

JCOM AMÉRICA LATINA

ARTÍCULO

Comunicación y apropiación social de la ciencia en el Geoparque Mundial de la UNESCO «Comarca Minera», Hidalgo (México)

Catherine Ramos-García , Carles Canet 
y Joshua Iván Muñoz Salazar 

Resumen

Los Geoparques Mundiales de la UNESCO son áreas geográficas de importancia geológica internacional que se concibieron para la conservación y uso sostenible del patrimonio geológico y como escenarios para compartir conocimientos en Ciencias de la Tierra. Escogimos cuatro de los geositos del geoparque Comarca Minera (Hidalgo, México) que son gestionados por las comunidades, para observar estrategias de Apropiación Social del Conocimiento. Describimos diferentes prácticas y la participación de los distintos actores en ellas. Cuanto más involucradas están las comunidades y sus saberes, mayores son la apropiación del conocimiento y las posibilidades de ofrecer un turismo especializado como el geoturismo, con un enfoque territorial integral. Se observa que el turismo actual en el geoparque se centra, en gran medida, en la búsqueda de experiencias extremas y pasajeras, sin una conexión más profunda con el entorno. A través de estrategias co-creadas de apropiación social del conocimiento, este modelo puede revertirse hacia una vocación geoturística, más sostenible y coherente con la figura de geoparque.

Palabras clave

Ciencia y sociedad; Divulgación de la ciencia en los países en desarrollo; Apropiación social de la ciencia

Additional Keywords

Geoparques y geopatrimonio

Fecha de recepción: 7 de octubre de 2024

Fecha de aceptación: 31 de enero de 2025

Fecha de publicación: 31 de marzo de 2025

1 - Introducción

Conocer el origen de los sismos, las erupciones volcánicas, los deslizamientos, los tsunamis, y el cambio climático, entre otros, permite prevenir y gestionar desastres para mitigar sus efectos. La geodiversidad, definida como la «variedad natural en la superficie terrestre, referida a los aspectos geológicos, geomorfológicos, suelos, hidrología, así como otros sistemas generados como resultado de procesos naturales (endógenos y exógenos) y la actividad humana» [Kozłowski, 2004], brinda un enfoque emergente de la riqueza natural de nuestro entorno físico — sostiene la diversidad biocultural, entendida como la coevolución e interdependencia entre la diversidad lingüística, cultural y biológica [Maffi, 2001].

Las ciencias de la Tierra han estudiado durante décadas los múltiples aspectos de la geología, como los componentes químicos y minerales de las rocas, las formas del relieve, los procesos de extracción de minerales, los volcanes, la tectónica de placas etc., produciendo infinidad de conocimientos, conceptos y explicaciones. Sin embargo, como lo plantean Mc Keever y Zouros:

Nosotros, como geocientíficos, tenemos explicaciones para todos estos fenómenos. Sin embargo, tal vez deberíamos preguntarnos hasta qué punto tenemos éxito en compartir este conocimiento con quienes no tienen formación geológica formal. [Traducción libre, 2005, p. 274]

Los *Geoparques Mundiales de la UNESCO* (GMU) se concibieron bajo el anhelo de acercar la geología a la sociedad. Partiendo de ello, este artículo analiza los GMU como una estrategia de Apropiación Social del Conocimiento Geocientífico (ASCG). Los GMU son definidos como «áreas geográficas unificadas, donde los sitios y paisajes de importancia geológica internacional se gestionan mediante un concepto holístico de protección, educación y desarrollo sostenible» [UNESCO, 2024]. Estos territorios cuentan con elementos relevantes de la geodiversidad, los cuales, al asignárseles un valor científico, educativo o cultural, se erigen como patrimonio geológico (*'geositios'*) [Cruz Pérez, 2020; Canet et al., 2017].

Esta investigación se centra en el Geoparque Comarca Minera (GCM), (Figura 1) en el estado de Hidalgo, a escasos 100 km hacia el noreste de la Ciudad de México (Figura 2). El GCM se designó en mayo 2017 como culminación del esfuerzo mancomunado de diversos actores, esencialmente: (a) las comunidades que allí habitan (ejidos que gestionan los geositios), (b) personas de la academia, y (c) las autoridades locales (estatales y municipales) [Canet et al., 2017; García-Sánchez et al., 2021]. El GCM cuenta con 34 geositios en 2025 [Canet Miquel & García Alonso, 2021].

En este artículo buscamos dar cuenta de los conocimientos que han intervenido significativamente en la construcción del GCM y responder diversas preguntas: ¿cómo ocurre la apropiación social de estos conocimientos?, ¿qué actores ponen en juego los conocimientos y de qué maneras se articulan? y, ¿cómo circulan estos conocimientos?



Figura 1. Geositio Prismas Basálticos, en el Geoparque Mundial de la UNESCO Comarca Minera, Hidalgo.

2 ▪ Metodología

— El secreto, por lo demás, no vale lo que valen los caminos que me condujeron a él. Esos caminos hay que andarlos.

El etnógrafo (1969) Jorge Luis Borges

Integradas en la transdisciplina, las ciencias sociales — en particular la sociología y la antropología — brindan una mirada inédita a los procesos de investigación y de gestión del conocimiento geocientífico.

Nos pareció muy importante siempre hacer una investigación previa de las circunstancias, psico-socio-político-afectivas del territorio, y no hay nadie mejor que haga ese tipo de trabajos que los sociólogos y los antropólogos, que pueden hacer la salida del campo y entender cómo está la situación: ¿quiénes son los poderes en el territorio?, ¿quiénes son las autoridades?, ¿cuáles son los conflictos?, ¿en qué creen? (Entrevista a Yuri Jack Gómez, enero de 2024)

La etnografía sigue un proceso que consiste en estar atenta, conversar continuamente con los actores, científicos, gestores, comunidad, y funcionarios (entrevistas y conversaciones); observar, escuchar, preguntar, generar confianza y comprender los intereses de cada actor y las interacciones entre ellos (observación participativa). La etnografía descrita por Guber

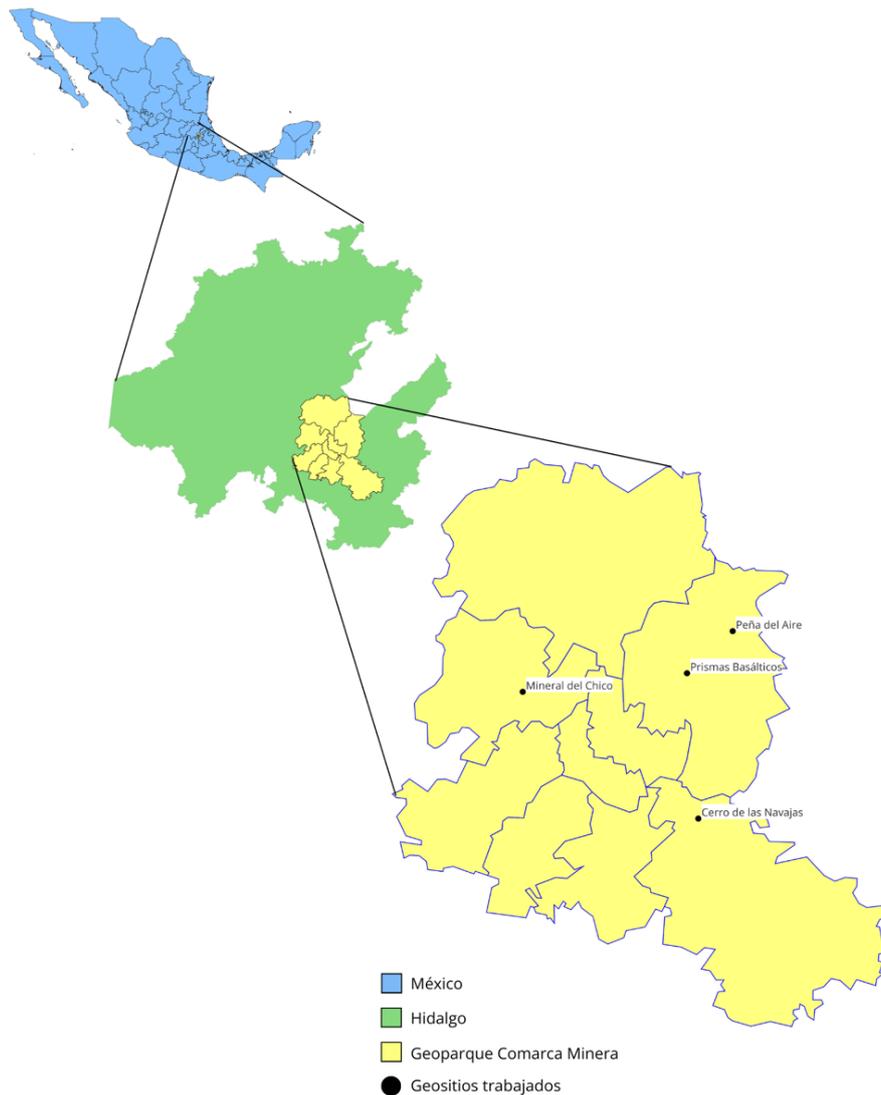


Figura 2. Ubicación del Geoparque Mundial de la UNESCO Comarca Minera y los cuatro geositos estudiados (elaborado por Joshua Muñoz).

[2001] es una metodología artesanal:

Es el conjunto de actividades que se suele designar como «trabajo de campo», y cuyo resultado se emplea como evidencia para la descripción. Los fundamentos y características de esta flexibilidad o «apertura» radican, precisamente, en que son los actores y no el investigador, los privilegiados para expresar en palabras y en prácticas el sentido de su vida, su cotidianidad, sus hechos extraordinarios y su devenir.

A continuación, describimos el paso a paso de nuestra investigación etnográfica. Se seleccionaron cuatro geositos gestionados por comunidades que han estado involucradas desde el inicio, vinculadas de manera sostenida con el equipo inicial del GCM de la

Tabla 1. Nombres y perfiles de las personas entrevistadas.

<i>Nombre</i>	<i>Perfil entrevistado</i>
Miguel Cruz	Equipo de investigación UNAM GCM 2016–2022 Investigador La Salle 2023 Geoguías 2024
Joshua Muñoz	Equipo de investigación UNAM GCM 2021–2022 Delegado DarkSky 2021–2025
Carles Canet	Coordinador equipo de investigación GCM UNAM 2014–2024
Alejandro Pastrana	Arqueólogo INAH Cerro de las Navajas. 1980–2024
Gertrudis Navarro	Universidad La Salle. Coordinadora de prácticas comunitarias de los estudiantes en el Cerro de las Navajas
Lourdes Lavaniego	Rectora Universidad La Salle
Manuel Franco	Coordinador proyecto Apropriación social del conocimiento geológico.
Yuri Jack Gómez	Profesor Universidad Nacional. Investigador Estudios sociales de la Ciencia y la Tecnología. Proyecto Apropriación social del conocimiento geológico.
Sandra Daza	Profesora Universidad Nacional. Apropriación social de la ciencia y la tecnología
Gloria Ruiz	Promotora del proyecto Apropriación social del conocimiento geológico SGC
Jorge Gómez	Geólogo, amplia experiencia en Periodismo Científico con Lisbeth Fog.
Victoria Corredor	Equipo Patrimonio Geológico y Museo Geológico Servicio Geológico Colombiano
Manuel Gómez	
Estefanía Salgado-Jáuregui	
Ana Bertha	Comunidad Peña del Aire. Ejido San Sebastián. Comisariada ejidal
Nancy Cabrera	Mineral del Chico. Guía
Sergio Gómez García	Mineral del Chico. Guía
Roberto Hernández Olvera	Mineral del Chico. Guía
Iván Moncayo Gama	Prismas Basálticos. Coordinador Parque
Roberto Moncayo Morales	Prismas Basálticos. Presidente del Ejido
Erick Gómez	Gestor Parque de Cielo Oscuro Peña del Aire Delegado DarkSky
Marcos Torres	Mineral del Chico. Secretario de Turismo

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). A través de la práctica etnográfica en campo, conversamos y realizamos entrevistas no estructuradas a diferentes actores (científicos, comunidades, expertos en ASCG, gestores), propiciando que compartieran ampliamente su experiencia (Tabla 1).

Al mismo tiempo, observamos participativamente actividades, recorridos y visitas en los cuatro geositos, para dar cuenta de las dinámicas de circulación del conocimiento en estos lugares. En el geosito Peña del Aire, se realizó en febrero 2024 un taller de cartografía social con la comunidad, en el que participaron 20 personas que compartieron conocimientos y percepciones del territorio, identificaron actores presentes y sus conocimientos, compartieron colectivamente el mapa, ubicando vías de comunicación, ecosistemas, formaciones geológicas y geomorfológicas, lugares de importancia cultural, con historias, usos e importancia simbólica.

El análisis de la información se realizó a través de matrices en Microsoft Excel®, que permitieron clasificar la información recolectada en diferentes categorías.

3 - Revisión de literatura

3.1 ■ *Comunicación y apropiación social de las ciencias de la Tierra*

La comunicación de la ciencia abarca la divulgación que se realiza como un ejercicio *top-down* o de arriba hacia abajo. También incluye productos periodísticos que se difunden en los medios masivos de comunicación: revistas, periódicos, televisión, radio, en medios electrónicos o redes sociales [Rosen et al., 2011].

Por su parte, la divulgación, popularización o *vulgarización* de la ciencia, como su nombre lo indica, es una manera de transmitir el conocimiento producido en la academia al *vulgo*, entendido como las personas sin instrucción académica [Reynoso et al., 1986]. Los museos son, generalmente, escenarios de divulgación de la ciencia. Las exposiciones transmiten conocimientos del espacio y la formación de la Tierra. Igualmente, podemos hablar de jornadas de divulgación, como el Día de la Tierra. Otras estrategias implican la producción y uso de material didáctico, cartillas, carteles, trípticos, *kits* de experimentos, y productos multimedia, videos o pódcast. La divulgación requiere, en cualquier caso, un ejercicio — para nada sencillo — de ‘traducción’ a un lenguaje accesible a todas las audiencias, para que el público pueda comprender los contenidos e interesarse en los conocimientos científicos.

En este contexto, es importante no sólo comunicar los logros científicos, sino también la manera como se construyen y validan los conocimientos científicos; la *racionalidad científica*, diría Olivé [1997]. También es importante comunicar el contexto cultural en el que se produce la ciencia y sus consecuencias, así como el derecho a beneficiarse de ella; esto, para que más personas tengan acceso a los conocimientos científicos, puedan aplicarlos en sus vidas cotidianas y comprendan cómo se ‘hace’ la ciencia [Olivé, 1997].

En estos enfoques de divulgación y comunicación de la ciencia se plantea una unidireccionalidad del sentido en el que circula el conocimiento: un público amplio que es receptor pasivo del conocimiento científico que producen y divulgan los académicos. Es lo que se llama modelo deficitario: “Concibe un mundo bifurcado entre la «suficiencia científica» y «la deficiencia del público»” [García, 2019, p. 2].

Existe una alternativa, la *apropiación social de la ciencia o del conocimiento* (ASC), que implica un intercambio de conocimientos y una participación activa de comunidades no científicas en la producción, circulación y uso de conocimientos científicos. Este concepto comenzó en Colombia, a partir de la Misión de Ciencia Educación y Desarrollo, en 1993 [Posada et al., 1994]. Ha ido nutriéndose de investigaciones y prácticas diversas, procurando un acceso más democrático al conocimiento científico, así como la inclusión de otro tipo de saberes [Franco-Avellaneda & Pérez-Bustos, 2010; Daza et al., 2006]. De esta manera, la ASC involucra complejas interacciones entre la academia, instituciones del estado, organizaciones sociales, educadores y mediadores, y busca revertir una relación de poder asimétrica y brindar herramientas y conocimientos a las poblaciones para tener mayor poder de decisión sobre la producción de conocimientos y su uso [Franco-Avellaneda, 2016]. En México, Olivé [2011] caracteriza dos modalidades de ASC: (a) la débil, que incorpora representaciones científicas y tecnológicas en la cultura de diferentes miembros de la sociedad, y (b) la fuerte, retomando el concepto de De Greiff Acevedo y Maldonado Castañeda [2011], que busca la solución colaborativa de los problemas, entre actores de la ciencia y otros sectores de la sociedad.

Adentrándonos en la ASC en ciencias de la Tierra, un estudio del Servicio Geológico Colombiano (SGC) puso en evidencia la heterogeneidad de actores que se interrelacionan, clasificados en Expertos, Mediadores y No-expertos [Fog et al., 2016; Franco-Avellaneda et al., 2015]. Gloria Ruiz, investigadora del SGC, afirma que la comunicación tiene que darse a lo largo del proceso de generación-coproductión de conocimientos geocientíficos: antes, durante y después.

Antes: hay que conocer a la gente, decir quién es el que vive allá, cuáles son sus intereses, poder conocer procesos de conflictividad, y qué gobernabilidad hay. Es decir, ¿cuál es ese contexto social?, ¿cuáles son esos actores que pueden estar, tanto comunitarios, institucionales, no institucionales, pero que tienen un asiento y que tienen un interés particular? La idea es tener en la segunda etapa, un proceso de coproducción.

Al final: ese conocimiento se utiliza para tomar decisiones que van a impactar posteriormente a las mismas personas. Entonces, claro, si hacemos coproducción, ahí es donde vendría el tema de la apropiación social. — Las personas dirán: «yo participé en la realización de este producto y yo no voy a decir que está mal hecho, porque yo estuve aquí».

Entonces, ese es el proceso de legitimación que se hace con los diferentes grupos locales. (Entrevista con Gloria Ruiz, enero de 2024)

Desde esta perspectiva, analizamos la constitución y la gestión del GCM como una situación geocientífica y exploramos los actores presentes en los procesos de ASC. Esta revisión de enfoques y experiencias en el intercambio de conocimientos geocientíficos nos da el marco para comprender cómo se constituyen los GMU en estrategias de ASC, para luego identificar las prácticas de ASC en el GCM y analizar la circulación e intercambio de conocimientos geocientíficos que se llevan a cabo.

3.2 ■ *Los geoparques como estrategia de apropiación social del conocimiento geológico*

3.2.1 ■ *La apuesta de los geoparques como escenarios educativos*

La iniciativa de GMU, adoptada por la UNESCO desde 2015, tiene una vocación pedagógica desde sus inicios, mucho antes de constituir oficialmente un programa de la UNESCO. Desde 1969, científicos alemanes constituyeron una red para proteger sitios de significado especial y educar en ciencias de la Tierra. En 1991, en Digne-les-Bains (Francia), se publicó la Declaración de Derechos de la Memoria de la Tierra.¹ Este documento puede considerarse un punto de partida de la iniciativa mundial de proteger y dar a conocer el patrimonio geológico:

Así como un viejo árbol guarda todos los registros de su crecimiento y vida, la Tierra conserva recuerdos de su pasado [...] Un registro inscrito tanto en sus profundidades como en la superficie, en las rocas y en los paisajes, un registro que puede ser leído y traducido [...] Ese es nuestro patrimonio geológico. (Declaración de ProGEO, 1991)

1. <https://www.geosoc.fr/declaration-des-droits-de-la-memoire-de-la-terre.html>.

La vocación educativa de los GMU tiene dos sentidos. El primero, hacia su interior, enfocado en generar espacios de intercambio de conocimientos con las poblaciones locales y en favorecer el empoderamiento de estas, acorde con su cultura. Y el segundo, hacia afuera, de tal modo que los GMU sean un escenario de apreciación in situ de la geodiversidad. Para ello, el geoturismo es la herramienta por excelencia.

3.2.2 ■ *El geoturismo: la apreciación de la geodiversidad y el conocimiento del geopatrimonio*

El *geoturismo* es un incentivo fundamental para la creación de GMU, ya que ofrece una alternativa económica para las comunidades locales. Bajo esta perspectiva, dar a conocer el patrimonio geológico e involucrar a las comunidades en su gestión asegura su valoración y apropiación social, y se crea un lazo afectivo que permitirá su conservación [Berrebi, 2006; Zouros, 2008].

El geoturismo no implica solamente la apreciación de la geodiversidad; integra la diversidad biológica y cultural, involucrando las comunidades locales, sus culturas y conocimientos. Sin embargo, no todas las definiciones de geoturismo implican esta articulación; algunas sólo implican el conocimiento geológico (Tabla 2).

Estas diferencias ontológicas no sólo están presentes en las definiciones académicas de geoturismo; también están imbuidas en la cultura de cada territorio. Podemos apreciarlo a través de la disparidad de relaciones en distintos lugares del mundo, dependiendo de las formas de apropiación del territorio, la percepción de cada sociedad y sus interacciones en la naturaleza.

En la Europa del siglo XIX la geología desplazó el imaginario del diluvio y de la creación del mundo. Las ideas mitológicas se abandonaron a favor de una historia secular de la Tierra [Piccardi & Masse, 2007]. La naturaleza se desacralizó y, como consecuencia de ello, el desarrollo en occidente se construyó a espaldas o a expensas de ella. Desde 1969, científicos alemanes constituyeron una red para proteger sitios de valor especial y educar en ciencias de la Tierra [Du & Girault, 2018]. Debido a esto, en el contexto europeo, la

Tabla 2. Resumen de las diferentes concepciones de geoturismo y cómo relacionan patrimonio-territorio e interpretación [traducido de Gonzalez-Tejada et al., 2017].

Geoturismo = turismo geológico (Hose, 1995, 2000; Mc Keever et al., 2006; Dowling y Newsome, 2006)	Geoturismo = compilación de todos los aspectos del territorio, su patrimonio y la gente en él (Steve, Cooks y Drew 2002, 2003)	Geotourism = Promoción de una identidad territorial que combina todos los aspectos del territorio (Arouca, 2011)
Atiende la escasa valorización del patrimonio geológico	Atiende la necesidad de un acercamiento holístico al patrimonio territorial	Atiende la necesidad de co-construir una identidad territorial
Educación científica	Educación patrimonial	Educación territorial
Conecta las personas con su patrimonio geológico	Valoración del patrimonio natural y cultural del territorio	Conecta las personas con la historia de la Tierra
Integra el patrimonio geológico en el desarrollo local, a través del turismo	Asocia el patrimonio territorial con el bienestar de los residentes a través del turismo	Promociona el empoderamiento de las personas con el desarrollo territorial a través del turismo
Geo = Geología	Geo = Geografía	Geo = Tierra

comunicación de la ciencia en los GMU está enfocada en la transmisión de conocimientos geocientíficos y al desarrollo sustentable. Al haber una cultura de la lectura, la señalética, los libros informativos y los museos son las herramientas más difundidas que permiten que los visitantes aprendan autónomamente. Esto es consistente con los hallazgos de la investigación de González Tejada y Girault [2021] acerca de los GMU en España:

Entre los responsables de los GMU en España, encontramos mayoritariamente la presencia de un enfoque educativo/instruccional deficitaria de la interpretación, en coherencia con su concepción del geoturismo como turismo geológico.

Mientras que en Asia, la concepción de la naturaleza sigue muy conectada a su historia espiritual. En la India, la mitología y los paisajes están entrelazados en la imaginación cultural de ideas tribales del patrimonio. La historia de la Tierra está asentada en las historias ancestrales [Chakrabarti, 2020].

En China, la interacción humana en la naturaleza está aún muy entrelazada con el taoísmo y una visión estética y espiritual del territorio. En este contexto cultural, la apuesta de la educación al aire libre en los GMU tiene tres perspectivas diferentes, las cuales se contradicen:

- a) Para las instituciones gubernamentales «La creación de geoparques es una medida importante para defender la ciencia y combatir la superstición.» (*Manuel de la construction des géoparcs nationaux*, 2006 traducido por Du y Girault, 2019).
- b) Para los visitantes, las herramientas de interpretación son poco usadas y no son efectivas en la transmisión de conocimientos geocientíficos [Xu et al., 2013], mientras que son más apreciados los relatos e historias antiguas de estos lugares, a pesar de la voluntad gubernamental de transmitir conocimientos científicos que reduzcan el pensamiento «mágico-religioso» de su población [Shi & Zhang, 2012]. Esto entra en contradicción con la popularización de la ciencia como modelo intelectual chino presente en la constitución desde 1982.
- c) La UNESCO, con un modelo estandarizado de GMU, pero evaluadores con sus propios modelos del «deber ser» de un geoparque [Du & Girault, 2019b].

De esta manera, es imprescindible que los GMU se constituyan sobre la base del conocimiento del territorio, su geología, su geografía, y también su diversidad ecológica y cultural y las interacciones de sus habitantes en la naturaleza. Y, desde allí, diseñar las estrategias de ASC con la participación de diversos actores. Exploremos lo que sucede en el GCM, para elucidar parte del contexto mexicano.

4 - Resultados

4.1 - Apropiación social del conocimiento en la declaración y la gestión del GCM

En la etapa inicial, fue necesario un trabajo de comunicación tanto con comunidades como con actores gubernamentales: explicar qué es un GMU y cómo iba a beneficiar esta

designación al territorio [Canet Miquel & Mora Chaparro, 2017]. A lo largo del proceso, se generaron vínculos de confianza con las comunidades:

Saber escuchar a la comunidad. Siempre que vamos a campo, tenemos una agenda de visita, ya sea con los grupos, con los profesores que vienen a los geositios. Pero yo siempre procuro darme un tiempo para platicar con la gente. Porque la gente siempre tiene algo que contar. Eso ha retribuido en relaciones de confianza entre el equipo, pero también con la comunidad. (Entrevista con Miguel Cruz, septiembre 2023).

Gestores y gestoras del GCM han trabajado de la mano de las comunidades, afianzando la figura en el territorio.

4.2 ■ *Comunicación de la ciencia en en cuatro geositios del GCM*

4.2.1 ■ *Geosítio Prismas Basálticos*

Don Roberto Moncayo, presidente del Centro Turístico Prismas Basálticos, nos cuenta:

Cuando yo era un niño, esto era un área de agostadero,² no había nada, hágase cuenta: vegetación y árboles. Hace aproximadamente 50 años, los ejidatarios que vivían — porque ya fallecieron muchos — vieron que llegaban carros a esta área, a la orilla de la barranca. (Entrevista con Roberto Moncayo, noviembre 2023).

Aunque no eran famosos para sus vecinos, los Prismas Basálticos eran conocidos a nivel mundial desde inicios del siglo XIX. Varios científicos y artistas habían visitado y dado a conocer este lugar. Von Humboldt, por ejemplo, los describió y dibujó en 1810. Unos años después, Johann Moritz Rugendas pintó las columnas basálticas desde diferentes perspectivas, dando a conocer, a través de sus pinturas, el valor estético del área [Olivares Sandoval, 2023; Morelos Rodríguez, 2023].

Mi padre, que era Don Paz Moncayo Escorza, funda este centro turístico, junto con los compañeros ejidatarios. No había nada, sino trabajo, hacer limpieza y cobrar una cuota, se cobraba un peso por carro y tres pesos por autobús. (Entrevista con Roberto Moncayo, noviembre 2023).

Desde esa época, vienen trabajando colectivamente en esta empresa turística que ha ido creciendo (restaurantes, cabañas, tiendas de recuerdos) y le da trabajo a los ejidatarios y sus familias (Figura 3). Se redujo la migración hacia los Estados Unidos, gracias a las oportunidades que brinda la empresa ejidal.

La información sobre el GCM, el origen geológico de los prismas y los científicos y artistas que representaron este geosítio, se encuentra en algunos paneles informativos (Figura 4),

2. Terreno donde se practica la ganadería extensiva.



Figura 3. Vista de los Prismas Basálticos y las cabañas construidas por la empresa turística del ejido.

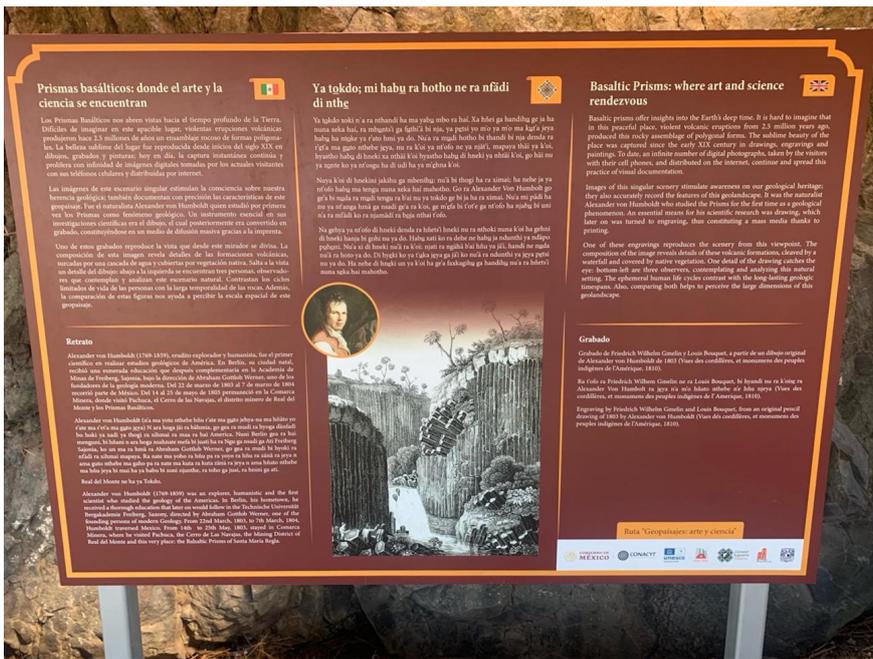


Figura 4. Señalética en el geositio Prismas Basálticos.

ubicados en puntos estratégicos del lugar. No muchas personas se detienen a leerlos o escanean el código QR, que amplía la información. La señalética es muy sobria, y no choca con el paisaje, pero tampoco llama la atención de los visitantes.

La creación del museo se hizo por parte de la UNAM, en el marco de un proyecto CONAHCYT, con aportes económicos de la comunidad.

Los textos y todos los contenidos del guión museográfico son 100 % de la UNAM, el museógrafo configuró el espacio. Darle continuidad fue un esfuerzo colaborativo. (Entrevista con Carles Canet, noviembre 2023).

Nos encontramos frente a un escenario convencional de divulgación de la ciencia, en el cual no hay un intercambio de conocimientos entre investigadores y comunidades. No hay guías locales aún y la comunidad no interviene en los contenidos temáticos geológicos, paisajísticos e históricos para explicar la formación de los prismas y su importancia patrimonial. Esto sigue el modelo más estándar de los Centros de visitantes de GMU.

Sin embargo, existe un interés por parte de la comunidad de formarse en estos contenidos para brindar la información a los turistas interesados en estos temas. También se espera que, gracias al museo, puedan recibir nuevos segmentos del público, por ejemplo, el público escolar, que podría acudir entre semana, y «desarrollar temas de ecología, de geología» (Entrevista con Iván Moncayo, noviembre 2023).

4.2.2 ■ Geositio Cerro de Las Navajas

El Cerro de Las Navajas es un lugar emblemático por la extracción histórica de obsidiana. Uno de los rasgos que definen Mesoamérica [Kirchhoff, 1960] es la extracción, comercio y uso de este vidrio volcánico [Pastrana & Domínguez, 2009] (Figura 5).

Estudiar obsidiana es muy importante para entender cómo se formó y desarrolló Teotihuacán, la cultura Azteca y los Toltecas (...). La principal actividad productiva en América fue la agricultura y las sociedades agrícolas requerían obsidiana, porque con la obsidiana se hacen navajas, raspadores para el maguey, se hacen perforadores, puntas, cuchillos para tallar el palo de la coa, para cortar el ixtle del corral, para hacer el cultivo de almácigo. La gente que trabajaba la pluma utilizaba obsidianas, la gente que trabajaba las pieles, la madera, las fibras, pero también se hacían objetos mágico-religiosos. De obsidiana son, desde los instrumentos más simples, hasta objetos de los dioses. Hacían cetros, como el de Quetzalcóatl, que tiene un cetro en forma de un gancho, que representa una constelación. (...) Hacían espejos a través de los cuales los dioses le hablaban a los hombres. Hay deidades cuyos principales atributos son la obsidiana, como Tezcatlipoca, el espejo humeante de obsidiana, como la mariposa de obsidiana Itzpapálotl, que posiblemente sea un eclipse. Entonces, la obsidiana está a nivel de instrumentos, está a nivel de objetos religiosos, está a nivel de objetos de vestimenta, está en las concepciones religiosas, está en las concepciones del inframundo. (...) Entrar a la minería es otra deidad, es el inframundo, es el Mictlantecuhtli y hay que pedir permiso para poder explotar la obsidiana. El monte tiene sus propias características, tiene sus chaneques, tiene sus personajes, tiene sus animales, tiene sus serpientes. Entonces no nada más es pensar en la mina o en la talla, sino es un mundo.



Figura 5. Montículos de lascas de obsidiana, desperdicios de siglos de esta industria lítica.

Cuando yo empecé hace muchos años, la gente de El Nopalillo decía, allá está un loco en el monte. Era yo, el perdido, pero, afortunadamente, Néstor fue el primero que me encontró, después, conocí a Javier, a Hernán, a Pascual, Nacho, gente con la que de alguna manera hemos compartido, hemos aprendido y durante todas las excavaciones que hemos hecho. (Charla de Alejandro Pastrana en Epazoyucan).

Trabajar aquí implica establecer relaciones con las comunidades humanas y, a la vez, con actores no-humanos, el bosque y sus seres [Latour, 2008]. El conocimiento de la arqueología de Alejandro Pastrana y Silvia Domínguez y el saber geológico se van entrelazando con el conocimiento que tiene la comunidad del territorio y de la minería [Domínguez Peláez & Pastrana, 2006].

Observando la minería moderna se puede aprender mucho de la minería mesoamericana. Y es un trabajo especializado que nada más conoce la gente local, la gente de El Nopalillo, de La Joya, que es con la que he trabajado desde que inicié. (Charla de Alejandro Pastrana en Epazoyucan).

La extracción y trabajo artesanal de obsidiana es una de las principales fuentes de trabajo actuales para la comunidad de El Nopalillo, junto con la extracción maderera, la piedra pómez y la recolección de hongos (Figura 6).

Actualmente, no hay regulación para la extracción de la obsidiana; ni siquiera para proteger las secuencias arqueológicas de la extracción mesoamericana. Aunque estrictamente La Sierra de las Navajas es un bien arqueológico, y por ello debería estar legalmente protegida, no está delimitada ni registrada en el INAH como sitio o zona arqueológica; lo que es peor, la legislación minera mexicana no considera a la obsidiana y, por lo tanto, no regula su explotación (Conversaciones con Alejandro Pastrana, noviembre 2023 y marzo 2024). Los cambios en la dirección del ejido y la demanda creciente de la piedra semipreciosa, incluso para su exportación a China, generan una presión sobre el recurso y sobre el territorio.



Figura 6. Vestigios de talleres prehispánicos de explotación de obsidiana.

Alejandro Pastrana ha investigado las técnicas de talla de la obsidiana para comprender cómo variaron entre las distintas culturas y épocas. La talla académica trata de reproducir las técnicas y los artefactos antiguos. Ha compartido estos aprendizajes con ejidatarios y artesanos interesados en el tema. Talladores artísticos y académicos de Australia, Europa y Estados Unidos han visitado el lugar y esto ha despertado interés en los ejidatarios. Este ejercicio de producción de conocimiento conjunto de personas de la comunidad y expertos es un ejercicio profundo de intercambio y ASC. Quienes colaboran con Alejandro Pastrana, excavando y tallando, desarrollan sus capacidades como artesanos, además, valoran la historia de la Sierra de Las Navajas en el desarrollo de las culturas mesoamericanas.

Al llegar el GCM en 2017, sus gestores se articularon con el equipo de arqueología y la comunidad. Miguel Cruz, primero desde la UNAM, luego desde La Salle, y ahora desde la empresa «Geoguías»,³ junto a la comunicadora Estefanía Cervantes, ha tejido estas alianzas creando confianza y sosteniendo las relaciones. En este contexto de colaboración, se ha ido co-creando otra interesante experiencia de ASC. Un sendero interpretativo que reúne la biodiversidad, la geodiversidad y la arqueología (Figura 7). El ejido ha aportado fuerza de trabajo y valiosos conocimientos del territorio.

He ido trabajando con el Comité Ejidal, principalmente para amarrar el proyecto en el ejido (Entrevista con Miguel Cruz, septiembre 2023).

En abril 2024 comenzó la formación de guías con la comunidad, para que los saberes arqueológicos y geológicos sean apropiados por parte la comunidad y que esta pueda

3. <https://geoguias.mx/>.



Figura 7. Salida de campo y recorrido por el Cerro de las Navajas (3 de diciembre 2023).

compartirlos con visitantes, incentivar la valoración del territorio, la voluntad en la regulación de la minería de la obsidiana y políticas públicas de protección. Otra iniciativa de ASC se puede observar a la entrada del parque. El equipo de arqueología realizó un mural con algunas imágenes de los códices que muestran objetos mágico-religiosos de obsidiana y un esquema simplificado del yacimiento.

Alejandro Pastrana ha propuesto proteger 2 hectáreas, una mina tolteca, una azteca, una teotihuacana y una colonial, para reservarlas para la investigación y para visitas guiadas. Luego en el museo de sitio, un proyecto de décadas atrás que aún no se logra concretar, se mostrarían herramientas, tallas, y tipos de obsidiana (Conversación con Alejandro Pastrana, marzo 2024). Es un trabajo de largo aliento, son cuatro décadas por parte del equipo de arqueología y diez años del equipo del GCM. Esta constancia y perseverancia permiten establecer lazos de confianza con las comunidades y un verdadero intercambio para la construcción conjunta de conocimientos y proyectos para la región.

4.2.3 ■ *Geositorios de El Chico*

En 1860 se publicó la Memoria de la Comisión Científica de Pachuca, en la cual se declaró el Monte Vedado de Mineral del Chico [CONANP, 2005]. Un siglo después se decretó como Parque Nacional, en 1982. Siendo parte del GCM, la zona tiene que armonizar ambas designaciones. Además, desde la nominación del Pueblo Mágico de El Chico, en 2011, varios guías locales se han certificado en turismo de naturaleza. El lugar cuenta con los vestigios mineros del río El Milagro y con espectaculares formaciones geológicas de origen volcánico.

El turismo en las minas comenzó años antes de la designación del GMU (Figura 8). Los visitantes conocen algunas características de los minerales, las técnicas de extracción, las herramientas usadas, y algunas historias o leyendas relacionadas con la minería (Diarios de campo, Visita a las minas del Milagro, noviembre 2023).

El aprendizaje del discurso de la guía se hace en la práctica, acompañando a los más antiguos, aprendiendo los términos. Para ser guía profesional, existen formaciones de



Figura 8. Minas del Río El Milagro, en Mineral del Chico.

educación no formal que promueven los gobiernos estatal y local; así se van enriqueciendo los conocimientos que se transmiten a turistas (Entrevista con Nancy Cabrera, noviembre 2023) (Figura 9).

Bajo el auspicio del GCM y el proyecto de la UNAM, se realizó una formación de guías en esta población. Miguel Cruz implementó este curso, cuando, en plena pandemia (agosto 2021).

Entonces me mudé a El Chico y propuse el curso «Historias de la Tierra, Principios de Geopatrimonio y Geoparques». Y lo implementé con las comunidades (Entrevista con Miguel Cruz, septiembre 2023).

A través del curso integraron conocimientos interdisciplinarios alrededor de la historia de la Tierra. La metodología consistió en preguntas generadoras para que los guías observaran y, a través del análisis, relacionaran conocimientos locales y científicos. Por ejemplo, al observar la presencia de una cactácea en un bosque, relacionarlo con la dispersión de las semillas por aves rupícolas. Luego, al indagar dónde anidan, se ubican montañas altas y escarpadas y se caracterizan como rasgos geológicos y así, se muestra la interacción entre la biodiversidad y la geodiversidad. Desde los miradores, al observar los poblados antiguos, se evoca la historia minera de la región y se conecta con los servicios geosistémicos [i.e. Gray, 2011]. Así, los guías van aprendiendo a conectar conocimientos in situ. Descubren, también, que conocimientos propios son valiosos: las maneras de cultivar el maguey y extraer aguamiel, hacer pulque; las plantas, sus usos; la gastronomía, las recetas y productos locales y las historias del territorio (Entrevista con Miguel Cruz, septiembre 2023).

Tanto para Miguel Cruz, como instructor, como para los guías, el curso ha marcado su forma de ver el territorio y de compartir sus conocimientos. Esto permite ofrecer un turismo



Figura 9. Nancy Cabrera, guía certificada, y su sobrino mostrando el portafolio de visita a las Minas de Río El Milagro.

diferente, especializado, interesado en las ciencias y en la naturaleza. El curso les permitió conocer el GCM y otros geositios:

Me acuerdo del curso Historias de la Tierra. Ahí empezamos a conocer los 32 geositios, todo lo que es la Comarca Minera. Y más que nada, nos adentramos en lo que era el Mineral del Chico, mi entorno ¿no? El tipo de árboles, los pinos, el oyamel. Conocemos también la estructura de lo que está formado y nos cuentan que todo esto surge de las explosiones de hace millones de años de lo que es la zona volcánica, localizada en La Paila. Entonces nuestro entorno de dos mil y tantas hectáreas que comprende el parque, son de piedra volcánica, de ahí pues ya ves una visión más amplia para ofrecerle al cliente, al turista (Entrevista con Roberto Hernández Olvera).

Esta experiencia llenó de contenidos las enseñanzas de los guías, pero también fue forjando una mentalidad integradora.

Somos las personas que estamos haciendo las cosas bien para la gente y tratamos de que eso se conserve para el bienestar no sólo de Mineral del Chico, ni de Hidalgo, ni de México, sino de nuestro continente y de nuestro planeta. Ese es el objetivo de los recorridos, *concientizar* a la gente de la conservación de todo (Entrevista con Sergio Gómez).

El curso fue una experiencia de intercambio de conocimientos, permitió afianzar saberes geológicos de la zona e integrarlos a conocimientos bioculturales que surgen en la interacción de la naturaleza y la cultura en el territorio.

Sendero interpretativo. Paralelamente al curso, Miguel Cruz tenía la intención de implementar un sendero de interpretación; las dos estrategias iban de la mano, sendero y guías capacitados para realizar los recorridos y paneles informativos. Sin embargo, aún no ha sido posible implementarlo, es necesario generar acuerdos entre las diferentes figuras, GCM y Parque Nacional y sus administraciones.

Las oportunidades que abre el turismo para los pobladores, como guías, como vendedores, en la gastronomía o en el alojamiento parecen frenar la migración.

4.2.4 ■ *Geositio Peña del Aire*

El geositio Peña del Aire es parte del ejido San Sebastián (Figura 10), en el municipio Huasca de Ocampo. Se encuentra dentro de la Reserva de la Biósfera Barranca de Metztitlán, en la parte norte del GCM; se trata, por lo tanto, de una zona con doble designación de la UNESCO [Cruz-Pérez et al., 2023]. La comunidad fue muy receptiva al establecimiento de un geositio dentro del GCM. Y luego nació la iniciativa de crear un Parque de Cielo Oscuro (DarkSky Park), designación que otorga la asociación *DarkSky International*, con sede en Arizona, EUA.⁴

Para que germinara esta idea, fue necesaria la experiencia de Joshua Muñoz:

Mis abuelitos tenían una hacienda pulquera en un municipio que se llama Singuilucan, es parte del geoparque. Y lo que más me encantaba era tirarme en el piso y ver las estrellas, porque se podían ver así de manera increíble y la Vía Láctea, y ahí me empezaba a causar mucho conflicto por qué solamente podía ver las estrellas ahí y no en la ciudad. Entonces, solamente lo dejé por ahí, guardado en algún lugar de mi memoria. Luego, cuando hago la licenciatura, llega a mí, así de manera fortuita, el tema de contaminación lumínica, y quise investigar por qué no se pueden ver las estrellas en la ciudad. Y eso me llevó justo a ver que esta cantidad de luz que hay en la ciudad y en el campo, pues es el factor principal, el segundo paso fue, entonces yo quiero que haya un lugar en el que se puedan ver las estrellas y se pueda proteger (Entrevista con Joshua Muñoz, octubre 2023).

Carles Canet le propuso gestionar una candidatura de Parque de Cielo Oscuro, en Peña del Aire. Presentaron conjuntamente esta iniciativa ante la comunidad, que con mucho

4. <https://darksky.org/>.



Figura 10. Peña del Aire y Barranca de Mezquitlán.

entusiasmo se sumó a la propuesta. Para lograr este certificado, Joshua Muñoz y Erick Gómez, delegados de dicha asociación, han tejido redes con la organización de *DarkSky International* y con instituciones del gobierno local y estatal. Erick apoya, sobre todo, la interacción con el gobierno local y estatal; por ejemplo, se ha aliado con CITNOVA (Consejo de Ciencia, Tecnología e Innovación de Hidalgo), para algunas de las actividades. Además, la Secretaría de Turismo otorgó en 2023 un premio a la innovación turística al proyecto de Cielo Oscuro.

En este contexto, varias iniciativas de comunicación de la ciencia y ASC han venido gestándose en esta comunidad, como «La Noche de las Estrellas», un acontecimiento de divulgación masiva que se celebra en numerosas localidades de México y del mundo, y otros eventos para la observación de lluvias de estrellas o eclipses. En estos contextos se han programado talleres, observaciones y charlas en Peña del Aire. Esto ha fomentado la llegada de turistas interesados en las estrellas. Incluso se ha habilitado un recorrido (sendero nocturno), en el que Joshua comparte conocimientos sobre el GCM, la historia geológica de la zona y va alternando con el guía local, quien cuenta historias y describe la riqueza biocultural de este territorio.

Para la comunidad, esta actividad supone un ingreso extra, y es adecuada a su modelo turístico, que se enfoca en actividades al aire libre, como la 'bicicleta en el aire', una tirolesa y el 'columpio extremo'; es turismo pasajero que realiza estas actividades, consume alimentos y sigue hacia otros lugares turísticos del municipio.

En el taller de cartografía social, realizado en el marco de esta investigación en febrero de 2024, algunas personas solicitaron una nueva capacitación para formarse en el manejo de los telescopios y la información a transmitir geológica y astronómica. Aunque se han



Figura 11. Taller cartografía social con la comunidad de Peña del Aire (17 de febrero 2024).

realizado algunas capacitaciones, integrar a la oferta turística actividades altamente especializadas (astroturismo, geoturismo), como la observación de estrellas o el recorrido por el sendero requiere de una considerable inversión de tiempo y esfuerzo, y tener afianzados algunos conocimientos técnicos.

En este taller, la comunidad identificó actores que han aportado conocimientos al proyecto y, al mismo tiempo, reconoció sus propios conocimientos del territorio (Figura 11 y Figura 12).

5 - Discusión

Mc Keever y Zouros [2005] cuestionan la eficiencia de los geocientíficos en el proceso de compartir sus conocimientos con personas fuera de su medio disciplinar y científico. Los GMU son escenarios perfectos para que este diálogo ocurra. Mientras en Europa el turismo es más secular y especializado, en Oriente buscan turismo de montañas y tradiciones espirituales. En México y en América Latina hay un turismo interesado en experiencias extremas e instantáneas, pero la cualificación de guías de las comunidades para ofrecer nuevas experiencias que integren conocimientos locales y científicos del territorio transforma el turismo actual y atrae turistas con intereses más intelectuales.



Figura 12. Mapa del ejido San Sebastián elaborado colectivamente.

A través del análisis en el GCM, se deduce que el logro de la ASC depende del apoyo institucional a las estrategias que se empleen y la conexión con las personas, locales o visitantes. Estas estrategias se pueden clasificar según sean *deficitarias* o *democráticas* [García, 2019]; es decir, según el grado de participación de otros actores en la producción, la apropiación y el uso del conocimiento.

En el caso del GCM, hay una amplia gama de estrategias, algunas más *deficitarias*, como la señalética. Aunque está situada en lugares estratégicos, pocas personas se acercan y aún menos leen con detenimiento lo que dice allí, en contados casos, toman una foto del contenido. Pero son una excelente herramienta para guías comunitarios que pueden apoyarse de ella en sus recorridos.

El museo, como fue concebido, es en estos momentos una estrategia deficitaria, dado que no hay una participación activa de guías locales como mediadores.

El museo se convierte en una exposición ampliada o reducida en tamaño, presentada a los visitantes indiferente a su entorno. Podría transportarse, entonces, a todos los demás geoparques con la misma temática; el museo pierde así su especificidad local y se convertiría en la producción en masa de un determinado modelo [Qu, 2011, citado por Du & Girault, 2019a, p. 7].

Du y Girault [2019b] muestran con cifras que los museos de sitio son menos visitados que los geositorios. Entrar a un espacio cerrado, requiere una voluntad y un interés particular por la ciencia, la cultura o la historia [Schall, 2015].

Aunque en algunos casos los centros de interpretación están diseñados para una visita autónoma, la mediación, concebida como la comunicación de contenidos que se da entre los objetos exhibidos y el público, transformará la experiencia. Los mediadores, personas que guían la experiencia, hacen preguntas generadoras, explican la exhibición, responden dudas, contextualizan contenidos, para que el público relacione los contenidos. Pueden, además, generar actividades que permitan una participación activa de los espectadores y, de esta forma, asegurar un aprendizaje. La mediación puede ser realizada por las comunidades locales, involucrándolas en la producción y comunicación de los conocimientos. Es una oportunidad para despertar en jóvenes o adultos locales el interés en la ciencia, en el territorio y en su cuidado, pero requiere una formación específica.

La mediación no sólo se precisa en los museos. Se espera que la visita a los geositios genere conocimientos en los visitantes y no sea solamente una cuestión de contemplación del paisaje o actividades físicas o puramente recreativas. En los Prismas Basálticos una visita con mediación de la comunidad que explique el origen geológico y el contexto territorial, cultural y ecológico, cambiaría la experiencia del turismo que llega a la zona, que consume experiencias extremas pero superficiales para compartirlas en redes sociales.

En el caso de Peña del Aire, la búsqueda de la certificación de Parque de Cielo Oscuro ha generado una serie de actividades que amplían la oferta de la zona y se crean estrategias de comunicación de la ciencia, como el sendero nocturno o los eventos observación astronómica. Sin embargo, estas actividades han sido mediadas, hasta hoy, por expertos que vienen sólo para estos eventos, por lo cual no es un servicio permanente. Cuando se llevan a cabo procesos a largo plazo con las comunidades, como el de Peña del Aire, la misma comunidad va pidiendo esta transformación y capacitación. Cuando la iniciativa viene de las comunidades, ellas se apropian del proyecto y valoran más los conocimientos compartidos. Lo mismo sucede en Mineral del Chico con la capacitación de guías. Se transformó la visión del territorio, tanto de guías como de científicos y científicas que participaron en el curso. Y todo esto se ve reflejado en la calidad de la guianza turística y la experiencia de visitantes.

En esta misma dirección, el proceso realizado en el Cerro de Las Navajas por el equipo de arqueología y del GCM cristaliza en el sendero interpretativo. Esperamos que la comunidad vea como una opción el turismo especializado, compatible con la conservación del bosque y con una explotación regulada de la obsidiana, que garantice la conservación de los vestigios arqueológicos y la preservación del patrimonio natural y cultural.

Hay algunos obstáculos para sostener todos estos procesos en el tiempo. En primer lugar, la rotación de los gobiernos y de liderazgos en el seno de las comunidades. El apoyo de las instituciones universitarias también es intermitente. Es necesario reconocer que es la pasión y la perseverancia de quienes lideran el proceso y lo transforman en su proyecto de vida y su generosidad al compartir conocimientos, lo que permite el sostenimiento del proyecto.

De esta manera, el GCM se ha ido transformando hacia una visión de territorio [Gonzalez-Tejada et al., 2017; Girault & Barthes, 2016].

Un escenario de encuentro no es un escenario de divulgación. No es un escenario donde yo vengo a convencer al otro. Tengo que estar dispuesto a moverme de la posición en la que llego. O si no, en sentido estricto, no es un escenario de encuentro. En el escenario de encuentro hay una negociación y ambas partes sienten que han logrado que sus intereses estén presentes en esa negociación. Si no, no lo es. Y ese esfuerzo de llegar a un acuerdo es el que genera la apropiación (Entrevista con Manuel Franco, experto en apropiación social del conocimiento, enero 2024).

6 - Conclusiones

Es preciso conocer el contexto cultural de cada GMU, comprender su cultura, cotidianidad, actores presentes e intereses para co-crear las estrategias de ASC: museos, centros de interpretación, talleres, senderos, rutas, material didáctico y guiones de visitas. La ASC nos invita a diseñar de manera participativa, a través de espacios de encuentro, donde los diferentes actores son escuchados y se valoran sus conocimientos y sus expectativas.

En cualquier caso, es oportuno realizar un estudio de públicos y hacer una caracterización de quienes visitan los geositos, mediante encuestas que indaguen sobre sus intereses y aprendizajes, evaluando si las estrategias de comunicación son efectivas, y diseñando nuevas formas de comunicación, que permitan transmitir conocimientos e ir cambiando la vocación turística de la zona hacia un modelo más sostenible y ético, basado en el geoturismo.

Al abrir espacios de encuentro, escuchar otros actores, validar sus conocimientos, opiniones y expectativas, podemos lograr la apropiación del conocimiento geocientífico y la conservación colaborativa del patrimonio geológico. Es importante que las personas que investigan la ASC incidan de manera más significativa sobre otros científicos y sus maneras de producir y comunicar los conocimientos. Deben valorarse aquellos conocimientos que son producidos fuera de la academia e incluir otros actores en la producción y circulación de conocimientos.

Agradecimientos

Este trabajo fue posible gracias al programa de Becas Posdoctorales DGAPA-UNAM, gracias por la gestión realizada y el apoyo para esta investigación. Agradecemos a la Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra (ENCIT) de la UNAM, por apoyar esta investigación y financiar parte del trabajo de Campo. Igualmente, gracias al Instituto de Geofísica de la UNAM por su apoyo. Agradecemos la colaboración, las conversaciones y el conocimiento compartido por Miguel Cruz y Estefanía Cervantes de Geoguías. Gracias al equipo de arqueología del INAH del Cerro de Las Navajas, Alejandro Pastrana y Silvia Domínguez, por la colaboración y conocimientos que nos brindaron. A las comunidades de Peña del Aire, Prismas Basálticos, Mineral del Chico y Cerro de Las Navajas, por sus conocimientos, su generosidad al recibirnos en los territorios y participar de esta investigación. Agradecemos a los y las expertas en apropiación social del conocimiento geofísico que compartieron su tiempo y conocimientos para realizar este trabajo desde el Servicio Geológico Colombiano y otros espacios.

Referencias

- Berrebí, Y. (2006). *Les sentiers didactiques. Analyse de la perception du public face à quatre réalisations géodidactiques* [Mémoire de licence]. Faculté des Lettres, Institut de Géographie, Université de Lausanne. https://igd.unil.ch/memoires/uploads/memoire/memoire_pdf/887/577dbfeb-11a6-46cc-bb5d-589785743251.pdf
- Canet, C., Mora-Chaparro, J. C., Iglesias, A., Cruz-Pérez, M. A., Salgado-Martínez, E., Zamudio-Ángeles, D., Fitz-Díaz, E., Martínez-Serrano, R. G., Gil-Ríos, A., & Poch, J. (2017). Geological mapping as a tool for the management of geoheritage and geotourism: case study of the Comarca Minera, Hidalgo UNESCO Global Geopark. *Terra Digitalis*, 1(2), 1-7. <https://doi.org/10.22201/igg.terradigitalis.2017.2.21>
- Canet Miquel, C., & García Alonso, E. (Eds.). (2021). *Guía de geositios de la Comarca Minera*. Universidad La Salle Pachuca.
- Canet Miquel, C., & Mora Chaparro, J. C. (2017). El Geoparc Mundial de la UNESCO «Comarca Minera, Hidalgo»: un resultat de la cooperació científica entre Mèxic i Catalunya. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 81, 59-66. <https://raco.cat/index.php/ButlletiICHN/article/view/335557>
- Chakrabarti, P. (2020). *Inscriptions of nature: geology and the naturalization of antiquity*. Johns Hopkins University Press.
- CONANP. (2005). *Programa de conservación y manejo Parque Nacional El Chico, México*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Ciudad de México, México. <http://centro.paot.org.mx/documentos/ine/chico.pdf>
- Cruz Pérez, M. Á. (2020). *Valorización del patrimonio geológico: aplicación y análisis de una metodología en el Geoparque Mundial de la UNESCO Comarca Minera, Hidalgo, México* [Tesis de maestría]. Instituto de Geofísica, UNAM. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/3603439>
- Cruz-Pérez, M. A., García-Sánchez, L., Miros, J., Canet, C., & Muñoz-Salazar, J. I. (2023). Multidesignated areas: case study from Comarca Minera UNESCO Global Geopark, Mexico. En L. Kubalíková, P. Coratza, M. Pál, Z. Zwoliński, P. N. Irapta & B. van Wyk de Vries (Eds.), *Visages of geodiversity and geoheritage*. Special Publications, Vol. 530 (pp. 289-312). Geological Society of London. <https://doi.org/10.1144/sp530-2022-124>
- Daza, S., Arboleda, T., Rivera, Á., Bucheli, V., & Álzate, J. F. (2006). *Evaluación de las actividades de comunicación pública de la ciencia y la tecnología en el sistema nacional de ciencia y tecnología colombiano. 1990-2004*. Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología – OCyT. Bogotá, Colombia.
- De Greiff Acevedo, A., & Maldonado Castañeda, O. J. (2011). “Apropiación fuerte” del conocimiento: una propuesta para construir políticas inclusivas de ciencia, tecnología e innovación en América Latina. En A. Arellano Hernández & P. Kreimer (Eds.), *Estudio social de la ciencia y la tecnología desde América Latina* (pp. 209-262). Siglo del Hombre Editores.
- Domínguez Peláez, S., & Pastrana, A. (2006). Estudio preliminar sobre la explotación tolteca en la Sierra de las Navajas. *Cuicuilco Revista de Ciencias Antropológicas*, 13(36), 97-138. <https://revistas.inah.gob.mx/index.php/cuicuilco/article/view/20580>
- Du, Y., & Girault, Y. (2018). A genealogy of UNESCO Global Geopark: emergence and evolution. *International Journal of Geoheritage and Parks*, 6(2), 1-17. <https://doi.org/10.17149/ijgp.j.issn.2577.4441.2018.02.001>
- Du, Y., & Girault, Y. (2019a). La médiation architecturale des musées de géoparcs en Chine: entre tension et hybridation des cultures. En Y. Girault (Ed.), *Les géoparcs mondiaux UNESCO: une mise en tension entre développement des territoires et mise en valeur du patrimoine* (pp. 253-277). ISTE Éditions. <https://hal.science/hal-02132451/document>
- Du, Y., & Girault, Y. (2019b). Pratiques géotouristiques et interprétation de la nature dans les géoparcs chinois: entre tensions et hybridation des cultures. *Éducation relative à l'environnement*, 15(1). <https://doi.org/10.4000/ere.3393>

- Fog, L., Franco-Avellaneda, M., Gómez, Y., Papagayo, D., Ariza, V., Casallas, A., & Forero, A. (2016). *Plan de acción para la apropiación social del conocimiento producido en el Servicio Geológico Colombiano*. Bogotá, Colombia.
- Franco-Avellaneda, M. (2016). Transferencia e intercambio: cuando el río suena... reflexiones para pensar el rumbo de la política de apropiación del conocimiento en Colombia. *Trilogía. Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 8(15), 69-79. <https://doi.org/10.22430/21457778.411>
- Franco-Avellaneda, M., Gómez, Y., Fog, L., Ariza, V., Casallas, A., Forero, A., & Herrera, G. (2015). Apropiación social del conocimiento geocientífico (ASCG). En M. Uribe (Ed.), *Memorias FELAFACS 2015*. Universidad de Antioquia y Federación Latinoamericana de Facultades de Comunicación Social.
- Franco-Avellaneda, M., & Pérez-Bustos, T. (2010). Tensiones y convergencias en torno a una apuesta por la pluralidad de la apropiación social de la ciencia y la tecnología en Colombia. En T. Pérez-Bustos & M. Tafur Sequera (Eds.), *Deslocalizando la apropiación social de la ciencia y la tecnología en Colombia: aportes desde prácticas diversas* (pp. 9-23). Maloka.
- García, C. (2019). La comunicación de la ciencia y la tecnología como herramienta para la apropiación social del conocimiento y la innovación. *JCOMAL*, 02(01), Y02. <https://doi.org/10.22323/3.02010402>
- 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>
- Girault, Y., & Barthes, A. (2016). Postures épistémologiques et cadres théoriques des principaux courants de l'éducation aux territoires. *Éducation relative à l'environnement*, 13(2). <https://doi.org/10.4000/ere.755>
- González Tejada, C., & Girault, Y. (2021). Los geoparques mundiales de la UNESCO en España: entre divulgación científica y desarrollo turístico. *Cuadernos Geográficos*, 60(2), 255-274. <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v60i2.15949>
- Gonzalez-Tejada, C., Du, Y., Read, M., & Girault, Y. (2017). From nature conservation to geotourism development: examining ambivalent attitudes towards UNESCO directives with the global geopark network. *International Journal of Geoheritage and Parks*, 5(2), 1-20. <https://shs.hal.science/halshs-02087621v1>
- Gray, M. (2011). Other nature: geodiversity and geosystem services. *Environmental Conservation*, 38(3), 271-274. <https://doi.org/10.1017/s0376892911000117>
- Guber, R. (2001). *La etnografía: método, campo y reflexividad*. Grupo Editorial Norma.
- Kirchhoff, P. (1960). Mesoamérica: sus límites geográficos, composición étnica y caracteres culturales. *Revista Tlatoani, Suplemento núm. 3*.
- Kozłowski, S. (2004). Geodiversity. The concept and scope of geodiversity. *Przegląd Geologiczny*, 52(8/2), 833-837. https://www.pgi.gov.pl/images/stories/przegląd/pdf/pg_2004_08_2_22a.pdf
- Latour, B. (2008). *Reensamblar lo social: una introducción a la teoría del actor-red*. Ediciones Manantial.
- Maffi, L. (Ed.). (2001). *On biocultural diversity: linking language, knowledge, and the environment*. Smithsonian Institution Press.
- Mc Keever, P. J., & Zouros, N. (2005). Geoparks: celebrating Earth heritage, sustaining local communities. *Episodes*, 28(4), 274-278. <https://doi.org/10.18814/epiiugs/2005/v28i4/006>
- Morelos Rodríguez, L. (2023). Alexander von Humboldt (1769-1859). En L. Zavala & C. Canet (Eds.), *Geopaisajes: arte y ciencia. Ruta temática del Geoparque Mundial de la UNESCO Comarca Minera* (pp. 20-23). Instituto de Geofísica, UNAM. https://www.researchgate.net/publication/377220835_Geopaisajes_arte_y_ciencia_Ruta_temática_del_Geoparque_Mundial_de_la_UNESCO_Comarca

- Olivares Sandoval, O. (2023). El paisaje de Johann Moritz Rugendas y los Prismas basálticos de San Miguel Regla. En L. Zavala & C. Canet (Eds.), *Geopaisajes: arte y ciencia. Ruta temática del Geoparque Mundial de la UNESCO Comarca Minera* (pp. 24-27). Instituto de Geofísica, UNAM. https://www.researchgate.net/publication/377220835_Geopaisajes_arte_y_ciencia_Ruta_tematica_del_Geoparque_Mundial_de_la_UNESCO_Comarca
- Olivé, L. (1997). La comunicación científica y la filosofía. *Ciencias*, 46, 48-56. <https://www.revistacienciasunam.com/images/stories/Articles/46/CNS04607.pdf>
- Olivé, L. (2011). La apropiación social de la ciencia y la tecnología. En T. Pérez Bustos & M. Lozano Borda (Eds.), *Ciencia, tecnología y democracia: reflexiones en torno a la apropiación social del conocimiento* (pp. 113-121). Colciencias, Universidad EAFIT. <https://www.eafit.edu.co/investigacion/documents/ciencia-tecnologia-democracia.pdf>
- Pastrana, A., & Domínguez, S. (2009). Cambios en la estrategia de la explotación de la obsidiana de Pachuca: Teotihuacan, Tula y la Triple Alianza. *Ancient Mesoamerica*, 20(1), 129-148. <https://doi.org/10.1017/S0956536109000133>
- Piccardi, L., & Masse, W. B. (Eds.). (2007). *Myth and geology* [Special Publications, Vol. 273]. Geological Society, London.
- Posada, E., Hoyos, E., Pantoja, A., Carvajal, H., & Marín, M. (1994). Apropiación social de la ciencia y la tecnología. En R. Llinás & E. Posada Florez (Eds.), *Informes de comisionados III: ciencia y educación para el desarrollo* (Vol. Tomo 4). Imprenta Nacional, Presidencia de la República de Colombia.
- Reynoso, E., Flores, J., Pimienta, M., Jáidar, A., Jiménez Ornelas, R., Martínez Hidalgo, G., & Gordillo Vázquez, M. (1986). La divulgación de la ciencia en México. *Revista Mexicana de Física*, 33(3), 364-388. <https://rmf.smf.mx/ojs/index.php/rmf/article/view/1940>
- Rosen, C., Rueda, A., Tagüeña, J., & Cruz, J. (2011). Hacia un mapa de la comunicación de la ciencia en México: una propuesta metodológica. *Revista Digital Universitaria*, 12(11). <https://www.revista.unam.mx/vol.12/num11/art111/art111.pdf>
- Schall, C. (2015). De l'espace public au musée. Le seuil comme espace de médiation. *Culture & Musées*, 25, 185-206. <https://doi.org/10.4000/culturemusees.560>
- Shi, S., & Zhang, H. (2012). Policy perspective on science popularization in China. En B. Schiele, M. Claessens & S. Shi (Eds.), *Science communication in the world: practices, theories and trends* (pp. 81-94). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4279-6_5
- UNESCO. (2024). *Los geoparques mundiales de la UNESCO*. <https://www.unesco.org/es/igpp/geoparks/about>
- von Humboldt, A. (1810). *Vues des cordillères et monumens des peuples indigènes de l'Amérique*. F. Schoell.
- Xu, H., Cui, Q., Ballantyne, R., & Packer, J. (2013). Effective environmental interpretation at Chinese natural attractions: the need for an aesthetic approach. *Journal of Sustainable Tourism*, 21(1), 117-133. <https://doi.org/10.1080/09669582.2012.681787>
- Zouros, N. C. (2008). European Geoparks Network: transnational collaboration on Earth heritage protection, geotourism and local development. *Geoturystyka*, 1(12), 3-22. https://www.researchgate.net/publication/258094432_European_Geoparks_Network_transnational_collaboration_on_Earth_heritage_protection_geotourism_and_local_development

Sobre los autores

Catherine Ramos-García

Investigadora posdoctoral de la Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra (ENCIT-UNAM). Socióloga y ecóloga, maestra en Educación y en ciencias de la naturaleza y el ser humano. Doctora en Antropología. Aprendí a leer la naturaleza con comunidades rurales en Colombia

y México. Trabajo en apropiación social del conocimiento con comunidades urbanas y rurales. Investigo, desde los estudios sociales de la ciencia y la etnoecología, las relaciones de los seres humanos en la naturaleza y su territorio y los conocimientos que se producen en esta interacción.

✉ catherinerg@gmail.com

Carles Canet

El Dr. Canet estudió la licenciatura (1992–1996) y el doctorado (1996–2001) en Ciencias Geológicas en la Universidad de Barcelona, España. En 2003 ingresó como investigador al Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México, después de dos años de postdoc en el mismo instituto. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (nivel III).

El Dr. Canet está especializado en el estudio de los sistemas hidrotermales en su porción más superficial, lo que incluye yacimientos minerales de distintas tipologías así como sistemas geotérmicos. Una parte importante de su trabajo de investigación se ha enfocado a los sistemas hidrotermales submarinos y a los depósitos minerales en el fondo del mar. Además de la investigación básica, desde 2014 ha promovido la designación y posterior consolidación de la Comarca Minera de Hidalgo como Geoparque Mundial de la UNESCO, obtenida el 5 de mayo de 2017. También logró la designación como Heritage Stone (la primera de México) de la Cantera de Tezoantla, en 2022.

Es miembro del Scientific Board of the International Geoscience Programme (IGCP) de la UNESCO (2018–actualidad), así como ‘voting member’ de la Subcommission on Heritage Stones de la International Union of Geological Sciences (2022–2024). Actualmente es miembro del Consejo Mundial de los Geoparques de la UNESCO (2022–2026).

Desde 2022 es Secretario General de la Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra de la UNAM.

✉ ccanet@igeofisica.unam.mx

Joshua Muñoz

Pasante de la Maestría en Ciencias de la Sostenibilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México y la Maestría en Cambio Climático y Biodiversidad en la Universidad Nacional Rosario Castellanos. Es Delegado en México de DarkSky. Forma parte del grupo asesor Luces Sobre la Ciudad del Gobierno de la Ciudad de México. Ha participado en legislación de la contaminación lumínica en México.

✉ joshuamunoz@ciencias.unam.mx

Cómo citar

Ramos-García, C., Canet, C. y Muñoz Salazar, J. I. (2025). ‘Comunicación y apropiación social de la ciencia en el Geoparque Mundial de la UNESCO «Comarca Minera», Hidalgo (México)’. *JCOMAL* 08(01), A03. <https://doi.org/10.22323/3.08010203>.



© El autor o autores. Esta publicación está bajo los términos de la licencia Creative Commons [Atribución — NoComercial — SinDerivadas 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/). Todos los derechos de minería de texto y datos, entrenamiento de IA y tecnologías similares para fines comerciales están reservados.

ISSN 2611-9986. Publicado pro SISSA Medialab jcomal.sissa.it