación debe traducirse en el diseño e implementación de proyectos académicos, profesionales y de gestión del conocimiento geocientífico que incorporen indicadores verificables de sostenibilidad, equidad y justicia territorial (Bohle *et al.*, 2019). También, se propone fomentar un compromiso ético robusto entre geocientíficos, tomadores de decisiones y demás actores involucrados en la gestión del territorio, del agua, de los riesgos naturales y del patrimonio geológico, garantizando la protección del medio ambiente (Abrunhosa *et al.*, 2024) y la seguridad pública como valores fundamentales de la práctica profesional (García-Sánchez *et al.*, 2021; Villacorta, 2022; Lacreu, 2024). Esta visión implica también avanzar hacia una educación geocientífica crítica, inclusiva e interseccional (Villacorta *et al.*, 2024; McKinley *et al.*, 2023), que prepare a las nuevas generaciones de profesionales para actuar con responsabilidad ética y sensibilidad social frente a los desafíos actuales.

5. Conclusiones

En México existe un campo de acción potencial de la geoética muy extenso, con base en la complejidad de las interacciones entre los seres humanos y la Geosfera. Asimismo, la contribución de los y las profesionales en Ciencias de la Tierra para el diseño y desarrollo de políticas gubernamentales, dentro de un marco geoético y sustentable, constituye un potencial por desarrollar.

Para ello, se estima la necesidad de una formación académica en geoética a nivel de la educación superior, a fin de incidir óptimamente en la toma de decisiones, en la acción legislativa y gubernamental, y en la difusión social del conocimiento geocientífico bajo el marco geoético. Asimismo, es preciso contar con medios de difusión efectivos.

La implantación de la geoética en la educación superior en México es, en estos momentos, casi nula, aunque la mayoría de planes de estudios incluyen la ética en sus programas docentes. Sin embargo, existen iniciativas sólidas en el ejercicio profesional de las Ciencias de la Tierra bajo el marco conceptual de la geoética y ejercidas por agentes gubernamentales y académicos, aunque de forma globalmente fragmentaria.

Existen tres grandes instituciones de enseñanza pública superior (UNAM, TNM e IPN) que pudieran colaborar efectivamente para adoptar en sus dependencias la enseñanza de la geoética y la adopción de esquemas geoéticos en general, tanto a nivel de pregrado como de posgrado. Entre ellas, el TNM registra, además de la mayor extensión territorial en estudios de pregrado en Ciencias de la Tierra, el mayor grado de implantación a nivel nacional de la ética en sus programas docentes. Ello, con independencia de las acciones que también pudieran llevarse a cabo desde instancias gubernamentales.

http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2025v77n2a170725

Junto con lo anterior, resulta de suma importancia incidir de manera decidida y estratégica en la formación de docentes en Ciencias de la Tierra dentro del ámbito de la geoética, fortaleciendo sus competencias y capacidades para transmitir este enfoque. Además, es indispensable fomentar en los ámbitos académico, social, gubernamental y corporativo, un diálogo amplio, incluyente y constructivo sobre la gran diversidad de problemas, desafíos y situaciones que enfrenta México y que requieren ser abordados mediante una aproximación sólida, bien fundamentada y coherente con los principios de la geoética.

Los dos Geoparques Mundiales de la UNESCO existentes en México pueden incidir de forma muy diversa en la difusión de dichos valores (geoturismo, educación, divulgación de las Ciencias de la Tierra, apreciación del patrimonio natural, cultural e histórico, etc.), pero aún es tal vez temprano para evaluar su impacto real. Con todo, es deseable la incorporación de otros geoparques en el futuro.

Las numerosas revistas ya existentes en México que tratan temas dentro del alcance de la geoética, bien sean de carácter científico o divulgativo, pueden ejercer un papel esencial en la difusión de los valores geoéticos, siquiera por el carácter abierto de estas.

Todo ello no obsta para que, de manera planificada y progresiva, se emprendan acciones gubernamentales sólidamente articuladas, basándose en estrategias claras y entes rectores con capacidad de gestión, contando con una participación comunitaria activa y sostenida, y en plena consonancia con iniciativas internacionales ampliamente reconocidas, como las formuladas en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU.

Contribuciones de los autores

AC y SV: conceptualización, investigación, elaboración del borrador original; SAAÁ: elaboración del borrador original.

Financiamiento

Ninguno

Agradecimientos

Este trabajo se benefició de los aportes de información adicional y críticos de Elena Centeno y María Colín y de las revisiones de Héctor Lacreu, Leda Sánchez Bettucci y Roberto Greco.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses alguno.

Editor a cargo

Alexander Correa-Metrio.

Referencias

Abrunhosa, M., Saraiva, R., Fernández-García, M.F., Carrillo-Rivera, J.J., Pérez, M., Barbieri, M., Chaminé, H.I., 2024, Groundwater management: sustainability, environment and hydrogeoethics: Discover Applied Sciences, 6(5), 219. https://doi.org/10.1007/s42452-024-05853-x

Aceves Quesada, F., Legorreta Paulín, G., Álvarez Ruíz, Y., 2014, Cartografía geomorfológica para el inventario de procesos gravitacionales en la cuenca endorreica del arroyo La Ciénega, flanco oriental del volcán Nevado de Toluca: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 66(2), 329–342. http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2014v66n2a8

Aguirre-Díaz, G.J., Capra-Pedol, L.V., Vázquez-Alarcón, G., 2021, Sacred Triangle Geopark Project, Querétaro, Mexico, en Memoria de la Reunión Internacional Geoparques, Turismo Sustentable y Desarrollo Local: UNESCO México, 113–137. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380262

Andrade-Velázquez, M., Medrano-Pérez,

O.R., Montero-Martínez, M.J., Alcudia-Aguilar, A., 2021, Regional climate change in southeast Mexico-Yucatan Peninsula, Central America and the Caribbean: Applied Sciences, 11(18), 8284. https://doi.org/10.3390/app11188284

Andrés de Pablo, N., Zamorano Orozco, J.J., de Sanjosé Blasco, J.J., Tanarro García, L.M., Palacios Estremera, D., 2014, Evolución post-lahárica de un canal proglaciar: garganta de Huiloac (México): Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 66(2), 305–328. http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2014v66n2a7

Arafeh-Dalmau, N., Cavanaugh, K.C., Possingham, H.P., Munguia-Vega, A., Montaño-Moctezuma, G., Bell, T.W., Cavanaugh, K., Micheli, F., 2021, Southward decrease in the protection of persistent giant kelp forests in the northeast Pacific: Communications Earth and Environment, 2(1), 119. https://doi.org/10.1038/s43247-021-00177-9

Arce, J.L., Layer, P., Martínez, I., Salinas, J.I., Macías Romo, M.C., Morales Casique, E., Benowitz, J., Escolero, O., Lenhardt, N., 2015, Geología y estratigrafía del pozo profundo San Lorenzo Tezonco y de sus alrededores, sur de la Cuenca de México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 67(2), 123–143. http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2015v67n2a1

Arrubarrena Moreno, M., Arango Galván, C., 2013, Use of electrical resistivity tomography in the study of soil pollution caused by hydrocarbons: Case study in Puebla (México): Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 65(2), 419–426. http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2013v65n2a21

Asif, Z., Chen, Z., Sadiq, R., Zhu, Y., 2023, Climate change impacts on water resources and sustainable water management strategies in North America: Water Resources Management, 37(6–7), 2771–2786. https://doi.org/10.1007/s11269-023-03474-4

Azamar Alonso, A., Merino Pérez, L., Navarro González, C., Peláez Padilla, J., 2021, Así se ve la minería en México: Universidad Nacional Autónoma de México – Universidad Iberoamericana – Fundación Heinrich Böll, 113 p.

Banacloche, S., Lechon, Y., Rodríguez-Martínez, A., 2022, Carbon capture penetration in Mexico's 2050 horizon: A sustainability assessment of Mexican CCS policy: International Journal of Greenhouse Gas Control, 115, 103603. https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2022.103603

Barradas, V.L., Esperón-Rodríguez, M., 2021, Ecophysiological vulnerability to climate change in Mexico City's urban forest: Frontiers in Ecology and Evolution, 9, 732250. https://doi.org/10.3389/fevo.2021.732250

Bautista-Zúñiga, F., Aguilar-Duarte, Y., 2021, Assessment of the suitability of land for the development of swine farming at a regional scale in Yucatán, Mexico: Tropical and Subtropical Agroecosystems, 24(1), 1565. http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.3662

Bohle, M., Preiser, R., 2019, Exploring societal intersections of geoethical thinking, in Bohle, M. (ed.), Exploring geoethics: Ethical implications, societal contexts, and professional obligations of the geosciences: Cham, Springer, 71–136. https://doi.org/10.1007/978-3-030-12010-8_3

Bohle, M., Nauen, C.E., Marone, E., 2019, Ethics to intersect civic participation and formal guidance: Sustainability, 11(3), 773. https://doi.org/10.3390/su11030773

Bonasia, R., Scaini, C., Capra, L., Nathenson, M., Siebe, C., Arana-Salinas, L., Folch, A., 2014, Long-range hazard assessment of volcanic ash dispersal for a Plinian eruptive scenario at Popocatépetl volcano (Mexico): Implications for civil aviation safety: Bulletin of Volcanology, 76, 1–16. https://doi.org/10.1007/s00445-013-0789-z

Buxó i Rey, M.J., 2021, Éticas situadas: expertos, controversias y participación ciudadana: Revista Euroamericana de Antropología,

11, 149–170. https://doi.org/10.14201/rea202111149170

Campos-Enríquez, J.O., Lermo Samaniego, J.F., Antayhua Vera, Y.T., Chavacán, M., Ramón Márquez, V.M., 2015, The Aztlán Fault System: control on the emplacement of the Chichinautzin Range volcanism, southern Mexico Basin, Mexico. Seismic and gravity characterization: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 67(2), 315–335. http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2015v67n2a13

Camprubí, A., 2013, Tectonic and metallogenic history of Mexico, in Colpron, M., Bissig, T., Rusk, B.G., Thompson, J.F.H., (eds.), Tectonics, metallogeny, and discovery: the North American Cordillera and similar accretionary settings: Society of Economic Geologists Special Publication, 17, 201–243. https://doi.org/10.5382/SP.17.06

Carreón-Freyre, D.C., Hidalgo-Moreno, C.M., Hernández-Marín, M., 2006, Mecanismos de fracturamiento de depósitos arcillosos en zonas urbanas. Caso de deformación diferencial en Chalco, Estado de México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 58(2), 237–250. http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2006v58n2a6

Carrillo-Rivera, J.J., Ouysse, S., Hatch Kuri, G., 2021, Groundwater mismanagement: Impacts on society due to a response lacking geoethics in Mexico, in Abrunhosa, M., Chambel, A., Peppoloni, S., Chaminé, H.I. (eds.), Advances in geoethics and groundwater management: Theory and practice for a sustainable environment, Proceedings of the 1st congress on geoethics and groundwater management (GEOETH&GWM'20): Porto, Portugal 2020, Springer, 451–454. https://doi.org/10.1007/978-3-030-59320-9_95

Cejudo, R., Bautista, F., Goguitchaichvili, A., Cervantes-Solano, M.A., 2022, Parámetros magnéticos y concentración de metales pesados en polvo urbano de la Ciudad de México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 74(1), A060821. http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2022v74n1a060821

Cervantes-Solano, M., Cifuentes-Nava, G., Caballero-Miranda, C.I., Goguitchaichvili, A., López-Loera, H., Delgado-Granados, H., Morales-Contreras, J., Urrutia-Fucugauchi, J., 2019, Estudio magnético integral de flujos de lava del volcán Xitle: implicaciones arqueológicas sobre el abandono de Cuicuilco: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 71(2), 397–411. http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2019v71n2a10

Charre-Medellín, J.F., Mas, J.-F., Chang-Martínez, L.A., 2021, Potential expansion of Hass avocado cultivation under climate change scenarios threatens Mexican mountain ecosystems: Crop and Pasture Science, 72(4), 291–301. https://doi.org/10.1071/CP20458

Cigna, F., Tapete, D., 2022, Land subsidence and aquifer-system storage loss in central Mexico: A quasi-continental investigation with Sentinel-1 InSAR: Geophysical Research Letters, 49(15), e2022GL098923. https://doi.org/10.1029/2022GL098923

Cinco-Castro, S., Herrera-Silveira, J., Montero Muñoz, J.L., Hernández-Nuñez, H., Teutli Hernández, C., 2023, Carbon stock in different ecological types of mangroves in a karstic region (Yucatan, México): an opportunity to avoid site scale emissions: Frontiers in Forests and Global Change, 6, 1181542. https://doi.org/10.3389/ffgc.2023.1181542

Clarke-Crespo, E., Nieves, D.C., Cervantes-Aviles, P.A., Cuevas-Cancino, M., Vanoye-Garcia, A.Y., 2021, Learning process of causes, consequences and solutions to climate change of undergraduate students without background in the subject: IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON, 2021-April, 1035–1039, 9454046. https://doi.org/10.1109/EDUCON46332.2021.9454046

Corona-Núñez, R.O., Li, F., Campo, J.E., 2020, Fires represent an important source of carbon

emissions in Mexico: Global Biogeochemical Cycles, 34(12), e2020GB006815. https://doi.org/10.1029/2020GB006815

Correa-Islas, J.J., Romero-Padilla, J.M., Pérez-Rodríguez, P., Vázquez-Alarcón, A., 2023, Application of geostatistical models for aridity scenarios in northern Mexico: Atmósfera, 37, 233–244. https://doi.org/10.20937/ATM.53103

Cortés-Ramos, J., Farfán, L.M., Brito-Castillo, L., 2021, Extreme freezing in the Sonoran Desert, Mexico: Intense and short-duration events: International Journal of Climatology, 41(8), 4339–4358. https://doi.org/10.1002/joc.7076

Cota Lucero, T.C., Herrera-Silveira, J.A., 2021, Seagrass contribution to blue carbon in a shallow karstic coastal area of the Gulf of Mexico: PeerJ, 9, 21209. https://doi.org/10.7717/peerj.12109

de Jesus Fernandez, A., Watson, J., 2022, Mexico's renewable energy innovation system: Geothermal and solar photovoltaics case study: Environmental Innovation and Societal Transitions, 43, 200–219. https://doi.org/10.1016/j.eist.2022.04.004

de la O-Villanueva, M., Meza Figueroa, D., Maier, R.M., Moreno, D., Gómez Álvarez, A., Del Río Salas, R., Mendívil, H., Montijo, A., 2013, Procesos erosivos en jales de la Presa I de Nacozari de García, Sonora y su efecto en la dispersión de contaminantes: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 65, 27–38. http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2013v65n1a3

de Moura Fé, M.M., de Oliveira Guimarães, T.D., Rodrigues Holanda, C., Leite do Nascimento, M.A., da Silva, J.V.M., Landim Nascimento, R., 2022, Geoeducation and geoculture: concepts, characteristics, and contributions to geoconservation in Brazil, in Barbosa dos Santos, G., Fernandes Felippe, M., Marques Neto, R. (eds.), Geomorphology of Brazil: Complexity, Interscale and Landscape: Proceedings in Earth and Environmental Sciences: Cham, Springer, 211–226. https://doi.org/10.1007/978-3-031-05178-4_13

de Lima, G.N., Abeldaño Zuñiga, R.A., Jerez-Ramírez, D.O., 2023, Climate change and the increase in disasters related to hydrometeorological and climatic events in Mexico: main impacts on the population, in Leal Filho, W., Vidal, D.G., Dinis, M.A.P. (eds.), Climate Change and Health Hazards, Climate Change Management: Cham, Springer, 209–227. https://doi.org/10.1007/978-3-031-26592-1_11

de Victoria-Almeida, J.L., Galván-García, M., Ayala-Ruiz, R., 2008, Sustainable management of effluents from small piggery farms in Mexico: American Journal of Environmental Sciences, 4(3), 171–174. https://doi.org/10.3844/ajessp.2008.185.188

Deng, C., Pisani, B., Hernández, H., Li, Y., 2020, Assessing the impact of climate change on water resources in a semi-arid area in central Mexico using a SWAT model: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 72(2), A150819. http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2020v72n2a150819

Denvir, A., 2023, Avocado expansion and the threat of forest loss in Michoacán, Mexico under climate change scenarios: Applied Geography, 151, 102856. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2022.102856

Di Capua, G., Peppoloni, S., 2019, Defining geoethics (online): Rome, Italy, International Association for Promoting Geoethics (IAPG), disponible en <http://www.geoethics.org/definition>, consultado 1 de Febrero de 2024.

Dias, M.C.S.S., dos Santos Costa, S.S., Canova, R.L.F., Andrade, J.N.D., Fernandes, D.L.A., de Aguiar, A.H.A., 2023, A gincana geológica como recurso didático para ensino das Geociências em escolas técnicas: aplicação no Seridó Geoparque Mundial da UNESCO: Terrae Didatica, 19, e023031. https://doi.org/10.20396/td.v19i00.8674633

Dobler-Morales, C., Bocco, G., 2021, Social and

environmental dimensions of drought in Mexico: An integrative review: International Journal of Disaster Risk Reduction, 55, 102067. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102067

Domínguez Mariani, E., Vargas Cabrera, C., Martínez Mijangos, F., Gómez Reyes, E., Monroy Hermosillo, O., 2015, Determinación de los procesos hidrogeoquímicos participantes en la compo*sic*ión del agua de las fuentes de abastecimiento a pobladores de la delegación Iztapalapa, D.F., México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 67(2), 299–213. http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2015v67n2a12

Dykstra, S.L., Dzwonkowski, B., 2021, The role of intensifying precipitation on coastal river flooding and compound river-storm surge events, northeast Gulf of Mexico: Water Resources Research, 57(11), e2020WR029363. https://doi.org/10.1029/2020WR029363

Elbjorn-Flores I., Núñez-López R.A., 2022, Yá mfädi ar ximhai jar hñäñho: Las Ciencias de la Tierra en Otomí: Revista de Enseñanza y Comunicación de las Geociencias, 1(2), 53-57.

Escolero, O., Kralisch, S., Martínez, S.E., Perevochtchikova, M., 2016, Diagnóstico y análisis de los factores que influyen en la vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua potable a la Ciudad de México, México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 68(3), 409–427. http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2016v68n3a3

Espinosa, D., Ocegueda, S., Llorente, J., Aguilar C., Flores, O., 2008, El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural, in Capital Natural de México, Volumen I, Conocimiento actual de la biodiversidad: México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), 33–65.

Espinosa-Rodríguez, L.M., 2017, Geoparque en el Distrito Minero Tlalpujahua-El Oro: Ciencia UAT, 11(2), 24–45. https://doi.org/10.29059/cienciauat.v11i2.798

Flores-Fernández, G.C., García-Romero, L., Sánchez-Quispe, S.T., 2022, Assessing climate change impacts on hydrology: application to Zacapu and Pastor Ortiz aquifers (Mexico): Journal of Water and Climate Change, 13(5), 2129–2142. https://doi.org/10.2166/wcc.2022.101

Flores-Garnica, 2021, Antecedentes y perspectivas de la investigación en incendios forestales en el INIFAP: Revista Mexicana de Ciencias Forestales, special issue 1, 91–117. https://doi.org/10.29298/rmcf.v12iEspecial-1.981

García-Palomo, A., Carlos-Valerio, V., López-Miguel, C., Galván-García, A., Concha-Dimas, A., 2006, Landslide inventory map of Guadalupe Range, north of the Mexico Basin: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 58(2), 195–204. http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2006v58n2a2

García-Sánchez, L., Canet, C., Cruz-Pérez, M.Á., Morelos-Rodríguez, L., Salgado-Martínez, E., Corona-Chávez, P., 2021, A comparison between local sustainable development strategies based on the geoheritage of two post-mining areas of Central Mexico: International Journal of Geoheritage and Parks, 9(4), 391–404. https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2021.10.001

González, L.T., 2023, Importancia de la divulgación científica de los riesgos naturales en los Geoparques, propuesta para el Geoparque Las Loras (Palencia, España): ArtefaCToS, Revista de estudios sobre la ciencia y la tecnología, 12(2), 155–183. https://doi.org/10.14201/art2023.30523

González-Partida, E., Camprubí, A., Carrillo-Chávez, A., Díaz-Carreño, E.H., González-Ruiz, L., Farfán-Panamá, J.L., Cienfuegos-Alvarado, E., Morales-Puente, P., Vázquez-Ramírez, J.T., 2019, Giant fluorite mineralization in Central Mexico by means of exceptionally low salinity fluids:

an unusual style among MVT deposits: Minerals, 9, 35. https://doi.org/10.3390/min9010035

González-Sánchez, F., Camprubí, A., 2010, La pequeña minería en México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 62(1), 101–108. http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2010v62n1a5

Gooden, J., Pritzlaff, R., 2021, Dryland watershed restoration with rock detention structures: a nature-based solution to mitigate drought, erosion, flooding, and atmospheric carbon: Frontiers in Environmental Science, 9, 679189. https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.679189

Greco, R., Toledo, C., Villacorta, S.P., 2022, Geoscience education in Peru, in Villacorta Chambi, S.P. (ed.), Geoethics in Peru: A Pathway for Latin America: Springer Briefs in Geoethics: Cham, Springer, 87–98. https://doi.org/10.1007/978-3-030-86731-7_7

Grobbelaar, L., Bouwer, S., Hermann, U.P., 2019, An exploratory investigation of visitor motivations to the Barberton-Makhonjwa Geotrail, South Africa: Geojournal of Tourism and Geosites, 25(2), 283–292. https://doi.org/10.30892/gtg.25101-359

Gutiérrez-Ruiz, M., Muro-Puente, A., Ceniceros-Gómez, A.E., Amaro-Ramírez, D., Pérez-Manzanera, L., Martínez-Jardines, L.G., Romero, F., 2022, Acid spill impact on Sonora River basin. Part I. sediments: Affected area, pollutant geochemistry and health aspects: Journal of Environmental Management, 314, 115032. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115032

Hassani, A., Azapagic, A., Shokri, N., 2021, Global predictions of primary soil salinization under changing climate in the 21st century: Nature Communications, 12(1), 6663. https://doi.org/10.1038/s41467-021-26907-3

Hatch-Kuri, G., Carrillo-Rivera, J.J., Schmidt, S., 2021, Science and policy: How ethical is groundwater management in Mexico (1948-2018), in Abrunhosa, M., Chambel, A., Peppoloni, S., Chaminé, H.I. (eds.), Advances in geoethics and groundwater management: Theory and practice for a sustainable environment, Proceedings of the 1st congress on geoethics and groundwater management (GEOETH&GWM'20): Porto, Portugal 2020, Springer, 455–458. https://doi.org/10.1007/978-3-030-59320-9_96

Herguera, J.C., Peters, E.M., Sheinbaum, J., Pérez-Brunius, P., Herzka, S.Z., Licea-Navarro, A., Ocampo-Torres, F., Aguirre-Macedo, M.L., Vidal-Martínez, V.M., García-Nava, H., Salgado, T., Romero-Centeno, R., Zavala-Hidalgo, J., Pardo-López, L., Gracia, A., 2023, Ocean monitoring, observation network and modelling of the Gulf of Mexico by CIGOM: Frontiers in Marine Science, 10, 1091372. https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1091372

Hernández-Martínez, J.L., Mendoza-Chávez, Y.J., Romero, F.M., Martínez-Villegas, N., 2023, Análisis de la problemática ambiental en Villa de la Paz-Matehuala-Cerrito Blanco, San Luis Potosí: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 75(2), A030523. http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2023v75n2a030523

Hernández-Rodríguez, M., Romo-Lozano, J.L., Barrios-Puente, G., Cuevas-Alvarado, C.M., 2023, Climate change and its effect on agriculture in Mexico: Agrociencia, 57, 369–397. https://doi.org/10.47163/agrociencia.v57i2.2523

Hiriart Le Bert, G., 2009, Potencial energético del Alto Golfo de California: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 61(1), 143–146. http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2009v61n1a13

Ibarrarán, M.E., Chavarría, J., Zúñiga, C., 2019, Extreme events in Mexico: Impacts on public health and development, in Akhtar, R. (ed.), Extreme Weather Events and Human Health: Cham, Switzerland, Springer, 315–332. https://doi.org/10.1007/978-3-030-23773-8_22

Jazcilevich Diamant, A., Siebe, C., Estrada, C.,

Aguillón, J., Rojas, A., Chávez García, E., Sheinbaum Pardo, C., 2015, Retos y oportunidades para el aprovechamiento y manejo ambiental del ex lago de Texcoco: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 67(2), 145–166. http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2015v67n2a2

Jiménez-Hernández, S.B., Montero, O.P., Meza, E., Velázquez, Y.R., Castellanos, J.R., Martínez-Cano, E., Sosa-Pérez, F., Herrera, J.F., Zielinski, S., Cuker, B., Oliveira, M., Anfuso, G., Milanes, C.B., 2021, Coastal migration index for coastal flooding events increased by sea level rise due to climate change: Mexico and Cuba case studies: Water, 13(21), 3090. https://doi.org/10.3390/w13213090

Jonathan, M.P., Jayaprakash, M., Srinivasalu, S., Roy, P.D., Thangaduray, N., Muthuraj, S., Stephen-Pitchaimani, V., 2010, Evaluation of acid leachable trace metals in soils around a five centuries old mining district in Hidalgo, central Mexico: Water, Air, and Soil Pollution, 205(1–4), 227–236. https://doi.org/10.1007/s11270-009-0068-y

Jurado-Guerra, P., Velázquez-Martínez, M., Sánchez-Gutiérrez, R.A., Álvarez-Holguín, A., Domínguez-Martínez, P.A., Gutiérrez-Luna, R., Garza-Cedillo, R.D., Luna-Luna, M., Chávez-Ruiz, M.G., 2021, The grasslands and scrublands of arid and semi-arid zones of Mexico: Current status, challenges and perspectives: Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 12, 261–285. https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5875

Koupatsiaris, A.A., Drinia, H., 2024, Expanding geoethics: interrelations with geoenvironmental education and sense of place: Sustainability, 16(5), 1819. https://doi.org/10.3390/su16051819

Lacreu, H.L., 2024, Alfabetización geológica para la formación ciudadana: San Luis, Argentina, Nueva Editorial Universitaria UNSL, Universidad Nacional de San Luis, 206 p.

Lee, R.H., Navarro-Navarro, L.A., Ley, A.L., Hartfield, K., Tolleson, D.R., Scott, C.A., 2021, Spatio-temporal dynamics of climate change, land degradation, and water insecurity in an arid rangeland: The Río San Miguel watershed, Sonora, Mexico: Journal of Arid Environments, 193, 104539. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104539

Legorreta Paulín, G., Bursik, M., Pouget, S., Lugo Hubp, J., Paredes Mejía, L.M., Aceves Quesada, F., 2014, Inventario multitemporal, análisis de susceptibilidad y estimación de volumen de deslizamientos en el flanco SW del volcán Pico de Orizaba, Puebla-Veracruz: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 66(2), 343–354. http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2014v66n2a9

Lettrich, M.D., Asaro, M.J., Borggard, D.L., Dick, D.M., Griffis, R.B., Litz, J.A., Orphanides, C.D., Palka, D.L., Soldevilla, M.S., Balmer, B., Chavez, S., Cholewiak, D., Claridge, D., Ewing R.Y., Fazioli, K.L., Fertl, D., Fougeres, E.M., Gannon, D., Garrison, L., Gilbert, J., Gorgone, A., Hohn, A., Horstman, S., Josephson, B., Kenney, R.D., Kiszka, J.J., Maze-Foley, K., McFee, W., Mullin K.D., Murray K., Pendleton D.E., Robbins, J., Roberts, J.J., Rodriguez-Ferrer, G., Ronje, E.I., Rosel, P.E., Speakman, T., Stanistreet, J.E., Stevens, T., Stolen, M., Tyson-Moore, R., Vollmer, N.L., Wells, R., Whitehead, H.R., Whitt, A., 2023, Vulnerability to climate change of United States marine mammal stocks in the western North Atlantic, Gulf of Mexico, and Caribbean: PLoS ONE, 18(9), e0290643. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0290643

López, E.O., 2020, Apropiación territorial y construcción de identidad colectiva frente al despojo de recursos. El caso del Geoparque Mundial Mixteca Alta, Oaxaca, México: Empiria, 48, 67–93. https://doi.org/10.5944/empiria.48.2020.28071

López, E.O., Lorenzen, M., 2023, El Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta (GMA) como espacio de construcción y aplicación

de metodologías participativas: Perfiles Latinoamericanos, 31, 62. https://doi.org/10.18504/pl3162-010-2023

López, M., Magaña, V., Pérez, T., 2022, Riesgo de inundaciones urbanas repentinas en la Zona Metropolitana de Guadalajara, Jalisco: Investigaciones Geográficas, 108, e60547. https://doi.org/10.14350/rig.60547

López Álvarez, B., Ramos Leal, J.A., Morán Ramírez, J., Cardona Benavides, A., 2013, Origen de la calidad del agua del acuífero colgado y su relación con los cambios de uso de suelo en el Valle de San Luis Potosí: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 65(1), 9–26. http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2013v65n1a2

López-Castañeda, A., Zavala-Cruz, J., Palma-López, D.J., Bautista-Zúñiga, F., Rincón-Ramírez, J.A., 2022, Formas del terreno a escala detallada en planicies aluviales y lomeríos de llanura costera tropical utilizando el enfoque geopedológico (Huimanguillo, Tabasco): Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 74(2), A100122. http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2022v74n2a100122

López-Pacheco, I.Y., Rodas-Zuluaga, L.I., Fuentes-Tristan, S., Castillo-Zacarías, C., Sosa-Hernández, J.E., Barceló, D., Iqbal, H.M.N., Parra-Saldívar, R., 2021, Phycocapture of CO2 as an option to reduce greenhouse gases in cities: Carbon sinks in urban spaces: Journal of CO2 Utilization, 53, 101704. https://doi.org/10.1016/j.jcou.2021.101704

López-Ramírez, C., Cuevas-Cardona, C., 2022, Los desechos mineros y el Río de Pachuca, Historia Ambiental Latinoamericana y Caribeña, 12(3), 193–213. https://doi.org/10.32991/2237-2717.2022v12i3.p193-213

Lozano-García, S., Brown, E.T., Ortega, B., Caballero, M., Werne, J., Fawcett, P.J., Schwalb, A., Valero-Garcés, B.L., Schnurrenberger, D., O'Grady, R., Stockhecke, M., Steinman, B., Cabral-Cano, E., Caballero, C., Sosa-Nájera, S., Soler, A.M., Pérez, L., Noren, A., Myrbo, A., Bücker, M., Wattrus, N., Arciniega, A., Wonik, T., Watt, S., Kumar, D., Acosta, C., Martínez, I., Cossio, R., Ferland, T., Vergara-Huerta, F., 2017, Perforación profunda en el lago de Chalco: reporte técnico: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 69(2), 299–311. http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2017v69n2a2

Martínez-Sifuentes, A.R., Trucíos-Caciano, R., Rodríguez-Moreno, V.M., Villanueva-Díaz, J., Estrada-Ávalos, J., 2023, The impact of climate change on evapotranspiration and flow in a major basin in northern Mexico: Sustainability 15(1), 847. https://doi.org/10.3390/su15010847

Martínez-Valdés, J.I., Márquez-Ramírez, V.H., Coviello, V., Capra, L., 2023, Hurricane-induced lahars at Volcán de Colima (México): seismic characterization and numerical modeling: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 40(1), 59–70. https://doi.org/10.22201/cgeo.20072902e.2023.1.1709

McKinley, C., Showalter, G. M., Crofoot, T., Stone, K., 2023, Systematic evaluation of geoscience education programs that are designed for Indigenous students, or use Traditional Knowledge: Journal of Geoscience Education, 71(3), 428–441. https://doi.org/10.1080/10899995.2022.2112491

Mendoza-Ponce, A., Corona-Núñez, R.O., Nava, L.F., Estrada, E., Calderón-Bustamante, O., Martínez-Meyer, E., Carabias, J., Larralde-Corona, A.H., Barrios, M., Pardo-Villegas, P.D., 2021, Impacts of land management and climate change in a developing and socioenvironmental challenging transboundary region: Journal of Environmental Management, 300, 113748. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113748

Montero-Martínez, M.J., Andrade-Velázquez, M., 2022, Effects of urbanization on extreme

climate indices in the Valley of Mexico basin: Atmosphere, 13(5), 785. https://doi.org/10.3390/atmos13050785

Montiel-González, C., García-Oliva, F., Bautista, F., Sánchez-Meneses, O., 2021, Huella de cambio climático global en un ecosistema desértico de México: aumento de frecuencia de eventos climáticos extremos: Tecnología y Ciencias del Agua, 12(4), 219–268. https://doi.org/10.24850/j-tyca-2021-04-05

Mora Chaparro, J.C., Ruiz Pelcastre, L.M., 2021, Desarrollo sostenible en los geositios de la Comarca Minera Geoparque Mundial de la UNESCO, en Memoria de la Reunión Internacional Geoparques, Turismo Sustentable y Desarrollo Local: UNESCO México, 211–224.

Morales-Arredondo, J.I., Armienta-Hernández, M.A., Lugo-Dorantes, A.E., Barrera-Arrazola, A.P., Flores-Ocampo, I.Z., Flores-Vargas, R., 2023, Fluoride presence in drinking water along the southeastern part of El Bajío Guanajuatense, Guanajuato, Mexico: sources and health effects: Environmental Geochemistry and Health, 45(6), 3715–3742. https://doi.org/10.1007/s10653-022-01426-2

Munguia, N., Romero, A., Anaya-Eredias, C., Perkins, K.M., Velazquez, L., 2023, Global warming in the minds of Mexican higher education students: an exploratory study: International Journal of Sustainability in Higher Education, 24(2), 317–338. https://doi.org/10.1177/0963662506073088

Muñoz-Pizza, D.M., Sanchez-Rodriguez, R.A., Gonzalez-Manzano, E., 2023, Linking climate change to urban planning through vulnerability assessment: The case of two cities at the Mexico-US border: Urban Climate, 51, 101674. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2023.101674

Murray-Tortarolo, G.N., 2021, Seven decades of climate change across Mexico: Atmosfera, 34(2), 217–226. https://doi.org/10.20937/ATM.52803

Nazaruddin, D.A., Ab Manaf, N., 2024, Assessment of geoeducation program for indigenous students in Kenyir Geopark, Terengganu, Malaysia: Geoconservation Research, 7(1). https://doi.org/10.57647/j.gcr.2024.0701.02

Ochoa, J., Ferreira-Bartrina, V., Candela, J., Sheinbaum, J., López, M., Pérez-Brunius, P., Herzka, S., Amon, R.M.W., 2021, Deep-water warming in the Gulf of Mexico from 2003 to 2019: Journal of Physical Oceanography, 51(4), 1021–1035. https://doi.org/10.1175/JPO-D-19-0295.1

Ochoa-Contreras, R., Jara-Marini, M.E., Ruiz-Fernández, A.C., Sánchez-Cabeza, J.A., Meza-Figueroa, D., Pérez-Bernal, L.H., 2023, Historical fluxes of metal and metalloids in an aquatic ecosystem affected by land-use change and mining activities in northwestern Mexico: International Journal of Sediment Research, 38, 724–738. https://doi.org/10.1016/j.ijsrc.2023.05.003

Orozco-Ramírez, Q., Lorenzen, M., Fernández de Castro Martínez, G., Cruz Ramírez, M.A., 2022, Factores sociales y biofísicos de la transición forestal en el Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta: Investigaciones Geográficas, 108, e60465. https://doi.org/10.14350/rig.60465

Ortega-Guerrero, B., Lozano García, M.S., Caballero, M., Herrera Hernández, D.A., 2015, Historia de la evolución deposicional del lago de Chalco, México, desde el MIS 3: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 67(2), 185–201. http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2015v67n2a4

Ortíz-Rodríguez, A.J., Capra, L., Muñoz-Robles, C., Coviello, V., Borselli, L., 2020, Connectivity and hydrological efficiency dynamics at active volcanoes, Mexico: Science of the Total Environment, 736, 139649. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139649

Palacio-Prieto, J.L., Rosado-González, E.M., Sá, A.A., 2021, Participación comunitaria en

Geoparques Mundiales de la UNESCO en América Latina y el Caribe y su contribución a la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, en Memoria de la Reunión Internacional Geoparques, Turismo Sustentable y Desarrollo Local: UNESCO México, 15–26. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380262

Peppoloni, S. (ed.), 2018, Spreading geoethics through the languages of the world – translations of the Cape Town Statement of Geoethics: International Association for Promoting Geoethics, 77 p. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23282.40645

Prol-Ledesma, R.M., Morán-Zenteno, D.J., 2019, Heat flow and geothermal provinces in Mexico: Geothermics, 78, 183–200. https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2018.12.009

Ryan-Davis, J., Scalice, D., 2022, Co-creating ethical practices and approaches for fieldwork: AGU Advances, 3(6), e2022AV000762. https://doi.org/10.1029/2022AV000762

Ramos, Q., Armienta, M.A., Aguayo, A., Cruz, O., 2021, Evaluation of the interactions of arsenic (As), boron (B), and lead (Pb) from geothermal production wells with agricultural soils: Ecotoxicology and Environmental Safety, 211, 111843. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111843

Ramos Reyes, R., Zavala Cruz, J., Gama Campillo, L.M., Pech Pool, D., Ortiz Pérez, M.A., 2016, Indicadores geomorfológicos para evaluar la vulnerabilidad por inundación ante el ascenso del nivel del mar debido al cambio climático en la costa de Tabasco y Campeche, México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 68(3), 581–598. http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2016v68n3a12

Randazzo-Eisemann, Á., Garza-Pérez, J.R., Penié-Rodriguez, I., Figueroa-Zavala, B., 2021, 25 years of multiple stressors driving the coral-algae phase shift in Akumal, Mexico: Ocean and Coastal Management, 214, 105917. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105917

Rangel-Parra, R., Neira, X., Dafonte, J., 2022, Simulación de las garantías de abastecimiento para las demandas de agua en Mexicali, B.C.: Tecnología y Ciencias del Agua, 13(1), 49–88.

Regalado Santillan, J., 1991, Una mentira oficial: el oro de "El Barqueño": Estudios Jalisciences, 4, 52–63.

Reyes, A., 2021, Revealing the contribution of informal settlements to climate change mitigation in Latin America: A case study of Isidro Fabela, Mexico City: Sustainability, 13(21), 12108. https://doi.org/10.3390/su132112108

Rivera-Torres, M., Gerlak, A.K., 2021, Evolving together: transboundary water governance in the Colorado River Basin: International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics, 21(4), 553–574. https://doi.org/10.1007/s10784-021-09538-3

Rodríguez, N.J., 2013, Aproximaciones sobre minería y pueblos indios en México: contextos, conflictos y tránsitos posibles (online), en El Devenir de los Pueblos Indígenas, Afrodescendiente y la Población Inmigrante: México, Programa Universitario de Estudios de la Diversidad Cultural y la Interculturalidad disponible en <http://www.nacionmulticultural.unam.mx/portal/cultura_politica/nemesio_rodriguez_20130220.html>, consultado 2 de febrero de 2024.

Rodríguez-Campero, C., Garfias, J., Martel, R., Navarro-de León, I., 2023, Estimación espacio-temporal de la distribución de la recarga potencial en el Valle de Toluca: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 75(2), A080523. http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2023v75n2a080523

Rodríguez-Robayo, K.J., Trujillo-Miranda, A.L., Méndez-López, M.E., Porter-Bolland, L., Monzón-Alvarado, C.M., Llamas-Torres, I., Reyes-Maturano, I., León-González, J., Juárez-Tellez, L., Ruenes-Morales, M.R., Rivera-De Velasco, M., Chan-Chuc, N.,

2022, Socioecological conflicts in Mexico: Trends and gaps in the regional analysis: Environmental Science and Policy, 127, 12–21. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.10.008

Ruiz-García, V.H., Asensio-Grima, C., Ramírez-García, A.G., Monterroso-Rivas, A.I., 2023, The Hydrological balance in micro-watersheds is affected by climate change and land use changes: Applied Sciences, 13(4), 2503. https://doi.org/10.3390/app13042503

Sacher, W., 2010, El modelo minero canadiense: saqueo e impunidad institucionalizados: Acta Sociológica, 1(54), 49–67. https://doi.org/10.22201/fcpys.24484938e.2011.54.25669

San Agustín-Canales, N., Cruz-Sánchez, Y., Borja-de la Rosa, M.A., González-Tepale, M.R., Monterroso-Rivas, A.I., 2023, Drought and vulnerability in Mexico's forest ecosystems: Forests, 14(9), 1813. https://doi.org/10.3390/f14091813

Sandoval, S., Escobar-Flores, J.G., Badar Munir, M., 2023, Urbanization and its impacts on land surface temperature and sea surface temperature in a tourist region in Mexico from 1990 to 2020: Remote Sensing Applications: Society and Environment, 32, 101046. https://doi.org/10.1016/j.rsase.2023.101046

Sánchez-García, E.A., Yañez-Arenas, C., Lindig-Cisneros, R., Lira-Noriega, A., Monroy Ibarra, R., Moreno-Casasola, P., 2023, The expected impacts of sea level on the Mexican Atlantic coast: Science of the Total Environment, 903, 166317. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166317

Secretaría de Economía (SE), 2020, Directorio de instituciones educativas que imparten carreras en Ciencias de la Tierra: Ciudad de México, Secretaría de Economía (SE), 23 p., disponible en <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/564133/_ENE2020__Folleto_ciencias_de_la_tierra.pdf>.

Secretaría de Energía (SENER), 2008, Prospectiva del sector eléctrico 2008-2017 (online): Ciudad de México, Secretaría de Energía (SENER), 229 p., disponible en <http://www.gob.mx/sener/documentos/prospectiva-del-sector-electrico-2008-2017>

Secretaría de Energía (SENER), 2009, Programa especial para el aprovechamiento de energías renovables: Ciudad de México, Secretaría de Energía (SENER), 108 p., disponible en <https://www.gob.mx/sener/documentos/programa-especial-para-el-aprovechamiento-de-energias-renovables>

Secretaría de Energía (SENER), 2023, Balance nacional de energía 2022: Ciudad de México, Secretaría de Energía (SENER), 240 p., disponible en <https://base.energia.gob.mx/BNE/BalanceNacionalDeEnergía2022.pdf>

Sieron, K., Weissling, B., Morales-Martínez, M.A., Teran, S., 2021, Reconstruction of the upper slope conditions of an extraordinary hydro-meteorological event along the Jamapa glacier drainage system, Citlaltépetl (Pico de Orizaba) volcano, Mexico: Frontiers in Earth Science, 9, 668266. https://doi.org/10.3389/feart.2021.668266

Silva, R., Martínez, M.L., van Tussenbroek, B.I., Guzmán-Rodríguez, L.O., Mendoza, E., López-Portillo, J., 2020, A framework to manage coastal squeeze: Sustainability, 12(24), 10610. https://doi.org/10.3390/su122410610

Solano Rojas, D., Cabral Cano, E., Hernández Espriú, A., Wdowinski, S., DeMets, C., Salazar Tlaczani, L., Falorni, G., Bohan, A., 2015, La relación de subsidencia del terreno InSAR-GPS y el abatimiento del nivel estático en pozos de la zona Metropolitana de la Ciudad de México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 67(2), 273–283. http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2015v67n2a10

Solorio, I., 2021, Leader on paper, laggard in practice: policy fragmentation and the

multi-level paralysis in implementation of the Mexican Climate Act: Climate Policy, 21(9), 1175–1189. https://doi.org/10.1080/14693062.2021.1894084

Soto, V., 2021, Cryotic climate conditions and their eventual implication in the high-mountain surface of the Nevado de Toluca volcano, Mexico: Journal of Mountain Science, 18(9), 2273–2286. https://doi.org/10.1007/s11629-021-6740-4

Suárez-Rodríguez, I.B., Meraz Acevedo, G., Vegagil García, J.M, 2021, El Geoturismo como herramienta para el desarrollo sustentable en el Geoparque Aspirante Huasteca Potosina, en Memoria de la Reunión Internacional Geoparques, Turismo Sustentable y Desarrollo Local: UNESCO México, 61–84. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380262

Tetreault, D., 2013, Los mecanismos del imperialismo canadiense en el sector minero de América Latina: Estudios Críticos del Desarrollo, 3(4), 191–215.

Tetreault, D., 2019, Radiografía de la resistencia a la megaminería en México: Observatorio del Desarrollo, 11(7), 4–9. https://doi.org/10.35533/od.0207.dt

Thalheimer, L., Choquette-Lévy, N., Garip, F., 2022, Compound impacts from droughts and structural vulnerability on human mobility: iScience, 25(12), 105491. https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.105491

Tidman, R., Abela-Ridder, B., De Castañeda, R.R., 2021, The impact of climate change on neglected tropical diseases: A systematic review: Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, 115(2), 147-168. https://doi.org/10.1093/trstmh/traa192

Umbrello, S., Bernstein, M.J., Vermaas, P.E., Resseguir, A., Gonzalez, G., Porcari, A., Grinbaum, A., Adomaitis, L., 2023, From speculation to reality: Enhancing anticipatory ethics for emerging technologies (ATE) in practice: Technology in Society, 74, 1-11.

Urdes, L., Alcivar-Warren, A., 2021, A comparative study on metals and parasites in shellfish of freshwater and marine ecosystems: Journal of Shellfish Research, 40(3), 565-588. https://doi.org/10.2983/035.040.0313

Urquhart, G.R., 2020, The neotropical rainforests: Encyclopedia of the World's Biomes, 1-5, 56-65. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11805-6

Valera, L., Vidal, G., Leal, Y., 2021, Beyond application. The case of environmental ethics: Tópicos (México), 60, 437-459. https://doi.org/10.21555/top.v0i60.1122

Vela-Almeida, D., Gonzalez, A., Gavilán, I., Fenner-Sánchez, G.M., Torres, N., Ysunza, V., 2022, The right to decide: A triad of participation in politicizing extractive governance in Latin America: The Extractive Industries and Society, 9, 100875. https://doi.org/10.1016/j.exis.2021.01.010

Villacorta, S.P. (ed.), 2022, Geoethics in Peru: A Pathway for Latin America: Cham, Springer.

Villacorta, S., Pinto, L., Mansur, K.L., 2023, Importancia de la geoética en las carreras de ingeniería geológica y geociencias: La experiencia latinoamericana: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 75(2), A100423. https://dx.doi.org/10.18268/BSGM2023v75n2a100423

Villacorta, S.P., Pinto, L., Camprubí, A., Cervantes, Y., 2024, Integrating geoethics in tertiary education: a strategy for sustainable development in Latin America and the Caribbean: Episodes, 47(4), 1-19. https://doi.org/10.18814/epiiugs/2024/02404s02

Wilson, T.D., 2020, Climate change, neoliberalism, and migration: Mexican sons of peasants on the beach: Latin American Perspectives, 47(6), 20-35. https://doi.org/10.1177/0094582X20951800

Wurl, J., Imaz-Lamadrid, M.A., Mendez-Rodriguez, L.C., Hernández-Morales, P., 2023, Hydrochemical indicator analysis of seawater intrusion into coastal aquifers of semiarid areas: Resources 12(4), 27. https://

doi.org/10.3390/resources12040047

Zambrano-Medina, Y.G., Plata-Rocha, W., Monjardin-Armenta, S.A., Franco-Ochoa, C., 2023, Assessment and forecast of shoreline change using geo-spatial techniques in the Gulf of California: Land, 12(4), 782. https://doi.org/10.3390/land12040782

Zhao, Y., Norouzi, H., Azarderakhsh, M., AghaKouchak, A., 2021, Global patterns of hottest, coldest, and extreme diurnal variability on Earth: Bulletin of the American Meteorological Society, 102(9), E1672-E1681. https://doi.org/10.1175/BAMS-D-20-0325.1

Zozmann, E., Göke, L., Kendziorski, M., Rodriguez del Angel, C., von Hirschhausen, C., Winkler, J., 2021, 100% renewable energy scenarios for North America—spatial distribution and network constraints: Energies, 14(3), 658. https://doi.org/10.3390/en14030658

Zúñiga, F.R., Merlo, J., Wyss, M., 2015, On the vulnerability of the indigenous and low-income population of Mexico to natural hazards. A case study: the Guerrero region, en Wyss, M., Peppoloni, S. (eds.), Geoethics: Ethical Challenges and Case Studies in Earth Sciences: UK, Elsevier, 381-391. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-799935-7.00031-9

Zúñiga de León, D., Kershaw, S., Mahan, S., 2016, Quaternary alluvial fans of Ciudad Juárez, Chihuahua, northern México: OSL ages and implications for climatic history of the region: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 68(1), 111-128. http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2016v68n1a13

http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2025v77n2a170725

Datos suplementarios

Tabla A1. Instituciones de educación superior en México con programas de licenciatura o postgrado en Ciencias de la Tierra, y disponibilidad oficial de asignaturas relacionadas con la ética, según la información disponible en línea de los programas docentes. Parcialmente basado en el directorio de SE (2020).

Institución	Acrónimo	Programa de licenciatura	Estado	Asignaturas sobre ética deontológica	Asignaturas sobre geoética	Otras asignaturas sobre ética
Universidad Nacional Autónoma de México	UNAM	Ingeniería Geológica	Ciudad de México	1	-	-
		Ingeniería Geomática	Ciudad de México	1	-	-
		Ingeniería Geofísica	Ciudad de México	1	-	-
		Ingeniería Topográfica y Geodésica	Ciudad de México	1	-	-
		Ingeniería Petrolera	Ciudad de México	1	-	-
		Geociencias / Ciencias de la Tierra	Ciudad de México, Michoacán, Querétaro	-	1	Bioética, Ecoética, Zooética
Instituto Politécnico Nacional	IPN	Ingeniería Geológica	Ciudad de México	1	-	-
		Ingeniería Geofísica	Ciudad de México	1	-	-
		Ingeniería Petrolera	Ciudad de México	1	-	-
		Ingeniería Topográfica y Fotogramétrica	Ciudad de México	1	-	-
Universidad Autónoma de Baja California	UABC	Ingeniería Topográfica y Geodésica	Baja California	1	-	-
Universidad Autónoma de Baja California Sur	UABCS	Geología	Baja California Sur	-	-	-
		Geología Ambiental	Baja California Sur	-	1	-
		Gestión y Ciencias del Agua	Baja California Sur	-	-	-
Universidad Autónoma del Carmen	UAC	Ingeniería Geológica	Campeche	1	-	-
		Ingeniería Geofísica	Campeche	1	-	-
		Ingeniería Petrolera	Campeche	1	-	-
Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas	Unicach	Ciencias de la Tierra	Chiapas	-	-	-
		Ingeniería Topográfica e Hidrológica	Chiapas	-	-	-
		Ingeniería Geomática	Chiapas	1	-	-
		Manejo de Recursos Hídricos	Chiapas	-	-	-
TNM – Instituto Tecnológico de Parral	ITP	Ingeniería de Minas	Chihuahua	1	-	-
Universidad Autónoma de Chihuahua	UACh	Ingeniería Geológica	Chihuahua	-	-	-
		Ingeniería de Minas y Metalúrgica	Chihuahua	-	-	-
		Ingeniería de Sistemas Topográficos	Chihuahua	-	-	-
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez	UACJ	Ingeniería en Geociencias	Chihuahua	-	-	-
TNM – Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de la Región Carbonífera	ITESRC	Ingeniería Petrolera	Coahuila	1	-	-
TNM – Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Acuña	ITSCA	Ingeniería en Geociencias	Coahuila	1	-	-
Universidad Autónoma de Coahuila	UACoah	Ingeniería Geológica	Coahuila	1	-	-
		Ingeniería en Recursos Minerales y Energéticos	Coahuila	1	-	-
Universidad de Colima	UCol	Gestión y Reducción del Riesgo de Desastres	Colima	-	-	-
TNM - Instituto Tecnológico Superior de Santiago Papasquiaro	ITSSP	Ingeniería de Minas	Durango	1	-	-
Universidad La Salle Laguna	USL	Ingeniería de Minas	Durango	-	-	-
Universidad Tecnológica de La Laguna Durango	UTLD	Ingeniería de Minas	Durango	n.d.	n.d.	n.d.
Universidad de Guanajuato	UGto	Ingeniería Geológica	Guanajuato	-	-	-
		Ingeniería Geomática	Guanajuato	1	-	-
Universidad Autónoma de Guerrero	UAGro	Geología	Guerrero	-	-	-
		Ingeniería Topográfica y Geomática	Guerrero	-	-	-
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	UAEH	Ingeniería Geológica Ambiental	Hidalgo	-	-	-
		Ingeniería de Minas y Metalúrgica	Hidalgo	-	-	-
Universidad del Valle de México	UVM	Ingeniería en Petróleo y Gas	Ciudad de México, Tabasco, Veracruz	-	-	-
Universidad Autónoma del Estado de México	UAEM	Geología Ambiental y Recursos Hídricos	Estado de México	-	-	Ética ambiental
Universidad Autónoma Chapingo	UACp	Ingeniería Agronómica con Especialidad en Ciencias del Suelo	Estado de México	-	-	-

http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2025v77n2a170725

Institución	Acrónimo	Programa de licenciatura	Estado	Asignaturas sobre ética deontológica	Asignaturas sobre geoética	Otras asignaturas sobre ética
TNM – Instituto Tecnológico Superior de Tacámbaro	ITST	Ingeniería en Geociencias	Michoacán	-	-	-
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo	UMSNH	Ingeniería Ambiental	Michoacán	-	-	Ética ambiental
Universidad Autónoma de Nuevo León	UANL	Ingeniería Geológica	Nuevo León	1	-	-
		Ingeniería Geológica – Mineralogía	Nuevo León	1	-	-
		Ingeniería Geofisica	Nuevo León	1	-	-
		Ingeniería Petrolera	Nuevo León	1	-	-
Universidad del Istmo	UI	Ingeniería Petrolera	Oaxaca	-	-	-
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla	BUAP	Ingeniería Topográfica y Geodésica	Puebla	-	-	-
		Ingeniería Geofisica	Puebla	-	-	-
TNM – Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza	ITSVC	Ingeniería en Geociencias	Puebla	1	-	-
Universidad Autónoma de San Luis Potosí	UASLP	Ingeniería Geológica	San Luis Potosí	-	-	-
		Ingeniería Ambiental	San Luis Potosí	-	-	-
TNM – Instituto Tecnológico de Sinaloa de Leyva	ITSL	Ingeniería Hidrológica	Sinaloa	1	-	-
Universidad Autónoma de Sinaloa	UAS	Ingeniería Geodésica	Sinaloa	1	-	-
		Ingeniería de Minas	Sinaloa	-	-	-
TNM – Instituto Tecnológico Superior de Cajeme	ITSCaj	Ingeniería en Geociencias	Sonora	1	-	-
TNM – Instituto Tecnológico Superior de Cananea	ITSCan	Ingeniería de Minas	Sonora	1	-	-
Universidad de Sonora	USon	Geología	Sonora	1	-	-
		Ingeniería de Minas	Sonora	1	-	-
		Ingeniería de Ciencias Ambientales	Sonora	1	-	-
Universidad Estatal de Sonora	UES	Ingeniería Geológica	Sonora	-	-	-
TNM – Instituto Tecnológico de Huimanguillo	ITH	Ingeniería Petrolera	Tabasco	1	-	-
TNM – Instituto Tecnológico Superior de Villa La Venta	ITSVV	Ingeniería Petrolera	Tabasco	1	-	-
TNM – Instituto Tecnológico Superior de Macuspana	ITSMa	Ingeniería Petrolera	Tabasco	1	-	-
TNM – Instituto Tecnológico de Villahermosa	ITV	Ingeniería Petrolera	Tabasco	1	-	-
TNM – Instituto Tecnológico de La Chontalpa	ITLCh	Ingeniería Petrolera	Tabasco	1	-	-
TNM – Instituto Tecnológico Superior de Los Ríos	ITSLR	Ingeniería Hidrológica	Tabasco	1	-	-
		Ingeniería en Geociencias	Tabasco	1	-	-
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco	UJAT	Ingeniería Geofisica	Tabasco	1	-	-
TNM – Instituto Tecnológico Superior de Reynosa	ITSR	Ingeniería Petrolera	Tamaulipas	1	-	-
TNM – Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Madero	ITSCM	Ingeniería en Geociencias	Tamaulipas	1	-	-
		Ingeniería Petrolera	Tamaulipas	1	0	0
Universidad Autónoma de Tamaulipas	UAT	Ingeniería Petrolera	Tamaulipas	-	-	-
		Ingeniería Geomática	Tamaulipas	-	-	-
TNM – Instituto Tecnológico Superior de Cerro Azul	ITSCAz	Ingeniería Petrolera	Veracruz	1	-	-
TNM – Instituto Tecnológico Superior de Cosamaloapan	ITSCo	Ingeniería Petrolera	Veracruz	1	-	-
TNM – Instituto Tecnológico Superior de Las Choapas	ITSLC	Ingeniería Petrolera	Veracruz	1	-	-
TNM – Instituto Tecnológico Superior de Misantla	ITSMi	Ingeniería Petrolera	Veracruz	1	-	-
TNM – Instituto Tecnológico Superior de Naranjos	ITSNa	Ingeniería Petrolera	Veracruz	1	-	-
TNM – Instituto Tecnológico Superior de Pánuco	ITSP	Ingeniería Petrolera	Veracruz	1	-	-
TNM – Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica	ITSPR	Ingeniería en Geociencias	Veracruz	1	-	-
		Ingeniería Petrolera	Veracruz	1	-	-
TNM – Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca	ITSTy	Ingeniería Petrolera	Veracruz	1	-	-
Universidad Veracruzana	UV	Ingeniería Petrolera	Veracruz	-	-	-
		Ingeniería Ambiental	Veracruz	-	-	-

http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2025v77n2a170725

Institución	Acrónimo	Programa de licenciatura	Estado	Asignaturas sobre ética deontológica	Asignaturas sobre geoética	Otras asignaturas sobre ética
TNM – Instituto Tecnológico Superior de Fresnillo	ITSF	Ingeniería de Minas	Zacatecas	1	-	-
TNM – Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Occidente	ITSZO	Ingeniería Geológica	Zacatecas	1	-	-
Universidad Autónoma de Zacatecas	UAZ	Ingeniería Geológica	Zacatecas	-	-	-
		Ingeniería de Minas y Metalurgia	Zacatecas	-	-	-
		Ciencias Ambientales	Zacatecas	-	-	-
		Ciencia y Tecnología del Agua	Zacatecas	n.d.	n.d.	n.d.
		Ingeniería Topográfica e Hidrográfica	Zacatecas	n.d.	n.d.	n.d.
Universidad Tecnológica del Estado de Zacatecas	UTEZ	Ingeniería de Minas	Zacatecas	n.d.	n.d.	n.d.
	TOTAL:	**96 programas**		**55 (57.3%)**	**2 (2.1%)**	**1 (1.0%)**

Institución	Acrónimo	Programas de postgrado (maestría y/o doctorado)	Estado	Asignaturas sobre ética deontológica	Asignaturas sobre geoética	Otras asignaturas sobre ética
Universidad Nacional Autónoma de México	UNAM	Ciencias de la Tierra	Ciudad de México, Michoacán, Querétaro, Sonora	-	-	Ética en publicaciones
		Ingeniería	Ciudad de México, Nuevo León, Yucatán	-	-	-
		Ciencias Biológicas (sólo incluido debido a que a éste se circunscribe la mayoría de tesis en Paleontología)	Ciudad de México, Campeche, Estado de México, Michoacán, Quintana Roo, Sinaloa, Sonora, etc.	-	-	-
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada	CICESE	Ciencias de la Tierra	Baja California	-	-	-
Centro de Estudios Superiores Isla del Carmen	CESIC	Geología del Petróleo	Campeche	-	-	-
Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas	UCAC	Ciencias de la Tierra	Chiapas	-	-	-
Universidad Autónoma de Chihuahua	UACh	Ingeniería de Hidrología	Chihuahua	n.d.	n.d.	n.d.
TNM – Instituto Tecnológico de Torreón	ITT	Ciencias del Suelo y del Agua	Coahuila	n.d.	n.d.	n.d.
Universidad Autónoma de Coahuila	UACoah	Exploración y Explotación Sustentable de Recursos Minerales	Coahuila	n.d.	n.d.	n.d.
		Geología de Hidrocarburos	Coahuila	n.d.	n.d.	n.d.
Universidad de Colima	UCol	Ciencias de la Tierra	Colima	-	-	-
Universidad de Guanajuato	UGto	Ciencias y Tecnología del Agua	Guanajuato	-	-	-
Universidad Autónoma de Guerrero	UAGro	Geología	Guerrero	-	-	-
Universidad de Guadalajara	UG	Geología	Jalisco	-	-	-
		Geofísica	Jalisco	-	-	-
		Ingeniería del Agua y la Energía	Jalisco	-	-	-
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo	UMSNH	Geociencias y Planificación del Territorio	Michoacán	n.d.	n.d.	n.d.
Centro de Investigación en Geografía y Geomática "Ing. Jorge L. Tamayo"	CentroGeo	Geomática	Ciudad de México	n.d.	n.d.	n.d.
Instituto Mexicano del Petróleo	IMP	Ciencias (de la Tierra) e Ingeniería	Ciudad de México	n.d.	n.d.	n.d.
Fundación Universitaria Iberoamericana	FUI	Ingeniería de Minas	Ciudad de México	-	-	-
Instituto Politécnico Nacional	IPN	Geociencias y Administración de los Recursos Naturales	Ciudad de México	n.d.	n.d.	n.d.
Colegio de Postgraduados	CP	Edafología	Estado de México	-	-	-
		Hidrociencias	Estado de México	-	-	-
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua	IMTA	Gestión Integrada de los Recursos Hídricos	Morelos	n.d.	n.d.	n.d.
		Hidrometeorología	Morelos	n.d.	n.d.	n.d.
Colegio de la Frontera Norte	CFN	Gestión Integral del Agua	Nuevo León			
Universidad Autónoma de Nuevo León	UANL	Ciencias Geológicas	Nuevo León	n.d.	n.d.	n.d.
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla	BUAP	Ciencias e Ingeniería Ambientales	Puebla	-	-	-
		Geotecnia	Puebla	-	-	-
Universidad Autónoma de Querétaro	UAQ	Geotecnia	Querétaro	n.d.	n.d.	n.d.
		Hidrología Ambiental	Querétaro	n.d.	n.d.	n.d.
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica	IPICYT	Geociencias Aplicadas	San Luis Potosí	-	-	-

http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2025v77n2a170725

Institución	Acrónimo	Programas de postgrado (maestría y/o doctorado)	Estado	Asignaturas sobre ética deontológica	Asignaturas sobre geoética	Otras asignaturas sobre ética
Universidad Autónoma de San Luis Potosí	UASLP	Geología Aplicada	San Luis Potosí	-	-	-
		Ingeniería de Minerales	San Luis Potosí	-	-	-
		Tecnología y Gestión del Agua	San Luis Potosí	-	-	-
Universidad Autónoma de Sinaloa	UAS	Ciencias de la Tierra y del Espacio	Sinaloa	-	-	-
Universidad de Sonora	USon	Geología	Sonora	n.d.	n.d.	n.d.
	TOTAL:	**37 programas**		**0**	**0**	**1**

Clave: n.d. = información no disponible en recursos publicados en línea; TNM = Tecnológico Nacional de México.
Notas: (1) Las instituciones están ordenadas alfabéticamente por estado, con la excepción de las universidades de implantación nacional (UNAM e IPN) y con distintas ubicaciones en diversos estados, que se muestran en primer lugar. (2) Muchas universidades disponen de programas de licenciatura en Ciencias Ambientales u Oceanología, pero la gran mayoría las abordan desde las Ciencias Biológicas. Las licenciaturas incluidas en este análisis son las que presentan el mayor vínculo con las Ciencias Geológicas. Por ejemplo, licenciaturas como Metalurgia, Geografía, Meteorología, Ciencias de los Materiales, y Agronomía también están excluidas del análisis, a menos que estén formuladas para impartirse junto con disciplinas afines a las Ciencias Geológicas. (3) El análisis excluye otros tipos de programas docentes —como diplomados, escuelas de verano, cursos cortos o de regularización— que no están asociados a grados académicos formales, se encuentran escasamente (o informalmente) documentados, que no se imparten con regularidad, o cuyos contenidos específicos no están disponibles al público y que, por lo tanto, son “resistentes” a un análisis sistemático.