



Las geociencias y su relación con la sostenibilidad



SONIA ALEJANDRA TORRES SÁNCHEZ*,
GILBERTO CARLOS GARCÍA LEAL**



14

Constantemente, el mundo se enfrenta a los desafíos implicados con la calidad de vida de los individuos del planeta. Es necesario implementar soluciones que ayuden a optimizar la gestión de los recursos naturales. El conocimiento de las geociencias funge como una pieza clave para encontrar formas más sostenibles de utilizar los recursos de la Tierra y así tratar de frenar o mitigar las problemáticas hasta ahora causadas. Una forma de encontrar soluciones gravita en la inclusión de las geociencias, ya que el estudio de la Tierra, su historia y funcionamiento proporciona conocimientos esenciales, experiencia y orientación sobre cómo enfrentar los desafíos planetarios más graves causados por la sociedad (Unesco, 1998; American Geosciences Institute, 2011; Geological Society of London, 2014).

Una manera básica de introducir los principios y prácticas de la sostenibilidad al pensamiento de los individuos es mediante la en-

señanza de las geociencias, la capacitación y el desarrollo profesional continuo (Stewart y Gill, 2016). Como ciencia histórica e interpretativa, la Geología puede informar a la sociedad sobre las interacciones en sistemas humano-ambientales acoplados por habilidades y competencias que nos permiten reconocer las diversas manifestaciones de los fenómenos a diferentes escalas espaciales y temporales (Gosselin *et al.*, 2013).

La mayoría de los geólogos argumentaría que el conocimiento geocientífico, la experiencia y la orientación son fundamentales para abordar los desafíos ambientales (Stewart y Gill, 2016). El propósito de este trabajo es promover el conocimiento para generar conciencia en la sociedad y que ésta pueda distinguir y conocer las consecuencias de los daños geoambientales.



LA SOSTENIBILIDAD

Su raíz latina proviene de *sustinere*, que significa sostener, mantener, sustentar, aunque la influencia del vocablo inglés *sustainable* añade a éstos otros significados como soportar y tolerar, de ahí que se haya impuesto el epíteto de sostenible (Luffiego *et al.*, 2000). La idea de sostenibilidad nunca ha sido extraña al hombre, numerosas civilizaciones han intuido la necesidad de preservar los recursos para las generaciones futuras (Luffiego y Vergara, 2000). La sostenibilidad se refiere, por definición, a la satisfacción de las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas, garantizando el equilibrio entre crecimiento económico, cuidado del medio ambiente y bienestar social. De aquí nace la idea del desarrollo sostenible, entendido como la forma de progreso que man-

* Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
** Universidad Autónoma de Nuevo León.
Contacto: soniatorressan@hotmail.com

tiene el equilibrio sin arriesgar los recursos del mañana.

El objetivo más importante de la sostenibilidad es generar conciencia global, haciendo comprender a la sociedad que el planeta está interconectado, que las acciones antropogénicas afectan a los demás en demasía y que las decisiones en beneficio de unos cuantos repercutirán sobre el futuro del planeta.

Tabla I. Algunas disciplinas de las geociencias.

Disciplina	Enfoque (Jackson, 2005)
Geología	Ciencia que estudia la Tierra, su forma y composición, y los cambios que ha experimentado y está experimentando.
Mineralogía	Estudio de los minerales.
Geología histórica	División principal de la Geología que aborda el origen de la Tierra y su desarrollo a lo largo del tiempo. Normalmente implica el estudio de fósiles y su secuencia en los estratos rocosos.
Paleontología	Estudio sistemático de los fósiles y la historia de la vida sobre la Tierra.
Geofísica	Ciencia que se encarga del estudio de la Tierra desde el punto de vista de la física.
Geomorfología	Es la rama de la Geología y de la Geografía que estudia las formas de la superficie terrestre y los procesos que las generan.
Estratigrafía	Puede definirse como el estudio de las sucesiones de roca y la correlación de eventos y procesos geológicos en tiempo y espacio.
Sedimentología	Es el estudio de los procesos de formación, transporte y deposición del material que se acumula como sedimento en los ambientes marinos y continentales.
Vulcanología	Rama de la Geología que trata con volcanismo, sus causas y fenómenos.
Geología ambiental	Es la aplicación del conocimiento geológico a la investigación del ambiente.

la Geología moderna, como se conoce hoy en día, comenzó a finales del siglo XVII, cuando James Hutton publicó *Theory of the Earth* (Tarbuck *et al.*, 2005). En ese trabajo estableció el principio que constituye el pilar de la Geología actual: “el uniformismo”, el cual establece que las leyes físicas, químicas y biológicas que actúan hoy, lo han hecho también en el pasado geológico. Posteriormente, la obra *Principios de Geología* fue publicada entre 1830 y 1833 por Charles Lyell, quien refuta las hipótesis antiguas y catastrofistas sobre la formación de la Tierra con argumentos en favor de las tesis uniformistas ya enunciadas por Hutton (Tarbuck *et al.*, 2005; Press *et al.*, 2004). Con esto, las geociencias se

abrieron camino y forjaron fronteras hacia lo que hoy en día conocemos.

Desde sus inicios, la búsqueda por definir el uso y las aplicaciones de los materiales naturales ha generado un gran conocimiento de las propiedades físicas y químicas que los definen. Esto ha abierto la puerta al conocimiento de las estructuras internas de los minerales, así como las propiedades y variaciones geoquímicas de las rocas. A partir de los *Principios de Geología* de Lyell, junto con el advenimiento de nuevas técnicas (como la difracción de rayos X, espectrometría de masas, geocronología, etcétera), los modelos conceptuales de los procesos geológicos dejaron de serlo y se

representación gráfica, usos de los materiales y procesos de nuestro planeta.

La naturaleza de nuestro planeta, tanto de sus materiales y procesos, ha sido objeto de estudio durante siglos. Los estudios y descripciones sobre fósiles, gemas, terremotos y erupciones volcánicas se remontan más de 2,300 años. Sin embargo, el nacimiento de



LAS GEOCIENCIAS



Figura 1. Carta geológica de México.

La relación entre las geociencias y la sostenibilidad está estrechamente ligada con la resolución de problemas a través de las ramas geocientíficas, como *a)* la Mineralogía, la Petrología y la Geoquímica, que son útiles para el monitoreo y remediación de contaminantes, para la recuperación de recursos a partir de residuos y en estudios sobre el desarrollo de los ciclos biogeoquímicos; *b)* la Geología estructural, necesaria para conocer si existen estructuras geológicas que comprometan la estabilidad y seguridad de las infraestructuras; *c)* la Geohidrología, para el conocimiento de los procesos hídricos y sus posibles contaminantes; *d)* la Vulcanología, en estudios sobre monitoreo y prevención de desastres naturales como erupciones volcánicas, desa-

rollo de lahares y avalanchas, y *e)* la Geología ambiental, que ayuda en el diagnóstico y mitigación de los problemas de contaminación. Conceptos como la creación de geoparques buscan proteger el patrimonio geológico promoviendo el cuidado de los sitios geológicos y sus vínculos con el patrimonio natural, cultural e inmaterial del área en protección, así como la concientización sobre la geodiversidad y el impulso al desarrollo económico local-turístico sostenible. Además, por medio de la educación y la investigación, en las geociencias se impulsan acciones que promuevan el cuidado y conocimiento del planeta.



ACTIVIDADES ANTROPOGÉNICAS NO SOSTENIBLES QUE AFECTAN AL SISTEMA TIERRA

Los recursos consumidos en forma de alimento, simultáneamente con el aire y el agua, forman el conjunto de necesidades básicas para el ser humano. La interferencia antrópica en los ecosistemas ha ido más allá de la caza primitiva y colecta de especímenes para la alimentación; pasó por la domesticación de especies para agricultura y



cría, por la introducción de nuevas especies en ambientes diferentes de los originales, por el uso intensivo de los recursos forestales, como la madera, y por la alteración drástica de ecosistemas a través de la tala de bosques, drenaje de pantanos e inundación de tierras (Sánchez, 2000). Los proyectos de ingeniería han afectado al medio biótico por medio de acciones como la disposición de contaminantes, el establecimiento homogéneo de especies vegetales, la tala de la vegetación natural, la colmatación de los fondos de los cuerpos de aguas, el bombardeo de nubes para evitar lluvias o granizo, etcétera. La minería y la industria del hidrocarburo son también actividades que inevitablemente causan impactos sobre los componentes del medio ambiente (Sánchez, 2000). Existe una estrecha dependencia del hombre hacia los recursos mineros, el agua y el suelo, así como de los rasgos geomorfológicos y la selectividad de los territorios respecto a las amenazas geológicas endógenas (vulcanismo y terremotos) y exógenas (inundaciones, avalanchas, derrumbes, etcétera) (Lacreau, 2009).

Los riesgos naturales son parte de la vida en la Tierra, cada día afectan de forma adversa a la población mundial. Entre los procesos terrestres se encuentran la actividad volcánica, las inundaciones, los terremotos y los deslizamientos, sin embargo, estos riesgos geológicos son procesos naturales. Se vuelven peligrosos cuando la población radica en la cercanía de donde estos procesos suceden (Sánchez, 2000). La extracción de recursos como el agua y el suelo,

minerales metálicos y no metálicos, así como la energía representan otro foco de la Geología, que es de gran valor práctico para las personas y que, en conjunto, forman la base de la civilización moderna (Narváez, Pérez y Lavell, 2009). La Geología aborda no sólo la formación y la existencia de estos recursos, sino también el mantenimiento de sus existencias y el impacto ambiental de su extracción y su uso. El rápido crecimiento de la población mundial ha complicado las cuestiones ambientales, ya que amerita una demanda cada vez mayor de recursos y una presión creciente debido a que las personas habitan en ambientes con peligros geológicos significativos (Ogura y Soares, 2000; Narváez, Pérez y Lavell, 2009).



LA EDUCACIÓN COMO HERRAMIENTA PREVENTIVA Y REMEDIADORA

La necesidad de incorporar la sostenibilidad y las ciencias de la Tierra en la enseñanza escolar a todos los niveles es fundamental para promover y generar las bases de una sociedad más viable para la humanidad (Unesco, 2005). La



introducción de las geociencias en la educación y su permanencia en ella generará ciudadanos con una conciencia hacia la fragilidad del mundo y la necesidad del buen uso de los recursos que el planeta ofrece.

En cuanto a los programas de geociencias, es importante generar o incluir en ellos las herramientas adecuadas para promover una transición a la sostenibilidad. Así, los geocientíficos se formarán como individuos capaces de identificar las verdaderas causas de los procesos geológicos que generaron los daños y, a la vez, develar en qué medida los daños podrían haberse evitado mediante la intervención preventiva o correctiva. En la actualidad, la investigación científica y tecnológica generada por los geólogos deberá ser cada vez más dirigida hacia la construcción de un futuro sostenible. En donde los problemas generados por la contaminación ambiental, urbanización desordenada, destrucción de los paisajes y el agotamiento de los recursos naturales sean prevenidos. El geólogo deberá incluso aumentar su participación en la toma de medidas políticas locales, regionales y globales, para realizar propuestas y asesorar en la toma de decisiones, guiándolas hacia la sostenibilidad, así como percatarse y evitar la imposición de intereses particulares, nocivos y dañinos para la población actual o para las futuras generaciones. Se debe implementar en la educación básica una interacción con las escuelas de nivel superior que ofrezcan programas de ciencias de la Tierra, pudiendo generarse a través de seminarios, cursos, talleres, capacitación, concursos y visitas guiadas a zonas con patrimonio geológico. Así como establecer georutas en donde estudiantes de nivel superior, así como el público en general puedan ponerse en contacto con la historia de la Tierra.



CONSIDERACIONES FINALES

Una enseñanza temprana y adecuada de la Geología permite profundizar el análisis y la comprensión de algunos aspectos que inciden negativamente en la vida cotidiana de la sociedad, además de aportar conocimientos para mejorar la formación ciudadana. La educación geocientífica enseña a la sociedad a distinguir entre los daños geoambientales naturales y los de origen antropogénico que suelen naturalizarse para evitar el señalamiento de los responsables que, por acción o ignorancia, los han causado. De igual manera, dentro de los programas educativos especializados en las geociencias debe existir un fuerte hincapié en la búsqueda de técnicas no destructivas para el aprovechamiento de los recursos, la implementación de métodos de prevención, mitigación, remediación y restablecimiento, así como adaptarse a los cambios causados por los métodos extractivos y desastres naturales. Es necesario divulgar la importancia del patrimonio geológico y la evolución de los procesos geológicos-biológicos que rigen al planeta, pero también la irregularidad en la explotación y el aprovechamiento equívoco de los recursos; mientras no exista la implementación de procesos sostenibles ni conciencia ciudadana que impidan el desarrollo urbano y la ocupación de áreas bajo riesgos geológicos, la sociedad estará en riesgo de vivir las consecuencias de la alteración de los procesos geológicos.



REFERENCIAS

- American Geosciences Institute. (2011). *Critical Needs for the Twenty-first Century: The Role of the Geosciences*.
- Geological Society of London (2014). *Geology for Society*. The Geological Society of London.
- Gosselin, D., Manduca, C., Bralower, T., et al. (2013). Transforming the Teaching of Geoscience and Sustainability. *Eos*. 94: 221-222.
- Jackson, J.A. (2005). *Glossary of geology*. Berlin: Springer.
- Luffiego G., M., y Rabadán V., J. (2000). La evolución del concepto de sostenibilidad y su introducción en la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*. 18: 476.
- Narváez, L., Pérez O., G., y Lavell, A. (2009). *La gestión del riesgo de desastres. Un enfoque basado en procesos*. Perú: Secretaría General de la Comunidad Andina.
- Ogura, A., Soares M., E. (2000). *Procesos y riesgos geológicos. Notas de clases dictadas en el II Curso Internacional de Aspectos Geológicos de Protección Ambiental*. Oficina Regional de Ciencia de la Unesco para América Latina y el Caribe Oficina de Unesco en Montevideo, 114-137.
- Press, F., Siever, R., Grotzinger, J., et al. (2004). *Understanding Earth*. EE.UU.: MacMillan.
- Sánchez, E. (2000). *Impactos sobre los ecosistemas. Notas de clases dictadas en el II Curso Internacional de Aspectos Geológicos de Protección Ambiental*. Oficina Regional de Ciencia de la Unesco para América Latina y el Caribe Oficina de Unesco en Montevideo, 322-331.

Stewart, I. S., y Gill, J. C. (2017). Social geology-integrating sustainability concepts into Earth sciences. *Proceedings of the Geologists' Association*. 128(2): 165-172.

Tarbuck, E. J., Lutgens, F. K., Tasa, D., et al. (2005). *Ciencias de la Tierra*. Madrid: Pearson Educación.

Unesco. (1998). *Environmental and Engineering Geology for Sustainable Development*. Moscow: Moscow University of Engineering Ecology.

