

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN GEOGRAFÍA

EL PAISAJE COMO UNIDAD DE ANÁLISIS PARA CARACTERIZAR Y VALORAR
EL PATRIMONIO GEOLÓGICO Y SITIOS DE GEODIVERSIDAD DE INTERÉS
PARA EL GEOTURISMO EN EL DISTRITO MINERO DE TLALPUJAHUA-EL
ORO -DIMITO-.

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
DOCTORA EN GEOGRAFÍA

PRESENTA:
LAETICIA AZUCENA GARCÍA SÁNCHEZ

DIRECTOR DE TESIS
DR. JOSÉ LUIS PALACIO PRIETO
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

CIUDAD UNIVERSITARIA, Cd. Mx., septiembre de 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

“así como un árbol mantiene un registro de su crecimiento y su vida, la Tierra mantiene un registro de su pasado inscrito en la superficie terrestre y bajo ella, y en las rocas y los paisajes su historia puede ser leída e interpretada”

First Symposium on Earth Heritage Conservation, 1991.

Agradecimientos

A mi tutor el Dr. José Luis Palacio Prieto, gracias por compartir sus conocimientos, los cuales me han servido de herramienta para seguir con mi formación dentro de esta Ciencia tan maravillosa que es la Geografía.

A mis sinodales – Dra. Ilia Alvarado Sizzo, Dr. Pedro Corona Chávez, José Brilha, Dr. Lorenzo Vázquez Selem y Dr. Manuel Bollo, gracias por ser parte de este trabajo, por su tiempo, dedicaciones, observaciones y sugerencias, las cuales ayudaron enriquecer esta investigación y concluyera de forma profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología –CONACyT- gracias por el apoyo que me brindo para realizar mi formación doctoral en geografía, así como el apoyo de la beca mixta para realizar una estancia en la Univesidade do Minho, Portugal, la cual aporto bastante conocimiento para el desarrollo de esta investigación.

Al Instituto de Geografía, UNAM, gracias totales por darme la oportunidad de seguir con mi formación académica en sus instalaciones y por el apoyo de algunos de los investigadores que laboran en este.

Al Posgrado en Geografía, UNAM, muchas gracias por brindarme conocimiento y sabiduría de los profesores que me dieron clase, así como las herramientas y metodologías para concluir con mi investigación de tesis.

A mi AlmaMater –UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO-, amada universidad, muchas gracias por todo el apoyo que me brindaste para seguir con mi formación académica y educativa. Gracias por hacerme parte de esta extraordinaria comunidad estudiantil, pero sobre todo por brindarme las herramientas y valores necesarios para enfrentarme al mundo académico, Por esto y más, siempre te pondré en alto y llevaré en mi corazón.

A la Universidade do Minho – Campus Gualtar, Braga, Portugal, gracias por brindarme sus instalaciones, así como el conocimiento de sus investigadores y profesores para seguir con mi formación académica.

A los museos de Minas y Dos Estrellas, gracias por la información brindada para enriquecer esta investigación, así como por prestar sus instalaciones para desarrollar diversas actividades de trabajo participativo.

A todas las personas queridas del Distrito Minero de Tlalpujahuá-El Oro –Azu, Normis, El Profe, Carlos, Pao, Edith, Bricio, Grupo de Senderismo El Oro, JOMU-Permacultura, Christian – que proporcionaron datos biofísicos y culturales valiosos para esta investigación y participaron activamente en los talleres de geodiversidad, muchísimas gracias.

Pedro Corona Chávez, te estoy infinitamente agradecida por compartir todo tu conocimiento, apoyo y compromiso en esta tesis y más, eres la persona más importante para que todo fluyera. ¡Te quiero montones!

Querida Iliá Alvarado Sizzo, muchísimas gracias por todo, no me alcanzan las palabras para describir tu compromiso conmigo. ¡Te admiro!

Dr. José Brilha, gracias a usted descubrí mi pasión por la geoconservación y todo lo que conlleva. ¡Es mi hit y rock star de la geoconservación!

A la danza área, por haberme dado inspiración, pasión, entusiasmo, amor y disciplina para concluir con esta etapa académica y vivirla intensamente.

Dedicatorias y Agradecimientos

A mi familia y amigos

A mis padres Javier y Natalia, les dedico esta tesis por todo su amor y apoyo que me brindaron. Ustedes han sido un pilar fundamental para mi formación personal y profesional, los amo.

A mi hermano Javier, mi cuñada Liz y a la pequeña Mariana. Se les agradece el interés y entusiasmo que han mostrado en cada logro académico que he tenido. Además, de apoyarme en trabajo de campo, que por cierto, nos la pasamos muy bien. ¡Gracias!

A mi tío Arturo García, gracias por insertarme al mundo de la geografía y eres una gran referente para mí.

Mis queridos geólogos, Nela, Thais, Pris, José, Mannu y Panchito, gracias por todo su apoyo y cariño que me han brindado en este camino. Doy gracias por haberlos encontrado en el momento y lugar justo.

Alex y Dany, mis dos geógrafos, amigos y hermanos, gracias por estar siempre a mi lado. ¡Los amo!

Jazz, Lotus y Psycho, gracias por existir y seguirme en este camino. ¡Los amo eternamente!

Roberto A. A., chegaches nunha perfecta moeda. ¡Grazas!

¡GRACIAS, TOTALES!

“Por mi raza hablará el espíritu”

**EL PAISAJE COMO UNIDAD DE ANÁLISIS PARA
CARACTERIZAR Y VALORAR EL PATRIMONIO
GEOLÓGICO Y SITIOS DE GEODIVERSIDAD DE INTERÉS
PARA EL GEOTURISMO EN EL DISTRITO MINERO DE
TLALPUJAHUA-EL ORO -DIMITO-.**



ÍNDICE	Pág.
Resumen	
Abstract	
Resumo	
Introducción	1
Antecedentes	2
Justificación	5
Hipótesis	6
Objetivo general	7
Objetivos específicos	7
Estructura de la investigación	7
Capítulo 1. Conceptos generales	10
1.1. El concepto Geodiversidad	11
1.2. Geoturismo y geoconservación como estrategias de conservación	14
1.3. Patrimonio geológico y sitios de geodiversidad	19
1.3.1. Inventario del patrimonio geológico (geositios) y sitios de geodiversidad	22
1.4. El paisaje	23
1.5. El paisaje como unidad de análisis territorial	28
1.5.1. Los geositios como recursos geoturísticos del paisaje	32
Capítulo 2. Localización y marco geográfico-histórico del Distrito Minero de Talpujahuá-El Oro	37
2.1. Localización geográfica	38
2.2. Aspectos biofísicos generales	39
2.3. Aspectos socioeconómicos actuales	41
2.4. Caracterización geológica	44
2.4.1. Geología estructural	51

2.4.2. Depósitos minerales	52
2.4.3. Jales	53
2.5. Breve historia del Distrito Minero de Tlalpujahuá-El Oro.	54
Capítulo 3. Métodos y materiales	66
3.1. Tipología y cartografía de los paisajes	67
3.1.1. Cartografía geomorfológica	67
3.1.2. Cartografía morfométrica	69
3.1.3. Cartografía de las cubiertas del suelo	69
3.2. Diseño de la valoración del patrimonio geológico y sitios de geodiversidad	71
3.2.1. Temática del sitio	71
3.2.2. Categorías de análisis	72
3.2.3. Dimensión espacial	72
3.2.4. Uso	72
3.2.5. Criterios de análisis	74
3.2.6. Trabajo participativo con expertos en el tema	78
3.2.7. Inventario del patrimonio geológico y sitios de geodiversidad	81
Capítulo 4. Resultados	83
A. El paisaje actual del Distrito Minero de Tlalpujahuá- El Oro	84
4.1. Atributos morfométricos	84
4.2. Unidades del relieve	91
4.2.1. Relieve endógeno	94
4.2.2. Relieve exógeno	94
4.3. Categorización de las cubiertas del suelo	95
4.4. Patrón actual del paisaje	100
4.4.1 Geosistema de Laderas	104
4.4.2. Geosistema de Planicies	110

4.4.3. Geosistemas de Valles	113
B. Caracterización y valoración del patrimonio geológico (geositios) y sitios de geodiversidad	118
C. Distribución del patrimonio geológico (geositios) y sitios de geodiversidad en el paisaje	136
Capítulo 5. Discusión	145
Conclusiones	151
Bibliografía	153
Anexos	174
I. Inventario del patrimonio geológico y sitios de geodiversidad	175

RESUMEN

En México, el paisaje geográfico es cada vez más utilizado como referencia en estudios de carácter científico, para diagnosticar las condiciones del espacio geográfico. La noción de paisaje integra todos los componentes del ambiente y sintetiza toda la información y las relaciones que existen entre los mismos. Esta investigación representa una de las primeras aplicaciones del paisaje geográfico como parte de un método innovador para identificar, valorar y caracterizar el patrimonio geológico y sitios de geodiversidad en México. Se retoman elementos de valoración geológica de distintos métodos propuestos (Bruschi, 2007; Viñals *et al.*, 2011; García-Sánchez, 2015; Brilha, 2016), con la finalidad de crear un método integrador y con una perspectiva geográfica.

El área que se seleccionó para aplicar dicho método es el Distrito Minero de Tlalpujahua – El Oro, el cual abarca una superficie de 329 km². Se localiza en la parte central y NW del Sistema Volcánico Transversal teniendo superficies de relieve escarpadas y rangos altitudinales que oscilan entre los 2500 a 3200 msnm. El interés por estudiar esta área radica en que es un territorio con alta diversidad geológica, biológica y cultural cualidades que están asociadas con el uso histórico de ocupación minera de importancia mundial, particularmente durante los siglos XVIII y XX.

En el área se reconocieron 80 unidades de paisaje elemental, las cuales reflejan la diversidad de ambientes naturales, culturales, sociales y económicos del territorio. El método propuesto para valorar sitios de patrimonio geológico y de geodiversidad, permitió discriminar objetivamente criterios e indicadores que reflejan las condiciones de cada sitio. Se identificaron 21 sitios potenciales de patrimonio geológico y sitios de geodiversidad. De acuerdo a los resultados de la valoración, solo 15 sitios de los 21 alcanzaron el puntaje

para ser susceptibles de uso; tres de ellos son exclusivos para el usos científico y educativo, otros tres para el uso geoturístico y nueve comparten ambos usos. Entre los criterios considerados en la valoración de los sitios destaca la visibilidad, el cual alcanzó un 11% en la escala de ponderación. Por otra parte, el criterio que mejor se correlacionó con los sitios fue el potencial interpretativo, asociado a una mayor cantidad de sitios de interés geológico y geomorfológico que permiten la interpretación de la historia, evolución y dinámica geológica y geomorfológica del territorio. Se concluye que el paisaje es una buena herramienta para caracterizar y valorar el patrimonio geológico y sitios de geodiversidad y se argumenta sobre el geoturismo como estrategia para geoconservar las características biofísicas y culturales en el territorio.

Palabras clave: Paisaje, patrimonio geológico, sitios de geodiversidad, geoturismo, valoración

ABSTRACT

In Mexico, the geographical landscape is increasingly used as a reference in studies of a scientific nature, to diagnose the conditions of the geographical space. The notion of landscape integrates all components of the environment and synthesizes all the information and relationships that exist between them. This research represents one of the first applications of the geographical landscape as part of an innovative method to identify, assess and characterize the geological heritage and geodiversity sites in Mexico. Elements of geological evaluation of different proposed methods are retaken (Bruschi, 2007; Viñals *et al.*, 2011; García-Sánchez, 2015; Brilha, 2016), with the purpose of creating an integrative method with a geographical perspective.

The area that was selected to apply this method is the Tlalpujahuá - El Oro Mining District, which covers an area of 329 km². It is located in the central and NW part of the Transversal Volcanic System having steep relief surfaces and altitudinal ranges ranging from 2500 to 3200 meters above sea level. The interest in studying this area is that it is a territory with high geological, biological and cultural diversity qualities that are associated with the historical use of mining occupation of world importance, particularly during the 18th and 20th centuries.

In the area 80 units of elementary landscape were recognized, which reflect the diversity of natural, cultural, social and economic environments of the territory. The proposed method to assess geological heritage sites and geodiversity, allowed objectively discriminate criteria and indicators that reflect the conditions of each site. 21 potential geological heritage sites and geodiversity sites were identified. According to the results of the assessment, only 15 sites out of 21 reached the score to be susceptible to use; three of them are exclusive for scientific and educational uses, another three for geotouristic use and nine share both uses. Among the criteria considered in the evaluation of the sites, visibility stands out, which reached 11% in the weighting scale. On the other hand, the criterion that best correlated with the sites was the interpretative potential, associated with a greater number of sites of geological and geomorphological interest that allow the interpretation of the history, evolution and geological and geomorphological dynamics of the territory. It is concluded that the landscape is a good tool to characterize and value the geological heritage and geodiversity sites and it is argued about geotourism as a strategy to geoconserve the biophysical and cultural characteristics in the territory.

Keywords: Landscape, geological heritage, geodiversity sites, geotourism, valuation

RESUMO

No México, a paisagem geográfica é cada vez mais utilizada como referência em estudos de natureza científica, para diagnosticar as condições do espaço geográfico. A noção de paisagem integra todos os componentes do ambiente e sintetiza todas as informações e relações que existem entre eles. Esta pesquisa representa uma das primeiras aplicações da paisagem geográfica como parte de um método inovador para identificar, avaliar e caracterizar o patrimônio geológico e os locais de geodiversidade no México. Elementos da avaliação geológica dos diferentes métodos propostos são retomados (Bruschi, 2007; Viñals *et al.*, 2011; García-Sánchez, 2015; Brilha, 2016), com o objetivo de criar um método integrador com uma perspectiva geográfica.

A área selecionada para aplicar esse método é o Distrito Mineiro de Tlalpujahua - El Oro, que cobre uma área de 329 km². Ele está localizado na parte central e noroeste do Sistema Vulcânico Transversal, com superfícies de relevo íngremes e faixas altitudinais que variam de 2500 a 3200 metros acima do nível do mar. O interesse em estudar esta área é que é um território com alta qualidade geológica, biológica e cultural, associado ao uso histórico da ocupação mineira de importância mundial, principalmente nos séculos XVIII e XX.

Na área foram reconhecidas 80 unidades de paisagem elementar, que refletem a diversidade de ambientes naturais, culturais, sociais e econômicos do território. O método proposto para avaliar sítios geográficos e geodiversidade permitiu a discriminação objetiva de critérios e indicadores que refletem as condições de cada local. Foram identificados 21 locais potenciais de patrimônio geológico e locais de geodiversidade. De acordo com os resultados da avaliação, apenas 15 dos 21 locais atingiram a pontuação de suscetibilidade ao uso; três deles são exclusivos para usos científicos e educacionais,

outros três para uso geoturístico e nove compartilham os dois usos. Entre os critérios considerados na avaliação dos sites, destaca-se a visibilidade, que atingiu 11% na escala de ponderação. Por outro lado, o critério que melhor se correlacionou com os locais foi o potencial interpretativo, associado a um maior número de locais de interesse geológico e geomorfológico que permitem a interpretação da história, evolução e dinâmica geológica e geomorfológica do território. Conclui-se que a paisagem é uma boa ferramenta para caracterizar e valorizar o patrimônio geológico e os locais de geodiversidade e é discutido o geoturismo como uma estratégia para preservar geograficamente as características biofísicas e culturais do território.

Palavras-chave: Paisagem, patrimônio geológico, geodiversidade, geoturismo, valoração

INTRODUCCIÓN



Introducción

Antecedentes

El geoturismo es una modalidad de turismo sostenible enfocada en la oferta y demanda de productos y servicios que promueve el conocimiento de las ciencias de la Tierra, la educación y la cultura en un territorio (Newsome y Dowling, 2018).

El geoturismo tiene dos vertientes conceptuales, una surgida en la geología y otra en la geografía. La primera se refiere a difundir la conservación y valoración de los rasgos y la comprensión de los procesos geológicos y geomorfológicos asociados (Hose, 1999; Dowling y Newsome, 2006); la segunda se enfoca en promover y expresar la integración de todos los componentes del ambiente, incluyendo los de carácter social, destacando la relación con los atributos geológicos y geomorfológicos (Stueve *et al.*, 2002; NGS, 2007). Estos conceptos constituyen algunas de las base para el establecimiento de una estrategia de conservación de la geodiversidad (Neches y Erdeli, 2015), que, en principio, puede definirse como la diversidad de los componentes abióticos que conforman los ecosistemas y que incluyen a las rocas, minerales, fósiles, suelos, formas del relieve y procesos asociados con su formación.

Los rasgos geológicos y geomorfológicos que destacan por su importancia, ya sea científica o educativa, se conocen como geositos y geomorfositos, respectivamente y forman parte del patrimonio geológico. El patrimonio geológico se puede definir como el conjunto de rasgos y procesos geológicos y geomorfológicos de alto valor científico, que permiten reconocer el origen, evolución y dinámica del planeta Tierra o de una porción de él (Hose, 1999; Gray, 2004; Dowling y Newsome, 2006; Gray, 2013; Palacio *et al.*, 2016). De acuerdo a Brilha *et al.* (2018), el término geositio debe aplicarse solamente a rasgos con valor científico; sin embargo, estos rasgos pueden también poseer otro tipo de valores

principales, sean de carácter estético, cultural, económico o ecológico, que este autor denomina como sitios de geodiversidad y que al igual que los geositos, son dignos de ser promovidos y conservados. Tanto los geositos como los sitios de geodiversidad, entonces, son insumos básicos para el desarrollo de actividades geoturísticas.

Existen diversas propuestas metodológicas para identificar, valorar y conservar los valores de la geodiversidad (diversidad geológica y geomorfológica; Vargas, 2018). Dichas metodologías han sido propuestas por la UNESCO, la IUGS (International Union of Geological Sciences) el GGWG (Global Geosites Working Group) y ProGeo (European Association for the Conservation of the Geological Heritage; Palacio, 2015), organismos que han estado involucrados en el tema desde finales del siglo pasado. Además, autores como Bruschi (2007), Martínez (2010), Brilha (2015; 2018) entre muchos otros, han utilizado métodos cuantitativos y cualitativos para la identificación, valoración y conservación de la geodiversidad. La mayor parte de estas metodologías se basan fundamentalmente en el componente geológico, representado por geositos y geomorfositos.

Por otro lado, el paisaje es de interés metodológico como unidad de análisis para el diagnóstico del medio ambiente, bajo un enfoque científico e integral, ya que sus componentes (biofísicos y culturales) confluyen y se expresan en un marco dinámico e interactivo, incluyendo a todos los elementos del sistema ambiental, que al interactuar unos con otros, hacen del paisaje un ente indisoluble (Bertrand, 1968; Muñoz, 1998; García-Romero y Muñoz, 2002; Cruz, 2017).

Así, el paisaje constituye una base tipológica y cartográfica con un grado de discriminación de las unidades ambientales que resulta adecuado para caracterizar, analizar, diagnosticar y valorar el territorio, los factores que le dan origen y explican sus cualidades como atractivo para el turismo, así como de los procesos de cambio

relacionados con las actuales dinámicas económicas, sociales, culturales y ambientales (Observatorio del Paisaje de Cataluña, 2013).

Los alcances del paisaje dependen de la escala de interpretación, la cual controla no sólo los prototipos y distribución de los componentes ambientales, sino las relaciones de interdependencia entre ellos (García-Romero, 2002; García-Sánchez, 2011; García-Sánchez, 2015). Las distintas escuelas de paisaje utilizan “sistemas taxonómico-corológicos de clasificación”, los cuales son instrumentos que permiten relacionar los contenidos ambientales de distinto nivel espacio-temporal, así como establecer las relaciones espaciales que convergen entre los paisajes de un mismo territorio a distintas escalas. En geografía física se utilizan dos niveles de análisis e integración ambiental: el geosistema y el paisaje ambiental (García-Sánchez, 2015), los cuales se diferencian por su escala dimensional y por el peso relativo de los componentes.

El paisaje también es considerado un instrumento que facilita la conexión entre los ámbitos biofísicos y culturales, aspecto de gran trascendencia para la planeación y ordenamiento territorial (Nogué y Salas, 2008) y más recientemente para la actividad turística (Gómez-Alzate, 2010). Por tal motivo es de interés su estudio en diversas áreas del conocimiento académico (social, cultural, ecológico, etc.) y en la toma de decisiones tanto públicas como privadas.

El paisaje ha sido utilizado como unidad o herramienta de análisis para estudios relacionados con el turismo (Bollo *et al.*, 2010; Hernández *et al.*, 2010). Investigaciones recientes identifican el potencial turístico de unidades de paisaje elemental a partir de su caracterización, evaluación y valoración como recurso (Cruz, 2017; Gutiérrez, 2018). Sin embargo, poco se ha profundizado en la coyuntura entre paisaje y geoturismo. Existen algunos trabajos de geoturismo donde se integra al paisaje como un elemento de atracción y no como unidad de análisis para impulsar, implementar y gestionar el

desarrollo social. Tal es el caso de Barrasa (2007; 2013), cuyos estudios se centran en la valoración visual y estética de los paisajes a partir de la preferencia y la percepción de la población. Otro caso es Schwarz (2017), el cual centra su estudio en destacar los valores estéticos del paisaje geomorfológico basados en la preferencia del geoturista y la existencia de elementos representativos de la geodiversidad.

Justificación

En el campo de las Ciencias de la Tierra existe un reciente interés en el desarrollo de temas relacionados con la geodiversidad, la geoconservación y el geoturismo. Sin embargo, a escala global se presenta una fuerte necesidad de producir, ampliar y perfeccionar las bases teóricas y metodológicas para el análisis, diagnóstico, valoración y gestión de aquellos rasgos geológicos y geomorfológicos, que sean dignos de conservar y procurar (Carcavilla, 2006; Partarrieu, 2013).

La situación anterior explica el surgimiento, desde hace un par de décadas en varios países del mundo, y más recientemente en México, de iniciativas que se han centrado en la promoción y valoración de los geositios y geomorfositos (Palacio, 2015). Tal es el caso de la propuesta metodológica de Palacio (2015), la cual se encamina a la valoración de geositios y geomorfositos identificados en diversas Áreas Naturales Protegidas (ANP) de México, a partir de criterios ligados al valor científico, valor de uso, valores adicionales y valor de diversidad geomorfológica.

En México, sin embargo, son aún escasos los estudios de paisaje como referente metodológico para trabajos de corte geoturístico y la valoración de la geodiversidad y el patrimonio geológico, así como el conocimiento aplicado para interpretar, valorar, preservar, diagnosticar, resolver, etc., problemáticas de tipo ambiental, sociocultural, y económico que atañan a la actividad geoturística dentro del territorio. Desde la

perspectiva científica es necesario determinar si un territorio tiene la capacidad de sustentar la actividad geoturística. Desde el punto de vista social es preciso establecer si la dinámica poblacional, económica y cultural es la idónea para activar o implementar el geoturismo en el entorno, ya que el factor social, por lo general, es el detonante para insertar actividades económicas. De las metodologías para gestionar el geoturismo, identificar y valorar el patrimonio geológico y sitios de geodiversidad utilizadas en geografía, el paisaje es el único referente que permite el reconocimiento y diagnóstico integral del territorio, debido que el paisaje es una síntesis del sistema ambiental (Bertrand, 1968; García-Romero, 2004), el cual hace una simbiosis entre naturaleza y sociedad (Santos, 1996; Szek, 2012).

Por tal motivo, en este trabajo se contempla al paisaje como unidad de referencia para la identificación y valoración de los componentes de la geodiversidad y el patrimonio geológico para promover no solo la geología, sino los demás elementos del paisaje, incluidos los de carácter cultural y así contribuir al desarrollo de la actividad geoturística en el área de estudio y apoyar en su proceso económico.

El área de estudio corresponde al Distrito Minero de Tlalpujahuá-El Oro (DIMITO). El interés por estudiar esta área radica en que es un espacio con alta geodiversidad, biodiversidad y cultura, las cuales están asociadas con el uso histórico de ocupación, debido a que fue un área de explotación minera de importancia mundial durante los siglos XVIII y XX (Grothe y Salazar, 1910; Bernstein, 1964; Rosenweig, 1965).

Hipótesis

Las unidades paisajísticas constituyen un marco contextual adecuado para identificar y valorar los sitios de interés geológico y geomorfológico con fines geoturísticos. Dadas las características geológicas, geomorfológicas y antrópicas del Distrito Minero de

Tlalpujahua-El Oro se espera *a priori* identificar paisajes con alta geodiversidad e importancia científica/educativa y geoturística, asociados a los procesos naturales, usos, y costumbres del territorio. De acuerdo con las características biofísicas y culturales intrínsecas del área, el geoturismo representa un alto potencial en los paisajes con mayor accesibilidad.

Objetivo general

Desarrollar, aplicar y discutir un método para identificar, caracterizar y valorar el patrimonio geológico y sitios de geodiversidad de interés para el geoturismo a partir de unidades de paisaje.

Objetivos específicos

- Analizar la distribución espacial y estado actual de los paisajes en el DIMITO;
- Establecer la relación entre el paisaje y la geodiversidad;
- Identificar los elementos de la geodiversidad que sean de importancia científica/educativa y geoturística en las diferentes unidades de paisaje a partir de un inventario;
- Diseñar y aplicar criterios e indicadores relacionados al paisaje y a la geodiversidad con la finalidad de identificar el patrimonio geológico y sitios de geodiversidad y
- Analizar la distribución espacial del patrimonio geológico y sitios de geodiversidad dentro del paisaje y establecer rutas geoturísticas.

Estructura de la investigación

Este trabajo está conformado por cinco capítulos y un apartado de conclusiones.

El primer capítulo aborda los conceptos de referencia del estudio, que incluyen a los paisajes y la diversidad geológica, es decir, se expone el marco teórico con las bases conceptuales, las distintas posturas y las diversas aplicaciones en la geografía sobre el geoturismo y geoconservación y la relación que tienen con el paisaje y viceversa. El segundo capítulo se refiere a las características biofísicas y culturales más sobresalientes del Distrito Minero de Tlalpujahua – El Oro, así como un análisis detallado de su geología y la importancia de la minería en la conformación del territorio.

El tercer capítulo se centra en la presentación detallada del método y materiales que se emplearon para el diagnóstico del paisaje e identificación, caracterización y valoración de los sitios potenciales a ser patrimonio geológico y sitios de geodiversidad que son de interés para el geoturismo. En el cuarto capítulo se presentan los resultados obtenidos a partir de la aplicación del método y materiales. Este cuarto comprende tres temas: 1) el paisaje actual del Distrito Minero de Tlalpujahua – El Oro, 2) caracterización y valoración del patrimonio geológico y sitios de geodiversidad y 3) distribución del patrimonio geológico y sitios de geodiversidad en el paisaje. En el primer tema se expone la descripción y diagnóstico de la diversidad paisajística del DIMITO. El segundo tema se centra en la identificación y el estudio detallado de los sitios potenciales a ser patrimonio geológico y sitios de geodiversidad del DIMITO. Por último, el tercer tema se enfoca en el análisis detallado de la distribución espacial y temporal del patrimonio geológico y sitios de geodiversidad en el paisaje del DIMITO.

En el quinto capítulo se expone la discusión de la metodología propuesta y los resultados adquiridos durante el proceso. Para finalizar, se exponen las conclusiones a las cuales se llegó durante todo el proceso de la investigación, las cuales reflejan las experiencias que se adquirieron durante el estudio, así como una crítica del método aplicado. Además, se

hace una reflexión sobre los principios, alcances y limitantes obtenidas, así como los aportes más significativos del presente trabajo.

Capítulo 1. Conceptos generales



Capítulo 1. Conceptos generales

1.1. El concepto de Geodiversidad

El concepto de geodiversidad es análogo al concepto de biodiversidad. Sin embargo, son dos conceptos que representan elementos muy distintos del ambiente. La biodiversidad se refiere a la variedad de elementos bióticos o formas de vida en la Tierra (Serrano y Ruiz, 2007; Sánchez-Cortez, 2013), es decir, es la diversidad de especies de plantas, animales, hongos y microorganismos que habitan un determinado espacio, además, incluye los procesos ecológicos y evolutivos que se dan a escala de genes, especies, ecosistemas y paisajes (UNESCO, 2017). Durante la celebración de la Cumbre de Río de Janeiro en 1992, se desata un hito muy importante en la difusión y manejo del término biodiversidad, y se establece el punto de partida para el desarrollo de metodologías, lo cual refleja los sólidos cimientos de sus bases teóricas y se manifiesta en la actualidad con los numerosos procedimientos para su estudio (Serrano y Ruiz, 2007).

A mediados del siglo pasado el geógrafo argentino Federico Alberto Daus, utilizó el concepto de geodiversidad para designar la variedad de paisajes culturales de la superficie terrestre (Serrano y Ruiz, 2007). El concepto de geodiversidad adoptado por Daus se refiere a un concepto integrador, un concepto geográfico, en el cual convergen tanto los elementos biofísicos y antrópicos de un territorio. Sin embargo, en las últimas tres décadas el término geodiversidad cobra otro sentido, un sentido orientado a los elementos abióticos (elementos físicos) dentro de la comunidad científica de las ciencias de la Tierra, y surge como análogo del de biodiversidad en 1991 durante una reunión internacional de geoconservación (Burek y Potter, 2002; Carcavilla, 2006; Bruschi, 2007), a partir de dicha reunión y de la Cumbre de Río de Janeiro (1992) se ha utilizado con más frecuencia dentro de la ciencia y la academia (Carvavilla, 2006; Gray, 2013; 2018).

Por otra parte, el concepto geodiversidad es, desde el punto de vista de los geólogos, una abreviación de diversidad geológica (Vargas, 2018), el cual se introdujo a las ciencias de la Tierra poco después de la Cumbre de Río de 1992 (Brilha *et al.*, 2018); desde entonces el término ha sido usado y aceptado internacionalmente por los geocientíficos (Gray, 2013; 2018; Zwolinski *et al.*, 2018). Ejemplo de la utilización y aplicación del concepto geodiversidad para referirse a elementos geológico y geomorfológico se observa en la descripción y tipología de las formas del relieve glacial y costero australiano (Kiernan, 1996; 1997). Además, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (International Union for Conservation of Nature - IUCN) a través del grupo *Geoheritage Specialist*, brinda asesoramiento especializado en la geodiversidad y en temas relacionados con ella (Brilha *et al.*, 2018; Gray, 2018).

De acuerdo con lo anterior, se elaboró una revisión de las distintas posturas de las definiciones del concepto geodiversidad a través de las últimas tres décadas (Figura 1).

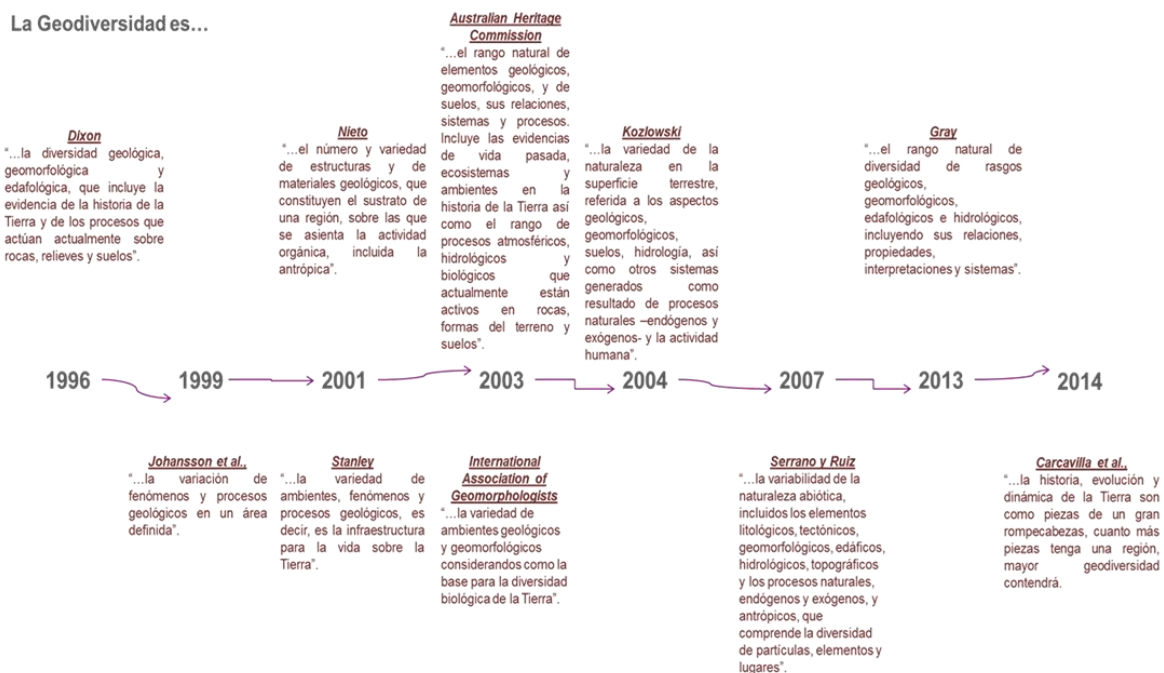


Figura 1. Dinámica del concepto Geodiversidad.

Se puede observar que a partir de la mitad de la década del 90 el término geodiversidad tiene una concepción meramente geológica, al considerar solo la variación de materiales, formas y procesos geológicos y geomorfológicos del planeta Tierra. En cambio, para los primeros años del 2000 el concepto geodiversidad además de incluir variaciones, formas y procesos geológicos, incluye a otros elementos como los de origen biológico (fósiles, procesos antrópicos, etc.) los cuales junto con los de carácter geológico muestran la dinámica, evolución e historia del planeta Tierra. Más recientemente, el término geodiversidad se concibe como un concepto que integra a los componentes del ambiente abiótico y su relación con los otros componentes del sistema ambiental, como los bióticos. Es muy claro que la base del concepto geodiversidad hace énfasis en los elementos y componentes geológicos y geomorfológicos, ya que por su naturaleza se refiere a la diversidad geológica del planeta. Sin embargo, a través de los años al concepto geodiversidad se le han añadido otros elementos del sistema ambiental, aparentemente para hacerlo aún más integrador y entender, así como demostrar la evolución del planeta Tierra.

La evaluación de la geodiversidad ha sido abordada por diversos autores. Carcavilla *et al.* (2015), plantea dicha evaluación a partir de la medición partiendo de indicadores cuantitativos basados en el cálculo del número y variedad de elementos geológicos *in situ* mediante el uso de la geoestadística. Dicha evaluación se ha aplicado para algunos sitios de interés geológico en España y en la frontera de España y Francia, los cuales hacen parte de la evaluación de la geodiversidad (Vegas *et al.*, 2015). Zwolinski *et al.*, (2018) expone un estado del arte sobre las técnicas y métodos cuantitativos y cualitativos para evaluar la geodiversidad.

1.2. Geoturismo y geoconservación como estrategias de conservación

El turismo se refiere a “las actividades que realizan las personas durante sus viajes y estancias en lugares distintos al de su entorno habitual, por un periodo de tiempo consecutivo inferior a un año” (Sancho *et al.*, 1998), ya sea con fines de recreación, descanso, aventura, cultural, etc., y puede o no tener una trascendencia en el individuo (OMT, 1998; Marujo y Santos, 2012; Urra, 2013). El turismo es una actividad que produce empleos y ganancias para los actores involucrados, pero también existe un abanico de aspectos negativos relacionados con el: deterioro ambiental, deterioro cultural y desigualdades socioeconómicas en los territorios receptores (Higging-Desboilles, 2006; Williams, 2009).

El turismo puede ser una actividad que impulse la conservación (García-Sánchez, 2015), pero también puede ser una causa de impacto negativo sobre el paisaje (Wall, 2003) como la deforestación, destrucción o modificación de ecosistemas y de la geodiversidad, genera grandes cantidades de basura, etc. (Semarnat, 2006). A raíz de esto, surge el concepto de turismo sustentable, el cual se enfoca en la gestión de los recursos (naturales y humanos) de tal forma, que las necesidades socioeconómicas y estéticas satisfagan al consumidor (CCA, 1999) sin dejar de conservar la integridad de la geodiversidad, biodiversidad y cultura local.

El geoturismo es un concepto relativamente nuevo y este ha sido definido por varios autores (Figura 2); sin embargo, no es hasta el Congreso Internacional de Geoturismo, celebrado en Arouca, Portugal en 2011, donde se define al geoturismo bajo una óptica más integradora (Figura 2), con el consenso de un grupo integrado tanto por geólogos como por geógrafos. En cuanto a la población local y los visitantes deben estar involucrados de un modo eficaz para su desarrollo, contribuyendo a construir una identidad local y a valorar su territorio. Así es como se busca una integridad del territorio y

sus habitantes con el medio ambiente, de justicia social y desarrollo económico sostenible (Declaración de Arouca, 2011).

Geoturismo

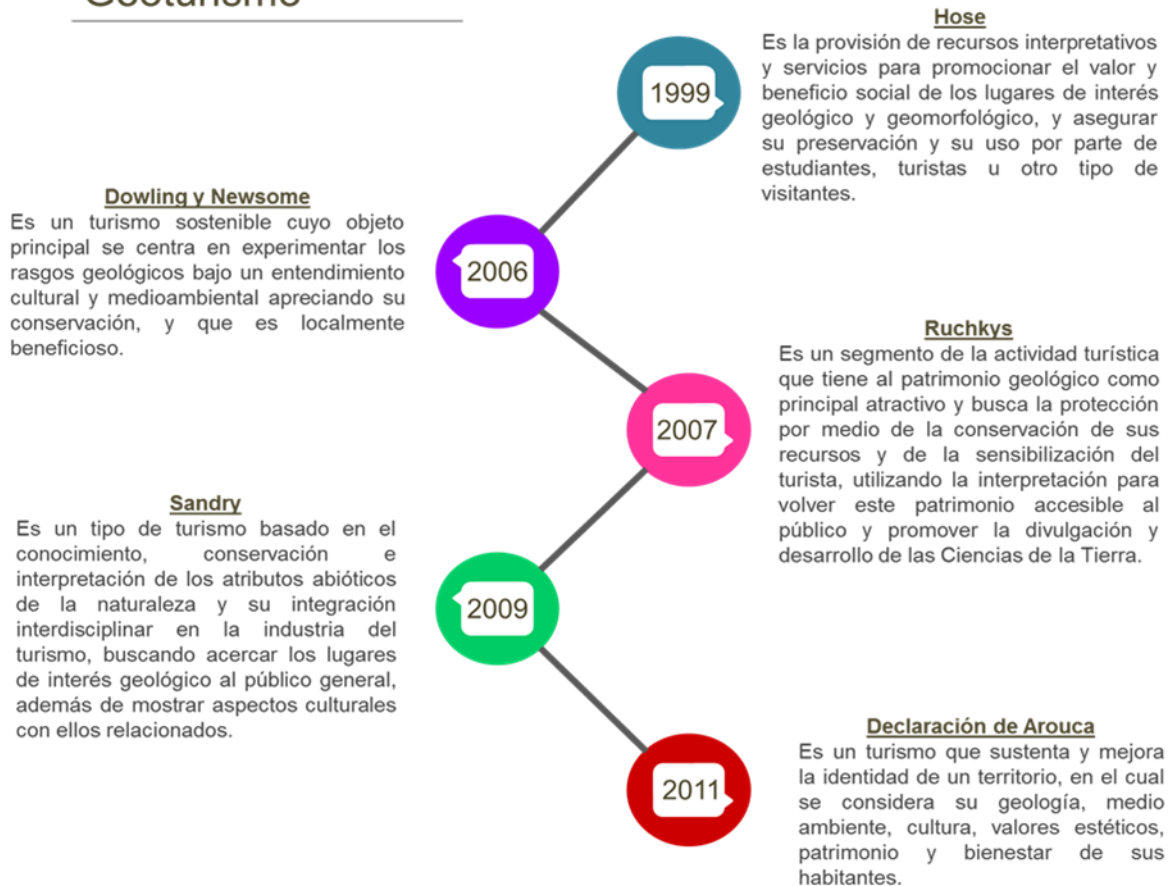


Figura 2. Evolución del concepto geoturismo en las últimas dos décadas.

Los conceptos referidos en la figura 2, manifiestan que el geoturismo es una estrategia para la conservación de la geodiversidad y del patrimonio geológico. La idea base es promover la educación de las ciencias de la Tierra, mediante un enfoque de sustentabilidad (Martínez, 2010). El geoturismo debe considerar todos los elementos del medio biofísico y antrópicos del lugar, así como garantizar el beneficio de la población local, encargada de proteger “aquello que atrae a un turista a su territorio” (Partarrieu, 2013).

Dowling (2011) propone tres principios para el geoturismo: 1) se debe basar en la geodiversidad de una región, donde se resalten las características y procesos geológicos y geomorfológicos del territorio, 2) debe ser económicamente viable para la población local y fomentar la geoconservación y 3) debe promover la educación (geoeducación), de las Ciencias de la Tierra y la cultura de la localidad, esto a partir de la interpretación. Dichos principios, son la base de los objetivos deseables del geoturismo, los cuales se enfocan en conservar el medio ambiente, promover la ciencia y educación de la ciencias de la Tierra y su relación con la sociedad, así como promocionar el desarrollo socioeconómico local (Solís, 2015).

Por otra parte, desde el siglo pasado se ha hecho énfasis en conservar el medio ambiente desde la perspectiva de la ecología, donde se brinda conservación y protección a los elementos bióticos (flora y fauna en específico) del medio, es decir, implementar medidas para mantener y rehabilitar los ecosistemas y hábitats naturales. Sin embargo, Brilha (2002) se plantea la incógnita: *“¿Será que, solamente la biodiversidad necesita medidas de conservación?, pues, es la biodiversidad más difundida y divulgada que la geodiversidad, por tanto, ha generado mayor interés, y a su vez, más planes de acción”*. Por tal motivo, surge la geoconservación como plan emergente a la protección de los elementos y rasgos del medio abiótico, con especial atención a los rasgos geológicos y geomorfológicos.

De acuerdo a Sharples (1995), la geoconservación se refiere a “la conservación de la geodiversidad por sus valores intrínsecos, ecológicos y (geo) culturales”. Villalobos (2001) y Braga (2002), definen a la geoconservación como “la corriente del pensamiento que aboga por poner en práctica políticas activas de conservación del patrimonio geológico y de la geodiversidad”. Para Carcavilla (2006), la geoconservación es “el conjunto de técnicas y medidas encaminadas a asegurar la conservación (incluyendo la rehabilitación)

del patrimonio geológico y de la geodiversidad, basada en el análisis de sus valores intrínsecos, su vulnerabilidad y en el riesgo de degradación”.

El concepto de la geoconservación ha adquirido un mayor peso en años recientes y se refiere al conjunto de acciones, técnicas y medidas destinadas a asegurar la conservación, la restauración y el monitoreo del patrimonio geológico y sitios de geodiversidad, de acuerdo al análisis de sus valores, de su vulnerabilidad y de su riesgo de degradación (Brilha, 2002; Brochx y Semeniuk, 2007; Carcavilla *et al.*, 2007; Henriques *et al.*, 2011; García-Ortiz *et al.*, 2014; Fuentes-Gutiérrez *et al.*, 2016 en Vargas 2018).

Cabe mencionar que la geoconservación no solo se refiere a conservar, proteger y/o rehabilitar determinados elementos geológicos y geomorfológicos, sino que involucra también el prevenir, evitar, corregir o minimizar las alteraciones que puedan provocar las actividades humanas, así como el estar sujetos a la acción de algún proceso natural (geológico, meteorológico, etc.) activo, mantener el ritmo natural de los procesos (acumulativos – erosivos) y permitir su evolución (Carcavilla *et al.*, 2014). Además, es posible garantizar el uso de estos recursos no renovables, ya sea para fines científicos y educativos, para la divulgación de las geociencias y para el disfrute de la sociedad en general (Wimbledon y Smith-Meyer, 2012).

Adicional a lo anterior, la geoconservación se enfoca en buscar y proponer medidas estratégicas para la conservación y gestión de la geodiversidad (incluyendo al patrimonio geológico), ya que los rasgos geológicos y geomorfológicos no son renovables y requieren mayor atención para su protección. Para que se aplique una buena gestión en materia de geoconservación, el trabajo tiene que ser multidisciplinario, es decir, se tiene que tomar en cuenta otras áreas de las ciencias ambientales, así como considerar la parte

legal, la planificación y el ordenamiento territorial e incluso la economía y la sociología (Carcavilla, 2006; Carcavilla *et al.*, 2014).

En la última década a nivel internacional, surge la necesidad e interés de proteger y gestionar adecuadamente la geodiversidad de la Tierra (Bruschi, 2007), principalmente dentro de la comunidad científica y en menor porción por el gremio político. Sin embargo, la geoconservación no solo depende de estos dos actores, sino de toda la población, ya sea de manera individual o colectiva, es decir, los ciudadanos tendrían que hacer conciencia en conservar el ambiente a partir de una buena educación, respeto y sensibilización (Carcavilla, 2006).

Por lo tanto, los objetivos primordiales de la geoconservación según Pemberton (2007), se enfocan en buscar mayor atención por parte de los expertos en el tema y de la sociedad en general, que se le atribuya un valor científico a la geodiversidad (con especial atención al patrimonio geológico), ya que existe una estrecha relación con los procesos y dinámicas de la evolución de la Tierra; y por último conservar la parte estética de la geodiversidad. En este sentido, Kiernan (1997) y Sharples (2002) propone tres criterios, los cuales son fundamentales en materia de geoconservación aplicados para la valorización de la geodiversidad (Tabla 1).

Tabla 1. Criterios de valorización de la Geodiversidad

Criterio	Elementos que lo componen
Valor intrínseco	Se refiere a que algún objeto de la geodiversidad no necesita el reconocimiento del ser humano para justificar su existencia.
Valor ecológico	Se refiere al aporte que ha tenido en la conservación y evolución de los ecosistemas.
Valor patrimonial	Se refiere al significado y símbolo que le otorga la sociedad, ya sea con tendencia científica, cultural, estética, etc.

**Modificado de Kiernan (1997) y Sharples (2002).*

La aplicación de estrategias sistemáticas con la finalidad de conservar el patrimonio geológico y sitios de geodiversidad se definen como estrategias de conservación (Lima, 2008). A nivel global, existen diversas estrategias de geoconservación, como las sugeridas por la Asociación Europea para la Conservación del Patrimonio Geológico (ProGeo) o el programa de Geoparques Mundiales de la UNESCO (Vargas, 2018). Este último conserva áreas geográficas específicas e integradas por sus diversos atributos, en donde se gestiona el patrimonio geológico, bajo un concepto holístico de protección, educación y desarrollo sostenible (UNESCO, 2017). De manera holística, una estrategia de geoconservación se basa en las siguientes acciones: inventario, cuantificación, protección, valorización, divulgación y monitoreo (Brilha, 2005).

1.3. Patrimonio geológico y sitios de geodiversidad

Como se mencionó anteriormente, el patrimonio geológico se refiere aquellos elementos de la geodiversidad que se destacan por su valor científico (Brilha, 2016). Según este autor, el patrimonio geológico es parte de la geodiversidad que a su vez es parte de la diversidad natural. El patrimonio geológico destaca los rasgos más significativos de la geodiversidad con valores añadidos (científico, educativo, intrínseco, etc.) que, permiten evidenciar la evolución, dinámica e historia de la Tierra (Wimbledon y Smith.Meyer, 2012; Brilha, 2016).

El concepto de patrimonio geológico (Figura 3) nace de las ciencias de la Tierra y en especial de la geología, al ser esta la ciencia que describe, explica e interpreta el origen y evolución del planeta Tierra y los procesos que la han modelado.

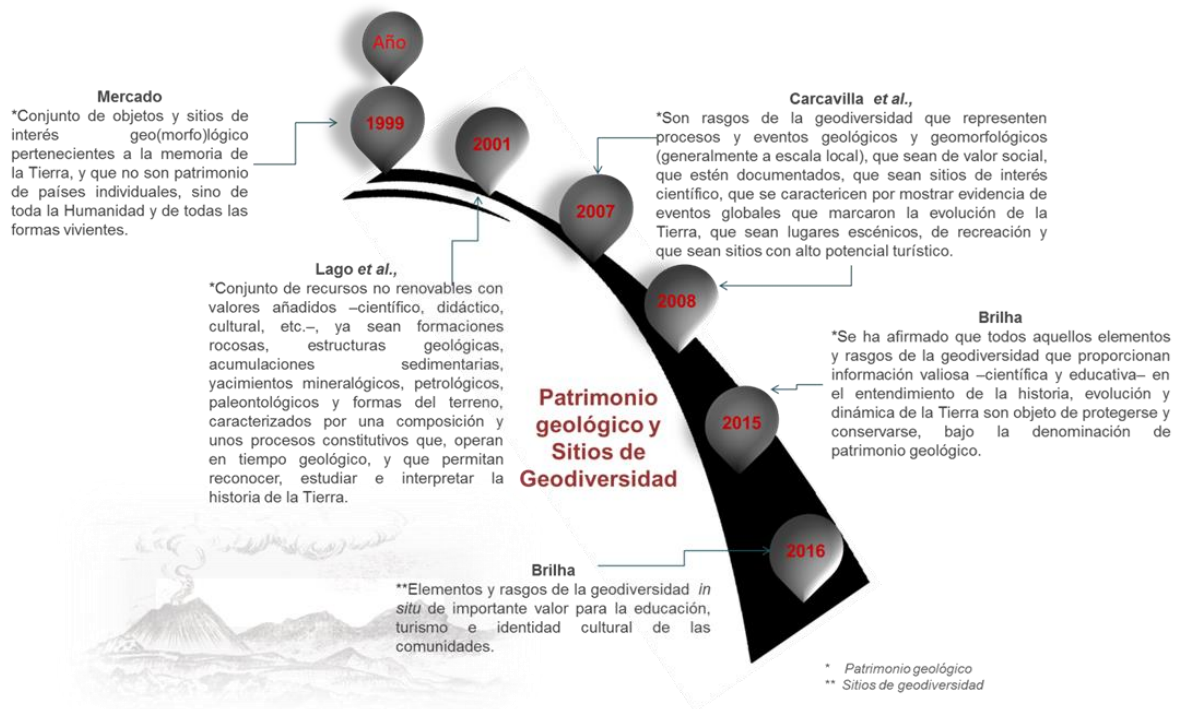


Figura 3. Conceptos de patrimonio geológico en las últimas dos décadas.

Para un mejor entendimiento del patrimonio geológico y sitios de geodiversidad, se parte de la idea de qué existe una diversidad natural, la cual se divide en geodiversidad y biodiversidad (Figura 4); para fines de esta investigación solo se considera a la geodiversidad. La geodiversidad puede tener atributos con valor científico y otros valores (estético, paisajístico, visual, cultural, etc.) Los atributos de la geodiversidad con valor científico se clasifican de acuerdo a su estado *in situ* (Geositio) o *ex situ* (Elementos del patrimonio geológico), estos últimos se les encuentra en museos, institutos de investigación, universidades, etc. Los geositios y los elementos del patrimonio geológico forman parte de la categoría patrimonio geológico. Los atributos de la geodiversidad que tienen otros valores se clasifican en dos categorías: 1) Sitios de geodiversidad, cuando

estén en estado *In situ* y 2) Elementos de geodiversidad, cuando se encuentren en estado *Ex situ* (Brilha, 2016; Figura 4).

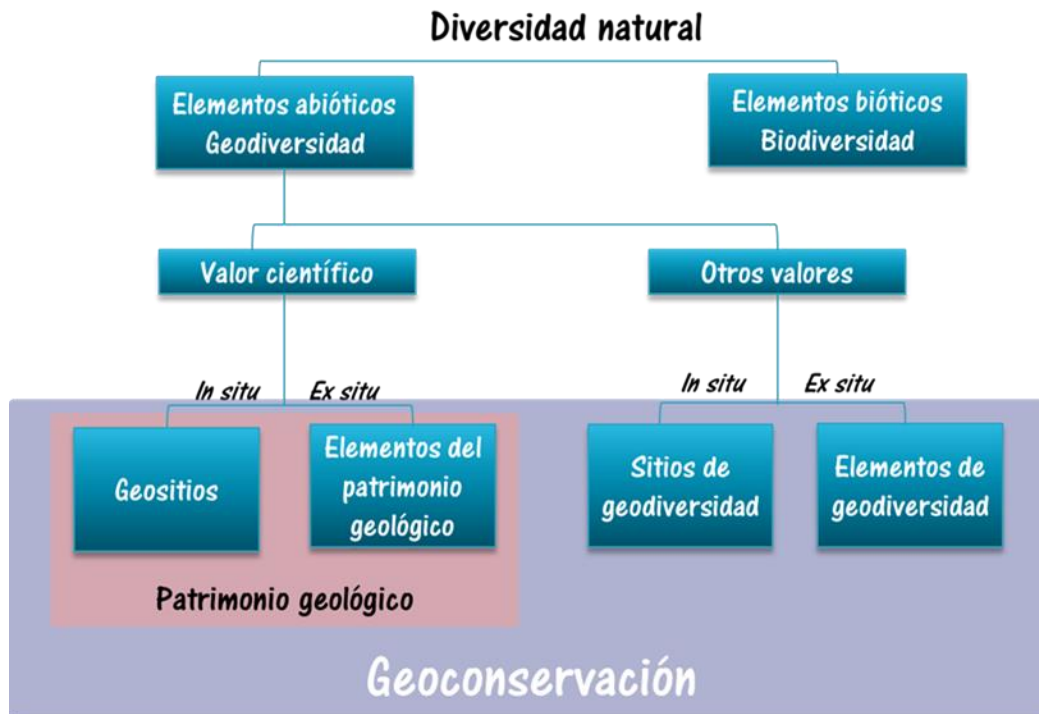


Figura 4. Clasificación del patrimonio geológico de acuerdo a Brilha (2016).

Algunos rasgos de la geodiversidad forman parte de la categoría patrimonio geológico, siempre y cuando representen procesos y eventos geológicos y geomorfológicos excepcionales (generalmente a escala local), que sean de valor social, que estén documentados, que sean sitios de interés científico, que se caractericen por mostrar evidencia de eventos globales que marcaron la evolución de la Tierra, que sean lugares escénicos, de recreación y que sean sitios con alto potencial turístico (Carcavilla *et al.*, 2007; Carcavilla *et al.*, 2008; Brilha 2015).

Para los fines de este trabajo, el patrimonio geológico se define como el conjunto de rasgos geológicos y geomorfológicos de carácter singular, excepcional y que poseen una mayor relevancia a los demás que hay en su entorno próximo, teniendo en cuenta su

valor científico, educativo, cultural y socioeconómico, y que además, permitan reconocer el origen, evolución y dinámica de una localidad, de una región o de la Tierra en su conjunto (Palacio *et al.*, 2016). Además, se incluye como categoría de análisis a los sitios de geodiversidad, los cuales se definen para esta investigación como elementos geológicos y geomorfológicos cuyos principales valores pueden ser culturales, estéticos y visuales; es decir, los sitios de geodiversidad, a diferencia de los geositios, no se distinguen inicialmente por un valor científico relevante.

1.3.1. Inventario del patrimonio geológico (geositios) y sitios de geodiversidad

El inventario del patrimonio geológico consiste en un listado jerarquizado de lugares de interés geológico y geomorfológico, que contiene información sobre sus características sobresalientes de los elementos y rasgos geológicos y geomorfológicos que lo componen, ubicación y valor (Vargas, 2018). De acuerdo con Carcavilla *et al.*, (2015) a partir de un inventario de este corte es posible diseñar y establecer medidas en ordenamiento y planeación territorial, gestión y evaluación ambiental.

Brilha (2016) sugiere que un inventario debe ser sistemático, donde la valoración del patrimonio geológico sea realizada mediante análisis cuantitativos, con el propósito de disminuir la subjetividad asociada a cualquier proceso de valoración. Además, una metodología de este tipo responde a la representatividad de la geodiversidad del territorio (Vargas, 2018).

El inventario del patrimonio geológico que se propone para esta investigación, resalta aquellos sitios de interés geológico y geomorfológico que sean de importancia científica y educativa. Incorporando además otros valores (cultural, interpretativo, estética, paisajístico, etc.) que justifiquen conservación.

1.4. El paisaje

La palabra paisaje deriva del latín "*pagus*", la cual significa país, lugar y/o territorio (Bolós, 1992). Así mismo, el término paisaje ha tenido varias concepciones desde distintas disciplinas, tanto artísticas (pintura, literatura, arquitectura, fotografía, cinematografía, etc.) como científicas (biología, ecología, antropología, geografía, etc.). El paisaje puede ser la imagen que en primera instancia el ser humano percibe de un territorio, la cual permanece como una experiencia de contemplación o como la observación de oportunidades y limitantes de su espacio (intervención del ser humano en el medio) (García-Romero y Muñoz, 2002). Sin embargo, el paisaje visto desde la parte científica es más complejo, ya que fundamentalmente es analítico y fragmenta sus componentes para comprender las interacciones entre el binomio sociedad-naturaleza de un territorio (Urquijo y Bocco, 2011).

Durante la segunda mitad del siglo XIX y la primera mitad del siglo XX el paisaje en el ámbito científico consolida sus bases teóricas (Bolós, 1992), las cual se reflejan en las distintas escuelas del conocimiento de la ciencia del paisaje, planteando nuevos problemas y métodos. Una de las escuelas más representativas del paisaje es la Alemana, en donde surgen las primeras ideas y conceptos acerca de la ciencia del paisaje con personajes como Alexander von Humboldt, Ferdinand von Richthofen, Sigfrid Passarge, Alfred Hettner y Carl Troll. Éste último fue quien utilizó el concepto geosistema para precisar la ciencia de la Geoecología (Troll, 1960). La Geoecología, al igual que la Teoría General de Sistemas y la Ecología del Paisaje, se enfoca en la simbiosis entre la biocenosis y los factores ambientales como un ente unitario e indisoluble (Scott, 1993; Sanz, 1998; García-Romero y Muñoz, 2002).

Otra de las escuelas que marcaron gran avance en la ciencia del paisaje es la soviética, la cual se destaca por integrar al suelo como uno de los componentes del paisaje, así como,

el desarrollo de la cartografía de unidades paisajísticas. Los intelectuales más sobresalientes de esta escuela son: D.L. Armand, A.A. Grigoriev, A.C. Isachenko, S.V. Kalesnik, V.S. Preobrazhenskii, A.M. Riabchikov, V.B. Sochava, N.K. Solntsev e I.P. Gerasimov (Bolós, 1992). Sin embargo, Sochava definió los conceptos de modelo y de sistema dentro de la Ciencia del Paisaje, y puntualizó el concepto de “geosistema” y su clasificación: geosistema global o terrestre, geosistema regional de gran extensión y geosistema topológico a nivel reducido (Bolós, 1992).

Las escuelas anglosajonas (alemana e inglesa, principalmente) se destacan por innovar nuevas herramientas de trabajo para interpretar el paisaje. Tal es el ejemplo del método *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation* (C.S.I.R.O.), cuyo método de evaluación del paisaje surge en Australia ante la necesidad de un rápido desarrollo del país, durante los años de la Segunda Guerra Mundial. Durante este periodo, los avances tecnológicos fueron acelerados, los cuales favorecieron la adquisición de información a distancia, en particular la toma de fotografías aéreas. La base del método C.S.I.R.O. es la fotointerpretación, la cual permite aproximar el levantamiento del terreno, sin embargo, la escala de trabajo por lo general es poco detallada (1:1 000 000) y, en ocasiones, a 1:500 000 y 1: 300 000, ya que el método está diseñado para grandes unidades. Para la ciencia del paisaje este método ha sido de gran utilidad, ya que a partir de transectos sobre el terreno es posible obtener información relacionada al tipo de rocas, vegetación, formas del relieve y particularmente en la solución de problemáticas de planeación territorial.

La aportación más significativa de la escuela francesa a la ciencia del paisaje son los métodos de estudio y conceptos base del paisaje. G. Bertrand con su equipo de trabajo (Universidad de Toulouse-Le Mirail) definieron al paisaje como “...una porción de espacio geográfico, caracterizado por un tipo de combinaciones dinámicas y, por consiguiente inestables, de elementos geográficos diferenciados (físicos, biológicos y antrópicos) que,

al actuar dialécticamente unos sobre otros, hacen del paisaje un conjunto geográfico indisociable que evoluciona en bloque, tanto bajo el efecto de las interacciones entre los elementos que lo constituyen como bajo el efecto de la dinámica propia de cada uno de los elementos considerados separadamente” (Bertrand, 1979). Dicha definición está sustentada en la Teoría General de Sistemas, la cual hace referencia a las relaciones entre organismos y sus factores ambientales, implicando un procedimiento más holístico e integral (Scott, 1993; Sanz, 1998), es decir, que a partir de unidades paisajísticas complejas se presenta una comunión entre el medio físico, los ecosistemas y la intervención antrópica, y precisan una dinámica a distintos niveles de evolución (Tabla 2).

Para el análisis y funcionalidad del territorio (Tabla 2), existen tres unidades de paisaje fundamentales: el geotopo que corresponde al área ocupada por un microclima, un nicho y una forma de micromodelado; la geofacie corresponde a una formación vegetal homogénea y litología variada; el geosistema corresponde a un sistema equilibrado entre el potencial ecológico, ocupación biológica y acción antrópica (Bertrand, 1968; García-Romero y Muñoz, 2002). Cada unidad de paisaje forma parte de una unidad de paisaje superior, y a su vez está en su interior sustentada a unidades de nivel inferior, haciendo del paisaje un ente indisociable y dinámico (Bertrand, 1979) (Figura 5).

Tabla 2. Sistema de Clasificación Taxonómico – Corológico del paisaje

Unidad de paisaje	Escala espacio-temporal		Elementos del medio que definen las categorías
	Nivel *	Superficie	
Zona **	I	millones de km ²	Grandes franjas climáticas y biomas del planeta que manifiestan la influencia del reparto de tierras. Ciertas megaestructuras de primer orden como los Andes.
Dominio **	II	miles de km ²	Climas regionales y grandes masas vegetales, relativos a grandes accidentes orográficos de dominio macroestructural.
Región Natural **	III - IV	decenas a cientos de km ²	Morfoestructuras individualizadas tectónicamente y definidas accesoriamente por un clima regional y unas condiciones hidrológicas, geomorfológicas y biogeográficas originales.
Geosistema	IV - V	unidades a cientos de km ²	Complejo definido por un matiz regional que incluye una combinación más o menos de potencial ecológico, explotación biológica y acciones humanas.
Geofacies	VI	cientos de m ²	Formas de relieve a detalle subordinadas al influjo de topoclimas y distinguibles por un cierto tipo de explotación natural o humana.
Geotopo	VII	decenas de m ²	Microtopografía y elementos biogeográficos (complejo biotopo - biocenosis), subordinados al influjo de un microclima.
<p>* Niveles según la escala espacio - temporal</p> <p>** Su significado en el contexto general del sistema taxonómico no ha sido precisado.</p> <p>De Georges Bertrand (1968)</p>			

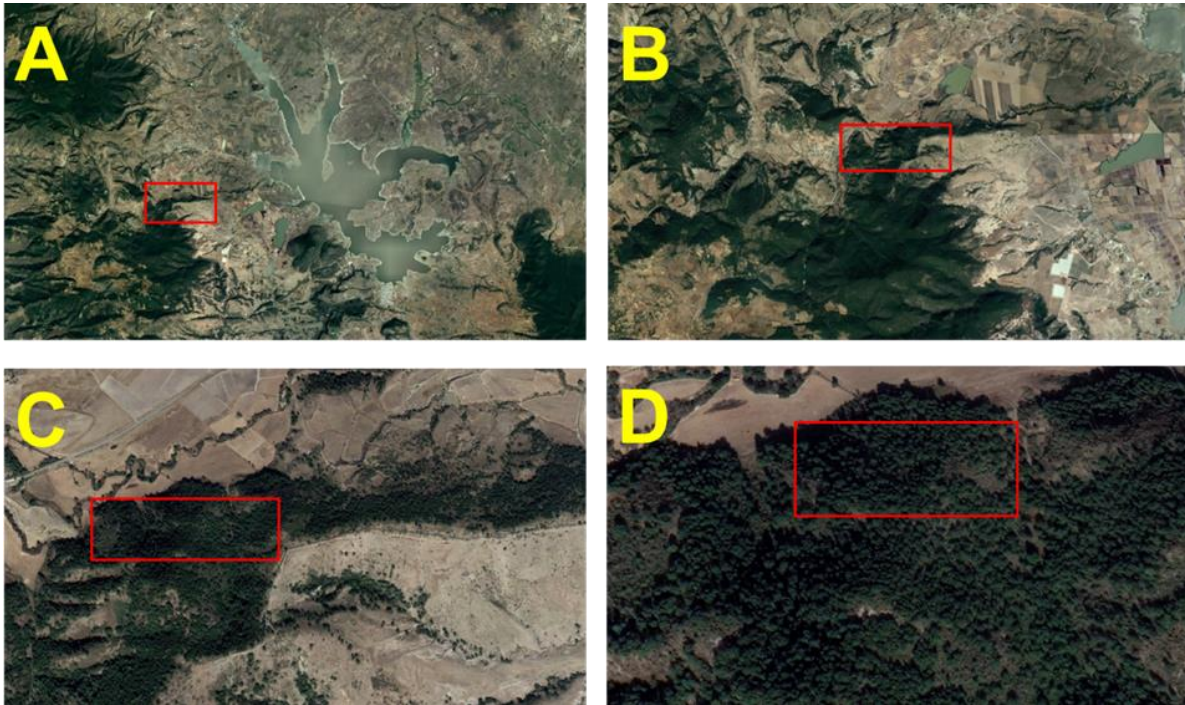


Figura 5. Unidades de paisajes. A representa a la región natural; B al geosistema; C a la geofacies y D al geotopo.

Si bien Bertrand (1968) fue pieza clave en el desarrollo de la ciencia del paisaje desde la escuela francesa, existen otros autores que deben citarse, puesto que sus trabajos también fueron un aporte para esta área del conocimiento. Tales son los casos de Rougerie (1969), cuya aportación se enfoca en la evolución de los suelos en el paisaje; Soutadé (citado en Bolós i Capdevila, 1992), su contribución son los estudios de paisaje a gran escala de alta montaña; Tricart (citado en Bolós i Capdevila, 1992), se centra en la geomorfología cómo base del paisaje, entre otros.

La escuela española se ha especializado en la resolución de problemáticas que atañen al paisaje, así como el proponer nuevos métodos para el análisis paisajístico. Es de resaltar a Martínez de Pisón (1972; 1978), quien asimila el modelo de sistema para contextualizar al paisaje, ya que el medio ambiente es un sistema y en él se desarrollan las interrelaciones entre los elementos biofísicos y antrópicos. Rodríguez Martínez y

Ortega Alba (Rodríguez-Martínez, 1979) se enfocan al análisis factorial y sectorial de las diversas potencialidades de los paisajes y sus posibles usos, así como, a la percepción y estética del paisaje. El estudio del paisaje se ha enfocado en la percepción, ordenación, génesis y planteamientos teóricos en materia paisajística. También sobresalen los estudios de paisaje de la Universidad de Barcelona, los cuales se centran en crear y desarrollar nuevos métodos y técnicas para el manejo del paisaje (Bolós, 1992). Muestra de ello, se observa en la metodología del estudio del paisaje, la cual consta de 5 fases: 1) análisis (identifica los procesos del sistema), 2) diagnóstico (evalúa los datos del análisis), 3) corrección de impactos ambientales (elimina/corriges/reduce las variabilidades), 4) prognosis (pronostica) y 5) síntesis (preserva). En las últimas cuatro décadas método ha ido modificándose de acuerdo a las nuevas posturas y objetivos de estudio (Bolós, 1992 y Echevarria, 1989).

Como puede apreciarse, los estudios de paisaje se han diversificado y son cada vez más las corrientes y escuelas que lo estudian. Muestra de ello, se refleja en América Latina (Urquijo y Bocco, 2011), donde los estudios de paisaje se han incrementado en las últimas décadas. Dichos estudios se enfocan en la planeación y ordenamiento territorial (García – Romero, 2004; Cotler y Priego, 2004; Rodríguez *et al.*, 2013), a partir de nuevos modelos metodológicos cartográficos para el análisis y diagnóstico del territorio por medio de unidades paisajísticas (Troppmair y Galina, 2005). Y más recientemente se utiliza al paisaje para trabajos relacionados a turismo (Cervantes y Gómez, 2007; Sánchez, 2011).

1.5. El paisaje como unidad de análisis territorial

En tiempo reciente el paisaje ha cobrado gran interés en el campo científico en especial en geografía, ya que es una valiosa herramienta para estudios detallados del territorio. La utilidad del paisaje en estos estudios se explica por integrar de forma sintética los componentes biofísicos (relieve y vegetación) y culturales (uso de suelo), los cuales

interactúan unos sobre otros haciendo del paisaje un ente unitario e indisoluble en continua evolución (Bertrand, 1968; García-Romero, 2004). De la escala espacio – temporal dependen las relaciones de interdependencia entre los componentes (biofísicos y culturales), existiendo en este sentido dos niveles de análisis paisajístico: el geosistema y el paisaje elemental (Bertrand y Bertrand, 1992).

El geosistema es un nivel de análisis del paisaje de origen macro-estructural, definido a partir de la integración de los componentes y procesos territoriales, cuya escala cartográfica es entre 1:50 000 a 1:100 000, la cual abarca rasgos morfoestructurales y mesoclimáticos de amplio rango espacial y temporal, considerados como dinámicamente estables, independientes y poco susceptibles a los influjos derivados de los demás subsistemas del medio (geofacies y geotopos) (Mateo y Ortiz, 2001; García-Romero y Muñoz, 2002). Su importancia radica en que de él dependen los recursos orográficos, altitudinales, de orientación y litológicos entre otros, determinan y controlan los potenciales y limitantes del sistema, así como su capacidad de carga biótica y de uso (García-Romero y Muñoz, 2002), ya que el geosistema representa el peldaño más alto de organización en el espacio geográfico (Bolós, 1992). Además, el geosistema es uno de los modelos de representación territorial más utilizados, ya que permite identificar, analizar y representar la dinámica de los componentes del ambiente (biofísicos y antrópicos), mostrando así al paisaje como una unidad dependiente, sensible y vulnerable.

Diversos enfoques aceptan que el geosistema no es paisajísticamente homogéneo, sino que en su interior puede ser discriminado un patrón integrado por unidades básicas del paisaje de dimensiones de hasta centenares de metros cuadrados (escala detallada a 1:25 000), conocidas como paisajes elementales o geofacies. De entre ellos, se puede distinguir dos conjuntos, el de los componentes abióticos (el agua, el relieve y el suelo),

que tienden a ser más estables, y el de los componentes bióticos (la vegetación, la fauna y el componente cultural), que ocupa los lugares más bajos de manifestación espacio-temporal y, por tanto, son los elementos más inestables, dependientes y dinámicos del sistema (Bertrand, 1968; Vitousek *et al.*, 1981; Pimm, 1999; García-Romero y Muñoz, 2002; García-Romero, 2002; Kristensen *et al.*, 2003). Un ejemplo sería un paisaje de piedemonte, compuesto por roca volcánica y recubierta por pinos y encinos, que en algún sector de las laderas tendidas haya sido sustituido el bosque de coníferas y latifoliadas por cultivos de temporal. En su conjunto el piedemonte representa al geosistema y las laderas tendidas con cultivo de temporal representan al paisaje elemental (Figura 6.)



Figura 6.- Paisajes elementales dentro de un geosistema de piedemonte, constituido por cultivos de temporal, linderos y fragmentos de bosque de coníferas y latifoliadas (Sierra de Monte Alto-Monte Bajo, Estado de México).

De acuerdo con Bertrand (1968), el estudio del paisaje a escala de paisaje elemental considera tres componentes fundamentales: a) el relieve, que define el potencial físico y la sensibilidad de las unidades del relieve, de gran impacto en la distribución del uso del suelo y la vegetación, b) la vegetación, que es indicativa del potencial bioclimático considerando los daños debido a factores biofísicos y culturales y c) el uso del suelo, que se refiere a los procesos de ocupación y a los tipos e intensidades del aprovechamiento del terreno por parte de la sociedad. El análisis integrado de estos tres componentes es clave para determinar la tipología, distribución y diagnóstico de las unidades paisajísticas en esta escala de estudio (cientos de m²). El paisaje es considerado como un recurso ambiental, territorial, cultural y económico (Huss *et al.*, 2012), por ser un ente integrador de los elementos ambientales.

Se ha demostrado en estudios contemporáneos que el paisaje es una herramienta innovadora y de gran utilidad para el diagnóstico del medio ambiente, ya que ofrece una posición sintética e integradora ante la doctrina sociedad-naturaleza (Urquijo y Bocco, 2011). Estos estudios abordan el diagnóstico de la biodiversidad en relación a la heterogeneidad de los paisajes (Priego-Santander *et al.*, 2003; Priego-Santander, 2004), la planeación del uso del suelo y el ordenamiento territorial (Salinas *et al.*, 1999; Priego-Santander y Bocco, 2008; Bollo, 2009), el análisis de la heterogeneidad del territorio (Morales, 2006), la evaluación de la modificación antrópica y cultural de los territorios (Priego-Santander *et al.*, 2005) y más recientemente la evaluación del potencial del territorio (Bollo *et al.*, 2010) y en particular el diagnóstico del potencial turístico (Hernández *et al.*, 2010).

Otra de las ventajas de utilizar al paisaje como herramienta de análisis territorial es que, el paisaje tiene la dualidad de mostrar una realidad material y una experiencia subjetiva sensorial de la percepción del territorio, es decir, el paisaje es una creación cultural en sus

formas modeladas a través del tiempo, significados, símbolos y valores que alberga. Aunado a esto, el paisaje es un instrumento clave para establecer los objetivos estratégicos y directrices que permitan identificar y designar los planes de ordenamiento territorial (Huss *et al.*, 2012).

1.5.1. Los geositorios como recursos geoturísticos del paisaje

En la Tierra existe una gran diversidad de sitios geológicos y geomorfológicos, que se distinguen por sus rasgos únicos y singulares, y que son de interés para los geocientíficos. Además, en la actualidad han resultado ser recursos para fines didácticos, culturales, geoturísticos, etc. Por tal motivo, surge el interés de conservarlos, protegerlos, rehabilitarlos, sí es el caso, y promoverlos, ya que son un recurso natural no renovable.

Como ya se indicó, el patrimonio geológico se expresa a través de geositorios y geomorfositorios. Los primeros hacen alusión al patrimonio geológico, mientras que los segundos se refieren a los rasgos y elementos más sobresalientes del relieve y formar parte de la categoría de geositorios (Reynard *et al.*, 2007). Dentro de la literatura se les encuentra también bajo el nombre de Lugares de Interés Geológico (LIG) (Bruschi, 2007) geositorios, bien geomorfológico (Carton *et al.*, 1994), sitio geomorfológico (Hooke, 1994), sitio de interés geomorfológico (Rivas *et al.*, 1997), geomorfositorios (Panizza 2001) o geotopos (Vargas, 2018). En todo caso, se trata de geositorios.

Brilha (2005) y Hose (2005), mencionan que los geositorios son sitios representativos del origen, evolución e historia de la Tierra, donde se muestra la herencia de nuestro Planeta (García-Cortés y Carcavilla, 2009; Wimbledon y Smith-Meyer 2012; Sánchez Cortés *et al.*, 2013) y la materialización del patrimonio geológico. Los geositorios son áreas bien delimitadas geográficamente y que poseen un valor científico, pedagógico, histórico,

cultural, paisajístico, geoturístico, socioeconómico, etc. (Brilha, 2005; Ibañez *et al.*, 2012) (Figura 7).



Figura 7. Geositio - prismas basálticos del Geoparque Comarca Minera en el estado de Hidalgo, México.

Fuente: <http://findgofind.co/images?q=prismas%20basalticos%20de%20huasca%20de%20ocampo>

De acuerdo a Wimbledon y Smith-Mayer (2012), los geositios son localidades o áreas que poseen particulares geológicas de interés científico intrínseco, y que permiten comprender y reconocer etapas claves de la evolución de la Tierra, así como contar con un reconocimiento legal para su protección. Para Brilha (2016) el geositio forma parte del patrimonio geológico (Figura 4), se presenta de manera *in situ* y permite identificar las distintas etapas de la evolución y dinámica de la Tierra; además, tienen un valor científico, educativo e interpretativo de interés para los geocientíficos. Vargas (2018) los describe

como un "... segmento o porción espacial de la geosfera, definida en virtud de los valores patrimoniales geológicos o paleontológicos existentes en sus elementos integrantes o en el conjunto de los mismo".

Los geositorios se asocian comúnmente a dos usos principales, el uso científico-educativo y el uso geoturístico. El primero uso se refiere a la importancia científica que tiene el sitio para dar explicación sobre los eventos y dinámica del planeta Tierra, tales sitios son objeto de estudio para los geocientíficos y aulas de clase *in situ* (Reynard, 2008). El segundo uso es el geoturístico, en donde los rasgos geológicos y geomorfológicos están asociados con valores estéticos, culturales, etc., dichos rasgos representan un recurso geoturístico que incrementa la capacidad de atracción de un territorio (Villalobos, 2001; Villalobos *et al.*, 2004) y a consecuencia mejorar la calidad de vida y desarrollo socioeconómico de la población residente (Caraballo, 2011). En este sentido, una buena gestión de los geositorios garantizan el avance de la ciencia, así como, la promoción del conocimiento de las ciencias de la Tierra e incrementa las actividades socioeconómicas a través del geoturismo (Brilha, 2015).

Para designar a un elemento de la geodiversidad como geositorio, este tiene que ser valorado a partir de criterios que se relacionan con la ciencia, la pedagogía, la actividad turística y el desarrollo local (Tabla 3) (Panizza, 2001; Pralong, 2007; Reynard *et al.*, 2007; Zouros, 2005; ProGEO, 2011; Brilha, 2015).

Tabla 3. Criterios de valoración para definir un geositio

PASOS A SEGUIR	CRITERIOS	DESCRIPCIÓN
Datos generales	No. de sitio	Se refiere a la identificación del sitio dentro de un espacio geográfico y reporta su referencia cartográfica. Además de considerar el tipo de propiedad de la tierra.
	Clave	
	Ubicación	
	Tipo de propiedad	
Datos descriptivos	Descripción	Se enfoca al trabajo de gabinete y al trabajo de campo. La descripción consta de todos los rasgos geológicos y geomorfológicos, aunado a los elementos de carácter antrópico. La morfogénesis se refiere a los procesos modeladores del relieve por causas físicas o antrópicas.
	Morfogénesis	
Valor científico	Integridad	Se asocia al estado de conservación, a la ejemplaridad, a la excepcionalidad y a la importancia en la historia de la Tierra del sitio.
	Representatividad	
	Rareza	
Valores adicionales	Valor paleogeográfico	Se distingue por la importancia que tiene para la conformación de un ecosistema, para asociar aspectos culturales, para abrir la posibilidad de un aprovechamiento económico y para disfrutar vistas panorámicas.
	Valor ecológico	
	Valor cultural	
	Valor económico	
Síntesis	Valor estético	Se trata de resaltar la importancia para la ciencia y educación, considerando los aspectos que ponen en riesgo la integridad, así como, las medidas de conservación y sustentabilidad del sitio.
	Valor global	
	Valor educativo	
	Amenazas	
	Medidas de manejo	

* Basado en Panizza, 2001 y Pralong, 2007.

Los geomorfositos son geositios donde las formas y procesos del relieve son el foco de atención, dentro de una distribución espacial específica (Reynard *et al.*, 2007). Dichas

formas y procesos se caracterizan por ser excepcionales dentro de la dinámica de la superficie terrestre y han adquirido un valor científico, cultural, socioeconómico y estético, y por ser un recurso de aprovechamiento para la sociedad (Panizza, 2001). La conservación de los geomorfositos ha sido de suma importancia, ya que presentan mayor exposición a ser dañados, modificados o destruidos por impactos producidos por las actividades antrópicas (Solís, 2015; Figura 8).



Figura 8. Geomorfositos con la temática de la erosión en la Mixteca Alta, Oaxaca.

Fuente: <http://geoparque mixteca alta.org/geositios-y-geosenderos/geositios>

El grupo de trabajo que ha desarrollado más el tema de los geomorfositos es el grupo de trabajo de la International Association of Geomorphologists (IAG) presidido por Emmanuel Reynard hasta el 2013, el cual pertenece a la Universidad de Lausanne en Suiza. Dicho grupo centra sus objetivos en encontrar las estrategias de conservación, promover la educación y contribuir al desarrollo local a partir del geoturismo (Solís, 2015).

Capítulo 2. Localización y marco geográfico-histórico del distrito Minero de Tlalpujahuá-El Oro



Capítulo 2. Localización y marco geográfico-histórico del Distrito Minero de Tlalpujahua-El Oro

2.1. Localización geográfica

El área de estudio corresponde al Distrito Minero de Tlalpujahua-El Oro (DIMITO) ($19^{\circ} 47' 48.85''$ N; $100^{\circ} 10' 22.90''$ O como punto central del área), el cual abarca los municipios de Tlalpujahua de Rayón ubicado al NE del Estado de Michoacán de Ocampo y el municipio de El Oro de Hidalgo localizado al NW del Estado de México, los cuales cubren una superficie de 328.948 km² (Figura 9). Ambos municipios se ubican en el Sistema Volcánico Transversal teniendo grandes superficies de relieve con morfologías escarpadas y rangos altitudinales que oscilan entre 2500 a 3200 msnm.



Figura 9. Mapa de Localización del Distrito Minero de Tlalpujahua-El Oro.

Se trata de dos municipios contiguos, y las vías de comunicación que dan acceso a estos es la carretera Federal Atlacomulco-Maravatío y la autopista México-Guadalajara. Las principales localidades son: El Oro de Hidalgo, Tlalpujahua de Rayón, Tlacotepec, Tapaxco, La Jordana, Tultenango y Tlalpujahuilla.

2.2. Aspectos biofísicos generales

De acuerdo a la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2017), el clima que predomina dentro del área es el subhúmedo con lluvias todo el año (Figura 10-A). Las temperaturas fluctúan entre 12°C y 16°C en las partes altas (>2500 msnm), mientras que en las partes bajas (2000-2500 msnm) las temperaturas oscilan entre 16°C y 20°C. La precipitación pluvial se modifica de acuerdo a las estaciones del año, para los meses más secos hay un promedio de 800 mm de precipitación pluvial por año y, para los meses más lluviosos la precipitación pluvial sobrepasa los 100 mm por año.

El DIMITO forma parte de la Región hidrológica #12, de la cuenca del Río Lerma. Los ríos más sobresalientes son: Tlalpujahua, San Miguel, Tultenango y El Oro o mejor conocido este último como San Nicolás, todos estos son perennes, el resto de las corrientes fluviales son intermitentes. Dentro del área se localizan tres presas, Brockman (Figura 10-B), Estanzuela y la Victoria, las cuales abastecen de agua potable al DIMITO.

El DIMITO pertenece a la provincia fisiográfica del Sistema Volcánico Transversal y en específico a la región Norte de la Sierra de Mil Cumbres, la cual está asociada a la Sierra del Rosario (>3700 msnm) y limita al Sur con una sucesión de domos volcánicos que pertenecen a la región de Zitácuaro (Martínez, 2009). La Sierra de Mil Cumbres se compone por morfoestructuras de montañas bajas, lomeríos y llanuras intermontanas, volcánicas y tectónicas-volcánicas, mesetas aisladas y depresiones intermontanas, las

cuales están constituidas por rocas volcánicas y vulcanosedimentarias cenozoicas y complejos poligenéticos no consolidados del Cuaternario (Bollo *et al.*, 2019). Además, dentro del área, principalmente al N, pasa la falla activa del Graben de Acambay-Morelia. Mientras que al E y S colinda con aparatos volcánicos de tipo monogenético y cuencas lacustres de baja profundidad (Bocco, 1986; Martínez, 2009), lo cual favorece la predominancia de relieves escarpados y montañosos en el DIMITO (Figura 10-C).

El DIMITO presenta una predominancia por los bosques de coníferas (Figura 10-D) y mixto, destaca la presencia de especies como: *Pinus hartwegii*, *P. montezumae*, *P. pseudostrobus*, *P. leiophylla*, *P. tecote*, *P. devoniana*, *P. douglasiana*, *P. lawsonii*, *Abies religiosa*, *Quercus laurina*, *Q. rugosa*, *Q. castanea*, *Q. crassifolia*, *Q. crassipes*, *Q. candicans*, *Q. obtusata*, *Cupressus lusitánica*, *Juniperus blancoi*, *J. deppeana* y *Arbutus*. En cuanto a la fauna las especies que se han reportado son: mapache, comadreja, pato, cerceta, cacomiztle y armadillo, estos tres últimos están en peligro de extinción en el área.



Figura 10. A) cabecera municipal de El Oro, Estado de México; B) vista panorámica de la presa Brockman; C) en primer plano las laderas bajas y piedemonte del Cerro Somera y al fondo parte de la Sierra de Angangueo; D) vista panorámica del bosque de coníferas en el Campo del Gallo, Tlalpujahua, Estado de Michoacán.

2.3. Aspectos socioeconómicos actuales

El DIMITO está conformado por el municipio de Tlalpujahua de Rayón en el estado de Michoacán (Figura 11) y, por el municipio de El Oro de Hidalgo en el estado de México (Figura 12). Ambos municipios abarcan una superficie de 328.948 km², de los cuales 191.088 km² corresponden a Tlalpujahua y 137.86 km² pertenecen a El Oro.



Figura 11. Vista panorámica de la cabecera municipal de Tlalpujahua de Rayón, Michoacán.

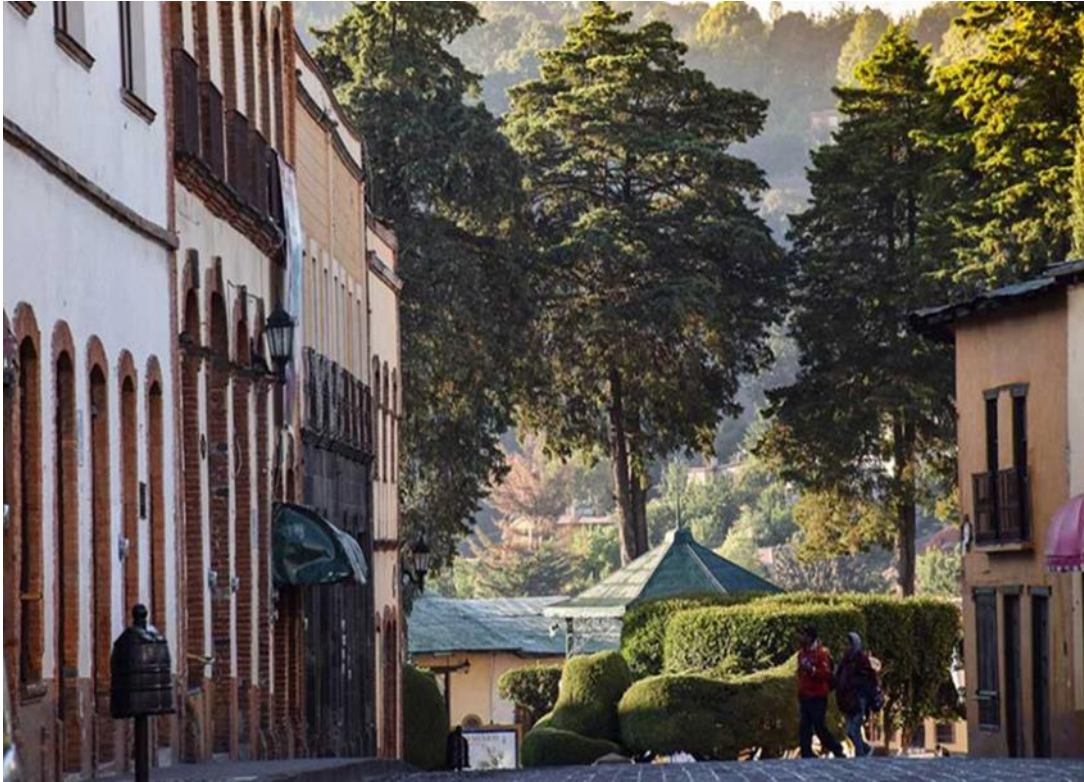


Figura 12. Calle típica de El Oro localizada en la cabecera municipal de El Oro, México.

De acuerdo a la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL, 2015), el municipio de Tlalpujahua se conforma por 66 localidades, de las cuales son 7 las localidades principales (Tlalpujahua de Rayón, San Francisco de los Reyes, San José de Guadalupe, San Pedro Tarímbaro, Santa María de los Ángeles, San Juan Tlalpujahuilla y San Isidro). Según datos del Censo de Población y Vivienda (2015), este municipio sostiene una población de 27,788 habitantes, de la cual el 51.8% son mujeres y el 48.2% son hombres.

Además, solo 49 habitantes de Tlalpujahua son población hablante de alguna lengua indígena (SEDESOL, 2015), como purépecha o mazahua. La población mayor a 12 años está conformada por 20,757 habitantes, mientras que su población económicamente activa representa el 39.2% del total (INAFED, 2015).

El municipio de El Oro, está formado por 44 localidades (SEDESOL, 2015), de las cuales 5 son las localidades principales (El Oro de Hidalgo, La Concepción, San Nicolás Tultenango, Santa Rosa de Lima y Santiago Oxtempan).

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda (2015), El Oro cuenta con una población de 37,343 habitantes, de la cual el 51.6% son mujeres y el 48.4% son hombres. En el municipio hay 3,469 habitantes que hablan alguna lengua indígena (SEDESOL, 2015) principalmente la mazahua. La población mayor a 12 años está conformada por 28,034 habitantes, mientras que su población económicamente activa representa el 42.9% del total (INAFED, 2015).

Más del 80% de las localidades de ambos municipios tienen un alto grado de marginación (SEDESOL, 2015), asociado a diversos factores, tal como, el rezago socioeconómico, a la desigualdad de ingresos y, claro, a una creciente subocupación, la cual influye en el modo de vida, en la educación, en el empleo y en la salud (Ayuntamiento de El Oro, 2016).

En la actualidad, las actividades económicas que tienen mayor impacto en el DIMITO son la agricultura, en las modalidades de cultivos de temporal y riego; la ganadería con más de 150 módulos de cría y dos cuencas lecheras (Agua Escondida y La Jordana); la actividad forestal se desenvuelve principalmente de los bosques de pino, pino-cedro y encino; el turismo es de corte rural y de naturaleza, debido a las condiciones naturales y culturales que caracterizan al área y el comercio es bimodal (formal e informal).

En relación al turismo, ambas localidades pertenecían a la denominación de Pueblos Mágicos otorgada por la Secretaría de Turismo (SECTUR). Tlalpujahuá se había incorporado a dicho programa en el año 2005, mientras que El Oro en 2011 (SECTUR, 2014). Dicha denominación ha traído a estos municipios ingresos favorables para su desarrollo local; sin embargo, SECTUR informó que para la jornada de 2019 se suspende

la denominación de Pueblos Mágicos, debido a que se harán ajustes de inversión, logística y gestión en cada uno de los sitios bajo este nombramiento (EXCELSIOR, 2019).

2.4. Caracterización geológica

El Distrito Minero de Tlalpujahua-El Oro se ubica en el sector central de la provincia geológica denominada Faja Volcánica Transmexicana (FVTM) y en el sector meridional de la Formación Las Américas. La FVTM surge como entidad geológica individual durante el Mioceno medio y tardío (Ferrari *et al.*, 1999) a partir de diversos episodios eruptivos, algunos de ellos están bien representados por el volcanismo ignimbrítico y andesítico del Mioceno medio y por el volcanismo bimodal (máfico a intermedio), resultado de sucesivos emplazamientos del Plioceno – Cuaternario (Maldonado, 2008). La FVTM tiene unos 1000 Km de longitud una amplitud que oscila entre los 80 y 230 Km (Figura 13; Gómez-Tuena *et al.*, 2005), la litología que domina en el área es de tobas pumicíticas e ignimbritas con volúmenes cuantiosos (decenas de Km³; Aguirre-Díaz y McDowell, 2000; Gómez-Tuena *et al.*, 2005).

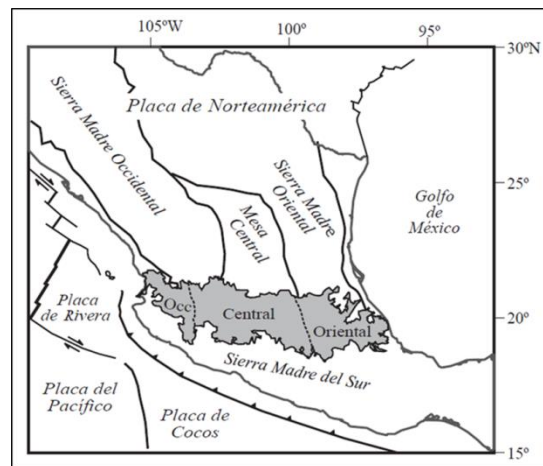


Figura 13. Localización de las principales provincias geológicas de México. En gris la ubicación de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM).

Fuente: Gómez-Tuena *et al.*, 2005.

La FVTM cubre de manera discordante al Terreno Tectonoestratigráfico Guerrero (TTG; Campa *et al.*, 1980; Campa y Coney, 1983), el cual se formó durante el Jurásico tardío y Cretácico temprano (COREMI, 2003; Cerca, 2004; Maldonado, 2008) y se divide en cuatro Subterrenos: Teloloapan, Arcelia, Huetamo y Zihuatanejo (COREMI, 2003). A partir de la caracterización petrográfica y geoquímica se han determinado tres secuencias de basamento de dicho Terreno: 1) *secuencias sedimentarias de ambiente marino con intercalación de rocas volcánicas*; 2) *secuencias sedimentarias marinas con predominancia de carbonatos y rocas volcánicas de tipo arco*; 3) *depósitos siliciclásticos de ambiente marino y lechos rojos continentales con intercalaciones volcánicas y de calizas* (COREMI, 2003; Cerca, 2004).

El TTG se compone por distintos Subterrenos; el que corresponde al DIMITO es el Subterreno Teloloapan (COREMI, 2003). A su vez, éste comprende seis unidades: Metavolcánicos andesíticos-basálticos El Carmen, Secuencias silíceo-pelíticas Tlalpujahuilla, Secuencias calcáreo-pelíticas Dos Estrellas, Calizas y margas masivas Remedios, Brechas y conglomerados polimícticos Tlalpujahuilla y Andesitas Sierra del Rosario (Corona y Uribe, 2009; Figura 14).

Los cuatro Subterrenos que forman al TTG, solo una parte del Subterreno Teloloapan abarca al DIMITO. El Subterreno Teloloapan tiene una longitud de 300 km y una amplitud de 80 km y se caracteriza por tener una unidad basal preferentemente volcánica del Hauteriviense – Aptiano, mejor conocida como unidad Metavolcánico andesítico – basáltico El Carmen, la cual está compuesta en su mayoría por basaltos, andesitas y riolitas (Guerrero-Suástegui *et al.*, 1991; COREMI, 2003; Maldonado, 2008). Lo metavolcánico andesítico – basáltico El Carmen está intercalado por unidades de roca volcanoclásticas del Aptiano Tardío (Secuencia silíceo – pelítica Tlalpujahuilla), Calizas y margas Remedios, calizas detríticas (Secuencia calcáreo pelítica Dos Estrellas) de edad Albiano-

Cenomaniano temprano (Guerrero-Suástegui *et al.*, 1991; De la Teja, 1999; COREMI, 2003; Maldonado, 2008; Corna y Uribe, 2009; Figura 15).

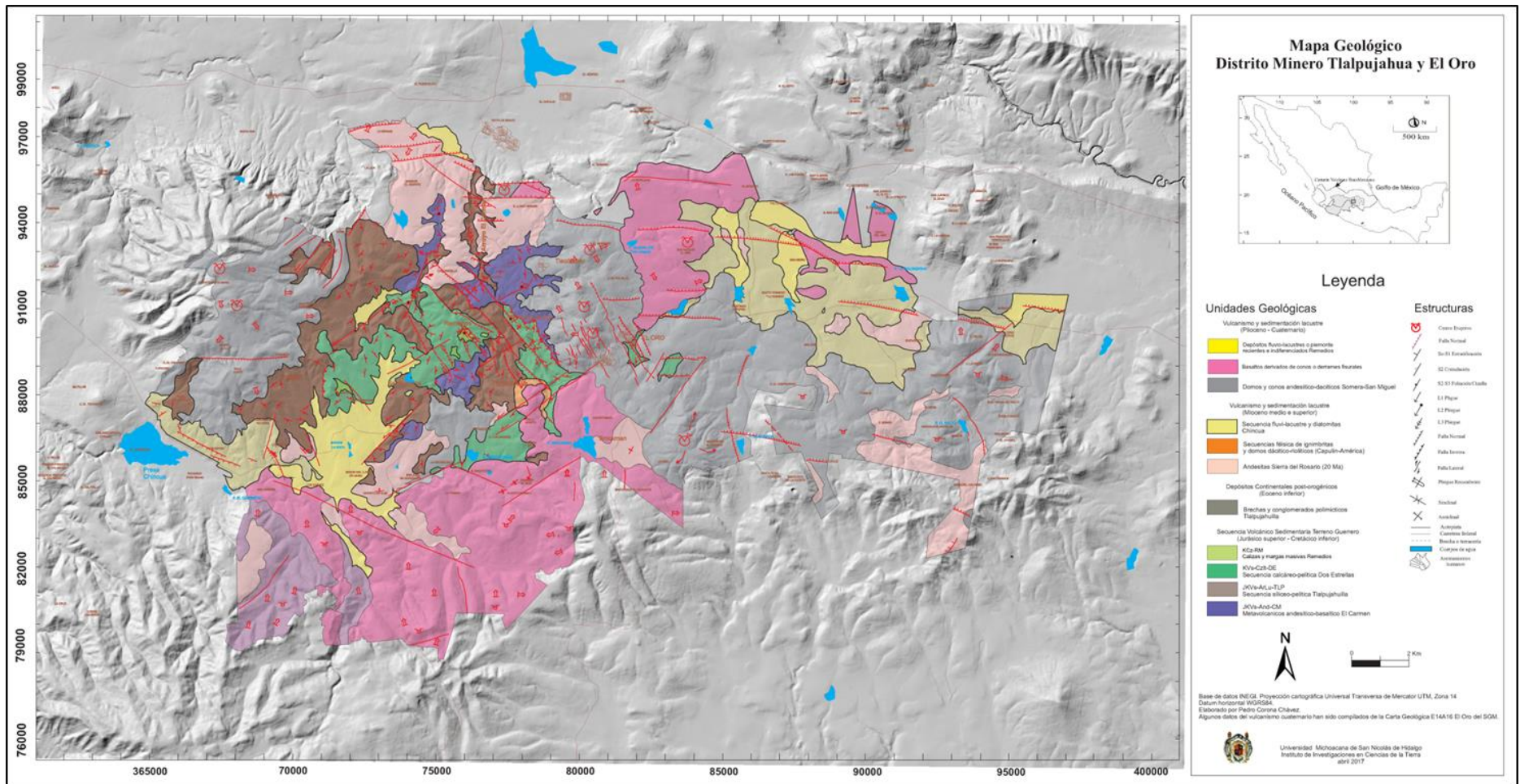


Figura 14. Mapa de la Unidades Geológicas que conforman el Distrito Minero de Talpujahua-El Oro.

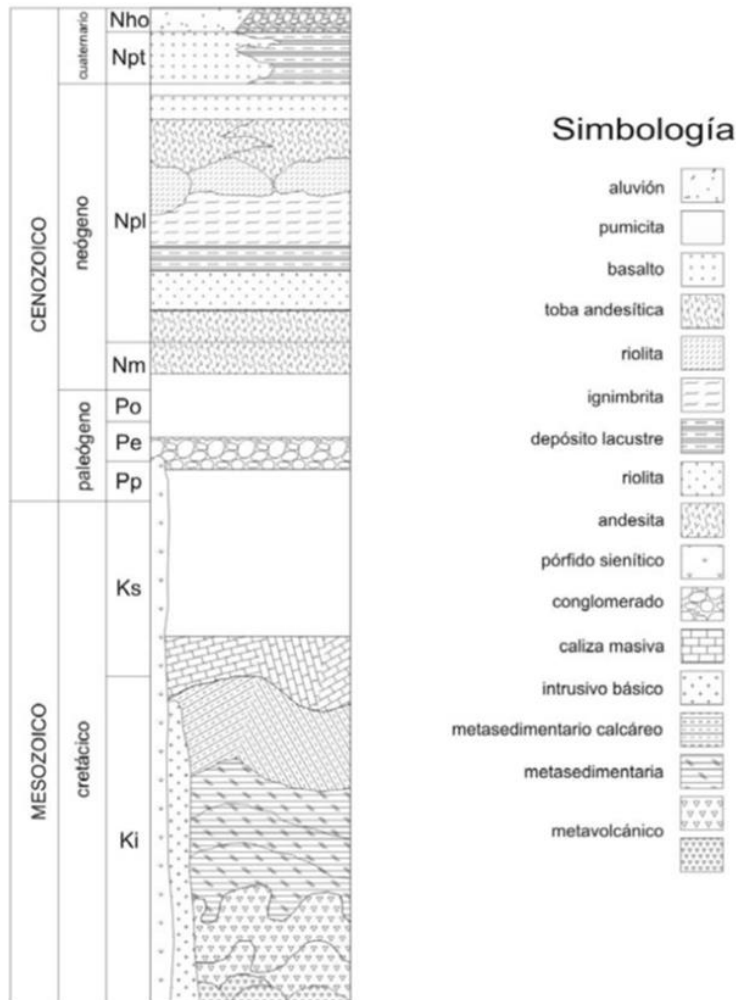


Figura 15. Columna estratigráfica del Distrito Minero de Talpujahuá-El Oro.

Fuente: Maldonado, 2008 (Modificado de De la Teja, 1999).

La Unidad Metavolcánicos andesíticos-basálticos El Carmen ha sido descrita por Campa *et al.*, (1974), Guerrero-Suástegui *et al.*, (1991) y Martínez (2009) como una unidad basal con predominancia volcánica, la cual tiene un espesor >3 km, donde afloran lavas basálticas y andesíticas con estructura en almohadilladas o masiva, hialoclastitas y brechas constituidos por fragmentos de basalto, andesita y toba (cenizas y lapilli), flujos piroclásticos y epiclásticos, estos últimos compuestos por conglomerados volcánicos, areniscas epiclásticas con clastos de tobas, lavas y calizas (Carta Geológica-Minera, 1999; COREMI, 2003).

La Secuencia silíceo-pelítica Tlalpujahuilla está compuesta por lutitas tobáceas, las cuales son formadas por sedimentos de limos y arcillas amarillentas (limoarcillosos) con presencia constante de tobas en la base y, amonitas y radiolarios en estratos laminados de poco espesor en la parte media y superior (Carta Geológica – Minera, 1999; COREMI, 2003).

Las Calizas y margas Remedios se puede correlacionar con la Secuencia calcáreo pelítica Dos Estrellas, ya que ambas son contemporáneas y sus depósitos corresponden a un cambio lateral de facies (Rivera-Carranza *et al.*, 1998). Ambas Formaciones integran una estructura elongada de orientación preferente N-S y con un espesor de 300 a 350 m (Cserna, 1983; COREMI, 2003). En estas estructuras predominan las micrita pelágica laminada (rocas carbonatadas constituidas por calcita microcristalina), las cuales varían de color gris oscuro a negro (Cserna y Fries, 1981; Cserna, 1983; COREMI, 2003). Asimismo, hay evidencia de calizas con bandas de cuarzo y calcita, rocas silíceas, pizarras, lutita y pedernal (Cserna y Fries, 1981; García-Palomo *et al.*, 2002).

Las Brechas y conglomerados polimícticos Tlalpujahuilla, sobreyacen de forma divergente a las unidades antes mencionadas. Esta unidad presenta rocas más o menos angulosas, las cuales están conformadas por rocas metavolcánicas, metasedimentarias y calizas, asimismo, también hay evidencia de fragmentos de cuarzo y calcita dentro de una matriz de arcilla. No se tiene una edad precisa para estas brechas y conglomerados, sin embargo, de acuerdo a la relación espacial del sitio, se piensa que fue en el Paleógeno y se le relaciona con la Formación Balsas (Mardonado, 2008). Dicha unidad carece de evidencia de rocas volcánicas, lo cual supone que su depósito es *a posteriori* a la intensa actividad volcánica del Cenozoico registrado en el área.

Las Andesitas Sierra del Rosario se caracterizan por ser una unidad de forma angular (Figura 14), de origen volcánico y de composición andesítica (Martínez, 2009). Dicha

unidad tienen una edad que data del Mioceno medio y superior y se le relaciona con la FVTM (Hernández-Bernal *et al.*, 2015).

La unidad geológica sucesivamente más recientes corresponde la Formación Las Américas, derivada del volcanismo calccalcalino del Oligoceno y Mioceno (Silva-Mora, 1979). A esta Formación se le asocia con depósitos de derrames de ceniza (Fries *et al.*, 1965), con la fase distal de toba proveniente de la caldera de Amealco (finales del Plioceno temprano) y con derrames derivados de la caldera de la presa Brockman (Pantoja-Alor, 1994).

Las unidades geológicas que se han identificado en el DIMITO se han clasificado en cuatro grupos: 1) Vulcanismo y sedimentación lacustre (Plioceno-Cuaternario), 2) Vulcanismo y sedimentación lacustre (Mioceno medio-superior), 3) Depósitos continentales post-orogénico (Eoceno inferior) y 4) secuencia volcánico sedimentaria Terreno Guerrero (Figura 14).

Finalmente, el grupo de vulcanismo y sedimentación lacustre del Plioceno-Cuaternario está conformado por depósitos fluvio-lacustres, basaltos, derrames fisúrales, domos y conos andesíticos-dácítico, los cuales se distribuyen en grandes porciones preferentemente en la parte NE y S del DIMITO.

El vulcanismo y sedimentación lacustre del Mioceno medio-superior, se caracteriza por estar compuesto de secuencias fluvio-lacustres y diatomitas, secuencias félsica de ignimbritas y domos dácíticos-riolíticos y andesitas. La distribución de estas unidades se presenta en la parte W y central del DIMITO, sin embargo, su superficie de ocupación es limitada.

Los depósitos continentales del post-orogénico (Eoceno inferior) se distinguen por tener una dominancia de brechas y conglomerados polimícticos, que se distribuyen de manera

asimétrica preferentemente por el municipio de Tlalpujahua, en específico en la parte W del DIMITO.

Por último el grupo de la secuencia volcánico sedimentaria Terreno Guerrero, la cual está formada por cuatro unidades geológicas base como son las calizas y margas masivas, la secuencia calcárea-pelitica, la secuencia silíceo-pelitica y el metavolcanico andesítico-basáltico, dichas unidades se localizan en el parte centro del DIMITO.

2.4.1. Geología estructural

La tectónica del subterreno Teloloapan se caracteriza por tener dos etapas de deformación de tipo dúctil y frágil muy intensa (ambas del Cretácico tardío y del Cenozoico temprano), las cuales son de carácter compresivo y transtensivos (De la Teja, 1999; Salinas *et al.*, 2000) y presentan estructuras de plegamiento y cizalla, con un rumbo preferente de 10° a 25° al NW. En específico, la primera etapa de deformación tiene una edad que data del Paleoceno y se le considera como la evidencia de la acreción del arco insular de Teloloapan a la margen continental americana (Salinas *et al.*, 2000), además, esta etapa de deformación está asociada con pliegues isoclinales y fallas inversas con orientación NE y NS (De la Teja, 1999).

La segunda etapa de deformación está asociada a pliegues abiertos con planos axiales orientados NW y SE y relacionada al proceso de relajamiento post a la acreción del arco insular de Teloloapan (Maldonado, 2008). Las estructuras formadas durante la etapa de deformación frágil (segunda etapa de deformación) están asociadas a procesos de fallamiento y cabalgaduras con evidencia de intrusión de materiales ígneos con espesores de hasta 20 m (De la Teja, 1999).

La deformación del DIMITO se encuentra en el sistema de Fallas de Acambay-Morelia, y se caracteriza por tener tres fases de deformación: la primera es de compresión

preferentemente con dirección NO-SE, la cual origina pliegues únicamente en la unidad metamórfica y se le relaciona con el conjunto de vetas mineralizadas (oro y plata); la segunda fase compresiva con predominancia NE-SO que da origen al sistema de pliegues y fallas inversas, afectando a las rocas metamórficas; la tercera fase es distensiva cuyo rumbo es E-W en la parte N del DIMITO (Maldonado, 2008; Martínez, 2009).

2.4.2. Depósitos minerales

Los depósitos de minerales o también conocidos como yacimientos de minerales, son formaciones geológicas donde se encuentran acumulados los minerales que forman la corteza terrestre y se encuentran en la litosfera (Servicio Geológico Mexicano, 2017). Existen tres tipos de yacimientos mineralógicos, principalmente, los cuales son los yacimientos endógenos, los yacimientos exógenos y los yacimientos metamórficos (Servicio Geológico Mexicano, 2017).

El DIMITO se caracteriza por tener yacimientos mineralógicos de tipo endógeno, los cuales se definen por situarse en estructuras geológicas de gran espesor y que presentan procesos geoquímicos (Flores, 1920; De la Teja *et al.*, 2000; Servicio Geológico Minero, 2017) y, son de origen hidrotermal, es decir, la formación de estos yacimientos es a partir de la presencia y precipitación de soluciones calientes (240/160°C) que se encuentran en estado gaseoso o líquido (Park y MacDiarmid, 1981; Lunar y Oyarzum, 1991; Ostroumov y Corona-Chávez, 1999; Servicio Geológico Mexicano, 2017).

Las estructuras mineralizadas del DIMITO se localizan en un sistema de vetas que se alojan en las rocas metavolcánicas-sedimentarias del Terreno Guerrero. Dichas estructuras han sido delimitadas y selladas por la andesita del Cerro Somera; además, pueden llegar a tener un espesor de 33 m y muy excepcionalmente 70 m (Veta San Rafael) (Maldonado,

2008). Las vetas del DIMITO están asociadas a las fallas que circundan el área y se localizan en las secuencias de basamento del Mesozoico (Martínez, 2009).

En el DIMITO se han identificado 13 sistemas de Vetas: Veta Coronas, Veta San Rafael, Veta Borda, Veta La Nacional, Veta Carmen de Vírgenes, Veta El Pirul, Veta La Barranca, Veta Luz de Borda, Veta La Verde, Veta La Descubridora, Veta San Patricio, Veta La Victoria y Veta Chihuahua.

Las especies de minerales de mena (agregados minerales) del DIMITO están asociadas a una serie de sulfuros auríferos y argentíferos (oro y plata nativos) y a un conjunto de seleniuros de oro, plata y cobre (De la Teja, 1999; Maldonado, 2008), los cuales se encuentran concentrados en una matriz de ganga (sustancias de minerales presentes en la mena) de cuarzo, calcita y otros carbonatos (Maldonado, 2008; Martínez, 2009). El aspecto externo de las vetas se debe a la alteración de minerales causados por la oxidación, por dicha alteración los minerales más comunes en el DIMITO son: hematita, limonita, óxido de magnesio y fragmentos de cuarzo.

2.4.3. Jales

Se les denomina jales a los residuos que se producen en el proceso de concentración de minerales extraídos de la minería, los cuales, por lo general, se almacenan cerca de las instalaciones de la mina a manera de depósitos superficiales denominados presas de jales (Santos-Jallath *et al.*, 2013). Dentro de las características físicas de los jales se puede destacar el tamaño de sus partículas (2µm hasta 0.2 mm; Lottermoser, 2007), dichas partículas van a depender de la liberación de los minerales de interés económico (la ganga).

Los jales representan un impacto, por lo regular, negativo para el ambiente, debido a que su almacenamiento es a la intemperie y, sus partículas son dispersadas por la acción del

agua y del viento, depositándose en suelos cercanos o en cuerpos de agua superficiales, a partir de los cuales son transportados a varios kilómetros de su origen (Sengupta, 1993; UNEP-ICM, 1998; Lottermoser, 2007; Spitz y Trudinger, 2009).

De acuerdo a Santos-Jalltha *et al.*, (2013) en la actividad minera los jales se manejan, en la mayoría de los casos, fusionados con agua, en una porción de 30 a 40% de sólidos y forman una pulpa y, es en la presa de jales donde se lleva a cabo la separación del agua por medio de la decantación. El agua es un insumo fundamental para la operación de jales; sin embargo, el agua es la principal causa de que los depósitos de jales presenten alguna falla por inestabilidad y liberen los residuos (US EPA, 1994; EPA, 1995).

Los depósitos de jales del DIMITO fueron apilados sobre laderas y barrancos con un sistema de drenaje activo, los cuales yacen sobre un basamento de calizas carbonatadas y lutitas (Corona-Chávez *et al.*, 2017). En la actualidad la morfología de los jales del DIMITO presenta cárcavas, lo cual evidencia una remoción fluvial del material (> 27-34% de su volumen original), ocupan un área de 622, 764 m² y están cubiertos de vegetación arbustiva y bosques de cedro de manera heterogénea (Corona-Chávez *et al.*, 2017). Sin embargo, hasta la fecha no se tienen datos detallados sobre la mineralogía y geoquímica de los jales del DIMITO.

2.5. Breve historia del Distrito Minero de Tlalpujahuá-EI Oro

El Distrito Minero de Tlalpujahuá-EI Oro debe su origen a la actividad minera desarrollada durante la colonia, aunque se tiene registro que desde la época prehispánica ya se practicaba la extracción de algunos minerales a muy baja escala en dicha área (Bernal, 2012). El desarrollo de la actividad minera en el DIMITO fue igual al de muchas ciudades de América (Maldonado. 2008), las cuales fueron explotadas y ultrajadas por inversión extranjera.

La región que abarca el DIMITO pertenece a dos diferentes entidades federativas, Tlalpujahua al Estado de Michoacán y El Oro al Estado de México; sin embargo, ambas comparten una misma evolución geológica, una misma historia en sus yacimientos y un similar desarrollo en la actividad minera (Maldonado, 2008). Los pueblos mineros de Tlalpujahua empiezan a tener un desarrollo constante minero a partir del siglo XVI, mientras que los pueblos mineros de El Oro empiezan hasta el siglo XVIII (Uribe-Salas, 1995).

De acuerdo a Martínez (2009), la historia minera del DIMITO se puede dividir en cinco épocas trascendentales: 1) Prehispánica, 2) Colonial, 3) México Independiente, 4) Compañía Minera Dos Estrellas y 5) Cooperativa Minera Dos Estrellas.

1) Época Prehispánica

De acuerdo con Saucedo-Ocaña (2005), la extracción de minerales ya se practicaba antes de 1517 por los indígenas mazahuas y purépechas. Los minerales que se extraían eran el oro y la plata principalmente; sin embargo, no se tiene información exacta sobre la forma de extracción en el DIMITO, pero algunos historiadores sugieren que las herramientas de extracción estaban fabricadas de roca, o bien, al no utilizar herramientas hechas con metal una técnica era llenar las grietas con agua que al congelarse por la noche hacía brotar la roca, claro, esta técnica solo podía utilizarse en los yacimientos más superficiales (Martínez, 2009) aunado a las condiciones meteorológicas.

2) Época Colonial

Consumada la conquista, los españoles concentraron sus esfuerzos en la extracción de oro y plata, utilizando esclavos indígenas de encomienda como mano de obra y, de acuerdo a Uribe-Salas (2006), una vez agotados los lavaderos de los ríos se inicia la búsqueda de yacimientos metalíferos. Durante el Virreinato de la Nueva España, los

centros mineros de Tlalpujahua y El Oro pertenecieron a distintas jurisdicciones, Tlalpujahua a la intendencia de Valladolid y El Oro a la de México (Uribe-Salas, 2010).

El primer circuito minero de yacimientos argentíferos Colonial estaba integrado por las localidades de Zimapán, Mineral del Monte, Real del Oro, Temascaltepec, Sultepec, Zacualpan, Taxco, Tejupilco, Chilapa y Tlalpujahua (Uribe-Salas, 2010). Por lo que respecta a Tlalpujahua, éste hacía parte de la intendencia de Valladolid, la cual abarcaba los actuales estados de San Luis Potosí, Guanajuato y el W de Guerrero y, cuya extracción de plata hizo de esta unidad administrativa una de las más ricas del Virreinato de la Nueva España (Uribe-Salas, 2010), por lo tanto se le denominó la Provincia de la Plata (Saucedo-Ocaña, 2005).

Durante el periodo de 1525 y 1558 se registra una intensa explotación de vetas, de las cuales se extraía pequeñas cantidades de mineral con altos contenidos de plata, lo que impulso el uso de hornos para el beneficio del metal. Dicho método se le denominó método de fundición, el cual fue el primer sistema utilizado en el DIMITO y en casi todas las minas de la Colonia (Maldonado, 2008).

Durante la segunda mitad del siglo XVI se introdujo el método de patio o amalgamación, el cual representó un avance significativo tecnológico. La cualidad de este método, era el aprovechar los minerales con bajos contenidos de plata en cantidades industriales. Sin embargo, el nuevo método de beneficio causaba daños severos a la población que se empleaba, pero claro, nunca se aceptó tal daño, aunque los medios de comunicación de aquella época, aseguraban que la amalgamación en la Nueva España era dañina para los operarios. Dicha polémica provocó respuestas como la de Sonneschmidt que decía *“bien notorio es que el beneficio por patio no es ninguna operación dañosa para los peones que en ella se emplean”*, respuesta que fue dada después de haber recorrido algunas minas de la Nueva España y encontrar ancianos que habían trabajado por más de 30 años en

las minas; sin embargo, Sonneschmidt asociaba esos achaques a otras causas (Sonneschmidt, 1825 en Martínez, 2009).

Para el año de 1570 se registra el inicio de la primera gran bonanza de la región, debido al descubrimiento de la veta Coronas y con ellos se marca una época de crecimiento de haciendas y minas. Sin embargo, para 1639 hay un incremento de población y el desabasto de mercurio y otros insumos para la actividad minera (Maldonado, 2008). Y finalmente durante la segunda mitad del siglo XIX la minería del DIMITO entra en decadencia por diversos factores como: la guerra de Independencia, falta de inversión y capital para la construcción de más tiros y socavones y por la incapacidad técnica para desaguar las antiguas minas (Martínez, 2009). Cabe mencionar que la época Colonial duró tres siglos en el DIMITO, pero que dejó a su paso pueblos como: San Lorenzo, San Francisco, Los Remedios, Santa María, Talcotepec y Tlapujahuilla y oficios como: herrería, zapatería, sastrería y carpintería (Uribe-Salas, 1994).

3) México Independiente

Con los movimientos de independencia que tuvieron lugar en el año 1810, hubo grandes estragos en la actividad, negocios y operaciones mineras; sin embargo, al finalizar la guerra de independencia en 1821 la suerte del DIMITO estaba cambiando, ya que empezó a entrar capital británico para ser invertido en las antiguas minas (Martínez, 2009; Uribe-Salas, 2010).

Gran parte del capital británico se empleó para la rehabilitación de las minas, a través de empresas como: Real del Monte Company, Anglo Mexicana Company, Catorce Company que operaban principalmente en Zimapán, Real del Monte, Mineral del Oro, Temascaltepec y Zacualpan, mientras en el DIMITO operaban compañías tales como Tlapujahua Company y United Mexican Company, las cuales aparte de extraer minerales

de las minas antiguas, limpiaron y desaguaron las vetas Chihuahua, San Acacio, Descubridora y San Rafael (Martínez, 2009; Uribe-Salas, 2010). Cabe mencionar que, en menor porción también llegó inversión estadounidense y alemana para explotar en Aganguero, El Chico, Zimapán, Temascaltepec, Mineral del Oro y El Cordonal (Uribe-Salas, 2010).

La región de Tlalpujahua y El Oro se empezó a caracterizar por crear una cultura ligada a la minería y dar origen a los pueblos que llevan sus nombres, debido a sus características físicas, ya que ambas se localizan en el Cinturón Volcánico Transmexicano y comparten una misma región geológica, así como las vetas de oro nativo, plata nativa, plata sulfúrea y agría de San Rafael, Descubridora, Chihuahua, Vírgenes, Borda y Corona, entre otras. (Uribe-Salas, 2010).

Es necesario resaltar que, según algunos autores la historia del siglo XIX registra dos periodos de gran actividad. El primero de ellos se presentó en los años veinte cuando los ingleses invirtieron grandes cantidades de libras esterlinas en la rehabilitación y operación de las minas destruidas o abandonadas durante el proceso de independencia; el segundo, se presenta sesenta años después, en pleno régimen porfirista, cuando fueron descubiertos los filones de oro más abundantes hasta ese momento en México (Uribe-Salas, 2005; Maldonado, 2008; Uribe-Salas, 2010).

Las dos empresas más representativas de la inversión inglesa fueron la United Mexican Mining Association y la Tlalpujahua Company, las cuales contrataron en arrendamiento más de 90 minas para la extracción de oro y plata (Tabla 4 y Tabla 5). Dichas minas se localizaban sobre las vetas Chihuahua, San Arcacio, Descubridora, San Rafael en El Oro; y en Tlalpujahua en las Vírgenes, Borda y Corona (Uribe-Salas, 2010). Cabe resaltar que, solo dos de las vetas concentraron los recursos tecnológicos, lo cual permitió que se

experimentara y se dieran avances tecnológicos y científicos del siglo decimonónico (Uribe-Salas, 2010).

Tabla 4. Minas de extracción de oro de la compañía United Mexican Mining Association

United Mexican Mining Association		
Directores: Lucas Alamán, y los Sres. Glennie y Agassis		
Capital: 1 millón de libras esterlinas		
Invertidos: ±800 mil libras esterlinas		
Estados	Distrito minero	Minas
Guanajuato	Guanajuato	Caldera, San Roquito, San Rafael, La América y Guadalupe
Jalisco	Comala	Diamantito y Guardarraya
Zacatecas	Vetagrande	Quebradilla, Malanoche, San Bernabé, San Acasio, El Desierto y Lorete
	Sombrerete	Minas de las vetas Pabellón y Negra
Chihuahua	Jesús María	La Divina Providencia, Animas y Belén
	Calpulapan	La Natividad, Dolores y una de magistral
Oaxaca	Teojomulco	Minas de la veta de San Pablo
	El Chico	La Bomba, Santa Ana, Las Papas, San Miguel, San Antonio y Santa Rita
México	El Oro	Minas de la veta Descubridora
	Temascaltepec	La Magdalena, Los Reyes y La Guitarra
	El Cristo	San Antonio y San Diego
	Zacualpan	San Mateo
	Tetela del Río	Coronilla

Fuente: Henry George Ward, México en 1827..., pp. 349-35 en Uribe-Salas, 2010.

Tabla 5. Minas de extracción de oro de la compañía Tlalpujahuá Company

Tlalpujahuá Company		
Director: Sr. Rivafinelli		
Capital: 400 mil libras esterlinas		
Invertido: ±180 mil libras esterlinas		
Estados	Distrito minero	Minas
México	El Oro	7 minas
Tlalpujahuá	Tlalpujahuá	86 minas

Fuente: Henry Georges Ward, México en 1827..., pp. 349-353 en Uribe-Salas, 2010.

A finales de la década de 1890 en la cañada de Tlalpujahuá, el ingeniero francés François J. Fournier descubrió los yacimientos auro-argentíferos más ricos de la región, ubicados debajo del Cerro Somera (Figura 16; Uribe-Salas, 2010; Bernal, 2012). Décadas anteriores los españoles habían detenido la extracción de minerales en la capa andesítica del Cerro Somera, sin saber que precisamente debajo de ésta se descubriría tal hallazgo (Martínez, 2009).



Figura 16. En la imagen se puede observar a la clase trabajadora extrayendo material del socavón de La Mina Las Dos Estrellas en el año 1899.

Fuente: Bernal, 2012.

Tras de tal evento, Fournier se dio a la tarea de buscar inversionistas en México y Europa, logrando constituir La Compañía Minera Las Dos Estrellas (Martínez, 2009; Uribe-Salas, 2010), dicha empresa se formalizó en 1898 (Figura 17) y con ello no se hizo esperar el desarrollo, auge y bonanza en el DIMITO (Uribe-Salas, 2010). Las Dos Estrellas fue

reconocida a nivel internacional por sus depósitos ricos en oro y plata, colocándose entre las 22 empresas más rentables de México, hasta ese momento, según el periódico *The Mining World* (Uribe-Salas, 2010).



Figura 17. Vista panorámica de La Mina Las Dos Estrellas en el año 1899.

Fuente. Bernal, 2012.

Para 1900 por primera vez en el DIMITO se descubren la Veta Negra en El Oro y la Veta Verde y la Veta Nueva en Tlalpujahuá y con ello la mejor bonanza de la Mina Las Dos Estrellas, lo cual dio pie para el incremento de ganancias e inversión de nuevo equipo con tecnología de punta (Martínez, 2009). Dicha inversión permitió extraer minerales de baja ley y minerales ubicados bajo el nivel del agua, lo cual benefició a la empresa con rendimientos de casi 92% de oro y 56% de plata por tonelada (Figura 18) (Uribe-Salas, 2005; Maldonado, 2008).

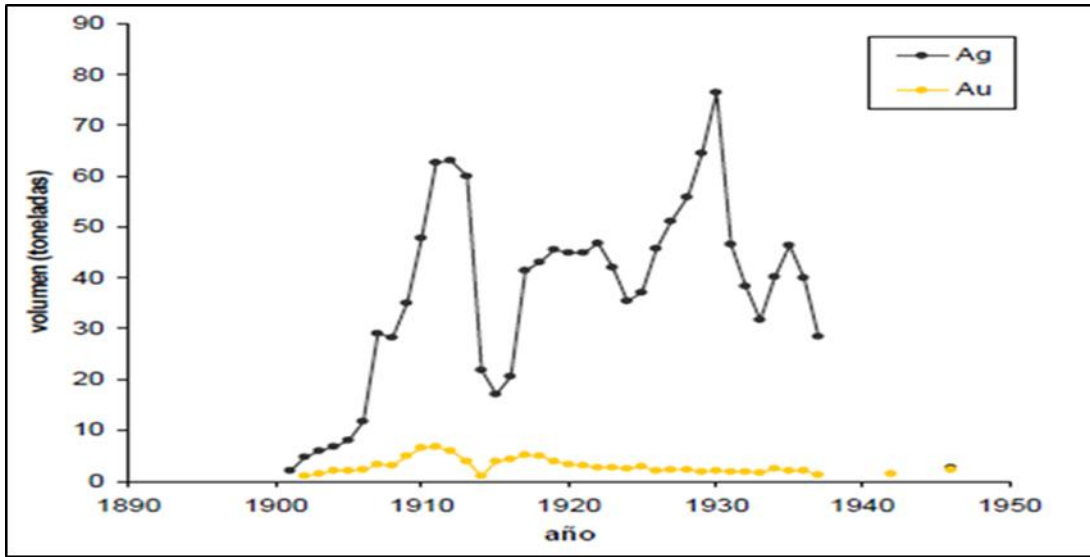


Figura 18. Producción de toneladas de oro y plata durante los mejores años de Las Dos Estrellas.

Fuente: Uribe-Salas, 2005 en Maldonado, 2009.

A partir de 1912 Las Dos Estrellas ya era una empresa económicamente estable, ya había solucionado el problema del desagüe, los trabajos de exploración se incrementaron y la explotación de minerales ya era a gran escala en otras vetas como Coronas y Borda (Flores, 1920; Uribe-Salas, 2006; Martínez, 2009). Es posible que los mejores años de Las Dos Estrellas estuvieran asociados al desarrollo tecnológico y operativo de la época, la introducción del sistema de beneficio por cianuración y la aparición del ferrocarril (Maldonado, 2008), así como la especialización en materia de geología y minería por parte del personal, lo cual se vio reflejado en una mejor planeación y desarrollo de la explotación de los minerales (Uribe-Salas, 2005).

En El Oro también operaban otras tres compañías mineras de origen inglés: *The Oro Mining and Railways Company Ltd.*, *La Esperanza Mining Ltd.* y *la Mexican Mining of El Oro Ltd.*, las cuales se llegaron a beneficiar con 71,000 toneladas mensuales de minerales; sin embargo, pocos años después estas empresas se vieron obligadas a liquidar a su gente y rematar en el mercado su industria, debido a la depreciación del

periodo de 1928-1930 (Uribe-Salas, 2006; Martínez, 2009). Dicho evento dio lugar a la planta de beneficio El Cedro (propiedad de Las Dos Estrellas) a ser la única que se mantuviera activa, extrayendo más del 98% del mineral y contribuyendo así al desarrollo e incremento económico del DIMITO (Uribe-Salas, 2006).

Por 40 años operó la empresa Las Dos Estrellas: sin embargo, empezó un periodo de decadencia en el país, lo cual obligo a la empresa a reajustar salarios o la empresa cerraría (Corona-Chávez y Uribe-Salas, 2009). En 1937 se presentó un terrible evento, algunos lo llaman “la catástrofe de 1937”, el cual marcaría para siempre al DIMITO y a la minería en México. Dicha catástrofe sucedió el 7 de mayo a las 5:20 a.m., debido a la precipitación de lama (30 millones de toneladas de lama) que se desbordó de un jale en Tlalpujahu de la planta de beneficio El Cedro, destruyendo los barrios El Carmen y La Cuadrilla y dejando a más de 300 personas sepultadas por el torrente de lodo (Coro-Chávez y Uribe-Salas, 2009; Martínez, 2009). Este terrible evento le consto a la empresa alrededor de \$500,000, Las Dos Estrellas no pudo superar tal catástrofe y tuvo que cerrar como empresa privada dando lugar a la era de la cooperativa minera en el DIMITO.

4) La Cooperativa Minera Dos Estrellas

Después de las cuantiosas pérdidas humanas y materiales tras el desbordamiento del jale, la amenaza de perder su trabajo los mineros y con la progresiva potencia de los mineros apoyados por el entusiasmo nacionalista del gobierno de Lázaro Cárdenas, se formó la Cooperativa Minera Dos Estrellas (propiedad de los mineros) (Corona-Chávez y Uribe-Salas, 2009; Martínez, 2009).

En términos generales, la Cooperativa Minera Dos Estrellas nunca se pudo posicionar al nivel que tenía cuando era una empresa francesa, a pesar de haber recibo créditos financiados por parte del gobierno de Cárdenas (Martínez, 2009). Con dichos créditos se

construyó una planta de beneficio introduciendo el sistema de flotación selectivo, lo cual favoreció a obtener bajos valores de oro. La producción se redujo a 800 toneladas diarias, con ley de 2.8 g de oro y 45 g de plata por tonelada (Tabla 6).

Tabla 6. Producción de la Cooperativa Minera Dos Estrellas de 1938 a 1946

Año	Toneladas	Ley media Ag	Ley media Au
1938	628,129	2.427	59.658
1939	589,275	2.250	58.371
1940	761,431	2.181	58.317
1941	772,083	2.228	62.218
1942	759,148	2.142	57.696
1943	759,625	2.111	53.174
1944	744,709	2.393	48.068
1945	614,713	2.976	51.699
1946	379,183	3.140	50.107
Total	6,008,296	2.433	55.477

Fuente: Uribe-Salas, 2006.

Durante 1938 y 1946 el DIMITO se benefició con más de 6 millones de toneladas de mineral, de los cuales solo se pudo recuperar 11,740.826 k de oro y 283.396 k de plata. Para marzo de 1947 la Cooperativa Minera Dos Estrellas ya no pudo mantenerse y su administración fue transferida la Comisión de Fomento Minero y que subsistió hasta 1959, ese fue su declive definitivo (Uribe-Salas, 2005; Maldonado, 2008; Martínez, 2009).

A partir de estas etapas de transición del área, se observa que por más de 400 años de historia de explotación y extracción de minerales, el DIMITO se convierte en una de las regiones mineras más importantes del país, alcanzando una fama mundial. Sin embargo, toda esa producción masiva durante siglos dejó grandes secuelas dentro del área como la generación y distribución de residuos mineros (aproximadamente 23 millones de toneladas) principalmente en el lecho del río de Tlalpujahuá (Maldonado, 2008). Dichas

secuelas fueron provocadas por los métodos de beneficio utilizados históricamente, tales como la fundición, amalgamación, cianuración y flotación (Tabla 7).

Tabla 7. Métodos metalúrgicos empleados y tipos de residuo generado

Periodo	Método	Tipo de residuo	Volmen del residuo	Disposicipon del residuo
1558-1700	Fundición	Terrenos, escorias de fundición con gran cantidad de contenido metálico	?	Lugares cercanos al lugar de beneficio
1550-1894	Amalgamación	Terrenos y jales con leyes altas de metales preciosos y de mercurio	?	Lecho de los ríos
1894-1938	Cianuración	Residuos con leyes menores de metales preciosos	99.99% del material extraído	Lecho de los ríos, presas de jales
1938-1959	Flotación	Residuos con leyes menores de metales preciosos	99.99% del material extraído	Presas de jales

Fuente: Uribe-Salas, 2005.

Durante los últimos años de explotación de minerales dentro del área, las leyes fueron disminuyendo, lo que dio lugar a la implementación de tecnología para extraer cada vez más grandes cantidades de material; sin embargo, esto no fue costeable y la actividad minera quedó en el olvido en el DIMITO en 1959, quedando solo un gran legado cultural y una geodiversidad más expuesta para su investigación.

Capítulo 3. Métodos y materiales



Capítulo 3. Métodos y materiales

3.1. Tipología y cartografía de los paisajes

El enfoque que se empleó en este trabajo, parte de considerar que el paisaje no es un ente homogéneo, sino que está formado a su vez por paisajes elementales (paisajes de rango inferior) que resultan de la integración espacial y tipológica de tres componentes del sistema ambiental: a) forma del relieve; b) tipo o formación vegetal; c) uso del suelo específico. Autores como Bertrand (1968), Farina (1998) y Muñoz (1998) han señalado a estos elementos del paisaje como indicadores para determinar el potencial biofísico y cultural del paisaje, así como de sus limitantes y formas de respuesta frente a procesos de disturbio, y más recientemente como indicadores para el desarrollo de la actividad turística (Terkenli, 2004; Fernández *et al.*, 2010; Hernández *et al.*, 2010; Cancela d'Abreu *et al.*, 2011; Marujo y Santos, 2012).

La integración de los datos se realizó a partir de la tipología y cartografía de dos mapas base: 1) mapa geomorfológico y 2) mapa de cubiertas del suelo. Dicha integración se hizo mediante la sobreposición de ambas capas y el mapa resultante fue interpretado y cartografiado de manera manual, considerando el criterio de agrupar paisajes con un mismo significado turístico en términos de la naturalidad (paisajes de origen natural y cultural), la estabilidad (características geomorfológicas) y el tipo de permanencia del uso del suelo.

3.1.1. Cartografía geomorfológica

El mapa geomorfológico se obtuvo a partir de la interpretación de un mapa topográfico (1:50,000 curvas de nivel cada 20 m), la carta hidrológica del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI; 1:50,000), la carta geológica E14A16 El Oro del Servicio Geológico Mexicano (SGM), el mapa geológico del Instituto de Investigación

en Ciencias de la Tierra de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo e imágenes de satélite de Google Earth 2017-2018. Para verificar las unidades geomorfológicas se realizaron inspecciones de campo y se generó el modelo digital de elevación del terreno (30 m por píxel). Así mismo, se realizó un análisis detallado de la geología del área, a partir de los documentos antes mencionados y trabajo de campo, así como la elaboración de una serie de mapas morfométricos (Figura 19).

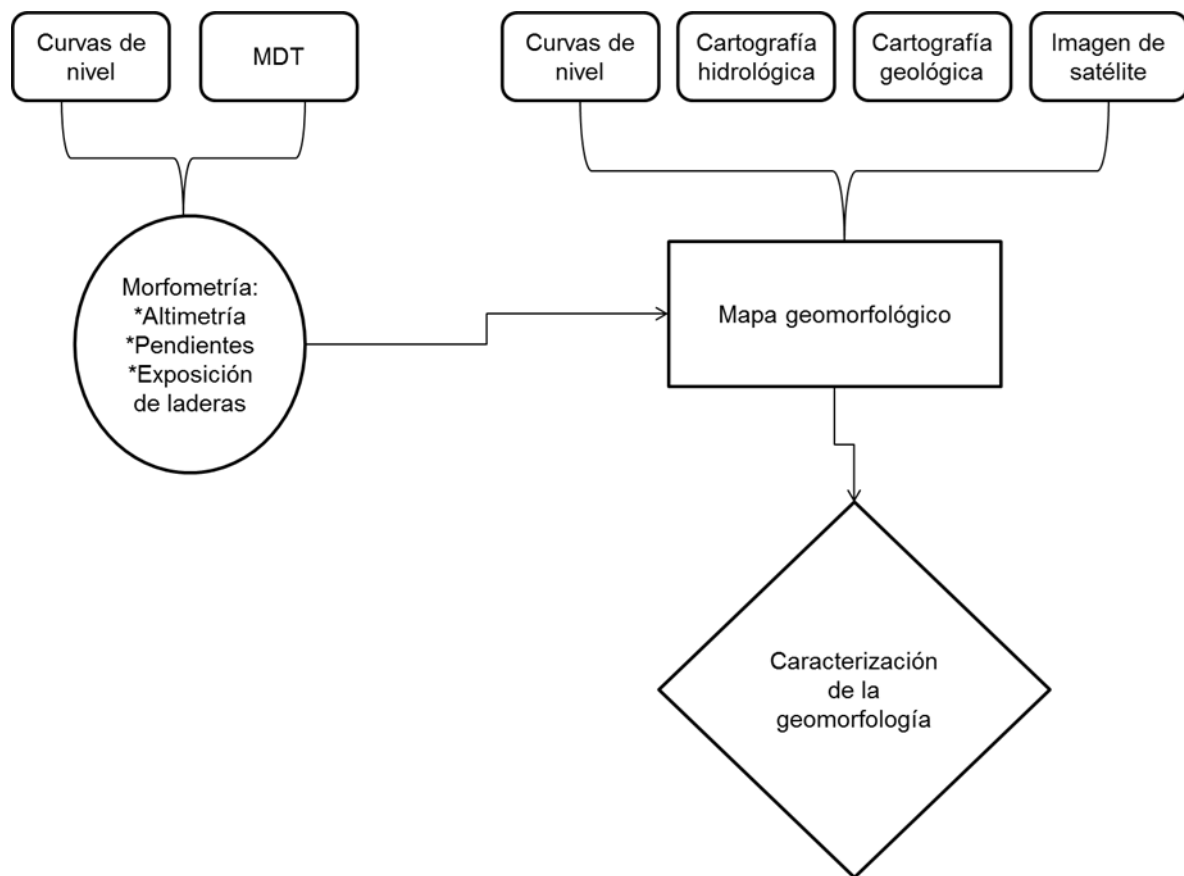


Figura 19. Flujo metodológico para caracterizar el relieve del DIMITO.

El enfoque geomorfológico que se utilizó para la tipología de las formas del relieve, ha sido utilizado en diversas disciplinas particularmente durante las últimas cuatro décadas, el cual ha sido desarrollado por Van Zuidam (1986) y Verstappen y Zuidam (1991) y modificado por las condiciones de heterogeneidad geomorfológica de México por Tapia-

Valera y López-Blanco (2002), según el cual, el análisis morfogenético supone cuatro puntos fundamentales: 1) tipo de forma del relieve, 2) litología asociada al origen, 3) edad del relieve y 4) geometría del relieve.

3.1.2. Cartografía morfométrica

La morfometría o geomorfometría, se refiere a las características geométricas del relieve; entre otros aspectos, incluye a la altimetría, la pendiente y la exposición de laderas, entre otros (Lugo, 1989). Estos parámetros son una buena herramienta para caracterizar y diagnosticar la taxonomía, el origen, la estructura y dinámica del relieve; así mismo, son útiles para explicar la distribución y comportamiento de algunos elementos constituyentes del sistema ambiental y por lo tanto de los paisajes (Lugo, 1989; García-Romero, 1996; ITC, 2001; Díaz *et al.*, 2002; García-Sánchez, 2015).

Se elaboraron tres mapas morfométricos: a) altimetría (msnm); b) pendientes (reclasificación de acuerdo a la escala de susceptibilidad a los eventos de remoción en masa; Van Zuidam, 1986); c) exposición de laderas (clasificadas según la susceptibilidad a erosión de suelos; Van Zuidam, 1986), derivados de un modelo digital del terreno (MDT) basado en la cartografía del INEGI a una escala 1:50 000 y con un tamaño de pixel de 25m (Figura 19).

3.1.3. Cartografía de las cubiertas del suelo

El enfoque que se utilizó para el mapa de cubiertas del suelo, parte de la interpretación del mapa geomorfológico, curvas de nivel (1:50 000 curvas de nivel cada 20 m), el modelo sombreado del terreno e imágenes de satélite (Google Earth 2017-2018; Figura 20). Las unidades de las cubiertas de suelo pudieron ser verificadas en campo, con el apoyo de cartografía de uso del suelo y vegetación a escalas 1:50 000 y 1:250 000 de INEGI (1975; 2015).

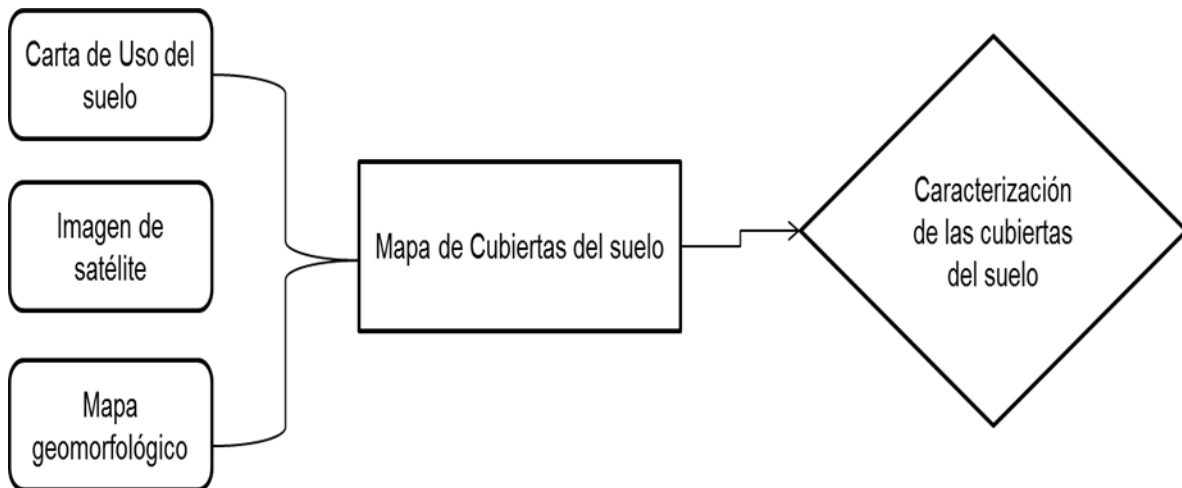


Figura 20. Flujo metodológico para la elaboración del mapa y caracterización de las cubiertas del suelo.

Para la interpretación de las cubiertas del suelo, fue necesario establecer un área mínima cartografiable de 1 ha (Campbell, 1996) y dicha interpretación se hizo por medio de un enfoque visual, el cual se basó en técnicas directas (color y textura), asociativas y deductivas, para diferenciar los distintos elementos biofísicos de origen natural y cultural que se distribuyen por el terreno (Enciso, 1990; Mas y Ramírez, 1996; Arnold, 1997; Chuvieco, 2002; Slaymaker, 2003).

Para establecer la tipología se consideraron dos aspectos: 1) el origen de la clase (natural o cultural) y 2) y el uso del suelo. Para verificar las unidades de las cubiertas del suelo e identificar nuevas clases, si fuere necesario, se hizo uso de la bibliografía y cartografía (Cancela d'Abreu *et al.*, 2011; Cebrián, 2013; Observatorio del Paisaje, 2017) ya publicada para tomar decisiones, así como mapas morfométricos, verificación en campo, entrevistas y puntos de control con GPS.

3.2. Diseño de la valoración del patrimonio geológico y sitios de geodiversidad

En la actualidad existe un interés por parte de los geocientíficos en temas relacionados al patrimonio geológico, sitios de geodiversidad y la conservación de éstos. Sin embargo, a nivel internacional se presenta una necesidad en producir bases teóricas, metodológicas y sí es el caso ampliar y/o perfeccionar algunos métodos para el análisis y diagnóstico de estos temas. La presente investigación propone un método para valorar el patrimonio geológico (geositios) y sitios de geodiversidad, que se pueda aplicar y adaptar a distintas áreas. Además, a partir de este método se pueden desarrollar planes de gestión de un territorio (en relación a su geodiversidad), protección y divulgación del patrimonio geológico y sitios de geodiversidad. Así mismo, para el desarrollo de las poblaciones locales y promover el conocimiento científico de un lugar.

El método que se propone se basa en siete características; Temática del sitio, Categorías de análisis, Dimensión espacial de análisis, Uso, Criterios de análisis, Trabajo participativo con expertos en el tema e Inventario del patrimonio geológico y sitios de geodiversidad. El desarrollo de estas características se sustenta en criterios que son constantemente aplicados dentro de estudios orientados a la valoración del patrimonio geológico, como en Wimbledon *et al.*, (1995); Grandgirard (1999); Alexandrowicz y Kozlowski (1999); Parkes y Morris (1999); Brilha (2005); White y Mitchell (2006); García-Cortés y Carcavilla Urquí (2009); Lima *et al.*, (2010); Fuertes-Gutiérrez y Fernández-Martínez (2010); Díaz-Martínez y Díez-Herrero (2011); Wimbledon (2011); Gray (2013); Reynard y Coratza (2013); Brilha (2016) y que han dado buenos resultados para dicha valoración. Se definen a continuación las siete características mencionadas.

3.2.1. Temática del sitio

La temática del sitio se refiere a la asociación que tenga el lugar con algún aspecto de la geodiversidad y que de preferencia tenga un significado de identidad para la población

local. Este elemento puede ser de índole geológico o geomorfológico, ya sea una temática orientada al volcanismo, a algún proceso erosivo o alguna actividad económica relacionada con la geología y/o geomorfología entre otras.

3.2.2. Categorías de análisis

Estas categorías se refieren a grupos que reúnen condiciones similares referentes a los rasgos de formación más representativos de la geodiversidad de un lugar. Su función radica en tener la información de cada geositio y sitio de geodiversidad clasificada de acuerdo a su origen, forma y / o proceso de formación. Se proponen dos categorías de análisis: 1) secuencias estratigráficas y 2) formas y procesos del relieve (endógenos y exógenos).

3.2.3. Dimensión espacial

Se trata de la superficie que abarca cada geositio y sitio de geodiversidad. La dimensión espacial de análisis se ha clasificados en dos categorías: 1) sitios puntuales y 2) sitios lineales. Los sitios puntuales se refiere a sitios con una superficie menor a los 100 m² y, que por lo regular su área es poligonal. Mientras que, los sitios lineales son sitios que cuentan con unidades de cientos de m².

3.2.4. Uso

Para este trabajo se proponen dos tipos de usos: el uso científico-educativo y el uso geoturístico, los cuales integran elementos que se desean resaltar y mostrar de cada uno de los sitios de interés geológico y geomorfológico bajo estudio.

El uso científico y educativo se refiere a la ocupación del sitio para desarrollar actividades de carácter científico y educativo, es decir, el geositio, qué tanto puede aportar al conocimiento de las Ciencias de la Tierra y cómo éste puede ser un elemento didáctico

para ejemplificar una formación y / o proceso del planeta Tierra. Así mismo, este tipo de uso promueve el conocimiento científico y la geoconservación de la geodiversidad, aunado a la interacción de la geoconservación con la enseñanza. Este uso científico y educativo consta de seis criterios (García-Sánchez, 2015; Brilha, 2016) (Representatividad, Integridad, Rareza, Conocimiento científico, Potencial didáctico y Variedad de elementos geológicos-geomorfológicos) y dieciocho indicadores, los cuales son definidos a continuación (Tablas 8).

Tabla 8. Criterios, indicadores y valores del uso científico y educativo de geositos y sitios de geodiversidad

Criterio	Indicador	Valor
Representatividad	Baja	1
	Media	3
	Alta	5
Integridad	Baja	1
	Media	3
	Alta	5
Rareza	Baja	1
	Media	3
	Alta	5
Conocimiento científico	Bajo	1
	Medio	3
	Alto	5
Potencial educativo	Bajo	1
	Medio	3
	Alto	5
Variedad de elementos geológicos y geomorfológicos	Baja	1
	Media	3
	Alta	5

El uso geoturístico representa todas aquellas condiciones con las que cuenta el geosito o sitio de geodiversidad para ser utilizado como recurso geoturístico de un lugar. Este criterio tiene como finalidad el desarrollo económico local y el promover el conocimiento

de las ciencias de la Tierra y la geoconservación para el público en general. Este uso geoturístico se forma a partir de seis criterios (Visibilidad, Estética, Potencial interpretativo, Asociada a rasgos culturales y de valor paisajístico, Accesibilidad y Seguridad) y dieciocho indicadores, los cuales son definidos a continuación (Tabla 9).

Tabla 9. Criterios, indicadores y valores del uso geoturístico de geositios y sitios de geodiversidad

Criterio	Indicador	Valor
Visibilidad	Baja	1
	Media	3
	Alta	5
Estética	Baja	1
	Media	3
	Alta	5
Potencial interpretativo	Bajo	1
	Medio	3
	Alto	5
Asociado a rasgos culturales y de valor paisajístico	Bajo	1
	Medio	3
	Alto	5
Accesibilidad	Baja	1
	Media	3
	Alta	5
Seguridad	Baja	1
	Media	3
	Alta	5

3.2.5. Criterios de análisis

Los criterios permiten identificar las tendencias de algún fenómeno (INE, 1997), es decir, tienen la capacidad de cuantificar y simplificar la información para la toma de decisiones (OCDE, 1997). El criterio se mide a través de indicadores, los cuales manifiestan los distintos niveles de comportamiento del criterio. Para este caso, cada variable va acompañada de un valor numérico, el cual va a servir para obtener datos cuantitativos

para la valoración del cada geosito y sitio de geodiversidad. A cada criterio se le evalúa con 3 indicadores que corresponden a un cierto valor de 1, 3 y 5, considerando que 1 es el valor más bajo y 5 es el valor más alto que puede adquirir cada indicador, esto con la finalidad de que los resultados sean contrastantes y se pueda identificar los usos óptimos para cada sitio.

Para esta investigación se consideraron 12 criterios, 36 indicadores y 3 valores. De los cuales 6 criterios y 18 indicadores pertenecen al uso científico y educativo (Tabla 10). Mientras que, los otros 6 criterios y 18 indicadores pertenecen al uso geoturístico (Tabla 11).

Tabla 10. Uso científico y educativo

criterio	Indicador	Valor
<p>Representatividad: Se refiere a las características más sobresalientes del sitio, así como la relevancia de origen y procesos geológicos y geomorfológicos.</p>	<p><i>Baja:</i> Cuando el sitio contenga rasgos básicos de los elementos geológicos y geomorfológicos, que sean suficientes para representar la geodiversidad del área.</p>	1
	<p><i>Mediana:</i> Cuando el sitio contenga elementos geológicos y geomorfológicos explicativos de los diversos eventos que dieron origen al área.</p>	3
	<p><i>Alta:</i> Cuando el sitio contenga elementos geológicos y geomorfológicos que evidencien la evolución del área.</p>	5
<p>Integridad: Relacionado con la preservación del sitio teniendo en cuenta los procesos tanto naturales como antrópicos, es decir, si el sitio no está alterado por algún fenómeno natural o por las actividades humanas.</p>	<p><i>Baja:</i> Cuando el sitio presente alteración en sus rasgos geológicos y geomorfológicos como consecuencia de las actividades antrópicas.</p>	1
	<p><i>Mediana:</i> Cuando el sitio presente alteraciones en sus rasgos geológicos y geomorfológicos como consecuencia de los procesos naturales.</p>	3
	<p><i>Alta:</i> Cuando el sitio visiblemente conserve intactos sus rasgos geológicos y geomorfológicos.</p>	5
<p>Rareza: Se refiere a los rasgos diferenciales de uno o más elementos geológicos y geomorfológicos del área, es decir, algún rasgo que salga de lo común o que se repita pocas veces dentro del área.</p>	<p><i>Baja:</i> En el área hay más de cuatro ejemplos del sitio.</p>	1
	<p><i>Mediana:</i> En el área hay dos o tres ejemplos del sitio.</p>	3
	<p><i>Alta:</i> El sitio es la única ocurrencia de este tipo en el área.</p>	5
<p>Conocimiento científico: Se trata del número de publicaciones formales dentro del ámbito científico como artículos, tesis, libros, etc., que estén relacionados con los rasgos geológicos y geomorfológicos del área.</p>	<p><i>Bajo:</i> De 1 a 2 publicaciones formales.</p>	1
	<p><i>Mediano:</i> De 3 a 4 publicaciones formales.</p>	3
	<p><i>Alto:</i> Más de 5 publicaciones formales.</p>	5
<p>Potencial educativo: Se refiere al potencial pedagógico y didáctico del sitio, el cual mide el nivel que tiene el sitio para ilustrar algún o algunos rasgos de la geología y geomorfología del área.</p>	<p><i>Bajo:</i> Cuando el sitio sea útil como un recurso que permita realizar un aprendizaje significativo para nivel universitario.</p>	1
	<p><i>Mediano:</i> Cuando el sitio sea útil como un recurso que permita realizar un aprendizaje significativo para los niveles básicos educativos.</p>	3
	<p><i>Alto:</i> Cuando el sitio sea útil como un recurso que permita realizar un aprendizaje significativo para todos los niveles educativos.</p>	5
<p>Variedad de elementos geológicos y geomorfológicos: Se trata de un criterio que identifica la diversidad geológica y geomorfológica (geodiversidad) más próxima al sitio de valoración, entre más geodiversidad se localice cerca del sitio mayor valor tendrá.</p>	<p><i>Baja:</i> 1 elemento geológico o geomorfológico</p>	1
	<p><i>Mediana:</i> 2 a 3 elementos geológicos o geomorfológicos.</p>	3
	<p><i>Alta:</i> 4 o más elementos geológicos y geomorfológicos.</p>	5

Tabla 11. Geoturístico

criterio	Indicador	Valor
<p>Visibilidad: Se refiere al campo visual que se tenga de los elementos y rasgos geológicos y geomorfológicos del sitio, es decir, que la visibilidad no sea obstruida por algún elemento natural como la vegetación, o bien, por algún elemento de origen antrópico como una construcción.</p>	<p><i>Baja:</i> Cuando el sitio geológico y geomorfológico solo se pueda observar con equipo especial.</p>	1
	<p><i>Mediana:</i> Cuando el sitio geológico y geomorfológico lo obstruye parcialmente la vegetación o alguna construcción.</p>	3
	<p><i>Alta:</i> Cuando todos los rasgos geológicos y geomorfológicos sean visibles sin necesidad de movimiento por parte del espectador ni que lo obstruya algún elemento adicional (natural o antrópico).</p>	5
<p>Estética: Relacionado a los rasgos geológicos y geomorfológicos que contrastan con su entorno y sobresalen por el cambio de formas, colores, y perspectivas.</p>	<p><i>Baja:</i> No hay contraste.</p>	1
	<p><i>Mediana:</i> Regular contraste.</p>	3
	<p><i>Alta:</i> Si hay contraste.</p>	5
<p>Potencial interpretativo: Se relaciona con la capacidad interpretativa de los rasgos geológicos y geomorfológicos para ser fácilmente entendidos por el público en general, es decir, que el público en general no necesite tener antecedentes previos de la geología y geomorfología del sitio y área.</p>	<p><i>Bajo:</i> El sitio presenta elementos geológicos y geomorfológicos sólo comprensibles para expertos en geología y geomorfología.</p>	1
	<p><i>Mediano:</i> El público en general necesita tener sólidos antecedentes geológicos y geomorfológicos para comprender los elementos y rasgos geológicos y geomorfológicos del sitio.</p>	3
	<p><i>Alto:</i> El sitio presenta elementos geológicos y geomorfológicos de una manera muy clara y forma expresiva para todo tipo de público.</p>	5
<p>Asociado a rasgos culturales y de valor paisajístico: Depende de la relación entre los elementos geológicos y geomorfológicos con los elementos culturales y el grado de conservación del elemento cultural resguardado por el relieve.</p>	<p><i>Baja:</i> Cuando el elemento cultural no tenga ninguna asociación con los elementos geológicos y geomorfológicos.</p>	1
	<p><i>Mediana:</i> Cuando el elemento cultural tenga una mínima dependencia con los elementos geológicos y geomorfológicos.</p>	3
	<p><i>Alta:</i> Cuando el elemento cultural no pueda subsistir sin los elementos geológicos y geomorfológicos.</p>	5
<p>Accesibilidad: Se refiere a la distancia que existe entre el sitio y la vía de comunicación más próxima a él. Este criterio refleja la facilidad o dificultad que tendrá el visitante para llegar al sitio de interés geológico y geomorfológico.</p>	<p><i>Baja:</i> Acceso a más de 1 km de una vía de comunicación.</p>	1
	<p><i>Mediana:</i> Acceso a un 1 km de una vía de comunicación.</p>	3
	<p><i>Alta:</i> Acceso directo a una vía de comunicación.</p>	5
<p>Seguridad: Se refiere a la distancia que hay entre el sitio de interés geológico y geomorfológico y los servicios básicos de primeros auxilios, instalaciones de seguridad y cobertura telefónica móvil.</p>	<p><i>Baja:</i> Cuando el sitio no tenga instalaciones de seguridad, ni cobertura telefónica móvil y este ubicado a más de 50 km de los servicios de emergencia.</p>	1

<i>Mediana:</i> Cuando el sitio no tenga instalaciones de seguridad pero con cobertura telefónica móvil y este ubicado a menos de 50 km de los servicios de emergencia.	3
<i>Alta:</i> Cuando el sitio tenga instalaciones de seguridad (cercas, escaleras, pasamanos, etc.), cobertura telefónica móvil y este ubicado a menos de 25 km de los servicios de emergencia.	5

3.2.6. Trabajo participativo con expertos en el tema

Para esta investigación, el trabajo participativo y, en especial con expertos en el tema, se propone como una estrategia para reducir la subjetividad en la valoración de cada sitio potencial a ser patrimonio geológico o sitio de geodiversidad identificado. Cabe mencionar que, de los 12 criterios propuestos solo 5 de ellos fueron seleccionados para la valoración con expertos en el tema, debido a que éstos 5 criterios que tienden a ser subjetivos. Fueron seleccionados 3 criterios del uso científico y educativo (Representatividad, Integridad y Potencial educativo) y 2 criterios del uso geoturístico (Estética y Potencial Interpretativo).

La fase de la metodología consta de 6 pasos, los cuales se basan casi en su totalidad en el método *DELPHI*.

El método *Delphi* es un método de estructuración de un proceso de comunicación y consenso grupal conformado por expertos, con base en el análisis y la reflexión de un tema, a partir de cuestionarios, encuestas, etc. (Linston y Turoff, 1975; Valera-Ruiz, 2012). La finalidad de este método es disminuir la subjetividad, precisando la objetividad, a fin de poner de manifiesto la convergencia de opiniones.

Los seis pasos:

1.- Identificar a los expertos.

- Expertos en geodiversidad y patrimonio geológico

- Que conozcan el área, ya sea de forma vivencial o bibliográfica

2.- Se presentó el proyecto vía correo electrónico para que participen en la valoración de los sitios potenciales a ser patrimonio geológico y sitios de geodiversidad del área bajo estudio.

3.- Se proporcionó un archivo el cual contiene una pequeña descripción del área de estudio, un mapa con la localización del área y sitios potenciales a ser patrimonio geológico y sitios de geodiversidad, una tabla del tiempo geológico para ubicar el área a tratar y, 21 fichas técnicas de cada sitio, las cuales contienen información de las características geológicas y geomorfológicas más sobresalientes del sitio, así como un tabulador para hacer la valoración (Figura 21).

1- Lavas andesíticas del Cerro Somera



Se trata de un depósito de material volcánico proveniente de los domos y conos del Cerro Somera y San Miguel, que fueron expulsados hace ± 2 Ma. La roca que predomina es el basalto, la cual se distribuye sobre pendientes regularmente pronunciadas (6 a 15°) a una altura que oscila entre los 2800 y 3000 msnm.

Crterio e Indicadores	Opción
A Representatividad: Se refiere a las características más trascendentales del sitio. El sitio contiene rasgos básicos de los elementos geológicos y geomorfológicos, que sean suficientes para representar la geodiversidad del área.	
El sitio contiene elementos geológicos y geomorfológicos explicativos de los diversos eventos que dieron origen al área.	X
El sitio contiene elementos geológicos y geomorfológicos que evidencien la evolución del área.	
B Integridad: Se refiere a la preservación del sitio teniendo en cuenta los procesos naturales y antropicos.	
El sitio presenta alteración en sus rasgos geológicos y geomorfológicos como consecuencia de las actividades antropicas.	
El sitio presenta alteración en sus rasgos geológicos y geomorfológicos como consecuencia de los procesos naturales.	X
El sitio visiblemente conserva intactos sus rasgos geológicos y geomorfológicos.	
C Potencial educativo: Se refiere a la capacidad del sitio para ilustrar algun o algunos rasgos, elementos y procesos relacionados a la geología y geomorfología.	
El sitio es útil como recurso que permite realizar un aprendizaje significativo para nivel universitario.	
El sitio es útil como recurso que permite realizar un aprendizaje significativo para los niveles básicos educativos.	
El sitio es útil como recurso que permite un aprendizaje significativo para todos los niveles educativos.	X
D Estética: Deede su punto de vista la estética del sitio es...	
Baja	
Media	
Alta	X
E Potencial interpretativo: Se refiere a la capacidad de los elementos geológicos y geomorfológicos para ser fácilmente entendidos por el público en general.	
El sitio presenta elementos geológicos y geomorfológicos sólo comprensibles para expertos en geología y geomorfología.	
El público en general necesita tener sólidos antecedentes geológicos y geomorfológicos para comprender los elementos geológicos y geomorfológicos del sitio.	
El sitio presenta elementos geológicos y geomorfológicos de una manera muy clara y forma expresiva para todo tipo de público.	X

Figura 21. Ficha técnica entregada a cada experto en el tema para la valoración de los sitios potenciales a ser patrimonio geológico y sitios de geodiversidad.

Para los siguientes pasos (4, 5 y 6), se hizo la integración de los criterios restantes de cada uso (científico y educativo y geoturístico), con sus respectivas valoraciones que se hicieron a partir de las campañas de trabajo de campo.

4.- Posteriormente los expertos enviaron vía correo electrónico las fichas de cada sitio. Una vez de regreso todas las fichas, se hizo una valoración única para cada sitio, la cual consistió en jerarquizar todos aquellos sitios que resultaron mejor valorados e identificar el uso óptimo para cada uno de ellos.

5.- Se hizo una segunda valoración, la cual estuvo enfocada en los criterios de cada uso, con la finalidad de identificar qué criterio o criterios son los que tienen mayor impacto para


determinar el uso de cada sitio potencial a ser patrimonio geológico y sitio de geodiversidad.

6.- Para finalizar la etapa del trabajo participativo, los resultados obtenidos en la evaluación única se asociaran con las distintas unidades de paisajes identificadas en el área. Dicha asociación tuvo como objetivo el tener un panorama más amplio en cuanto a la dinámica y uso del paisaje, del patrimonio geológico y sitios de geodiversidad.

3.2.7. Inventario del patrimonio geológico y sitios de geodiversidad

El inventario es un listado minucioso donde se hace un reencuentro de todos aquellos sitios de la geodiversidad que tengan características excepcionales, representatividad, asociación con las poblaciones locales y procurando incluir de forma equitativa cada una de las categorías de análisis. Este paso se realizó con mucha atención y detalle a la hora de estar haciendo el muestreo de cada sitio, así como dejando en claro los criterios del levantamiento, ya que dicho inventario representa la base en el trabajo final (Carcavilla *et al.*, 2007). En este sentido, el inventario se elabora a través de la recolección de datos derivados de la búsqueda bibliográfica, de los recorridos en campo y del trabajo participativos con locales y expertos en el tema de geodiversidad, patrimonio geológico, turismo, geografía, etc. (Figura 22).

Los sitios identificados como patrimonio geológico y sitios de geodiversidad que integran el inventario fueron georreferenciados en un mapa, con la finalidad de poder ubicarlos, tener un mejor manejo y conocimiento de ellos. Además, el inventario favorece al conteo de los recursos no renovables de un territorio, así como a la gestión de la actividad geoturística.



DATOS GENERALES			DATOS INTERPRETATIVOS
No.	Nombre	Lugar	
X	Coordenadas Y	Altitud	
DATOS INFORMATIVOS			
Categoría de análisis			
Dimensión espacial	Tipo de uso		
Unidad de paisaje			

Patrimonio geológico y Sitios de geodiversidad
-DIMITO-

Figura 22. Ficha del inventario del patrimonio geológico y sitios de geodiversidad (Ver en anexos la ficha completa).

Capítulo 4. Resultados



A. El paisaje actual del Distrito Minero de Tlalpujahua-El Oro

El Distrito minero de Tlalpujahua-El Oro se caracteriza por ser un área geodiversa, muestra de ellos se refleja en sus extensas superficies de laderas que datan desde el Jurásico Superior hasta el Cuaternario, así como estructuras asociadas a planicies y valles. La diversidad paisajística es resultado de la dinámica tectónica y modelado que evidencia el territorio, a los cuales se les atribuyen gradientes topográficos y ecológicos, así como derivación de la dinámica entre los elementos biofísicos y la actividad antrópica.

El paisaje actual del DIMITO refleja una realidad compleja al integrar elementos físicos y biológicos (relieve y vegetación), los cuales se observan en la diversidad de ambientes naturales, así como la actividad humana, la cual ha ido transformando al paisaje de acuerdo con sus necesidades, actividades socioeconómicas y culturales, las cuales están estrechamente relacionadas con la explotación minera y, ha derivado la deforestación masiva de bosques, construcción de obras mineras, dispersión de residuos mineros e impactos en los recursos hídricos. Estas características son las que han generado la identidad y diversidad paisajística del DIMITO.

4.1. Atributos morfométricos

La morfometría del Distrito Minero de Tlalpujahua-El Oro se caracteriza por tener relieve escarpado en las laderas (> 2800 msnm) y pendientes que oscilan entre los 15 y 45° de inclinación; mientras que en las planicies y valles la inclinación es de < 6° de inclinación y con altitudes que se encuentran por debajo de los 2800 msnm. La exposición de laderas dentro del área es preferentemente de solana en el sector W; mientras que las laderas de umbría se distribuyen al E del polígono. A continuación se describe a detalle cada atributo morfométrico del DIMITO.

1) Altimetría

Los datos del análisis del mapa altimétrico muestran que el DIMITO tiene un desnivel local de 1100 m (Figura 23) y, sobre los 3000 msnm la morfología del relieve concentra los puntos más escarpados del área incluyendo las cumbres, tal es el caso del C. Polvillo (N), Puerto Bermeo (S), C. Llorón (SE) y a San Miguel El Alto (W). Mientras que, las áreas con poca elevación (<2400 msnm) se localizan en la parte Norte y Noroeste, las cuales corresponden a las laderas bajas y planicies. Sin embargo, existe predominancia de morfologías a manera de colinas y lomeríos en los rangos altitudinales que oscilan entre los 2400 y 2600 msnm (franja longitudinal con dirección Oeste-Noreste).

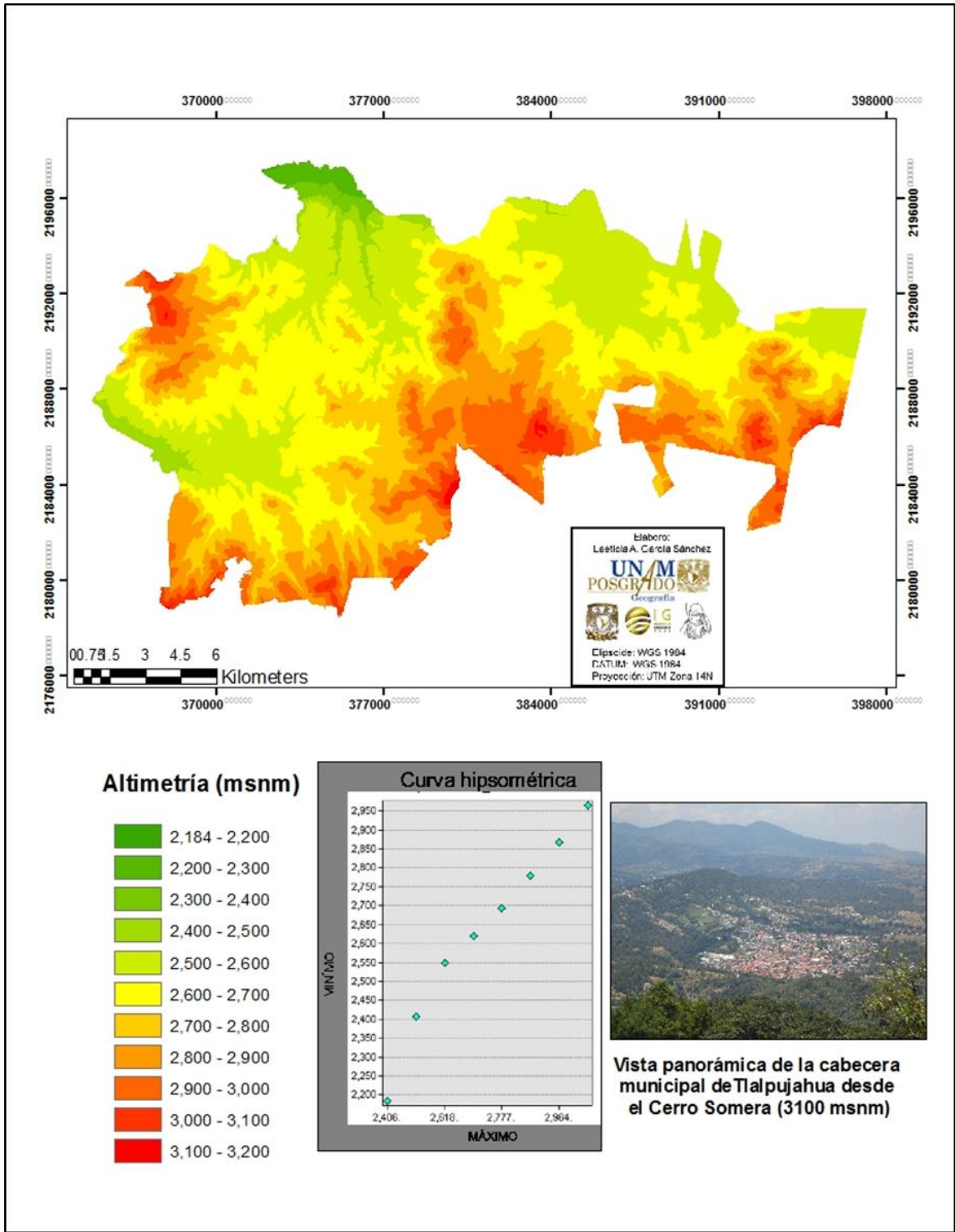


Figura 23. Mapa altimétrico del Distrito Minero de Talpujahuá-El Oro.

2) Pendiente

La inclinación de las laderas del DIMITO oscila predominantemente entre los 3 y 15° de inclinación, los cuales se distribuyen en el 70% del total de la superficie (Figura 24). Tal predominancia, se debe a la presencia de fracturas y fallas, las cuales han sido favorecidas por la dinámica de la tectónica que circunda al área. Dichas pendientes escarpadas se evidencian plenamente en el municipio de Tlalpujahua; mientras que, en el municipio de El Oro, solo se observan en la parte Sur y Sureste. Las pendientes más suaves no superan los 3° de inclinación, y se localizan en la parte Norte y Noreste del municipio de El Oro.

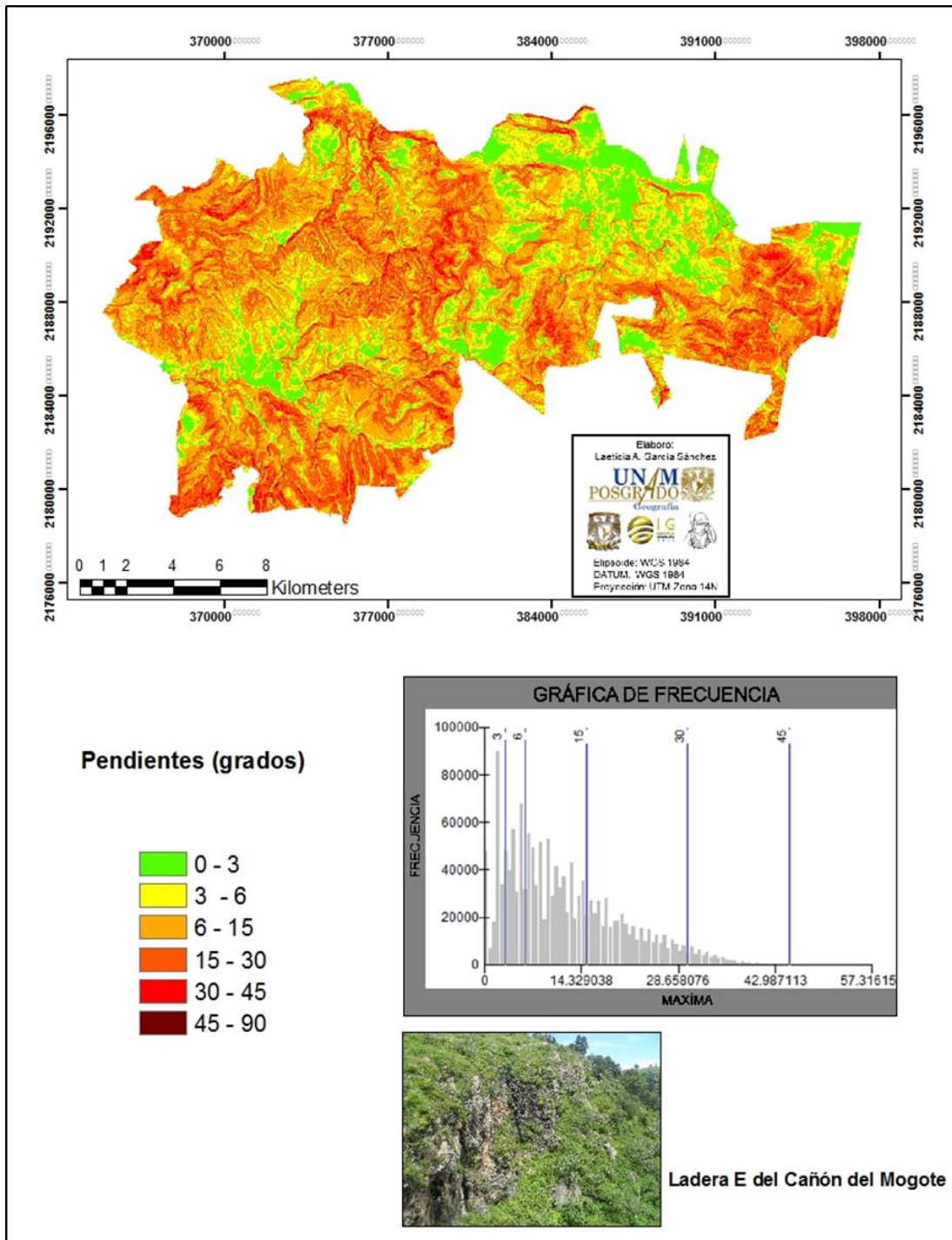


Figura 24. Mapa de pendientes del Distrito Minero de Tlalpujahua-El Oro.

3) Exposición de ladera

Las laderas orientadas de 1 a 90° y de 351 a 360°, corresponden con las laderas de umbría, las cuales en un 40% de su total coinciden con la distribución de las superficie de mayor cobertura forestal; el resto debería tener bosques (municipio de El Oro), pero éstos han sido desmantelados para introducir la actividad agropecuaria. Las laderas orientadas de 90 a 315° pertenecen a las laderas de solana, las cuales presentan condiciones ambientales adversas a la distribución de humedad, calidad del suelo y desarrollo de la cubierta vegetal (García-Sánchez, 2015), dejando así, un escenario que favorece a los procesos erosivos -laminar y eólica- y de disturbio – principalmente en el municipio de Tlalpujahua- (Figura 25).

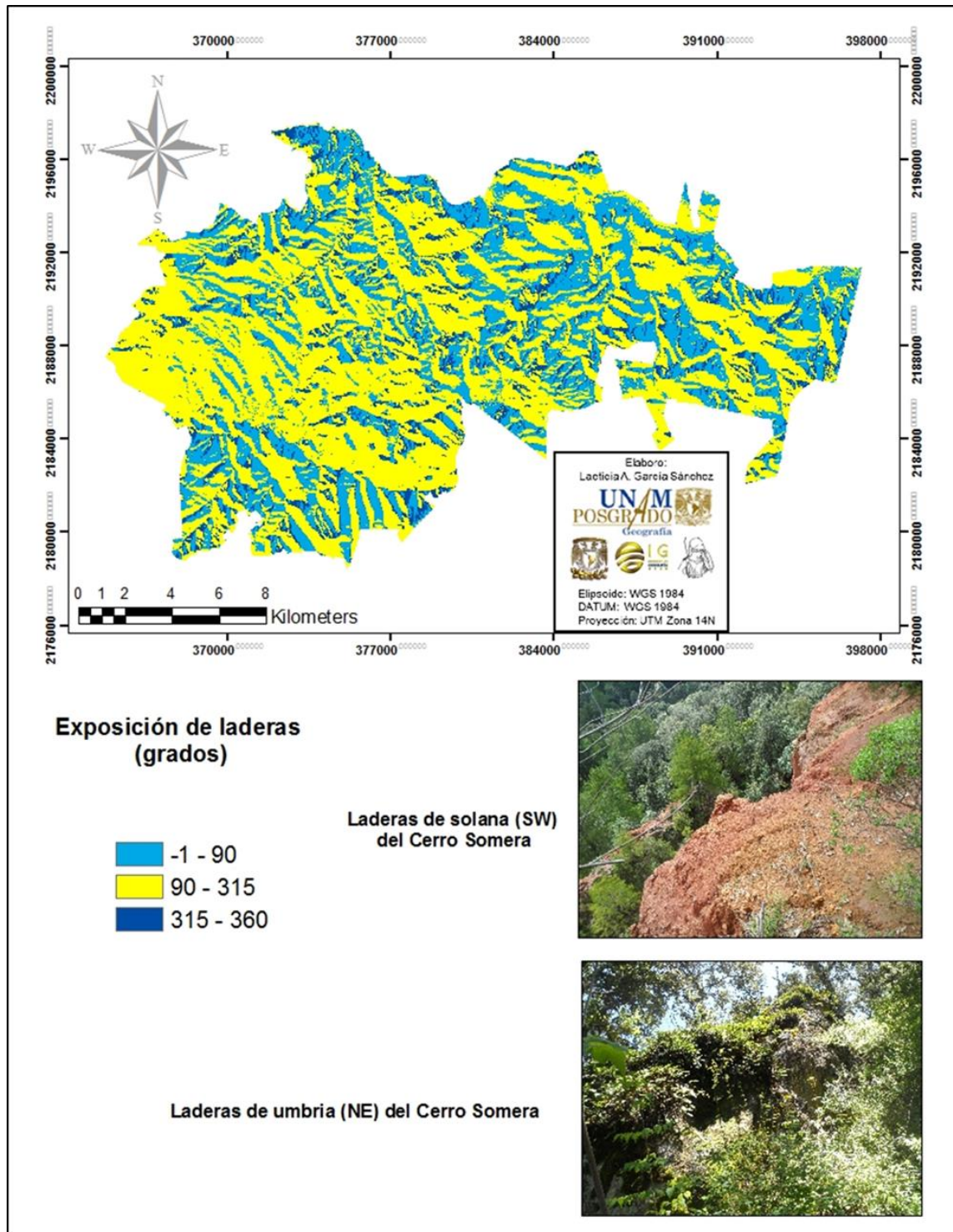


Figura 25. Mapa de exposición de laderas del Distrito Minero de Tlalpujahua-El Oro.

4.2. Unidades del relieve

El Distrito minero de Tlalpujahua-El Oro se localiza en la porción occidental del Sistema Volcánico Transversal, así como en la porción más septentrional de la Sierra de Mil Cumbres, abarcando una superficie de unos 334 km². Es de resaltar la geología (ver Cap.2) y geomorfología del Sistema Volcánico Transversal, ya que éste se caracteriza por estar asociada con la dinámica de subducción de la placa Norteamericana de Cocos, lo cual favorece al desarrollo de grandes sistemas de fallamiento, los cuales están asociados a procesos volcánicos y a la actividad sísmica (Madrigal *et al.*, 2010).

El DIMITO evidencia una evolución tectónica, la cual ha permitido una mineralización acelerada y una explotación minera intensa (Bocco, 1989), desde la época Colonial hasta principios del siglo pasado. El área de estudio presenta diversas geoformas, las cuales están asociadas a la falla tectónica del Graben Acambay-Morelia, a aparatos volcánicos monogenéticos y a una secuencia de cuencas lacustres (Martínez, 2009), así como a cuerpos metamórficos (Bocco, 1989).

Sin embargo, debido a la intensa actividad minera ejercida sobre el área, ésta provocó deforestación de grandes unidades boscosas, lo cual favoreció, seguramente, a los procesos erosivos de una manera acelerada (Bocco, 1989) y se reflejan en las grandes superficies de zonas de acaravamiento en las laderas, principalmente en el municipio de Tlalpujahua. Dicho proceso erosivo es efecto de salpicamiento o *splash*, de la escorrentía y de la erosión en surcos o *rills* (Bocco, 1989).

La morfogénesis del Distrito Minero está controlada por procesos endógenos (movimientos tectónicos y volcanismo) y procesos exógenos (intemperismo, erosión y acumulación) resultado del modelado por el agua, el viento, la temperatura y, no menos importante la actividad antrópica. De acuerdo al mapa geomorfológico que se elaboró, se

identificaron en el área 18 unidades de relieve (Tabla 12) (Figura 26), las cuales se clasificaron en relieve endógeno y relieve exógeno.

Tabla 12. Clasificación de las unidades de relieve del Distrito Minero de Tlalpujahua-El Oro.

Origen	Tipo	Unidad	Superficie (km ²)	Superficie (%)
ENDÓGENO	Modelado	Laderas basálticas	75.3	22.5
		Laderas andesíticas	102.1	30.5
		Laderas andesíticas miocénicas	11.7	3.5
		Laderas igminbríticas	37.5	11.2
		Laderas de conglomerado continental	0.9	0.3
		Laderas metacalcáreas pelíticas	21.4	6.4
		Laderas metapelíticas	30.1	9.0
		Laderas metavolcánicas	8.3	2.5
		Laderas de calizas masivas	0.4	0.1
EXÓGENO	Acumulativo y Erosivo	Planicie aluvial	13.9	4.2
		Planicie lacustre	29.9	8.9
		Valle fluvial basáltico	0.4	0.1
		Valle fluvial andesítico	0.3	0.1
		Valle fluvial lacustre	0.2	0.05
		Valle fluvial ignimbrítico	0.1	0.04
		Valle fluvial metacalcáreo pelítico	0.2	0.1
		Valle fluvial metapelítico	0.7	0.2
		Valle fluvial metavolcánico	1.2	0.4
		TOTAL	334.6	100.0

Fuente: Elaboración propia.

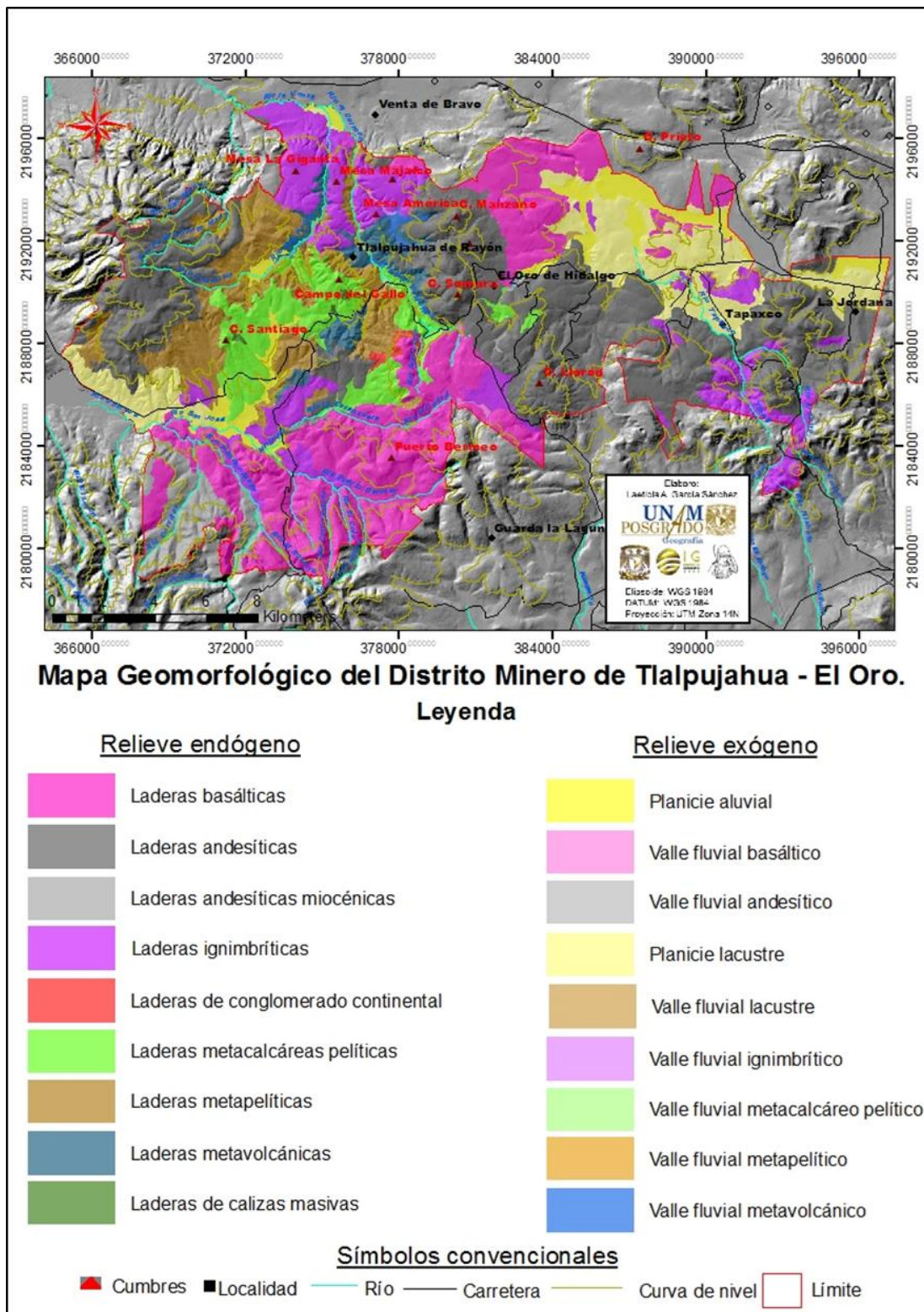


Figura 26. Mapa geomorfológico del Distrito Minero de Talpujahuá-El Oro.

Durante el proceso de elaboración del mapa geomorfológico, se decidió incluir las unidades de cumbres dentro de las unidades de laderas, debido a que para fines paisajísticos, la superficie de cumbres es poco representativa y no cumplían con el área mínima cartografiada

4.2.1. Relieve endógeno

El relieve endógeno del DIMITO se diferencia por ser de tipo modelado, el cual es resultado de los procesos volcánicos, volcánicos sedimentarios y tectónicos principalmente. Algunas de las estructuras no han sido modificadas sustancialmente como las laderas andesíticas del sur de El Oro (Cerro Llorón), laderas andesíticas miocénicas y laderas basálticas; sin embargo, otras estructuras evidencian desgaste y alteración en su morfología original, debido a la acción de los agentes erosivos; como es el caso de las laderas andesíticas del centro (Cerro Somera), laderas metapelíticas y laderas de calizas masivas (Figura 26 y Tabla 13).

Tabla 13. Relieve endógeno

Estructura	Superficie total (%)	Altimetría (msnm)	Pendiente (°)	Exposición de laderas (° azimut)
Laderas basálticas	22.5	2500-3000	15-30	90-315
Laderas andesíticas	30.5	2500-2900	15-30	0-90
Laderas andesíticas miocénicas	3.5	2900-3200	30	0-90
Laderas ignimbríticas	11.2	2200-3000	30-40	0-90 y 315-360
Laderas de conglomerado continental	0.3	2700-2800	>45	0-90 y 90-315
Laderas metacálceas pelíticas	6.4	<2700	15-30	90-315
Laderas metapelíticas	9	<2600	15-30	90-315
Laderas metavolcánicas	2.5	2100-2600	>30	90-315
Laderas de calizas masivas	0.1	<2600	<3	90-315

4.2.2. Relieve exógeno

En el DIMITO se identificaron 9 unidades de relieve exógeno, las cuales están asociadas a una dinámica de acumulación y erosión que hubo sobre el terreno (Figura 26 y Tabla

14). Las unidades de tipo acumulativo, se definen por ser espacios de captación o depósitos de materiales volcánicos o sedimentarios y en este caso residuos mineros, que han sido arrastrados por factores fluviales, eólicos o gravitacionales; ejemplo de ello son las planicies, así como de origen antropogénico. Las de tipo erosivo representan la dinámica ejercida por los agentes modeladores del relieve, tales como la erosión fluvial, la cual se da a partir del escurrimiento superficial; y la erosión gravitacional, que se evidencia por los procesos de caída del material más frágil de las laderas escarpadas; ejemplo de la acción erosiva son los valles.

Tabla 14. Relieve exógeno

Estructura	Superficie total (%)	Altimetría (msnm)	Pendiente (°)	Exposición de laderas (° azimut)
Planicie aluvial	4.2	<2400	0-3	0-90 y 315-360
Planicie lacustre	8.9	2100-2400	<3	90-315
Valle fluvial basáltico	0.1	2900-3100	<3	0-90
Valle fluvial andesítico	0.1	2700-2800	<6	315-360
Valle fluvial lacustre	0.05	2600	6	90-315
Valle fluvial ignimbrítico	0.04	<2200	6	90-315
Valle fluvial metacalcáreo pelítico	0.1	<2500	<8	90-315
Valle metapelítico	0.2	2100-2400	>30	0-90 y 315-360
Valle fluvial metavolcánico	0.4	2600-2800	15-30	90-315

4.3. Categorización de las cubiertas del suelo

La geodiversidad de tipo edáfica que se ha identificado en el Distrito Minero de Tlalpujahuá-El Oro, ha favorecido a la biodiversidad de dicha área, en especial a la cubierta vegetal. La diversidad ambiental es el resultado de los diversos gradientes topográficos, litológicos, físicos y biológicos, y claro, de las manifestaciones históricas de expansión y dinámica de la ocupación del suelo.

Sin embargo, en la actualidad las comunidades vegetales del DIMITO se encuentran con altos índices de degradación, debido al crecimiento urbano, el cambio de uso de suelo (de

forestal a agropecuario) y a la actividad minera que se realizó desde épocas coloniales hasta principios del siglo pasado (Martínez, 2009).

Dentro del área de estudio se identificaron 7 cubiertas del suelo (Tabla 15; Figura 27), de las cuales destacan los bosques maduros que se distribuyen preferentemente sobre las cotas de los 2700 msnm. La degradación forestal se hace cada vez más evidente hacia el nivel base del área, de tal forma que en las laderas centrales (2300 a 2700 msnm) los bosques tienen una estructura fragmentada. Así mismo, el sector más bajo del DIMITO (<2500 msnm) queda básicamente inmerso en una matriz de uso agrícola y urbana.

Los cuerpos de agua (presas y bordos) fueron considerados como cubiertas del suelo, debido a la funcionalidad que tienen por sí mismos y a su importancia para el funcionamiento de los ecosistemas y unidades de paisaje. Los cuerpos de agua que fueron identificados en el área, cada vez se reduce más su superficie por la sobre explotación que se ejerce sobre ellos.

Tabla 15. Clasificación de cubiertas del suelo de acuerdo a su generalidad en el DIMITO

Cubierta del suelo	Superficie km ²	Superficie %
Bosque mixto	84.9	25.4
Bosque fragmentado mixto	36.6	10.9
Cuerpo de agua	1.8	0.5
Pastizal inducido	19.0	5.7
Cultivos	183.8	54.9
Asentamiento humano	5.3	1.6
Suelo desnudo	3.5	1.1
TOTAL	334.9	100.0

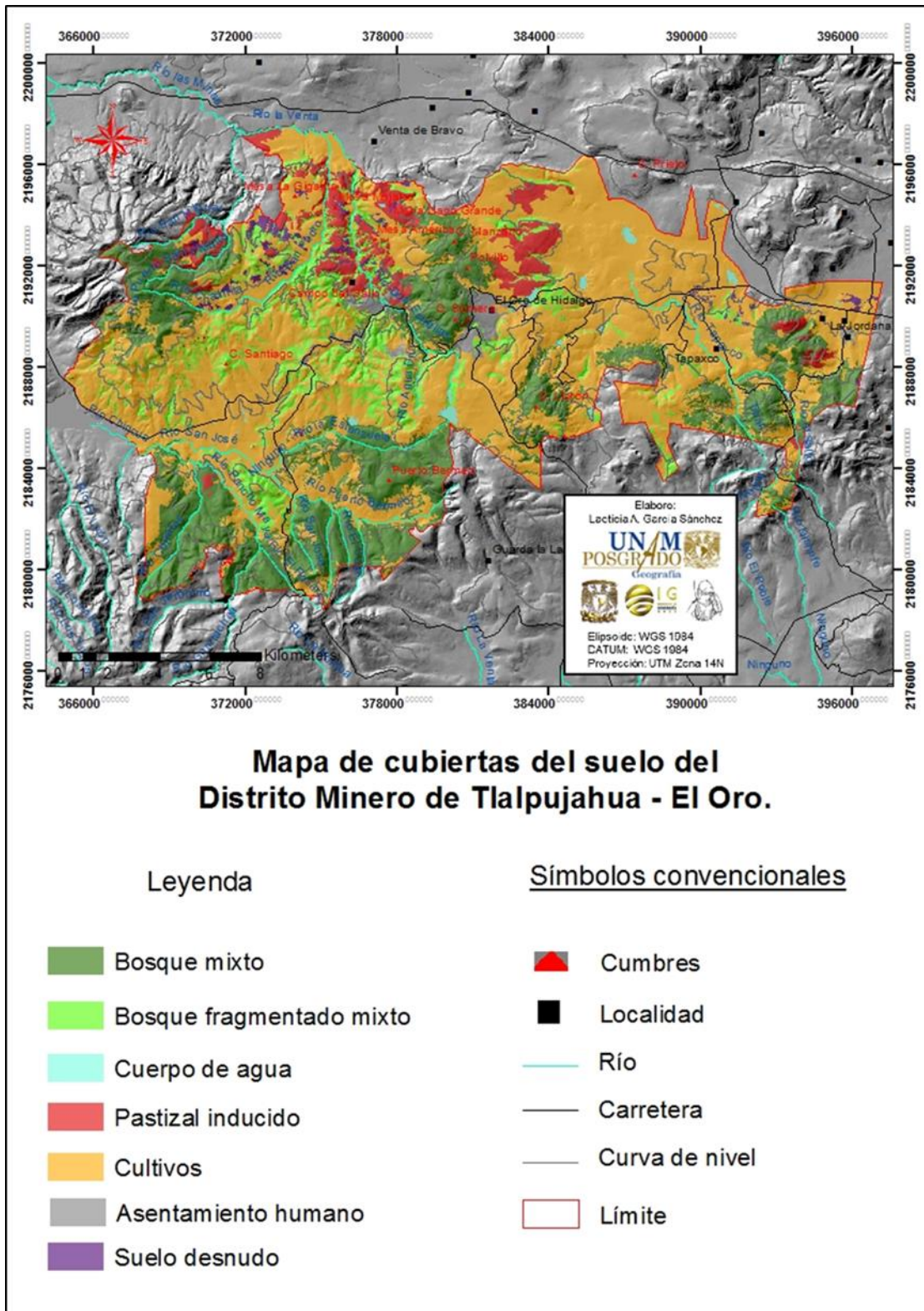


Figura 27. Mapa de cubiertas del suelo del Distrito Minero de Talpujahuá-El Oro.

A continuación la descripción de las 7 categorías de la cubierta del suelo del DIMITO.

* Bosque mixto: Esta cubierta es la segunda más abundante en cuanto a superficie (25% del total) del DIMITO, distribuida principalmente sobre las laderas basálticas y andesíticas entre las cotas de 2900 y 3200 msnm. El bosque mixto está formado por comunidades de talla alta que oscila entre los 10 a 25 m., en las que predominan individuos de *Pinus hartwegii*, *P. montezumae*, *P. pseudostrobus*, *P. leiophylla*, *P. tecote*, *P. devoniana*, *P. douglasiana*, *P. lawsonii*, *Abies religiosa*, *Quercus laurina*, *Q. rugosa*, *Q. castanea*, *Q. crassifolia*, *Q. crassipes*, *Q. candicans*, *Q. obtusata*, *Cupressus lusitánica*, *Juniperus blancoi*, *J. deppeana* y *Arbutus* (Rzedowsk y Calderón, 1992; Novelo, 2003; Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad *et al.*, 2005; Martínez, 2009). El uso forestal está principalmente reservado a la extracción de leña y suelo para el comercio informal.

* Bosque fragmentado mixto: Este tipo de cubierta se caracteriza por distribuirse preferentemente sobre las laderas metacalcáreas pelíticas y las laderas metapelíticas, ocupando una superficie que representa el 11% de la superficie total del área. Se localiza entre las cotas de los 2100 y los 2800 msnm, lo cual favorece a las comunidades que lo integran, tales como: *Quercus laurina*, *Q. rugosa*, *Q. castanea*, *Q. crassifolia*, *Q. crassipes*, *Q. candicans*, *Q. obtusata*, *Cupressus lusitánica*, *Juniperus blancoi*, *J. deppeana* y *Arbutus* (Rzedowsk y Calderón, 1992; Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad *et al.*, 2005). Su estructura fragmentada se debe a la intensa degradación que se ejerce en este tipo de bosque, la cual se asocia al uso histórico de ocupación y a la dinámica actual de la población. El uso forestal está destinado para la recolección de hierbas y pastoreo de ganado.

* Cuerpo de agua: Esta cubierta del suelo ocupa el 0.5% del total del área de estudio. Se distribuye a lo largo de las principales corrientes fluviales, y su uso es para el consumo humano y para el riego de cultivos; sin embargo, algunos cuerpos de agua son de origen

artificial, como los bordos que surten agua a los campos agrícolas. Los cuerpos de agua se caracterizan por localizarse preferentemente, en las laderas metacalcáreas pelíticas, laderas andesíticas y laderas basálticas y, en rangos altitudinales por debajo de los 2900 msnm. Los cuerpos más representativos (por su dimensión) del área son: El Mortero (al E de la cabecera municipal de El Oro), Presa Brockman (al S del Cerro Somera) y La Estanzuela (al SW de la cabecera municipal de Tlalpujahua).

* Pastizal inducido: Ocupa el 5% del total del área de estudio, y se concentran a manera de manchones al N del área, que corresponde a las laderas ignimbríticas (2100 a 2500 msnm). Su forma es abierta y se encuentran dominadas por las gramíneas de talla baja (<50 cm). El uso de esta cubierta se asocia a la actividad ganadera extensiva.

* Cultivos: Esta cubierta es la que mayor porción de superficie abarca dentro del área, ya que ocupa el 55% del total. Se distribuye preferentemente sobre las laderas basálticas, laderas andesíticas, laderas ignimbríticas, laderas metapelíticas, planicies y valles. La producción elementalmente es de granos básicos, como el maíz. Además, también se cultiva avena, frutos y hortalizas (Ayuntamiento de El Oro, 2018), y su uso es para el consumo local y comercial.

* Asentamiento humano: Dentro del área de estudio, está cubierta abarca una superficie equivalente al 1.6% del total. Se distribuye principalmente en las laderas andesíticas, laderas metacalcáreas pelíticas y laderas metavolcánicas (2400 a 2800 msnm). El uso es intensivo y está destinado para los usos habitacional, comercial, recreativo y turístico. Las principales localidades son: El Oro, Tlalpujahua, La Jordana, Tapaxco, Tultenango, Tlalpujahuilla, El Gigante, Tlacotepec, San Pedro Tarimbaro, Santa Rosa de Lima y Los Remedios.

* Suelo desnudo: Se asocian a espacios alterados, ya sea por fenómenos naturales o antrópicos (deforestación, minas a cielo abierto, etc.), los cuales se manifiestan en procesos erosivos como el de acarreamiento y arroyada laminar. Está cubierta representa el 1% de la superficie total del DIMITO y se distribuye principalmente el municipio de Tlalpujahua, hacia el NW entre los 2300 y 2600 msnm. Los suelos desnudos están íntimamente relacionados con el uso histórico de la región, debido a una extensiva e intensiva deforestación a causa de la actividad minera, desde la Colonia hasta principios del siglo pasado.

4.4. Patrón actual del paisaje

El patrón actual de los paisajes de Distrito Minero de Tlalpujahua-El Oro evidencia una dinámica compleja entre elementos biofísicos y culturales, los cuales se manifiestan en una amplia diversidad de ambientes. Se elaboró el inventario de los paisajes del DIMITO, para transmitir el conocimiento entre los habitantes que en ellos viven, para las autoridades competentes en temas relacionados y claro, para el objetivo central de esta investigación que es, caracterizar y valorar el patrimonio geológico y los sitios de geodiversidad. Los parámetros para realizar el inventario paisajístico están orientados a que el paisaje es un reflejo de la calidad de vida de las poblaciones, ya que éste da identidad a los habitantes, debido a que contribuye a la formación de las culturas, sin importar que los ambientes sean rurales o urbanos, degradados o conservados, de admirable belleza o simplemente cotidianos (García-Sánchez, 2015).

El inventario reúne y sintetiza todas las características espaciales que se identificaron en el área en función a su tipología paisajística, las cuales son el resultado de la combinación de los rasgos geológicos, geomorfológicos y cubiertas del suelo. Se identificaron dos niveles taxonómicos de paisaje, el primero es el Geosistema y el segundo es el Paisaje elemental, los cuales reflejan la escala de análisis paisajístico. Con base en esto, dentro

del Distrito Minero de Tlalpujahuá-El Oro se identificaron tres Geosistemas, los cuales fueron jerarquizados de acuerdo a su representatividad biogeográfica, ecológica y funcional: el Geosistema de Laderas, el Geosistema de Planicies y el Geosistema de Valles (Tabla 16) (Figura 28). Al interior de los Geosistemas se localizan las 80 unidades de paisajes elementales que fueron identificadas en el DIMITO (Figura 29).

Tabla 16. Geosistemas dentro del Distrito Minero de Tlalpujahuá-El Oro.

Geosistema	Superficie km ²	Superficie %
Laderas	287.7	86.0
Planicies	43.9	13.1
Valles	3.0	0.9
TOTAL	334.6	100.0

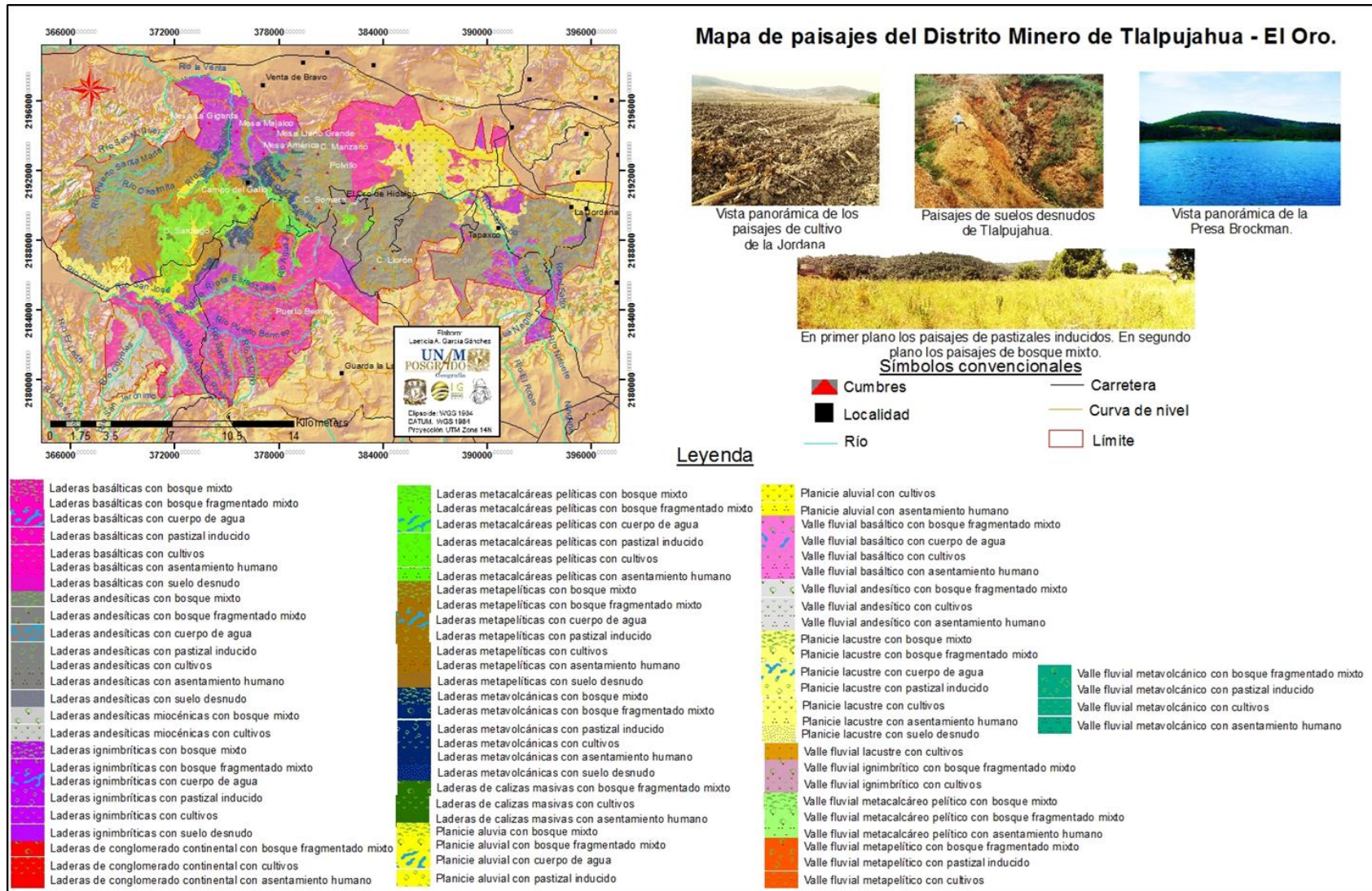


Figura 29. Mapa de los paisajes elementales del Distrito Minero de Tlalpujahua-El Oro.

4.4.1. Geosistema de Laderas

Este geosistema es el que predomina en el área, ya que ocupa el 86% de la superficie total, se encuentra en rangos altitudinales que van desde los 2200 a 3200 msnm con un desnivel local de 1000 m, lo cual ha favorecido a la diversidad de ambientes paisajísticos. Está integrado por montañas como el C. Llorón, El Gigante, C. del Gallo, C. Somera, entre otros, y un extenso piedemonte, los cuales fueron modelados por la actividad volcánica sedimentaria del Jurásico superior y Cretácico inferior, derrames lávicos del Mioceno medio-superior y Plioceno-Cuaternario y por la dinámica tectónica que caracteriza al Sistema Volcánico Transversal (Corona y Uribe, 2009; Madrigal *et al.*, 2010).

Evidentemente, los rasgos geológicos y geomorfológicos de este geosistema han influido en la configuración del patrón paisajístico. La mayor parte de la superficie de cubierta vegetal del área se exhibe en él, la cual está mejor representada en los Cerros El Llorón, Puerto Bermeo y Somera (Figura 30). Mientras que, en el extenso piedemonte las cubiertas que predominan son las de origen cultural como los asentamientos humanos y las grandes superficies de cultivos (Figura 31). Por lo tanto, en el Geosistema de Laderas se identificaron 47 unidades de paisajes elementales (Tabla 17), las cuales están conformadas por cubiertas del suelo de origen natural y cultural.



Figura 30. Vista panorámica del bosque mixto desde las laderas altas del Cerro Somera.



Figura 31. Vista panorámica de la cabecera municipal de Tlalpujahua y de las laderas metavolcánicas.

Tabla 17. Geosistema de Laderas del DIMITO.

Geosistema	Paisaje elemental	Superficie km ²	Superficie %	Superficie % * unidad de relieve
Laderas	Laderas basálticas con bosque mixto	29.45	10.28	
	Laderas basálticas con bosque fragmentado mixto	6.11	2.13	
	Laderas basálticas con cuerpo de agua	0.49	0.17	
	Laderas basálticas con pastizal inducido	5.45	1.90	
	Laderas basálticas con cultivos	33.15	11.57	
	Laderas basálticas con asentamiento humano	0.12	0.04	
	Laderas basálticas con suelo desnudo	0.06	0.02	26.12
	Laderas andesíticas con bosque mixto	36.67	12.80	
	Laderas andesíticas con bosque fragmentado mixto	6.05	2.11	
	Laderas andesíticas con cuerpo de agua	0.24	0.08	
	Laderas andesíticas con pastizal inducido	3.80	1.33	
	Laderas andesíticas con cultivos	52.17	18.21	
	Laderas andesíticas con asentamiento humano	2.75	0.96	
	Laderas andesíticas con suelo desnudo	0.08	0.03	35.52
	Laderas andesíticas miocénicas con bosque mixto	10.03	3.50	
	Laderas andesíticas miocénicas con cultivos	1.65	0.58	4.08
	Laderas igminbríticas con bosque mixto	5.36	1.87	
	Laderas igminbríticas con bosque fragmentado mixto	3.40	1.19	
	Laderas igminbríticas con cuerpo de agua	0.06	0.02	
	Laderas igminbríticas con pastizal inducido	5.95	2.08	
	Laderas igminbríticas con cultivos	21.92	7.65	
	Laderas igminbríticas con suelo desnudo	1.11	0.39	13.19
	Laderas de conglomerado continental con bosque fragmentado mixto	0.47	0.16	
	Laderas de conglomerado continental con cultivos	0.40	0.14	
	Laderas de conglomerado continental con asentamiento humano	0.04	0.01	0.32
	Laderas metacalcáreas pelíticas con bosque mixto	1.28	0.45	
	Laderas metacalcáreas pelíticas con bosque fragmentado mixto	4.93	1.72	
	Laderas metacalcáreas pelíticas con cuerpo de agua	0.15	0.05	
	Laderas metacalcáreas pelíticas con pastizal inducido	0.10	0.04	
	Laderas metacalcáreas pelíticas con cultivos	13.95	4.87	
	Laderas metacalcáreas pelíticas con asentamiento humano	0.79	0.28	7.40
	Laderas metapelíticas con bosque mixto	1.03	0.36	
	Laderas metapelíticas con bosque fragmentado mixto	10.56	3.69	
	Laderas metapelíticas con cuerpo de agua	0.02	0.01	
	Laderas metapelíticas con pastizal inducido	1.25	0.44	
	Laderas metapelíticas con cultivos	14.60	5.10	
	Laderas metapelíticas con asentamiento humano	0.85	0.30	
	Laderas metapelíticas con suelo desnudo	1.50	0.52	10.40

Paisaje elemental	Superficie km ²	Superficie %	Superficie % * unidad de relieve
Laderas metavolcánicas con bosque fragmentado mixto	2.18	0.76	
Laderas metavolcánicas con pastizal inducido	2.03	0.71	
Laderas metavolcánicas con cultivos	2.63	0.92	
Laderas metavolcánicas con asentamiento humano	0.27	0.09	
Laderas metavolcánicas con suelo desnudo	0.24	0.08	2.83
Laderas de calizas masivas con bosque fragmentado mixto	0.20	0.07	
Laderas de calizas masivas con cultivos	0.18	0.06	
Laderas de calizas masivas con asentamiento humano	0.02	0.01	0.14
TOTAL	286.48	100.00	

Tabla 17. Los paisajes que predominan son los de cultivo; sin embargo, los que mayor significado ambiental tienen son los de bosque mixto.

A continuación se refiere la caracterización de los paisajes elementales de acuerdo a la unidad de relieve a la que pertenecen.

Paisajes elementales

* Laderas basálticas: Se caracteriza por ocupar el 26% de la superficie total de este geosistema. Los paisajes que destacan por su extensión son los cultivos, los cuales se distribuyen en el sector bajo de las laderas (2400 a 2600 msnm). Mientras que, los paisajes mejor conservados son los bosques mixtos que se concentran en las partes medias y altas de las laderas (2800 a 3200 msnm). Estos últimos crean ambientes favorables para la diversidad biológica y agradables espacios para practicar el senderismo y geosenderismo.

* Laderas andesíticas: La totalidad de su superficie es de 35% del total de este Geosistema y los paisajes que predominan son los de cultivo y bosques mixtos. Los primeros se distribuyen preferentemente al S del municipio de El Oro, entre las cotas de 2600 a 2800 msnm. Mientras que los segundos, se ubican en las partes altas de las laderas (>3000 msnm), debido a que su exposición (1 a 90° azimutales) y pendientes pronunciadas (>30° de inclinación) ha favorecido su desarrollo, al conservar la humedad

necesaria y al ser de difícil acceso para el ser humano. Este tipo de paisajes resultan ser un buen recurso para el turismo y el geoturismo, ya que son espacios de alta diversidad biofísica y cultural.

* Laderas andesíticas miocénicas: Estas laderas equivalen al 4% del total del Geosistema y solo cuentan con dos tipos de cubierta; bosque mixto en casi su totalidad y de forma poco representativa, los cultivos. El bosque mixto que se desarrolla en esta unidad cuenta con las condiciones óptimas para su desarrollo, ya que su exposición de laderas favorece a la umbría (0 a 90° y 315 a 360° azimutales), las pendientes son escarpadas (>30° de inclinación) y las altitudes oscilan entre los 2900 y 3200 msnm, lo cual dificulta el acceso al ser humano. Por lo tanto, crean ambientes idóneos para transmitir conocimiento enfocado a la geodiversidad y biodiversidad del área.

* Laderas ignimbríticas: Ocupan el 13% del total del Geosistema y los paisajes elementales que lo forman son diversos; sin embargo, la cubierta que prepondera es la de los cultivos, debido a que las características del terreno han favorecido a las actividades agrícola y agropecuaria. El relieve que caracteriza a estos paisaje es diverso, las partes altas (2500 msnm) están coronadas por morfologías de mesas; mientras que en las partes bajas (2100 msnm) se observa un estrecho piedemonte con suaves ondulaciones (<3° de inclinación). En este tipo de laderas se evidencia mayor número de fragmentos de suelo desnudo, los cuales están representados por áreas de acarcavamiento y minas al aire libre. Se puede presumir que, las unidades de paisaje elemental de este tipo son buen ejemplo *in situ* del modelado, de los procesos erosivos, de la geodiversidad y de las actividades económicas del área.

* Laderas de conglomerado continental: Los paisajes elementales que integran esta categoría representan el 0.3% del total de la superficie del Geosistema. Se caracterizan por estar alineados a manera de un arco que semi-circunda a las laderas basálticas del

centro del área. Se localizan sobre rangos altitudinales que oscilan entre los 2700 y 2800 msnm, pendientes que van desde los 30 a 40° de inclinación y exposición de umbría (0 a 90° azimutales), lo cual ha favorecido al desarrollo de cubierta vegetal, evidencia de esto, son los fragmentos de bosque mixto.

* Laderas metacalcáreas pelíticas: Corresponden al 7% del total del Geosistema y la cubierta que predomina es la de los cultivos. Estos paisajes se pueden observar en el centro del municipio de Tlalpujahua, en rangos altitudinales inferiores a 2700 msnm. El relieve de estas unidades de paisaje es la de una extenso piedemonte con pendientes medias (<20° de inclinación), y exposición de laderas de solana. Las características físicas y el uso histórico de ocupación del suelo de estos paisajes elementales, han favorecido al desarrollo de la actividad agrícola, teniendo así una concentración de cultivos que visualmente resultan ser muy estéticos, debido a sus formas simétricas, las cuales son delimitadas por linderos a base cantos rodados.

* Laderas metapelíticas: Estos paisajes elementales equivalen al 10% del total del Geosistema y las cubiertas que dominan son las de cultivos, bosque fragmentado mixto y suelos desnudos. Esta categoría de paisajes se puede observar al W y centro del municipio de Tlalpujahua, en rangos altitudinales que oscilan entre los 2600 y 2800 msnm. El patrón paisajístico de esta categoría demuestra la dinámica socioeconómica histórica y presente del área, ya que las tres cubiertas del suelo que dominan evidencian las huellas del bosque que alguna vez hubo, el cual fue arrasado por la actividad minera, dejando así áreas deforestadas y sensibles a los procesos erosivos. Una vez concluida la actividad minera, los suelos que aún eran útiles fueron destinados como campos de cultivos, los cuales siguen en uso hasta la fecha.

* Laderas metavolcánicas: Estos paisajes se encuentran a los márgenes de los ríos América y El Carmen, al N del municipio de Tlalpujahua y abarcan una superficie del 3%

del total del Geosistema. Las cubiertas más representativas de esta categoría son los cultivos, el bosque fragmentado mixto y los pastizales inducidos, las cuales se ubican dentro de los rangos altitudinales de los 2300 a 2500 msnm y sus pendientes son menores a los 15° de inclinación. La simbiosis de estos paisajes, tiene la peculiaridad de crear ambientes de confort (por contradictorio que esto fuese), muestra de ello, son los fines de semana, en donde familias, amigos y vecinos (locales) se reúnen para almorzar y pasar un tiempo de ocio.

* Laderas de calizas masivas: Los paisajes que integran esta categoría solo equivalen al 0.1% del total del Geosistema. Estos paisajes están conformados por tres cubiertas de suelo: bosque fragmentado mixto, cultivos y asentamientos humanos, pero sola la primera de ellas sobresale y, se le puede observar en Cerro Santiago al W de la cabecera municipal de Tlalpujahua.

4.4.2. Geosistema de Planicies

Este Geosistema abarca el 13% de la superficie total del Distrito Minero de Tlalpujahua-El Oro y se distribuye entre las cotas de 2100 y 2500 msnm, lo cual representa 400 m de desnivel local. Dentro de este Geosistema se han identificado dos tipos de planicies: la aluvial y la lacustre. La primera de ellas tiene una morfología a manera de terraza acumulativa, por el arrastre fluvial de detritos provenientes de las partes altas; mientras que la segunda tiene una morfología ondulada y es un centro de acumulación por procesos fluviales y gravitacionales. Al interior de este Geosistema se encuentran estructuras geológicas y geomorfológicas de edad reciente, las cuales datan del Mioceno medio-superior y del Plioceno-Cuaternario, siendo así, unas de las unidades más jóvenes del DIMITO.

Los suelos que se han desarrollado en este Geosistema son suelos jóvenes y fértiles, lo cual ha favorecido en tiempos contemporáneos, al implemento e incremento de la actividad agrícola. Muestra de ello, es la predominancia de los paisajes agrícolas que caracterizan a este tipo de Geosistemas (Figura 32). Debido a la presencia de grandes superficies agrícolas, el territorio (DIMITO) se vio forzado en crear cuerpos de agua artificial (bordos y presas), dichos cuerpos de agua en la actualidad forman parte del paisaje, los cuales construyen ambientes de confort y belleza para el ser humano. Se han identificado 13 unidades de paisaje elemental (Tabla 18), los cuales reflejan por una parte, los procesos acumulativos del relieve y por otra, la dinámica socioeconómica del territorio.



Figura 32. En primer plano los paisajes de las planicies aluviales de cultivo. Al fondo, vista panorámica del Geosistema de Laderas.

Tabla 18. Geosistema de Planicies del DIMITO.

Geosistema	Paisaje elemental	Superficie km ²	Superficie %	Superficie %* unidad de relieve
Planicies	Planicie aluvial con bosque mixto	0.03	0.07	
	Planicie aluvial con bosque fragmentado mixto	0.31	0.71	
	Planicie aluvial con cuerpo de agua	0.47	1.07	
	Planicie aluvial con pastizal inducido	0.13	0.29	
	Planicie aluvial con cultivos	12.92	29.44	
	Planicie aluvial con asentamiento humano	0.02	0.04	31.63
	Planicie lacustre con bosque mixto	0.10	0.23	
	Planicie lacustre con bosque fragmentado mixto	1.01	2.30	
	Planicie lacustre con cuerpo de agua	0.23	0.53	
	Planicie lacustre con pastizal inducido	0.07	0.16	
	Planicie lacustre con cultivos	27.79	63.31	
	Planicie lacustre con asentamiento humano	0.20	0.45	
	Planicie lacustre con suelo desnudo	0.41	0.93	67.92
	TOTAL		43.89	100.00

Tabla 18. Los paisajes elementales que dominan el área son los agrícolas. Y de manera opuesta, los que apenas son representativos son los paisajes forestales.

A continuación la caracterización de los paisajes elementales que integran al Geosistema, de acuerdo a la unidad de relieve a la que pertenecen.

Paisajes elementales

* Planicie aluvial: Los paisajes que integran esta categoría ocupan el 32% de la superficie total del Geosistema y la cubierta que domina es la de los cultivos. Los paisajes que caracterizan a este Geosistema se pueden observar al N-NE del municipio de El oro y al N y centro del municipio de Tlalpujahuá. Por su estructura geomorfológica, los paisajes elementales de las planicies aluviales ocupan los rangos altitudinales más bajos del área (2100 a 2300 msnm), las pendientes son muy suaves (<3° de inclinación) y la exposición de laderas favorece a la exposición solar (90 a 315° azimutales). Este tipo de paisajes invitan a hacer caminatas, ciclismo de ruta y los clásicos días de campo.

* Planicie lacustre: Esta categoría equivale al 68% del total del Geosistema y la cubierta del suelo que predomina es la de los cultivos. Los paisajes que integran a este Geosistema se pueden observar al N-NE y W del Distrito Minero, donde la morfometría llega alcanza alturas máximas de 2500 msnm, las pendientes son casi imperceptibles ($<3^\circ$ de inclinación) y la exposición de laderas tiende a ser de solana (90 a 315° azimutales). Bajo estas características, los paisajes elementales de este Geosistema son un buen recurso para el turismo de ocio y recreación.

4.4.3. Geosistemas de Valles

El Geosistema de Valles representa el 0.9% del total del Distrito Minero de Tlalpujahua-El Oro y se distribuye en rangos altitudinales que oscilan entre los 2400 y 2900 msnm, lo cual muestra un desnivel local de 500 m. Los valles que se encuentran al interior de este Geosistema son valles fluviales, los cuales han sido formados por la erosión fluvial, es decir, por la acción del escurrimiento de las aguas superficiales del área. El inicio de la formación de los valles fluviales del DIMITO tiene un registro desde el periodo Cretácico inferior (Corona y Uribe, 2009). Dichos valles, por ser geformas derivadas de procesos erosivos, evidentemente estos siguen teniendo una dinámica por la erosión.

Debido a sus características biofísicas, los paisajes elementales que predominan en el Geosistema son los de origen cultural, muestra de ellos, son las superficies ocupadas por los cultivos y asentamientos humanos (Figura 33). Para el Geosistema de Valles se identificaron 20 unidades de paisaje elemental (Tabla 19), las cuales se encuentran dispersas a manera de pequeños manchones por las márgenes de los ríos que albergan al interior del DIMITO.

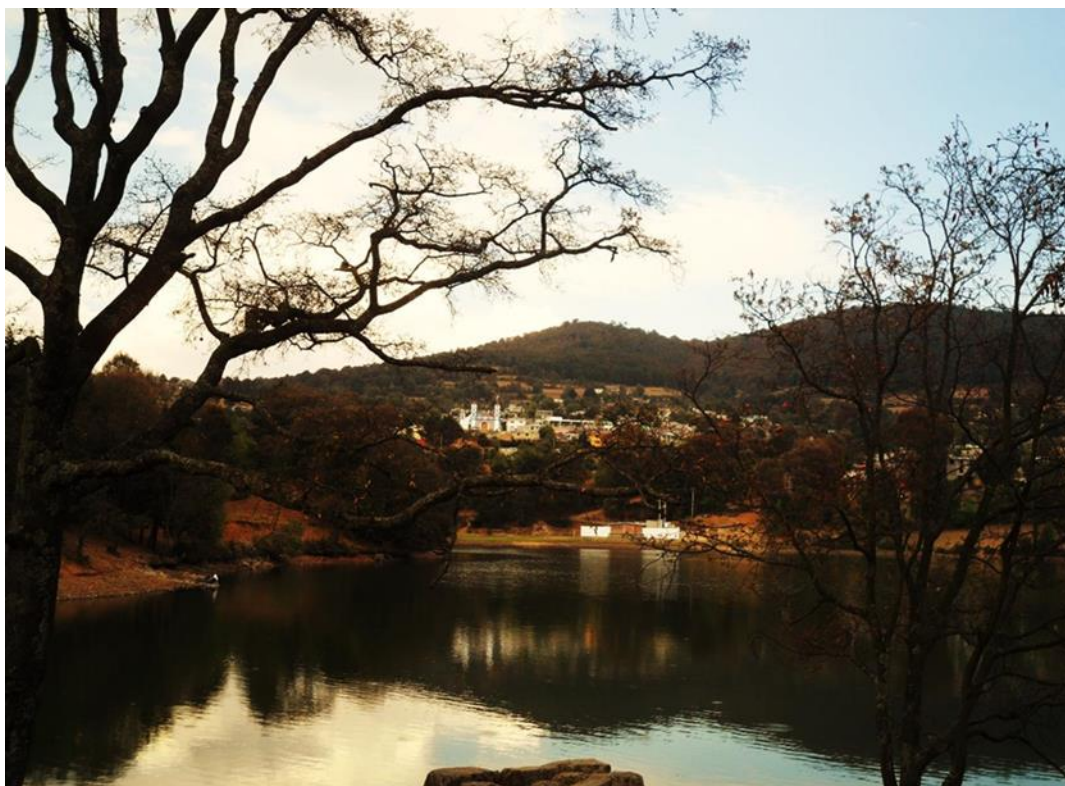


Figura 33. Vista panorámica de los paisajes de valles con asentamientos humanos.

Tabla 19. Geosistema de Valles del DIMITO.

Geosistema	Paisaje elemental	Superficie km ²	Superficie %	Superficie %* unidad de relieve
Valles	Valle fluvial basáltico con bosque fragmentado mixto	0.06	1.9	
	Valle fluvial basáltico con cuerpo de agua	0.02	0.8	
	Valle fluvial basáltico con cultivos	0.28	9.5	
	Valle fluvial basáltico con asentamiento humano	0.01	0.4	12.6
	Valle fluvial andesítico con bosque fragmentado mixto	0.04	1.4	
	Valle fluvial andesítico con cultivos	0.15	5.3	
	Valle fluvial andesítico con asentamiento humano	0.04	1.3	8.0
	Valle fluvial lacustre con cultivos	0.14	5.0	5.0
	Valle fluvial ignimbrítico con bosque fragmentado mixto	0.04	1.4	
	Valle fluvial ignimbrítico con cultivos	0.12	3.9	5.4
	Valle fluvial metacalcáreo pelítico con bosque mixto	0.03	1.2	
	Valle fluvial metacalcáreo pelítico con bosque fragmentado mixto	0.02	0.6	
	Valle fluvial metacalcáreo pelítico con asentamiento humano	0.12	4.0	5.8
	Valle fluvial metapelítico con bosque fragmentado mixto	0.43	14.6	
	Valle fluvial metapelítico con pastizal inducido	0.11	3.6	

Paisaje elemental	Superficie km ²	Superficie %	Superficie %* unidad de relieve
Valle fluvial metapelítico con cultivos	0.14	4.7	23.0
Valle fluvial metavolcánico con bosque fragmentado mixto	0.17	5.9	
Valle fluvial metavolcánico con pastizal inducido	0.12	4.2	
Valle fluvial metavolcánico con cultivos	0.84	28.9	
Valle fluvial metavolcánico con asentamiento humano	0.04	1.3	40.3
TOTAL	2.92	100.0	

Tabla 19. Los paisajes elementales que predominan en este Geosistema son los agrícolas y urbanos. Y en menor porción los paisajes elementales forestales.

A continuación la caracterización de los paisajes elementales de acuerdo a la unidad de relieve a la que pertenecen.

Paisajes elementales

* Valle fluvial basáltico: Esta categoría equivale al 13% de la superficie total del Geosistema y la cubierta que en él domina es la de los cultivos. Los paisajes que lo integran se pueden observar al N de la cabecera municipal de El oro y al NE de la Presa Brockman. Su morfometría está regulada por los rangos altitudinales de 2600 a 2800 msnm, con pendientes por debajo de los 3° de inclinación, así como una exposición de laderas solana (90 a 315° azimutales). Los paisajes elementales de este Geosistema son espacios que incitan a realizar actividades relacionadas al senderismo y geosenderismo.

* Valle fluvial andesítico: Representa el 8% del total del Geosistema, la cubierta que sobresale es la de los cultivos. Los paisajes que lo conforman se distribuyen principalmente al NE de la cabecera municipal de El Oro, entre los rangos altitudinales de 2600 a 2700 msnm, sus pendientes son menores a los 3° de inclinación y la exposición de laderas favorece a los rayos solares. Los paisajes elementales más estéticos de esta categoría se localizan el margen de la Presa El mortero al NE de la localidad El Oro.

* Valle fluvial lacustre: Ocupa el 5% de la superficie total del Geosistema y solo se componen por una cubierta del suelo, la cual corresponde a los cultivos. Los paisajes de

este Geosistema, se caracterizan por tener una morfometría de bajos rangos altitudinales (<2300 msnm), pendientes poco escarpadas (<15° de inclinación) y exposición de laderas de solana. Los paisajes de los valles lacustres con cultivos, se ven favorecidos por la presencia del Arroyo El Encinal, el cual le otorga un ambiente que incita a practicar el senderismo.

* Valle fluvial ignimbrítico: Equivale al 5% de la superficie total del Geosistema y está conformado por dos cubiertas del suelo: bosques fragmentados mixtos y cultivos. Los primeros se restringen al S de la Presa Brockman, donde alcanzan altitudes de 2900 msnm y la cubierta vegetal se encuentra en estado de conservación, alcanzado tallas por arriba de los 15 m. Los segundos se localizan al N de la cabecera municipal de Tlalpujahuá en altitudes que oscilan entre los 2500 y 2700 msnm. La exposición de laderas que caracteriza a estos paisajes es de umbría, la cual ha favorecido a la formación de un microclima idóneo para el desarrollo de la cubierta vegetal.

* Valle fluvial metacalcáreo pelítico: Representa el equivalente al 6% del total del Geosistema y alberga a tres cubiertas del suelo: bosques mixtos, bosques fragmentados mixtos y asentamientos humanos. Estos paisajes se distribuyen al margen de las laderas bajas al W del Cerro Somera y del río El Carmen en el municipio de Tlalpujahuá. Su morfometría indica que se encuentran a los 2600 y 2700 msnm, con pendientes escarpadas (>30°) y una exposición de laderas de umbría. Dichas características físicas han favorecido al desarrollo de la cubierta vegetal, las cuales son el mayor atractivo de este tipo de paisajes.

* Valle fluvial metapelítico: Ocupa el 23% del total del Geosistema y está representado por tres cubiertas del suelo: bosque fragmentado mixto, pastizal inducido y cultivos. Estos paisajes se localizan al W del área de estudio sobre la margen del río Puerto Santa María. La morfometría que los caracteriza se compone por rangos altitudinales que oscila entre

los 2600 y 2800 msnm, pendientes moderadas (15° de inclinación) y exposición de laderas de solana (90-315° azimutales). Los paisajes elementales de esta categoría promueven el senderismo, y actividades de ocio.

* Valle fluvial metavolcánico: Esta categoría es la que domina este Geosistema, ya que ocupa el 43% de su total y sus paisajes son variados. Los paisajes que conforman a este grupo de acuerdo a su representatividad son los cultivos, seguidos por el bosque fragmentado mixto, los pastizales inducidos y por último los asentamientos humanos. Se localizan a la margen de los afluentes del Río América, en rangos altitudinales menores a 2500 msnm, pendientes suaves (<3° de inclinación) y exposición de laderas que favorecen a la radiación solar (90 a 315° azimutales).

B. Caracterización y valoración del patrimonio geológico (geositios) y sitios de geodiversidad

Los resultados obtenidos a partir del método propuesto parten de la identificación y análisis de las unidades de paisaje elemental. Se utilizó al paisaje geográfico como referente para la caracterización y valoración del patrimonio geológico y sitios de geodiversidad, debido a que el paisaje tiene la capacidad de reunir y sintetizar toda la información del sistema ambiental (Bertrand, 1968; García-Romero, 2004; García-Sánchez, 2015). Además, se busca crear un método integrador y con una visión geográfica.

1) Inventario del patrimonio geológico (geositios) y sitios de geodiversidad

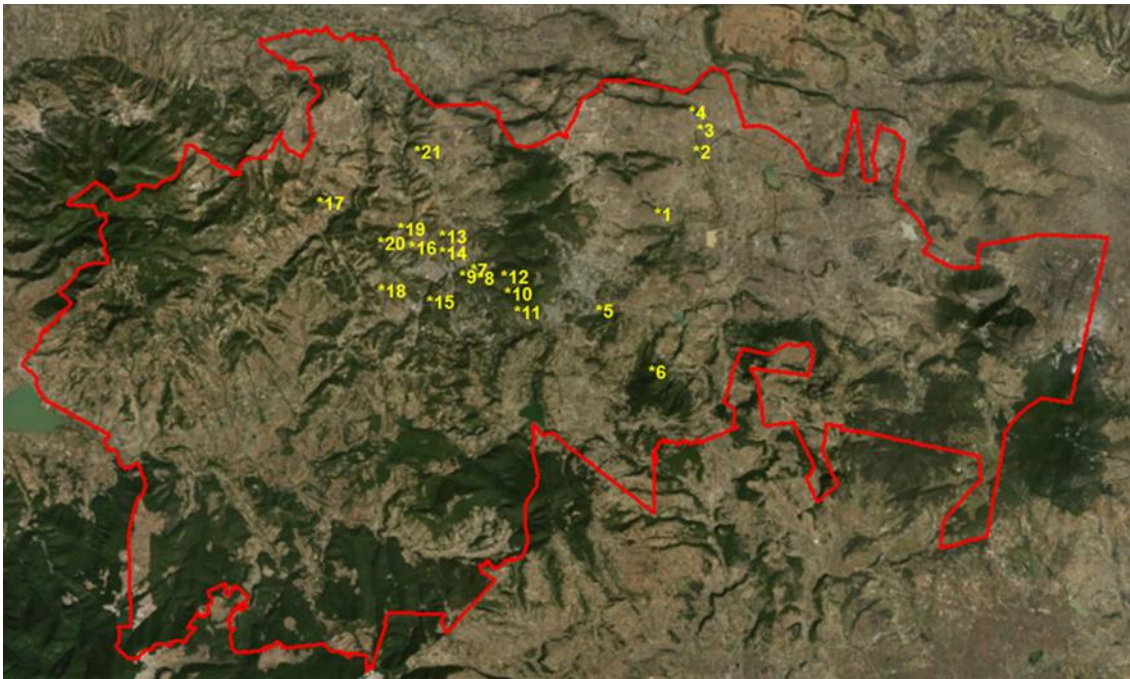
De acuerdo al patrón paisajístico se identificaron 80 unidades de paisaje elemental, las cuales reflejan la estructura social y económica del área de estudio, así como el modo y uso histórico y actual de ocupación. A partir de dichas unidades se hizo un recorrido en campo para verificar la cartografía paisajística e identificar puntos de interés geológico y geomorfológico. Cabe mencionar que, para la identificación de dichos puntos, aparte de la cartografía de paisajes, fue necesario hacer una previa consulta bibliográfica y recorridos con locales.

Se identificaron 21 sitios asociados al patrimonio geológico y sitios de geodiversidad (Tabla 20), los cuales se concentran principalmente en la parte centro, N y NW del Distrito Minero de Tlalpujahuá-El Oro (Figura 34). Esto se debe a la alta geodiversidad que confluye en este plano del área de estudio, aunado al uso histórico de ocupación (actividad minera) que ha dejado porciones de superficie desmanteladas de vegetación, y a consecuencia los afloramientos rocosos y procesos del relieve son más evidentes, así como a la red de vías de comunicación que circundan esta área del DIMITO.

Tabla 20. Inventario del patrimonio geológico (geositios) y sitios de geodiversidad.

Datos generales					
ID	Coordenadas		Altitud msnm	Localidad	Nombre del sitio
	X	Y			
1	368121	2218342	2661	La Estrellita - El Oro, Méx.	Lavas andesíticas del Cerro Somera
2	384938	2194507	2543	Tultenango - El Oro, Méx.	Meteorización esferoidal
3	384750	2195100	2560	Tultenango - El Oro, Méx.	Meteorización esferoidal-Mogote
4	384883	2195053	2543	El Mogote - El Oro, Méx.	Cañón del Mogote
5	364400	2214343	2532	El Oro, Méx.	Socavón San Juan
6	383886	2186788	2985	Santa Rosa - El Oro, Méx.	Piedra dacítica de adoración
7	378934	2189013	2635	Tlalpujahuá, Mich.	Socavón Mina Dos Estrellas
8	378970	2188939	2645	Tlalpujahuá, Mich.	Contacto y plegamiento Mina Dos Estrellas
9	378730	2189201	2590	Tlalpujahuá, Mich.	Rocas sedimentarias
10	368897	2189927	2709	Tlalpujahuá, Mich.	El Balcón
11	378648	2190288	2968	Tlalpujahuá, Mich.	Tierras rojizas
12	371033	2191479	2723	Tlalpujahuá, Mich.	Pico del Águila
13	377076	2191169	2500	Ex Barrio del Carmen - Tlalpujahuá, Mich.	Depósitos de deslave
14	377314	2190904	2505	Ex Barrio del Carmen - Tlalpujahuá, Mich.	Volcanismo submarino
15	377055	2189413	2665	Tlalpujahuá, Mich.	Vetas Borda-Coronados
16	355912	2214042	2495	Coloradillas- Tlalpujahuá. Mich.	Coloradillas
17	373635	2191637	2580	San Pedro Tarimbaro- Tlalpujahuá, Mich.	Cañones y cárcavas de erosión San Pedro
18	376124	2189976	2690	Tlalpujahuá, Mich.	Plegamiento isoclinal Remedios

19	375392	2194181	2540	Tlalpujahua, Mich.	Discordancia erosiva y paleosuelos Majalco
20	375750	2194350	2535	El Gigante - Tlalpujahua, Mich.	Mina al aire libre Majalco
21	376900	2193780	2500	Hidalgo - Tlalpujahua, Mich.	Ignimbritas Cascada América



ID	NOMBRE	ID	NOMBRE
1	Lavas andesíticas del Cerro Somera	12	Pico del Águila
2	Meteorización esferoidal	13	Depósitos de deslave
3	Meteorización esferoidal Mogote	14	Volcanismo submarino
4	Cañón del Mogote	15	Vetas Borda-Coronados
5	Socavón San Juan	16	Coloradillas
6	Piedra dacítica de adoración	17	Cañones y cárcavas de erosión San Pedro
7	Socavón Mina Dos Estrellas	18	Plegamiento isoclinal Remedio
8	Contacto y plegamiento Mina Dos Estrellas	19	Discordancia erosiva y paleosuelos Majalco
9	Roca sedimentaria	20	Mina al aire libre Majalco
10	El Balcón	21	Ignimbritas Cascada América
11	Tierras rojizas		

Figura 34. Localización de los 21 sitios asociados al patrimonio geológico y sitios de geodiversidad en el DIMITO.

2) Temática del sitio

De acuerdo a las características paisajísticas, al origen y desarrollo de los pueblos, y el sentido de pertenencia e identidad que tienen los pobladores del área de estudio, la temática del Distrito Minero de Tlalpujahua-El Oro es la “MINERIA”.

3) Categorías de análisis

Con base en el análisis geológico y geomorfológico previo, se identificaron ambientes físicos que reúnen condiciones semejantes y que reflejan los aspectos más significativos de la geodiversidad del DIMITO. Es este sentido, se propusieron dos categorías de análisis: 1) secuencias estratigráficas y 2) formas y procesos del relieve (endógeno y exógeno). Las secuencias estratigráficas se refieren a los estratos sucesivos de las rocas a través del tiempo, los cuales son muy evidentes dentro del área de estudio, sobre todo en los márgenes a pie de carretera. Por su parte, las formas y procesos del relieve se refieren al modelado, acumulación y erosión de la superficie terrestre.

La geodiversidad del área refleja el origen del relieve, ya sea endógeno o exógeno; muestra de ello, se observa en el acarcavamiento que caracteriza al W del municipio de Tlalpujahua o los barrancos que se encuentran en las laderas de montaña del Cerro Somera o las superficies de planicies de acumulación que han favorecido al desarrollo de la actividad agrícola, entre otras. De los 21 sitios identificados, 11 sitios corresponden a la secuencia estratigráfica, 7 a las formas y procesos del relieve y 3 sitios comparten ambas (Tabla 21).

Tabla 21. Datos generales, categoría de análisis y dimensión espacial del patrimonio geológico (geositios) y sitios de geodiversidad.

ID	Coordenadas		Altitud msnm	Localidad	Nombre del sitio	Categoría de análisis	Dimensión espacial
	X	Y					
1	368121	2218342	2661	La Estellita - El Oro, Méx.	Lavas andesíticas del Cerro Somera	Formas y procesos del relieve	Puntual
2	384938	2194507	2543	Tultenango - El Oro, Méx.	Meteorización esferoidal	Formas y procesos del relieve	Lineal
3	384750	2195100	2560	Tultenango - El Oro, Méx.	Meteorización esferoidal- Mogote	Formas y procesos del relieve	Lineal
4	384883	2195053	2543	El Mogote - El Oro, Méx.	Cañón del Mogote	Formas y procesos del relieve	Puntual
5	364400	2214343	2532	El Oro, Méx.	Socavón San Juan	Secuencia estratigráfica	Lineal
6	383886	2186788	2985	Santa Rosa - El Oro, Méx.	Piedra dacítica de adoración	Secuencia estratigráfica	Puntual
7	378934	2189013	2635	Tlalpujahuá, Mich.	Socavón Mina Dos Estrellas	Secuencia estratigráfica	Lineal
8	378970	2188939	2645	Tlalpujahuá, Mich.	Contacto y plegamiento Mina Dos Estrellas	Secuencia estratigráfica	Puntual
9	378730	2189201	2590	Tlalpujahuá, Mich.	Rocas sedimentarias	Secuencia estratigráfica	Puntual
10	368897	2189927	2709	Tlalpujahuá, Mich.	El Balcón	Secuencia estratigráfica	Puntual
11	378648	2190288	2968	Tlalpujahuá, Mich.	Tierras rojizas	Formas y procesos del relieve	Puntual
12	371033	2191479	2723	Tlalpujahuá, Mich.	Pico del Águila	Secuencia estratigráfica	Puntual
13	377076	2191169	2500	Ex Barrio del Carmen - Tlalpujahuá, Mich.	Depósitos de deslave	Secuencia estratigráfica y formas y procesos del relieve	Puntual
14	377314	2190904	2505	Ex Barrio del Carmen - Tlalpujahuá, Mich.	Volcanismo submarino	Secuencia estratigráfica	Puntual

15	377055	2189413	2665	Tlalpujahuá, Mich.	Vetas Borda- Coronados	Secuencia estratigráfica y formas y procesos del relieve	Lineal
16	355912	2214042	2495	Coloradillas- Tlalpujahuá, Mich.	Coloradillas	Formas y procesos del relieve	Puntual
17	373635	2191637	2580	San Pedro Tarimbaro- Tlalpujahuá, Mich.	Cañones y cárcavas de erosión San Pedro	Formas y procesos del relieve	Puntual
18	376124	2189976	2690	Tlalpujahuá, Mich.	Plegamiento isoclinal Remedios	Secuencia estratigráfica	Puntual
19	375392	2194181	2540	Tlalpujahuá, Mich.	Discordancia erosiva y paleosuelos Majalco	Secuencia estratigráfica	Puntual
20	375750	2194350	2535	El Gigante - Tlalpujahuá, Mich.	Mina al aire libre Majalco	Secuencia estratigráfica y formas y procesos del relieve	Puntual
21	376900	2193780	2500	Hidalgo - Tlalpujahuá, Mich.	Ignimbritas Cascada América	Secuencia estratigráfica	Puntual

4) Dimensión espacial de análisis

Para una mejor organización y categorización de los sitios, fue necesario etiquetarlos de acuerdo a su dimensión espacial, en dos categorías: 1) puntual y 2) lineal. La primera se refiere a sitios con una superficie menor a los 100 m² y forma poligonal; mientras que la segunda, son sitios que abarcan varias unidades de cientos de m² y con una estructura semejante a una recta. De los 21 sitios, 16 corresponden a la dimensión espacial puntual; mientras que, los 5 sitios restantes recaen en la dimensión lineal (Tabla 21).

5) Usos, 6) Criterios de análisis y 7) Trabajo participativo con expertos en el tema

Los resultados de las fases 5, 6 y 7 de valoración se muestran en conjunto, para un mejor manejo e interpretación de la información obtenida.

Los 21 sitios fueron sometidos a una primera valoración, en donde solo se consideraron 3 criterios para el uso científico y educativo (rareza, conocimiento científico y variedad de

elementos geológicos y geomorfológicos) y 4 criterios para el uso geoturístico (visibilidad, asociado a rasgos culturales de valor paisajístico, accesibilidad y seguridad), debido a que estos son los criterios más objetivos. Una vez que se obtuvieron estos primeros resultados, los 21 sitios fueron valorados por segunda ocasión, en donde solo se consideraron 3 criterios para el uso científico y educativo (representatividad, integridad y potencial educativo) y 2 criterios para el uso geoturístico (estética y potencial interpretativo), ya que estos criterios por sí mismos tienden a ser más subjetivos.

La primera valoración se realizó a partir de 5 campañas de trabajo de campo, las cuales consistieron en hacer recorridos por los 21 sitios y recolectar la información para cada criterio, por medio de un formato y fichas técnicas que previamente fueron elaboradas.

Para la segunda valoración fue necesario reunir la opinión de un grupo de expertos en el tema y que conocieran el área de estudio. Posterior a ello, se identificaron a esos expertos, a los cuales se les mando una invitación, explicación y formato de la valoración vía correo electrónico. Dicho correo fue enviado a 41 expertos en temas relacionados con la geología, geomorfología, biología, edafología, paisaje, ciencias ambientales y turismo, esto con la finalidad de concentrar a un grupo multidisciplinario de expertos, aplicando el método *DELPHI*; sin embargo, solo 23 expertos contestaron el formato de valoración.

El formato de valoración se diseñó con los elementos necesarios para que el experto desde su experiencia pudiera valorar 5 criterios para cada uno de los 21 sitios. Dicho formato incluía imágenes que representaran mejor esos rasgos y elementos geológicos y geomorfológicos a valorar, así como una descripción del contexto geológico y geomorfológico que caracteriza al sitio (Figura 35). Para concluir el proceso de la segunda valoración, los resultados fueron llevados a una matriz en donde se obtuvo una media para cada criterio y poder conseguir así un valor cuantitativo para cada uno de ellos (Tabla 22).

1- Lavas andesíticas del Cerro Somera



Se trata de un depósito de material volcánico proveniente de los domos y conos del Cerro Somera y San Miguel, que fueron expulsados hace ± 2 Ma. La roca que predomina es el basalto, la cual se distribuye sobre pendientes regularmente pronunciadas (6 a 15°) a una altura que oscila entre los 2800 y 3000 msnm.

	Criterio e Indicadores	Opción
A	Representatividad: Se refiere a las características más trascendentales del sitio.	
	El sitio contiene rasgos básicos de los elementos geológicos y geomorfológicos, que sean suficientes para representar la geodiversidad del área.	
	El sitio contiene elementos geológicos y geomorfológicos explicativos de los diversos eventos que dieron origen al área.	
	El sitio contiene elementos geológicos y geomorfológicos que evidencien la evolución del área.	X
B	Integridad: Se refiere a la preservación del sitio teniendo en cuenta los procesos naturales y antrópicos.	
	El sitio presenta alteración en sus rasgos geológicos y geomorfológicos como consecuencia de las actividades antrópicas.	X
	El sitio presenta alteración en sus rasgos geológicos y geomorfológicos como consecuencia de los procesos naturales.	
	El sitio visiblemente conserva intactos sus rasgos geológicos y geomorfológicos.	
C	Potencial educativo: Se refiere a la capacidad del sitio para ilustrar algún o algunos rasgos, elementos y procesos relacionados a la geología y geomorfología.	
	El sitio es útil como recurso que permite realizar un aprendizaje significativo para nivel universitario.	X
	El sitio es útil como recurso que permite realizar un aprendizaje significativo para los niveles básicos educativos.	
	El sitio es útil como recurso que permite un aprendizaje significativo para todos los niveles educativos.	
D	Estética: Se refiere a los elementos geológicos y geomorfológicos que contrastan con su entorno y sobresalen por el cambio de formas, colores y perspectivas.	
	No hay contraste	X
	Regular contraste	
	Si hay contraste	
E	Potencial interpretativo: Se refiere a la capacidad de los elementos geológicos y geomorfológicos para ser fácilmente entendidos por el público en general.	
	El sitio presenta elementos geológicos y geomorfológicos sólo comprensibles para expertos en geología y geomorfología.	
	El público en general necesita tener sólidos antecedentes geológicos y geomorfológicos para comprender los elementos geológicos y geomorfológicos del sitio.	X
	El sitio presenta elementos geológicos y geomorfológicos de una manera muy clara y forma expresiva para todo tipo de público.	

Figura 35. Réplica del formato que se envió vía correo electrónico a los expertos para la valoración del patrimonio geológico y sitios de geodiversidad.

Una vez recabada la información de ambas valoraciones, los datos resultantes se llevaron a una matriz de manera cuantitativa (Tabla 23).

Tabla 23. Matriz de resultados de la valoración del patrimonio geológico (geositos) y sitios de geodiversidad del DIMITO.

VALORACIÓN DE LOS SITIOS POTENCIALES A SER PATRIMONIO GEOLÓGICO Y SITIOS DE GEODIVERSIDAD DEL DISTRITO MINERO DE TLAQUAHUJA - E. ORO																																										
Datos generales					Uso	Uso científico y educativo												Uso geoturístico																								
D	Coordenadas		Altitud msnm	Localidad	Nombre del sitio	Criterio	Representatividad			Integridad			Rareza			Conocimiento científico			Potencial educativo			Variedad de elementos geológicos y geomorfológicos			Visibilidad			Estética			Potencial interpretativo			Asociado a riesgos culturales y de valor paisajístico			Accesibilidad			Seguridad		
	X	Y					Baja	Mediana	Alta	Baja	Mediana	Alta	Baja	Mediana	Alta	Bajo	Mediano	Alto	Bajo	Mediano	Alto	Baja	Mediana	Alta	Baja	Mediana	Alta	Baja	Mediana	Alta	Bajo	Mediano	Alto	Baja	Mediana	Alta	Baja	Mediana	Alta	Baja	Mediana	Alta
1	368121	2218342	2662	La Estrella - El Oro, Méx.	Lavas andesíticas del Cerro Somera			5		3		1		5			5	1				5	3			5		3				5	3			5	3					
2	384938	2194507	2540	Tutenango - El Oro, Méx.	Meteorización esferoidal		3			3				5			5			5			5	3			5					5			5		5	3				
3	384750	2195100	2680	Tutenango - El Oro, Méx.	Meteorización esferoidal Mogote			5	1			3		5			5			5			5			5					5			5			5	3				
4	384883	2195053	2540	El Mogote - El Oro, Méx.	Cañón del Mogote			5		3				5			5			5			5			5					5			5			5		5			
5	384400	2214343	2532	El Oro, Méx.	Socavón San Juan		3		1			3		5			5	1				5			5					5			5			5		5				
6	383886	2196788	2885	Santa Rosa - El Oro, Méx.	Pedra dactílica de adoración	1				3		1		3			5	1				3			3					3			5		3		3		3			
7	378934	2189013	2838	Tlalpujhuatl, Mich.	Socavón Mina Dos Estrellas		3		1			3		5			5			5			5			5				5			5			5		5				
8	378970	2188939	2645	Tlalpujhuatl, Mich.	Contacto y pegamento Mina Dos Estrellas		3			3			5	1			1			5			5		3		3			1			5			5		3				
9	378730	2189201	2590	Tlalpujhuatl, Mich.	Rocas sedimentarias		3			3		1		1			5			5			5			3		1			3			3			3		3			
10	388897	2189927	2708	Tlalpujhuatl, Mich.	El Belcón		3			3		1		1			5			3			5			3				3			3		1			3				
11	378648	2190288	2988	Tlalpujhuatl, Mich.	Tierras rojas			5		3		1		5			5			3			5			5		5	1			3			3			3				
12	371033	2191479	2723	Tlalpujhuatl, Mich.	Pico del Águila		3			3			5			5	1			3			5			5		3			1			1			1		3			
13	377076	2191169	2500	El Barrio del Carmen - Tlalpujhuatl, Mich.	Depósitos de deslave		3		1				5			5			3			5			5			5				5			5			5				
14	377314	2190904	2658	El Barrio del Carmen - Tlalpujhuatl, Mich.	Volcanismo sumero	1				3			5	3		1			3			5		3		3		1			3				3			3				
15	377058	2189413	2688	Tlalpujhuatl, Mich.	Verte Branda Coronado		3			3			5			5			5		3				5			5				5		3			3		3			
16	383912	2214042	2488	Coloradillos - Tlalpujhuatl, Mich.	Coloradillos			5		3			3			5			5			3			5			5			5			5			5		3			
17	373635	2191637	2830	San Pedro Talmorco - Tlalpujhuatl, Mich.	Cañones y cárcavas de erosión San Pedro			5	1				3			5			3			5			5			5			3				5			3				
18	378124	2189978	2690	Tlalpujhuatl, Mich.	Regamento local Remedios		3			3			5			5			3			5		3			5	1					5			5		3				
19	375382	2194181	2540	Tlalpujhuatl, Mich.	Discordancia erosiva y pedregueros Mágico			5		3			3			5	1			5			5			5		3		1				5			5		3			
20	375750	2194350	2538	El Gigante - Tlalpujhuatl, Mich.	Mina al aire libre Mágico	1			1				1			5			5			5			5			5				5			5			5		3		
21	378900	2193780	2500	Hidago - Tlalpujhuatl, Mich.	Ignitritas Cascada América	1				3			5			5			3			5			5			5				5			3			3		3		

La siguiente fase radicó en separar los criterios de acuerdo a su uso (científico-educativo y geoturístico); posterior a ello se tomó el valor más bajo y el valor más alto que obtuvo cada sitio, así como la diferencia de puntos que había entre los valores (valor bajo y valor alto). A dicha diferencia se le obtuvo la mitad y esa mitad fue sumada a los puntos de diferencia, para así obtener un puntaje mínimo, con el cual se le pudiera asignar un uso a los sitios que cumplieran con ese puntaje mínimo y no dejar sesgos en los datos.

Los resultados muestran que, para el uso científico y educativo el valor máximo alcanzado por los sitios fue de 28 puntos y el valor mínimo fue de 14. La diferencia que hubo entre dichos valores fue de 14 puntos y la mitad de éstos 14 puntos fue 7. A cada sitio que obtuvo arriba de 21 puntos en su valoración se le asignó este uso. De los 21 sitios solo 12 sitios cumplieron con los puntos para integrarse al uso científico y educativo (Tabla 24).

Tabla 24. Asignación de uso del patrimonio geológico (geositos) y sitios de geodiversidad del DIMITO.

Uso	Criterios	ID Sitios																					Total	V.Max.	V.Min.	Diferencia	Puntaje para obtener uso
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21					
Uso científico y educativo	Representatividad	5	3	5	5	3	1	3	3	3	3	5	3	3	1	3	5	5	3	5	1	1	69				
	Integridad	3	3	1	3	1	3	1	3	3	3	3	3	1	3	3	3	1	3	3	1	3	51				
	Rareza	1	3	3	5	3	1	3	5	1	1	1	5	5	5	5	3	3	5	3	1	5	67				
	Conocimiento científico	5	5	5	5	5	3	5	1	1	1	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	89				
	Potencial educativo	5	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	1	5	1	5	5	5	5	1	5	5	89				
	Variedad de elementos geológicos y geomorfológicos	1	5	5	5	1	1	5	5	5	3	3	3	3	3	5	3	3	3	5	5	3	75				
Total		20	24	24	28	18	14	22	18	18	16	22	20	22	16	26	24	22	24	22	18	22		28	14	14	21
Uso geoturístico	Visibilidad	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	101				
	Estética	3	3	5	5	5	3	5	3	5	5	5	5	5	3	5	5	5	3	5	5	5	93				
	Potencial interpretativo	5	5	5	5	5	3	5	3	3	3	5	3	5	3	5	5	5	5	3	5	5	91				
	Asociado a rasgos culturales y de valor paisajístico	3	5	5	5	5	5	5	1	1	3	1	1	5	1	5	5	3	1	1	5	5	71				
	Accesibilidad	5	5	5	5	5	3	5	5	3	1	3	1	5	3	3	5	5	5	5	5	3	85				
	Seguridad	3	3	3	5	5	3	5	3	3	3	3	1	5	3	3	3	3	3	3	3	3	69				
Total		24	26	28	30	30	20	30	20	20	20	22	16	30	18	24	28	26	22	22	28	26		30	16	14	23
Tiene doble uso																											
Tiene solo un uso																											
Sin uso																											

Para el uso geoturístico el valor máximo alcanzado fue de 30 puntos y el valor mínimo fue de 16, lo cual evidencia una diferencia de 14 puntos y la mitad de estos 14 puntos es 7. Entonces, todos aquellos sitios que tuvieron por lo menos 23 puntos fueron considerados para este tipo de uso. Los resultados muestran que, de los 21 sitios valorados solo 12 cumplieron con el puntaje estipulado y se integran al uso geoturístico (Tabla 24).

En síntesis, de los 21 identificados, solo 15 de ellos obtuvieron un uso (Lavas andesíticas del Cerro Somera, Meteorización esferoidal, Meteorización esferoidal Mogote, Cañón del Mogote, Socavón San Juan, Socavón Mina Dos Estrellas, Tierras rojizas, Depósitos de deslave, Vetas Borda Coronados, Coloradillas, Cañones y cárcavas de erosión San Juan, Plegamiento isoclinal Remedios, Discordancia erosiva y paleosuelos Majalco, Mina al aire libre Majalco e Ignimbrítas Cascada América), dejando descartados 6 sitios (Piedra dacítica de adoración, Contacto de plegamiento Mina Dos Estrellas, Rocas sedimentarias, El Balcón, Pico del águila y Volcanismo submarino). De esos 15 sitios con uso, 3 de ellos tienen uso exclusivo a lo científico y educativo, 3 al uso geoturístico y 9 comparten ambos usos (Tabla 25).

Tabla 25. Valoración final del patrimonio geológico (geositos) y sitios de geodiversidad del DIMITO.

Temática	Inventario de los sitios potenciales						Dimensión espacial	Patrimonio geológico y Sitios de geodiversidad	Valoración																
	ID	Coordenadas		Altitud (msnm)	Localidad	Nombre del sitio			Categorías de análisis	Uso	Uso científico y educativo					Uso geoturístico					TOTAL	TOTAL USO CE	TOTAL USO GT	USO IDEAL	
		X	Y								Criterio	Representatividad	Integridad	Rareza	Conocimiento científico	Potencial educativo	Variedad de elementos geológicos y geomorfológicos	Visibilidad	Estética	Potencial interpretativo					Asociado a rasgos culturales y de valor paisajístico
MINERIA	1	368121	2218342	2661	La Estelita - El Oro, Méx.	Lavas andesíticas del Cerro Somera	Formas y procesos del relieve	Puntual	Sitio de geodiversidad	5	3	1	5	5	1	5	3	5	3	5	3	44	20	24	GT
	2	384938	2194507	2543	Tultenango - El Oro, Méx.	Meteorización esterooidal	Formas y procesos del relieve	Lineal	Patrimonio geológico	3	3	3	5	5	5	5	3	5	5	5	3	50	24	26	CE/GT
	3	384750	2195100	2560	Tultenango - El Oro, Méx.	Meteorización esferoidal-Mogote	Formas y procesos del relieve	Lineal	Patrimonio geológico	5	1	3	5	5	5	5	5	5	5	3	52	24	28	CE/GT	
	4	384883	2195053	2543	El Mogote - El Oro, Méx.	Cañón del Mogote	Formas y procesos del relieve	Puntual	Patrimonio geológico	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	58	28	30	CE/GT	
	5	364400	2214343	2532	El Oro, Méx.	Socavón San Juan	Secuencias estratigráficas	Lineal	Sitio de geodiversidad	3	1	3	5	5	1	5	5	5	5	5	48	18	30	GT	
	6	383886	2186788	2985	Santa Rosa - El Oro, Méx.	Pedra dactílica de adoración	Formas y procesos del relieve	Puntual	Patrimonio geológico	1	3	1	3	5	1	3	3	3	5	3	34	14	20	****	
	7	378934	2189013	2635	Tlalpujahua, Mch.	Socavón Mina Dos Estrellas	Secuencias estratigráficas	Lineal	Sitio de geodiversidad	3	1	3	5	5	5	5	5	5	5	5	52	22	30	CE/GT	
	8	378970	2188939	2645	Tlalpujahua, Mch.	Contacto y plegamiento Mina Dos Estrellas	Secuencias estratigráficas y Formas y procesos del relieve	Puntual	Patrimonio geológico	3	3	5	1	1	5	5	3	3	1	5	38	18	20	****	
	9	378730	2189201	2590	Tlalpujahua, Mch.	Rocas sedimentarias	Secuencias estratigráficas	Puntual	Patrimonio geológico	3	3	1	1	5	5	5	3	1	3	38	18	20	****		
	10	368897	2189927	2709	Tlalpujahua, Mch.	El Balcón	Formas y procesos del relieve	Puntual	Patrimonio geológico	3	3	1	1	5	3	5	3	1	3	36	16	20	****		
	11	378648	2190288	2968	Tlalpujahua, Mch.	Tierras rojizas	Formas y procesos del relieve	Puntual	Patrimonio geológico	5	3	1	5	5	3	5	5	1	3	44	22	22	CE		
	12	371033	2191479	2723	Tlalpujahua, Mch.	Pico del Águila	Formas y procesos del relieve	Puntual	Patrimonio geológico	3	3	5	5	1	3	5	3	1	1	36	20	16	****		
	13	377076	2191169	2500	Ex Barrio del Carmen - Tlalpujahua, Mch.	Depósitos de deslave	Secuencias estratigráficas y Formas y procesos del relieve	Puntual	Patrimonio geológico	3	1	5	5	5	3	5	5	5	5	52	22	30	CE/GT		
	14	377314	2190904	2505	Ex Barrio del Carmen - Tlalpujahua, Mch.	Volcanismo submarino	Formas y procesos del relieve	Puntual	Patrimonio geológico	1	3	5	3	1	3	5	3	1	3	34	16	18	****		
	15	377055	2189413	2665	Tlalpujahua, Mch.	Vetas Borda-Coronados	Formas y procesos del relieve	Lineal	Patrimonio geológico	3	3	5	5	5	5	3	5	5	3	50	26	24	CE/GT		
	16	355912	2214042	2495	Coloradillas - Tlalpujahua, Mch.	Coloradillas	Formas y procesos del relieve	Puntual	Patrimonio geológico	5	3	3	5	5	3	5	5	5	3	52	24	28	CE/GT		
	17	373635	2191637	2580	San Pedro Tarimbaro - Tlalpujahua, Mch.	Cañones y cárcavas de erosión San Pedro	Formas y procesos del relieve	Puntual	Patrimonio geológico	5	1	3	5	5	3	5	5	3	5	48	22	26	CE/GT		
	18	376124	2189976	2690	Tlalpujahua, Mch.	Plegamiento isoclinal Remedios	Secuencias estratigráficas y Formas y procesos del relieve	Puntual	Patrimonio geológico	3	3	5	5	5	3	5	3	1	5	46	24	22	CE		
	19	375392	2194181	2540	Tlalpujahua, Mch.	Discordancia erosiva y paleosuelos Majalco	Secuencias estratigráficas	Puntual	Patrimonio geológico	5	3	3	5	1	5	5	3	1	5	44	22	22	CE		
	20	375750	2194350	2535	El Gigante - Tlalpujahua, Mch.	Mna al aire libre Majalco	Secuencias estratigráficas	Puntual	Sitio de geodiversidad	1	1	1	5	5	5	5	5	5	3	46	18	28	GT		
	21	376900	2193780	2500	Hidalgo - Tlalpujahua, Mch.	Ignimbritas Cascada América	Secuencias estratigráficas	Puntual	Patrimonio geológico	1	3	5	5	5	3	5	5	5	3	48	22	26	CE/GT		
TOTAL									69	51	67	89	89	75	101	93	91	71	85	69					

Se le informó a la población local (pobladores, asociaciones y representantes de museos) sobre la valoración de los 21 sitios y, que de acuerdo a esa valoración 15 sitios habían obtenido un uso (científico-educativo y geoturístico) y 6 de ellos no habían podido alcanzar un uso, debido a la degradación en alguno de sus rasgos geológico y geomorfológicos, así como en la degradación en su entorno próximo. Se le sugirió a la población local en atender estos 6 sitios, por sí en algún otro momento, surge otra valoración y puedan obtener un uso.

Como parte del método interesó saber el comportamiento de los criterios seleccionados para la valoración, con la finalidad de saber si realmente estaban funcionando y reflejando el uso más adecuado para los sitios en valor. En este sentido, se hizo una ponderación de los criterios, para identificar cuál de ellos estaba dominando la valoración. Los resultados manifiestan que el criterio dominante fue la visibilidad, seguido de la estética y del potencial interpretativo. Por su parte, el criterio que se encuentra en el peldaño más bajo de la ponderación es la integridad (Figura 36).

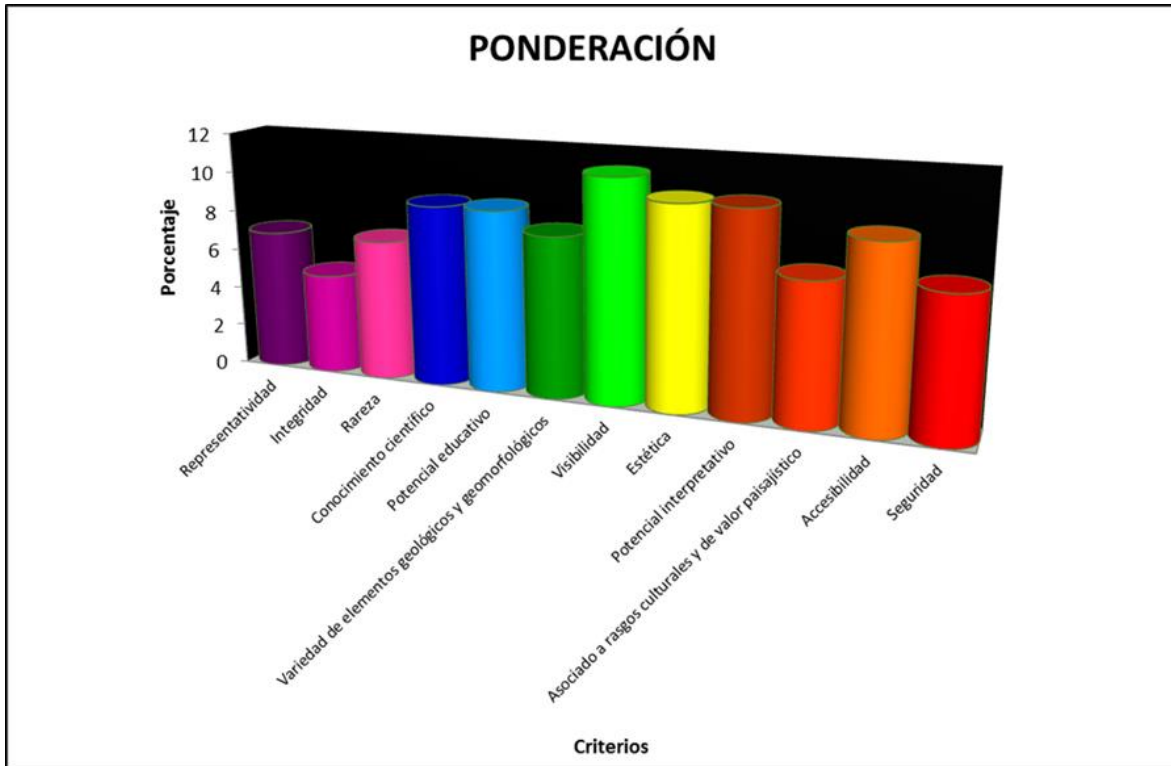


Figura 36. La gráfica muestra la ponderación de los criterios de valoración de acuerdo al dominio que tuvieron en cada uno de los sitios valorados.

Para comprobar dicha ponderación, se decidió hacer una correlación de Pearson, la cual midió la reciprocidad entre los sitios muestreados y los criterios de valoración. Los resultados muestran que, hay una fuerte correlación positiva (0.85 de correlación) entre los sitios con el potencial interpretativo, es decir, entre más sitios se identifiquen en un área mayor será el potencial interpretativo de ese territorio. Mientras que la correlación negativa (-0.41 de correlación) se refleja entre los sitios muestreados y la integridad, es decir, la integridad no es un buen parámetro que vaya adjunto a la cantidad de sitios muestreados. Esto se explica porque, la integridad es un criterio que expone las condiciones en las que se encuentra un individuo, en este caso un solo sitio, por tal razón no hay correlación entre este criterio con los sitios vistos en conjunto (Tabla 26; Figura 37).

Tabla 26. Resultados de la correlación entre los criterios y los 21 sitios.

CRITERIO	CORRELACIÓN
Representatividad	0.442421557
Integridad	-0.416910432
Rareza	0.258061079
Conocimiento científico	0.686107167
Potencial educativo	0.522611475
Variedad de elementos geológicos y geomorfológicos	0.309626391
Visibilidad	0.156378459
Estética	0.398978801
Potencial interpretativo	0.852047373
Asociado a rasgos culturales y de valor paisajístico	0.63406691
Accesibilidad	0.645280004
Seguridad	0.581634623

Tabla 26. En rojo la correlación negativa; en azul la correlación positiva.

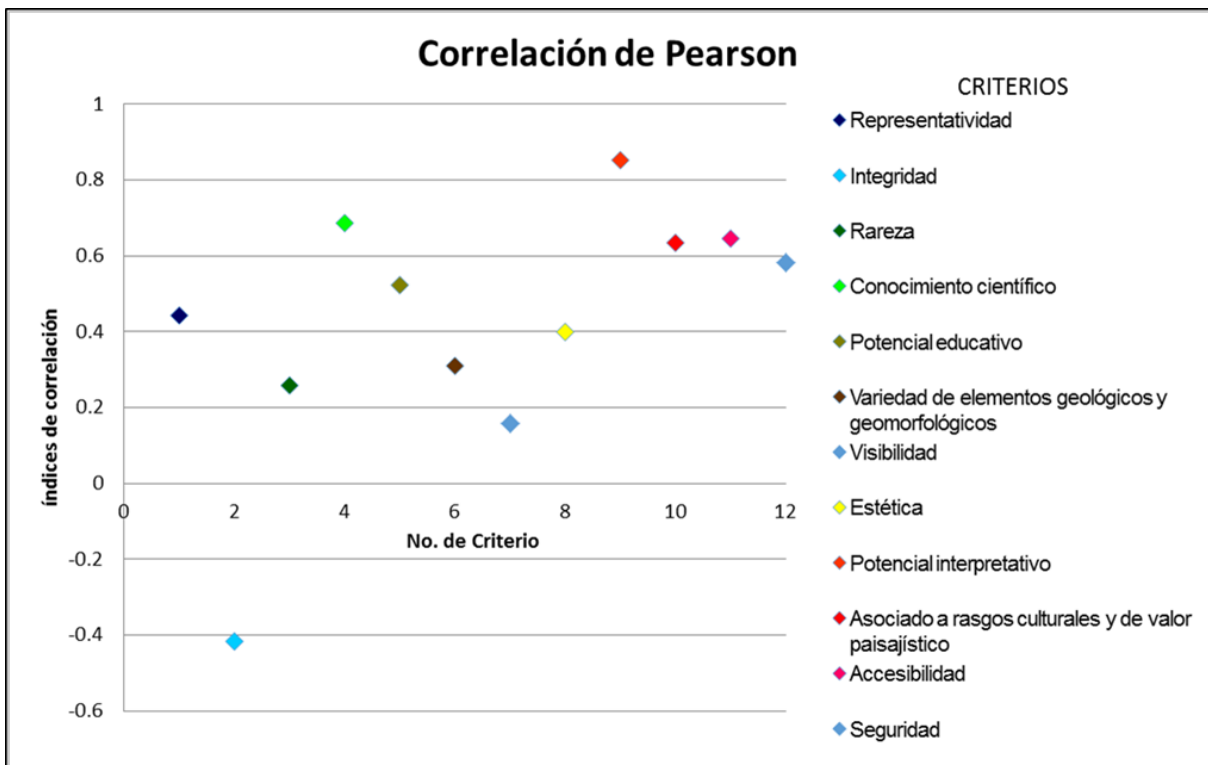


Figura 37. Se muestra en el gráfico de dispersión el índice de correlación de los criterios de valoración. Se evidencia una fuerte correlación que supera el 0.8 del criterio potencial interpretativo; mientras que, la correlación más baja (por debajo del 0.4) corresponde al criterio de integridad.

8) Inventario final del patrimonio geológico (geositios) y sitios de geodiversidad

El inventario se compone de 15 sitios de interés geológico y geomorfológico, de los cuales 3 sitios tienen uso científico y educativo, 3 tienen uso geoturístico y 9 sitios comparten uso (Figura 38). El inventario es resultado del trabajo exhaustivo en campo, del trabajo participativo con locales y expertos en el tema, así como todo un procesamiento de datos estadísticos. Finalmente el inventario del patrimonio geológico y sitios de geodiversidad, refleja detalladamente la caracterización de todos los elementos y rasgos geológicos y geomorfológicos más sobresalientes del DIMITO, de acuerdo al patrón paisajístico que lo define (ANEXO: Inventario del patrimonio geológico y sitios de geodiversidad)



Figura 38. Mapa de localización del Patrimonio geológico (geositos) y Sitios de geodiversidad del DIMITO.

C. Distribución del patrimonio geológico (geositios) y sitios de geodiversidad en el paisaje

El paisaje se amplía y diversifica de acuerdo a la extensión del territorio observado y a la calidad de la observación. Ello lleva a la percepción del observador, lo más fácilmente perceptible es la geodiversidad, debido a las formas, colores, morfologías, etc., ya que la geodiversidad tiene elementos directamente visibles e individuales dentro del paisaje. La distribución de los procesos geológico, los tipos de roca y los procesos de modelado exógenos que componen un territorio, aunado los procesos físicos y biológicos, son las causas de la presencia del relieve y su morfología, y este relieve, es el escenario que sustenta la cubierta vegetal, la vida silvestre y el desarrollo de las actividades antrópicas. La geología y geomorfología juegan un papel protagónico en el paisaje, como en el caso de los paisajes montañosos con crestas y escarpes rocosos, a un papel secundario, como en el caso de los paisajes de llanuras agrícolas (García-Hidalgo *et al.*, 2008).

En el Distrito Minero de Tlalpujahuá-El Oro hay una gran diversidad de ambientes, los cuales se reflejan en sus paisajes. De acuerdo a los resultados, se han identificado 3 geosistemas (Laderas, Planicies y Valles) y 80 unidades de paisaje elemental. Dichos paisajes elementales son heterogéneos y demuestran la diversidad biofísica y cultural del área. Sin embargo, la distribución del patrimonio geológico (geositios) y sitios de geodiversidad se concentra preferentemente en la parte centro y norte del DIMITO y en específico en 11 categorías de paisajes elementales (Laderas basálticas con pastizal inducido, Laderas basálticas con cultivos, Laderas andesíticas con bosque mixtos, Laderas andesíticas con asentamiento humanos, Laderas ignimbríticas con pastizal inducido, Laderas metacalcáreas pelíticas con asentamiento humano, Laderas metapelíticas con pastizal inducido, Laderas metavolcánicas con bosque mixto, Laderas metavolcánicas con pastizal inducido, Laderas metavolcánicas con asentamiento humano y Laderas de calizas masivas con asentamiento humano) (Tabla 27).

Tabla 27. Distribución del patrimonio geológico (geositios) y sitios de diversidad en el paisaje

No.	Sitio	Unidad de paisaje elemental
1	Tierras rojizas	Laderas andesíticas con bosque mixto
2	Plegamiento isoclinal Remedios	Laderas metacalcáreas pelíticas con asentamiento humano Laderas de calizas masivas con asentamiento humano
3	Discordancia erosiva y paleosuelos Majalco	Laderas metapelíticas con pastizal inducido
4	Lavas andesíticas del Cerro Somera	Laderas basálticas con pastizal inducido
5	Socavón San Juan	Laderas andesíticas con asentamiento humano Laderas metacalcáreas pelíticas con asentamiento humano
6	Mina al aire libre Majalco	Laderas metavolcánicas con pastizal inducido Laderas ignimbríticas con pastizal inducido
7	Meteorización esferoidal	Laderas basálticas con cultivos
8	Meteorización esferoidal Mogote	Laderas basálticas con pastizal inducido
9	Cañón del Mogote	Laderas basálticas con pastizal inducido
10	Socavón Mina Dos Estrellas	Laderas metacalcáreas pelíticas con asentamiento humano
11	Depósitos de deslave	Laderas metapelíticas con pastizal inducido
12	Vetas Borda-Coronados	Laderas metavolcánicas con bosque mixto
13	Coloradillas	Laderas metavolcánicas con asentamiento humano
14	Cañones y cárcavas de erosión San Pedro	Laderas metapelíticas con pastizal inducido
15	Ignimbritas Cascada América	Laderas metapelíticas con pastizal inducido

Las 11 unidades de paisaje elemental que sustentan al patrimonio geológico (geositios) y sitios de geodiversidad, se caracterizan por ser paisajes con una acelerada dinámica social, debido al uso histórico de ocupación que han tenido, el cual se asocia a las actividades primarias, en específico a la agricultura y a la minería. En la actualidad, las actividades económicas están orientadas al comercio y al turismo. Debido a esta dinámica, los paisajes han sido modificados y evidencian elementos geológicos y geomorfológicos y, algunos de ellos han sido identificados y clasificados como sitios de interés geológico y geomorfológico, o mejor conocidos para esta investigación como patrimonio geológico (geositios) y sitios de geodiversidad.

La presencia del patrimonio geológico (geositios) y sitios de geodiversidad (15 sitios en total) en estas 11 unidades de paisaje elemental, se asocia a un sistema de fallamiento, a procesos de intemperismo, erosión y sedimentación y a la explotación de minas. Dichos factores físicos y culturales han proporcionado las condiciones óptimas, para dejar al descubierto los 15 sitios. El resultado se refleja en paisajes con variedad de rasgos geológicos y geomorfológicos, ligados a una actividad social y económica que va *in crescendo*. Además, dichos paisajes son aprovechados por el comercio, el turismo, y en fechas recientes para promocionar las ciencias de la Tierra y el geoturismo.

De acuerdo a las características de las 11 unidades de paisaje elemental y a la distribución del patrimonio geológico y sitios de geodiversidad, se proponen una ruta designada como geosendero (Figura 39). Un geosendero se puede definir como una modalidad de sendero interpretativo enfocado a la promoción de las ciencias de la Tierra tanto entre el público especializado como entre el público general (Palacio *et al.*, 2019). El objetivo de este geosendero es promocionar las ciencias de la Tierra, dar a conocer el área y promover al geoturismo. Los sitios de interés geológico y geomorfológico que se pueden observar en este geosendero son 5. Mientras que, los 10 sitios de interés geológico y geomorfológico restantes, no se les ha designado una ruta, debido a la falta de conexión continua entre ellos. Por tal motivo, se sugiere visitarlos de forma independiente.

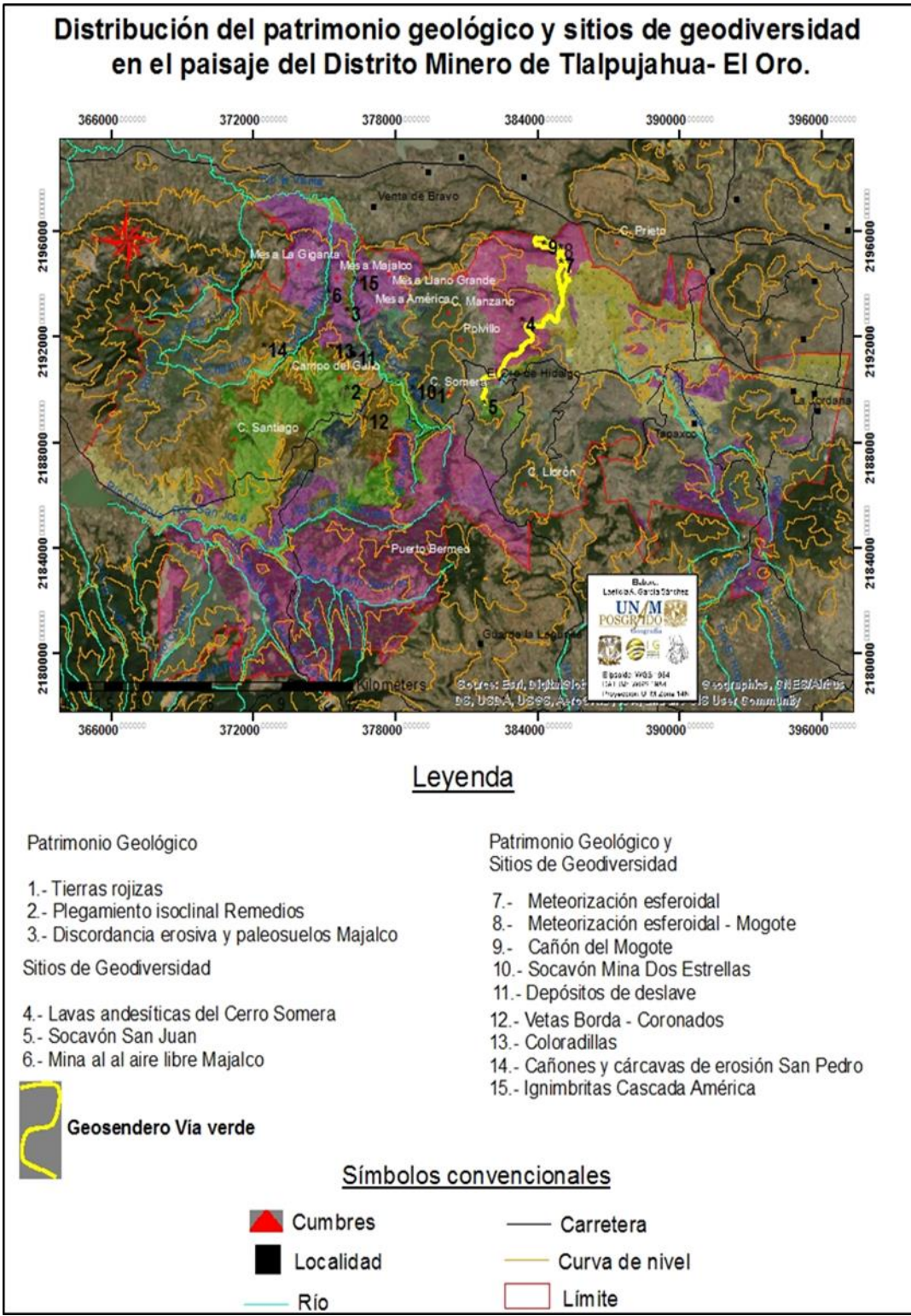


Figura 39. Mapa de distribución del patrimonio geológico y sitios de geodiversidad en los paisajes del DIMITIO. S e observa en el sector N-NE del área el trazo del geosendero Vía Verde.

Al geosendero que se propone se le ha nombrado como “Geosendero Vía Verde”. El nombre “vía verde” es el nombre que recibe en España los senderos en el medio natural resultado del acondicionamiento de infraestructuras en desuso, principalmente antiguos trazados ferroviarios, como es el caso de este geosendero en el DIMITO, o carreteras sin servicio. El geosendero se localiza en el N-NE del DIMITO en específico en el municipio de El Oro y tiene una longitud de 13.8 km. Se sugiere hacer el recorrido a pie, el cual tiene una duración aproximada de 5 horas; sin embargo, parte del trayecto se puede hacer en vehículo. Se recomienda llevar ropa y calzado adecuado para senderismo, así como líquidos para hidratarse y un refrigerio, ya que las tiendas más próximas se localizan en Tultenango. Para un mejor recorrido, apreciación y entendimiento de los elementos abióticos que componen el geosendero, se recomienda contratar al grupo de Senderismo que trabaja en el municipio de El Oro (Figura 40).



Figura 40. Publicidad del grupo de Senderismo El Oro.

Los elementos abióticos y bióticos que se observan en el Geosendero Vía Verde forman parte de los geosistemas de Ladera y Planicie. Los paisajes que integran el recorrido son:

Laderas basálticas con pastizal inducido, Laderas basálticas con cultivos, Laderas andesíticas con bosque fragmentado mixto, Laderas andesíticas con cultivos, Laderas andesíticas con pastizal inducido, Laderas andesíticas con asentamiento humano, Laderas metacalcáreas pelíticas con cultivos, Laderas metacalcáreas pelíticas con asentamiento humano, Planicie aluvial con pastizal inducido y Planicie aluvial con cultivos, Planicie lacustre con pastizal inducido y Planicie lacustre con cultivos.

Los sitios de interés geológico que se localizan en el Geosendero Vía Verde corresponden a los puntos 4, 5, 7, 8, y 9, de los cuales los puntos 7, 8 y 9 tienen usos científico-educativo y geoturístico (Meteorización esferoidal, Meteorización esferoidal Mogote y Cañón del Mogote, respectivamente). Mientras que, los puntos 4 y 5 tienen uso exclusivo para el geoturismo (Lavas andesíticas del Cerro Somera y Socavón San Juan, respectivamente). Al integrarse los rasgos geológicos y geomorfológicos con los elementos florísticos, faunísticos y culturales, hacen del Geosendero Vía verde un espacio que aporta conocimiento, educación, concientización y aprendizaje. Los paisajes que integran este geosendero, son paisajes dignos de apreciar tanto por su contenido científico como por su belleza y estética (Figura 41).

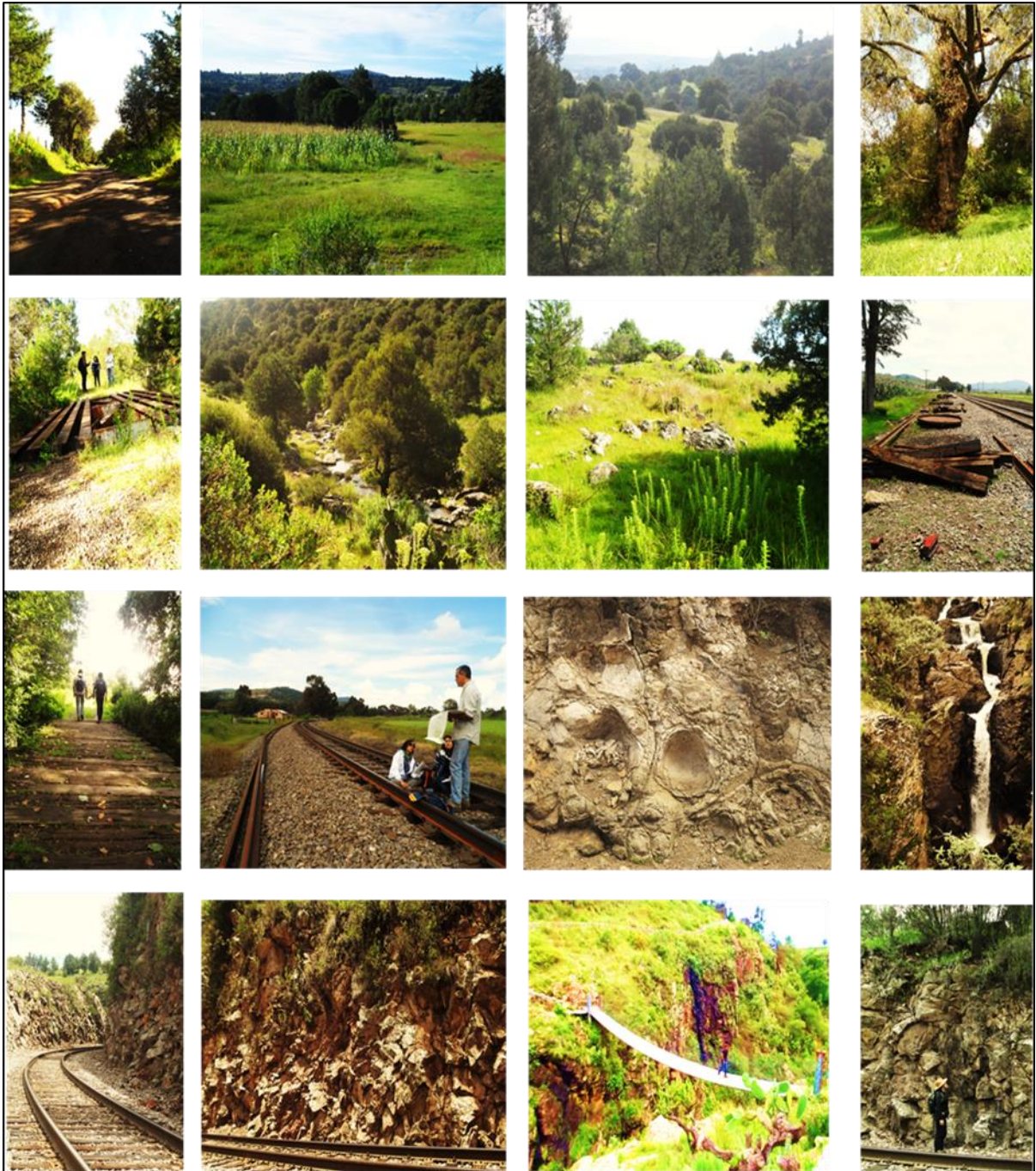


Figura 41. Vistas panorámicas y *spot* de los escenarios del Geosendero Vía Verde del DIMITO. Por su parte, la distribución de los 10 sitios de patrimonio geológico (geositios) y sitios de geodiversidad corresponde al geosistema de Laderas. Las unidades de paisaje elemental que contienen a éstos 10 sitios son 8 categorías, las cuales corresponden a los siguientes paisajes: Laderas andesíticas con bosque mixto, Laderas ignimbríticas con pastizal

inducido, Laderas metacalcáreas pelíticas, Laderas metapelíticas con pastizal inducido, Laderas metavolcánicas con bosque mixto, Laderas metavolcánicas con pastizal inducido, Laderas metavolcánicas con asentamiento humano y Laderas de calizas masivas con asentamiento humano.

Esta distribución se observa preferentemente en la parte N y NW del DIMITO, en específico en el municipio de Tlalpujahua. La calidad escénica que brindan estos paisajes puede llegar a ser un tanto engorrosa, debido a la presencia de procesos erosivos. Sin embargo, las formas, colores, topografía, etc. que hacen parte del paisaje tienen una calidad visual atrayente, aunado al contenido geológico y geomorfológico que en ellos yace. Los paisajes al igual que el patrimonio geológico (geositos) y sitios de geodiversidad localizados en el Geosendero Vía Verde, tienen por objetivo el promover las ciencias de la Tierra, la geoconservación y el geoturismo (Figura 42 y Figura 43).

Como se ha mencionado con anterioridad, estos 10 sitios no se les han asignado un geosendero, debido a que no hay continuidad ni conexión entre ellos. Los 10 sitios corresponden a los puntos 1, 2, 3, 6, 10, 11, 12, 13, 14 y 15, de los cuales 3 sitios son de uso exclusivo científico y educativo (Tierras rojizas, Plegamiento Isoclinal Remedios y Discordancia erosiva y paleosuelos Majalco, respectivamente), 1 sitio exclusivo para uso geoturístico (Mina al aire libre Majalco) y 6 sitios que comparten ambos usos (Socavón Mina Dos Estrellas, Depósitos de deslave, Vetas Borda-Coronados, Coloradillas, Cañones y cárcavas de erosión San Pedro y Ignimbritas Cascada América, respectivamente).

La distribución del patrimonio geológico (geositos) y sitios de geodiversidad en el paisaje del DIMITO se ha identificado en la parte N del área, esto se debe a que ha sido el área más altamente modificada por las actividades antrópicas, las cuales han favorecido que los procesos físicos sean de mayor concentración y aceleración. En contraparte, la

porción S del DIMITO, ha sido un área menos trastocada por las actividades humanas; sin embargo, los procesos naturales se evidencian de manera más sutil y a su propio ritmo.

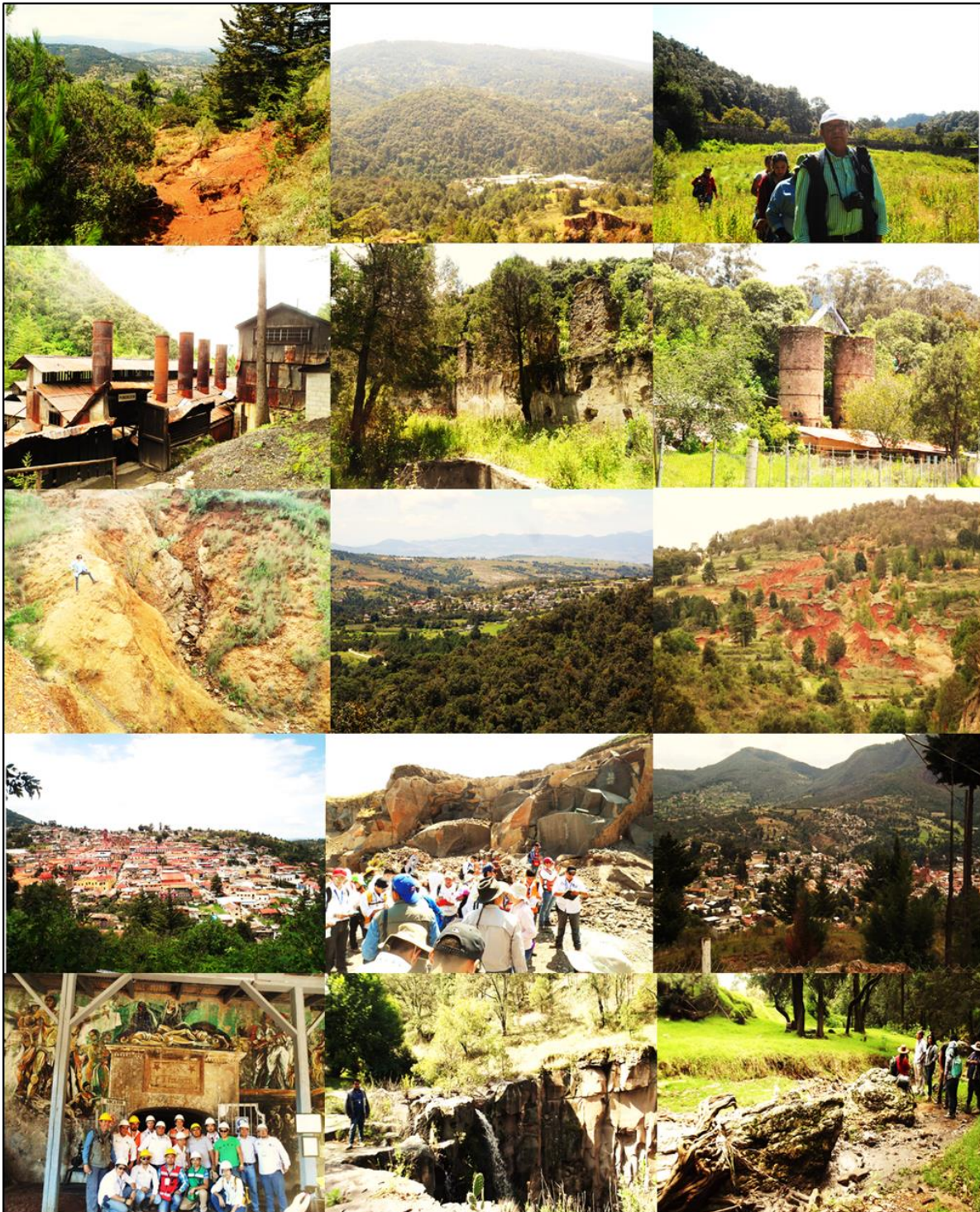


Figura 42. Vistas panorámicas y *spot* de los escenarios paisajísticos, del patrimonio geológico (geositios) y sitios de geodiversidad del DIMITO.



Figura 43. Vistas panorámicas y *spot* de los paisajes, patrimonio geológico (geositios) y sitios de geodiversidad del sector N del DIMITO.

Capítulo 5. Discusión



Capítulo 5. Discusión

El análisis del paisaje ha sido aplicado para reconocer el territorio y desarrollar un método de valoración, y de uso de algunos de sus elementos geológicos y geomorfológicos en el Distrito Minero de Tlalpujahua-El Oro. Existieron dos elementos cruciales del paisaje para desarrollar el método, la geología y la geomorfología, debido a que son éstos los atributos más estables del paisaje, aunado al objetivo general de la investigación, el cual se fundamenta en la caracterización y valoración del patrimonio geológico y sitios de geodiversidad a partir de unidades paisajísticas.

El análisis de la distribución espacial y estado actual del paisaje del DIMITO muestra que, el relieve de las unidades paisajísticas tiene una edad que data desde el Jurásico superior hasta el Cuaternario y en su morfología actual se distinguen 18 unidades, de las cuales 9 se clasificaron como relieve endógeno (laderas basálticas, laderas andesíticas, laderas andesíticas miocénicas, laderas ignimbríticas, laderas de conglomerados continentales, laderas metacalcáreas pelíticas, laderas metapelíticas, laderas metavolcánicas y laderas de calizas masivas) y 9 como relieve exógeno (Planicie aluvial, valle fluvial basáltico, valle fluvial andesítico, planicie lacustre, valle fluvial lacustre, valle fluvial ignimbrítico, valle fluvial metacalcáreo pelítico, valle fluvial metapelítico y valle fluvial metavolcánico).

El origen las unidades geomorfológicas comprende ciclos alternados de actividad tectónica, volcánica, intemperismo y erosiva, la cual se ve reflejada en los procesos de denudación, acumulación y sedimentación exógena. De acuerdo a la caracterización geológica y geomorfológica del DIMITO, la distribución de los paisajes está sujeta, en buena medida, a la litología y relieve, lo cual se refleja en la disposición de los paisajes forestales, al estar en un terreno de topografía escarpada y de difícil acceso para el ser humano. Mientras que, los paisajes antrópicos se localizan sobre valles y piedemonte, en donde la topografía es más suave (<15° de inclinación).

En cuanto a la cubierta del suelo, es variada y se conforma por 7 categorías, las cuales se organizaron dependiendo de su importancia ambiental: bosque mixto, bosque fragmentado, cuerpo de agua, pastizal inducido, cultivos, asentamiento humano y suelo desnudo. Las cubiertas del suelo en general siguen un patrón definido por la geomorfología, es decir, los paisajes forestales se desarrollan preferentemente sobre unidades geomorfológicas de origen volcánico (2600-3200 msnm), en pendientes que superan los 30° de inclinación y con una exposición de laderas predominantemente de umbría. Mientras que, los paisajes que contienen cubiertas del suelo asociadas a la actividad agrícola y asentamiento humano, se evidencian en la planicie aluvial, planicie lacustre (<2400 msnm) y en laderas (<2700 msnm), éstas últimas muestran un alto grado de modificación, debido a la introducción de vías de comunicación. Las cubiertas del suelo forestal tienen una disposición de acuerdo a un patrón altitudinal en pisos, el cual es controlado por la organización geomorfológica del área. La vegetación que predomina en las laderas y cumbres es de coníferas y latifoliadas (>2800 msnm); mientras que la cubierta de vegetación de encinos se distribuye en los piedemontes (<2900 msnm), este tipo de vegetación se encuentra en etapa de fragmentación.

De acuerdo a la organización del paisaje geográfico, el geosistema de laderas es el más complejo, diverso y heterogéneo del DIMITO, lo cual se explica por su dimensión espacial, rasgos geomorfológicos y actividades humanas, siendo las partes más bajas de este geosistema la unidad con mayor desarrollo de los usos agrícola, comercial y habitacional. Es posible reconocer una tendencia espacial y temporal en la dinámica y evolución del paisaje, el cual tiende a variar de uso forestal a agrícola, urbano y recreación, fenómeno que se observa en gran superficie del DIMITO (70% de la superficie total). Asimismo, los paisajes que conforman el área son un buen referente para ejercer o implementar la actividad geoturística, debido a que el DIMITO alberga elementos geológicos y

geomorfológico atractivos. Además, los paisajes tienen alto contenido cultural, al ser paisajes relictos de una intensa actividad minera, así como, contener un legado histórico reflejado en el patrimonio industrial y patrimonio minero. Dichos patrimonios se pueden observar principalmente en La Mina Dos Estrellas (Tlalpujahuá), Museo de Minas (El Oro) y en la cabecera municipal de El Oro. El patrón paisajístico ofrece escenarios de interés científico, no solo para las ciencias duras de la Tierra, sino también para las ciencias naturales y sociales, ya que el contenido biótico y cultural que ellos albergan es de gran trascendencia para las localidades; igualmente, es un insumo para su desarrollo socioeconómico local.

La selección de criterios e indicadores para la valoración (representatividad, integridad, rareza, conocimiento científico, potencial educativo, variedad de elementos geológicos y geomorfológicos, visibilidad, estética, potencial interpretativo, asociado a rasgos culturales y de valor paisajístico, accesibilidad y seguridad) se diseñaron con el afán de cubrir parámetros de las Ciencias de la Tierra, rasgos sociales y culturales, así como elementos orientados al turismo, a partir de 7 características: 1) temática del sitio, 2) categorías de análisis, 3) dimensión espacial, 4) uso, 5) criterios de análisis, 6) trabajo participativo con expertos en el tema y 7) inventario del patrimonio geológico y sitios de geodiversidad. Parte de la valoración (característica 6) se realizó a partir del criterio de un grupo, previamente seleccionado de expertos en el tema, los resultados fueron muy interesantes, ya que hubo discrepancia con algunos criterios; sin embargo, se llegó a una respuesta unificadora para cada criterio en valor. Los resultados muestran que, de los 21 sitios que conforman el inventario de los posibles sitios potenciales a tener uso, solo 15 de ellos lograron tener un puntaje positivo para ser parte del inventario definitivo. Estos 15 sitios corresponden a 3 sitios exclusivos del uso científico y educativo (Tierras rojizas, Plegamiento isoclinal Remedios y Discordancia erosiva y paleosuelos Majalco), 3 sitios

propios del uso geoturístico (Lavas andesíticas del Cerro Somera, Socavón San Juan y Mina al aire libre Majalco) y 9 sitios comparten ambos usos (Meteorización esferoidal, Meteorización esferoidal Mogote, Cañón del Mogote, Socavón Mina Dos Estrellas, Depósito de deslave, Vetas Borda-Coronados, Coloradillas, Cañones y cárcavas de erosión San Pedro e Ignimbritas Cascada América). Los criterios que mejor reflejan la valoración son la visibilidad (11% de nivel de ponderación), estética (10% de ponderación) y potencial interpretativo (10% en la escala de ponderación). El criterio que tuvo una correlación positiva con cada uno de los sitios valorados fue el potencial interpretativo, es decir, a mayor cantidad de sitios habrá mayor potencial interpretativo; mientras que, el criterio con menor correlación con los sitios fue la integridad, entonces a mayor, menor o igual cantidad de sitios la integridad no se incrementa, ya que valora individualmente a cada sitio.

De acuerdo a los procesos exógenos del relieve, exposición de laderas, pendiente y dinámica social, el patrimonio geológico y sitios de geodiversidad del DIMITO se distribuyen preferentemente en los paisajes del norte y centro del área (Geosistema de Laderas). Son estos los paisajes con asentamientos humanos más importantes del área y dónde se ha visto más favorecida la actividad geoturística. Por tal motivo, estos 15 sitios son dignos de conservar y compartir de manera sustentable con locales y visitantes.

Son la geología y la geomorfología los componentes más estables del ambiente, por lo cual, tienen poca dinámica en tiempo humano. Sin embargo, habrá procesos geológicos y geomorfológicos que en cuestión de minutos cambien totalmente el paisaje; tal es el ejemplo de El Ex barrio del Carmen, ubicado en el municipio de Tlalpujahuá, el cual fue cubierto por un deslave de lamas y cambio radicalmente la topografía y morfología del lugar.

CONCLUSIONES

Se señala que a partir del paisaje se pudo alcanzar los objetivos de esta investigación. El paisaje como unidad de análisis tiene muchas virtudes, debido a que por sí mismo es un ente integrador, al contener información de los demás elementos que forman el ambiente, se puede llegar a tener un buen diagnóstico del territorio.

A diferencia de otros enfoques paisajísticos, el paisaje utilizado desde la perspectiva geográfica (paisaje geográfico), brinda información principalmente de las características geológicas, geomorfológicas, cubiertas y usos del suelo. Dichas características son buenos indicadores de las condiciones y dinámica de un territorio dado, debido a su contenido biofísico, social, cultural y hasta económico. Por tal motivo, el paisaje geográfico ha sido utilizado como herramienta y/o unidad para caracterizar, interpretar y diagnosticar el espacio geográfico.

Los elementos de cubierta y uso del suelo del paisaje, son los atributos más inestables del sistema ambiental, debido que es en éste plano donde se desarrollan principalmente las actividades antrópicas. Los atributos del paisaje más estables son la geología y geomorfología; además el alto grado de homogeneidad litológica, topográfica y de procesos endógenos y exógenos que contienen, resultan ser buenos indicadores y ayudan a recolectar información de otros elementos del medio. Tal es el ejemplo de los límites morfológicos, los cuales frecuentemente reflejan diversas propiedades físicas, químicas y condiciones ecológicas (régimen hidrológico, características del suelo, composición vegetal, usos de suelo, etc.; García-Sánchez, 2011). Sin embargo, se tendrá que hacer periódicamente los estudios pertinentes del paisaje para considerar las condiciones del territorio y poder hacer la toma de decisiones de acuerdo a los objetivos planeados y esto, representa invertir tiempo, recursos humanos y económicos. Desafortunadamente, las autoridades competentes a estos temas dentro de un territorio,

en algunos casos, no tienen la capacidad para decidir sobre los recursos económicos e invertirlos en estudios integrados de paisaje.

Bajo esta premisa, no todo es desalentador, ya que también hay estudios de paisaje histórico, evolución del paisaje, etc., que tienen el mismo enfoque geográfico. Además, resulta que son este tipo de estudios de paisaje, los cuales dan explicación a fenómenos biofísicos, culturales, sociales y económicos que se estén dando en la versión del paisaje actual de un territorio. Por tal motivo, el paisaje geográfico desde cualquier plataforma o escenario geográfico que se mire, es benéfico para solucionar problemáticas territoriales.

A *posteriori* del análisis del patrón paisajístico actual del DIMITO, se establece con claridad la estrecha relación de cada unidad de paisaje con la geodiversidad, pues los elementos que controlan dichas unidades son la geología y la geomorfología y, a partir de estos elementos se va a presentar la distribución y disposición de los componentes vegetativos y antrópicos.

El método de valoración de uso del patrimonio geológico (geositios) y sitios de geodiversidad resultó ser óptimo, ya que integra componentes físicos, biológicos y culturales desde una visión geográfica del paisaje. A diferencia de otros métodos ya establecidos de valoración de uso, en especial del patrimonio geológico (geositios), como el propuesto por Portugal que toma como referencia la unidad geológica (Universidade do Minho, 2014). El método de valoración que se propone inicia con una introspección a partir del paisaje, pues se piensa que es necesario considerar todos los elementos del ambiente (síntesis ambiental = paisaje) para determinar el uso más adecuado y llevar una buena gestión de los sitios de interés geológico y geomorfológico.

De acuerdo a las unidades paisajísticas y al análisis espacial del patrimonio geológico (geositios) y sitios de geodiversidad del DIMITO, se logró identificar y proponer una ruta

dedicada al geoturismo. Esto se debió a que la unidad de paisaje brindó información sobre la dinámica social y rutas de acceso, principalmente.

Se finaliza con la recomendación de utilizar el paisaje, así como, los catálogos paisajísticos como materiales o herramientas de análisis para la toma de decisiones en contextos de geoturismo, conservación, ordenamiento territorial, cambio de uso de suelo, aprovechamiento y cuantificación de recursos principalmente. Se ha demostrado en este trabajo, que el paisaje posee una vasta información de las condiciones ambientales, por tal motivo, es una buena herramienta de análisis del territorio.

Por su parte, el geoturismo como actividad económica, es una buena estrategia para conservar las condiciones natas de cada sitio, así como para promocionar de una manera sustentable y rentable las ciencias de la Tierra. Además, a diferencia de otros tipos de turismo, el *plus* que ofrece el geoturismo radica en que el turista después de hacer su visita obtiene conocimientos científicos, culturales, sociales y económicos de la localidad (geoeducación), así como un acto de conciencia en el consumo de los recursos naturales.

De acuerdo a estudios como los de Carcavilla (2006; 2007) Bruschi (2007), Viñals *et al.*, (2011), Carcavilla *et al.*, (2015), Brilha (2016), entre otros, han demostrado identificar y valorar geositios sin emplear el paisaje geográfico; sin embargo, el enfoque paisajístico que se empleó para esta investigación abarca todos los elementos y componentes del espacio geográfico y, no solo los de carácter geológico y geomorfológico como los antes mencionados. Entonces, el enfoque paisajístico es una buena herramienta para elaborar un diagnóstico integral de un territorio.

Bibliografía

- Aguirre-Díaz, G., y McDowell, F., (2000). "Volcanic evolution of the Amealco caldera, central México".

- Arnold, H., (1997), "Land use and land cover mapping in: interpretation of airphotos and remotely sensed imagery". Prentice Hall, USA, pp. 36-43.
- Australian Heritage Commission., (2003). "Protecting natural heritage. Using the Australian Natural Heritage Charter". Departamento of the Environment and Heritage. Commonwealth of Australian. Canberra. 139 p.
- Barrasa, G, S, (2007). "El paisaje en América Latina. Experiencia de valoración participada de paisajes visuales para la planificación ambiental de La Habana – Cuba". Tesis para obtener el grado de Doctora. Departamento de Ecología. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid. 450 p.
- Barrasa, G, S, (2013). "Valoración de la calidad estética de los paisajes de La Habana (Cuba) con métodos de participación social". Estudios Geográficos Vol. LXXIV, 274, pp. 45-66.
- Bernal, G.N., (2012). "Notas y apuntes para la historia de la Mina Las Dos Estrellas (1899-1960)". APE Editorial, México, D.F., 80p.
- Bernstein M (1964). "The Mexican Mining Industry 1890 - 1950". A study of the Interaction of politics and technology, New York.
- Bertrand, G., (1968). "Paysaget et Geographie globale". Revue Geographique des pyrinées et su Soud – Ouest, 39 (3) pp 249 – 272.
- Bertrand, G., (1979). "Ecologie de l'espace géographique. Recherches pour una <<Cience de paysage>>". C.R.Soc. Biogéographie. No. 406, pp. 195-205.
- Bertrand, C et Bertrand, G., (1992). "Territorialiser l'environnement, un objectif pour la Géographie", GEODOC, Documents de Recherches de l'UFR. Géographie et aménagement. Université de Toulouse – Le Mirail, núm. 37, Toulouse, Francia.
- Bocco, G., (1986). "Some coments on volcanic geomorfology as related to anthropic erosion processes." Internal Institute for Aerospace Survey and Eartha Sciences (ITC).
- Bocco, G., (1989). "Cartografía geomorfológica y análisis morfométrico para estudios de erosión acelerada, estudio de caso en la cuenca del río Tlalpujahua, México. Instituto de Geografía, UNAM. Boletín No. 19, pp. 39-54.
- Bocco, G., (1989). "Análisis estadístico de datos hidrometeorológicos en estudios de erosión acelerada. Un estudios de caso en la cuenca del río Tlalpujahua, México" Instituto de Geografía, UNAM, pp. 9-27.
- Bocco, G., (1989). "El inventario de erosión antrópica: acarcamientos en la cuenca del río Tlalpujahua, México". Instituto de Geografía, UNAM, pp. 55-68.

- Bolós i Capdevila, M., (dir), (1992). "Manual de Ciencia del paisaje: Teoría, métodos y aplicaciones. Masson, Barcelona.
- Bollo., (2009). "La geografía en América Latina visión por países". A Sánchez y A Liberali. (eds). La geografía de Cuba en el tercer milenio. Ed. Centro de estudios Alexander Von Humboldt, La Habana, 55- 80.
- Bollo. M., Hernández, J. R y Méndez A.P., (2010). "Evaluación de potencialidades en el ordenamiento ecológico territorial: Noreste del Estado de Chiapas, México". Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles. No. 53, 191 – 218.
- Bollo. M.M, Espinoza, M.A., Hernández C.G. y Hernández S.J.R., (2019)."Las Regiones Fisiográficas de Michoacán de Ocampo". Universidad Nacional Autónoma de México. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. Morelia, Michoacán., p.182.
- Braga A.JC., (2002). "Propuesta de estrategia andaluza para la conservación de la geodiversidad". Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente. 103 p.
- Brilha J., (2002). "Geoconservation and protected áreas". Environmental conservation. Vol. 29 p. 273-276.
- Brilha J., (2005). "Património geológico e geoconservação. A conservação da natureza na sua vertente geológica. Palimage Editores. P 190.
- Brilha J., (2015). "Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a Review". Geoheritage. The European Association for Conservation of the Geological Heritage.
- Brilha, J., (2016). "Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a Review". Geoheritage.
- Brilha. J., Gray. M., Pereira. D. I., y Pereira. P., (2018). "Geodiversity: An integrative review as a contribution to the sustainable management of the whole of nature". Environmental Science and Policy. ELSEVIER No. 86 pp. 19-28.
- Brilha, J., (2018). "Geoheritage: Inventories and Evaluation" en Reynard, E. y Brilha, J. Geoheritage. Assessment, Protection, and Manadement. ELSEVIER 69-82 p.
- Bruschi V.M., (2007). "Desarrollo de una metodología para la caracterización, evaluación y gestión de los recursos de la geodiversidad". Tesis de Doctorado. Universidad de Cantabria. Facultad de Ciencias. Departamento de Ciencias de la Tierra y Física de la Materia Condensada. Santander, España. Pp. 382.
- Burek C. y Potter J., (2002). "Local Geodiversity Action Plans. Stting the context for geological conservation". English Nature. Peterborough, Inglaterra. 64 p.

- Campa, M.M F., Campos. M., Flores R. y Oviedo R., (1974). “La secuencia mesozoica volcánica – sedimentaria metamorfizada de Ixtapan de la Sal, México. – Teloloapan, Gro”. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. V. 35, 7- 28 pp.
- Campa, M.F., Flores., R y Coney, P., (1980). “Terrenos tectonoestratigráficos de la Sierra Madre del Sur, Región comprendida entre los estados de Guerrero, Michoacán, México y Morelos. Universidad Autónoma de Guerrero, Serie Técnico-Científica, Vol. 10, 28 pp.
- Campa, M.F. y Coney, P., (1983). “Tectono-stratigraphic terranes and mineral resources distributions in México. Canadian Journal of Earth Sciences 20, p 1040 – 1051.
- Campell, B., (1996), “Introduction to remote sensin”. Guilford. NY.
- Cancela d’Abreu A, Botelho M., Oliveira M y Afonso M., (2011). “A paisagem na revisãodos PDM”. Orientações para a implementação da Convenção Europeia da paisagem no âmbito municipal. Lisboa: DGOTDU
- Caraballo P.C.P., (2011). “Patrimonio cultural”. Oficina de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura en México (UNESCO). 120 p.
- Carcavilla U.L., (2006). “Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos”. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Madrid. Facultad de Ciencias. Departamento de Química Agrícola, Geología y Geoquímica, Madrid, España, p.345.
- Carcavilla U.L, López-Martínez J y Durán J.J., (2007). “Patrimonio geológico y geodiversidad: Investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos”. Instituto Geológico y Minero de España, Serie Cuadernos del museo Geominero. No. 7, Madrid. 360 pp.
- Carcavilla L., Durán J.J. y López-Martínez J., (2008). “Geodiversidad: concepto y relación con el patrimonio geológico” VII Congreso Geológico de España, Las Palmas de Gran Canaria. Geo-Temas, 10, 1299-1303 p.
- Carcavilla L., Martínez C y García-Cortés A., (2015). “Guía de buenas prácticas para la gestión del patrimonio geológico y paleontológico de Colombia”. Instituto Geológico y Minero de España en colaboración con el Servicio Geológico Colombiana (SGC). 62 p.
- Carton A., Cavallin A., Francavilla F., Mantovani F., Panizza G.G., Tellini C., (1994). “Ricerche ambientali per l’individuazione e la valutazione dei beni geomorfologici – metodi ed esempi”. Quaternario 7/1 p. 365-372.
- Carta geológica – minera., (1999). “Carta geológica- minera Chilpancingo 14QK (1), Escala 1: 100 000, Consejo de Recursos Minerales, 45 p.

- Castro A.C., Zúñiga D.A. y Pattillo B.C., (2012). “Geomorfología y geopatrimonio del Mar de Dunas de Atacama, Copiapó (27° S), Chile”. *Revista de Geografía Norte Grande*, 53 123-136 p.
- CCA Comisión para la Cooperación Ambiental, (1999). “El desarrollo del turismo sustentable en áreas naturales de América del Norte: antecedentes, problemáticas y potencial”. México.
- Cendrero A., (1996). “El patrimonio geológico. Ideas para su protección, conservación y utilización”. En MOPTMA. “El patrimonio Geológico. Bases para su valoración, protección, conservación y utilización” 17-38. Ministerios de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid. 112 p.
- Cerca, M.L.M., (2004). “Deformación y magmatismo Cretácico Tardío – Terciario Temprano en la zona de la Plataforma Guerrero Morelos”. Tesis de Doctorado en Ciencias de la Tierra. Universidad Nacional Autónoma de México. 193 pp.
- Cervantes B. J. F y Gómez U, R., (2007). “El ordenamiento territorial como eje de planeación de proyectos de turismo sustentable”. Universidad de Viña dl Mar – Chile y Universidad Nacional Autónoma de México. *Ciencias Sociales Online*. Vol. IV No. 2 103 – 118 pp.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Michoacán, Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, (2005). “La biodiversidad en Michoacán estudio de Estado”. 268 p.
- COREMI, Consejo de Recursos Minerales, (2003). “Síntesis geológica y tecnológica del Terreno Guerrero Estado de Guerrero, México”. *Boletín Técnico COREMI*. 53 pp.
- Corona-Chávez. P y Uribe-Salas J.A., (2009). “Atlas cartográfico del distrito minero El Oro y Tlalpujahuá”. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Consejo Estatal de Ciencias y Tecnología. 101 p.
- Corona-Chávez, P., Maldonado, R., Ramos-Arroyo, Y.R., Robles-Camacho, J., Lozano-Santa Cruz, R. y Martínez-Medina, M., (2017). “Geoquímica y mineralogía de los jales del distrito minero Tlalpujahuá – El Oro, México, y sus implicaciones de impacto ambiental”. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, vol. 34, núm. 3, pp. 250-273.
- Cotler H y Priego A., (2004). “El análisis del paisaje como base para el manejo integrado de cuencas: caso de la cuenca Lerma – Chapala”. SEMARNAT.
- Chuvieco, E., (2002), “Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el espacio”. Ariel Ciencia. Barcelona.

- Cruz, M. A. E., (2017). "Evaluación de la calidad del paisaje como recurso turístico en el Volcán Nevado de Toluca, Estado de México". Tesis para obtener el grado de Licenciatura en Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Filosofía y Letras. 191p.
- Cserna, Z. y Fries, C., (1981). "Hoja Taxco 14 Q-h (7), Resumen de la geología de la hoja Taxco, estados de Guerrero, México y Morelos: México". Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología. Cartas Geológicas de México serie 1:100 000.
- Cserna, Z., (1983). "Hoja Tejupilco 14Q-g (9), Resumen de la Geología de la hoja Tejupilco, estados de Guerrero, México y Michoacán: México". Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología. Cartas Geológicas de México serie 1:100 000.
- Declaración de Arouca, (2011), Congreso Internacional de Geoturismo Arouca, Portugal.
- De la Teja, A., (1999). "Carta geológica – minera El Oro de Hidalgo E14A16 escala 1: 50 000, Consejo de Recursos Minerales, p. 36.
- De la Teja, A., Vergara, A. y Moctezuma M.D., (2000). "Carta geológico-minera El Oro de Hidalgo E14A16 escala 1:50 000". Consejo de Recursos Minerales, 39 pp.
- Díaz, J., Hernández, J., Reyes, R., Sánchez, M. y Quisbert, E., (2002). "Dinámica del relieve en la Sierra de Trinidad, Cuba Central". Revista Internacional de Ciencias de la Tierra No. 79. Instituto de Geografía Tropical. Ministerio de Ciencias, Tecnología y Medio Ambiente de la República de Cuba.
- Díaz-Martínez E, Díez-Herrero A (2011) Los elementos biológicos y culturales de interés geológico: un patrimonio a conservar. In Fernández-Martínez E, Castaño de Luis R (eds) Avances y retos en la conservación del Patrimonio Geológico en España. Actas de la IX Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico (Sociedad Geológica de España), Universidad de León, pp 85–90.
- Dixon G., (1996). "Geoconservation: an International Review and Strategy for Tasmania". A report to the Australian Heritage Commission, Occasional Paper No. 35, Parks y Wildlife Management, Tasmania, 1991.
- Dowling R. & Newsome D., (2006). "Geotourism". Oxford, Elsevier Butterworth-Heinemann. Xxviii, 260 p.
- Dowling R., (2011). "Geotourism 's Global Growth". Geotourism 3:1 1-3 P.
- Echeverría J., (1989). "Introducción A la metodología de la ciencia". Ed. Barcanova, Barcelona. (Manual introductorio a la epistemología científica del siglo XX).
- Enciso, L., (1990), "La fotointerpretación como instrumento de apoyo a la investigación urbana". UAM – Xochimilco, México. 47p.

- EPA (Environment Protection Agency), (1995). "Tailings Containment Environment Protection Agency". Australian Federal Environment Department.
- Farina, A., (1998), "Principles and method in landscape ecology". Chapman and Hall. Cambridge, 235p.
- Fernández, T. A., García, H. A., e Ivars, B. J. A., (2010). "La investigación de La geografía de Turismo en las comunidades autónomas españolas. Orígenes, desarrollo y perspectivas de una disciplina en el horizonte de la Geografía". Ed. Marañón. Asociación de Geógrafos Españoles (AGE). Grupo de Geografía de Turismo, Ocio y Recreación. Aranjuez, Madrid, España. 321 pp.
- Flores, T., (1920). "Estudio geológico minero de los distritos de El Oro – Tlalpujahua". Instituto geológico de México. Boletín 43, 85p.
- Fries, Carl, Ross, C.S y Obrgón-Pérez, A., (1965). "Mezcla de vidrios en los derrames cineríticos Las Américas de la región de El Oro – Tlalpujahua, estados de México y Michoacán, parte centromeridional de México". Instituto de Geología, UNAM. Boletín 70, 85p.
- Fuertes-Gutiérrez I, Fernández-Martínez E (2010) Geosites inventory in the Leon Province (Northwestern Spain): a tool to introduce geoheritage into regional environmental management. *Geoheritage* 2(1–2):57–75.
- Gallego E. y García-Cortés., (1996). "El patrimonio geológico. Ideas para su protección, conservación y utilización". MOPTMA. Ministerios de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid. Pp. 11-16.
- García-Palomo, A., Macías, J.L., Arce, J.L., Capra , L., Garduño, V.H. y Espíndola, J.M., (2002). "Geology of Nevado de Toluca Volcano and surrounding áreas, central México". Geological Society of America Map and Chart Series, Boulder, Colorado, MCH089, 26 pp.
- García-Romero, A., (1996). "Análisis geomorfológico de la susceptibilidad a la erosión. Estudio de caso: curso medio del río Jarama".
- García-Romero., A., (2002). "An evaluation of forest deterioration in the disturbed mountains of western México City". *Mountain Res. Devel.* 22: 270 – 277.
- García-Romero. A. y Muñoz. J., (2002). "El paisaje en el ámbito de la geografía". *Temas selectos de Geografía de México*, UNAM. México137 P.
- García-Romero. A., (2004). "El paisaje: una herramienta en el estudio detallado del territorio". *Revista Kuxulkab Vol VII Núm. 14.*

- García-Cortés A y Carcavilla U.L., (2009). "Documento metodológico para la elaboración del Inventario español de lugares de interés geológico (IELIG). Instituto Geológico Minero de España. 66 pp <http://www.igme.es/internet/patrimonio/novedades/METODOLOGÍA%20>
- García-Hidalgo, J. F., Martín, L. M., González, J. A., Aguilar, M., y García, Q. A., (2008). "Geología, hidrogeología y paisaje en el Parque Natural del barranco del Río Dulce. En: Geología de Guadalajara". Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares. Obras Colectivas Ciencias 03. 269-290 pp.
- García-Sánchez, L.A., (2011). "Control geomorfológico de la distribución de los paisajes de la cuenca alta del río Cuautitlán, Estado de México". UNAM, México.
- García- Sánchez L.A., (2015). "Aplicación de indicadores ambientales para valorar el potencial turístico del paisaje en la cuenca del río Cuautitlán, Estado de México". Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Filosofía y Letras. Colegio de Geografía. 156 p.
- Gómez-Alzate, A., (2010). "El paisaje como patrimonio cultural, ambiental y productivo. Análisis e intervención para su sostenibilidad". Revista KEPES Año 7 No. 6, p 91-106.
- Gómez-Tuena, A, Orozco-Esquivel, M.T. y Ferrari, L., (2005). "Petrogénesis ígnea de la Faja Volcánica Transmexicana". Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Juriquilla. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Volumen conmemorativo del Centenario. Temas Selectos de la Geología Mexicana. Tomo LVII, Núm. 3, p. 227 – 283.
- GrandgirardV(1999) Switzerland—the inventory of geotopes of national significance. In: Baretino D, Vallejo M, Gallego E (eds) Towards the balanced management and conservation of the geological heritage in the new millenium. Spain, Sociedad Geológica de España, Madrid, pp 234–236.
- Gray M., (2004). "Geodiversity. Valuing and conserving abiotic nature". John Wiley & Sons. West Sussex. 434 p.
- Gray M., (2013)."Geodiversity: Valuing and conserving Abiotic Nature", 2da ed. Wiley – Blackwell.
- Herbe X., (2007). "A percepção Geográfica do Turismo". Série Turismo. São Paulo: Aleph, pp 106.
- Gray M., (2018). "Geodiversity: the backbone of geoheritage and geoconservation". In. Reynard E., Brilha J., (eds), Geoheritage: Assessment, Protection and Management. Elsevier, pp 13-25.
- Grothe A y Salazar L (1910). "La industria Minera de México". Tipología de la Secretaría de Fomento, México.

- Guerrero- Suástegui, M., Ramírez- Espinoza, J., Talavera-Mendoza, O. y Campa-Uranga, M.F., (1991). "El desarrollo carbonatado del Cretácico inferior asociado al arco de Teloloapan, noroccidental del estado de Guerrero". Convención sobre la evolución geológica mexicana y el 1er Congreso de Mineralogía, Memoria, p. 67-70.
- Gutiérrez, L. D. M., (2018). "Evaluación de la calidad e impacto ambiental de los atractivos turísticos, a partir de la aplicación de indicadores del paisaje. Municipio Isidro Fabela, Estado de México". Tesis para obtener el grado de licenciada en Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Filosofía y Letras. Colegio de Geografía. 171 p.
- Hernández, J. R., Bollo, M y Carbajal, J., (2010). "Paisajes físico – geográficos del Circuito Turístico Chilpancingo – Azul, estado de Guerrero, México". Investigaciones Geográficas, Boletín del IG, UNAM. No. 73, pp 71-85.
- Hernández – Bernal, M.S., Corona – Chávez, P., Solís – Pichardo, G., Schaaf, P., Solé – Viñas, J., y Molina, J.F., (2015). "Miocene andesitic lavas of Sierra de Angangueo: a petrologica, geochemical and geochronological approach to arc magmatism in Central Mexico". International Geology Review, 58 (5), p 603 – 625.
- Higgings-Desbiolles F., (2006). "More tan an industry the forgotten power of tourism as a social forcé". Tourism Managment, 27(6): 1192-1208.
- Hose T.A., (1999). "Geoturismo Europeo. Interpretación geológica y promoción de la conservación geológica para turistas". En Baretino D., Vallejo M. y Gallego E (Eds). Towards the Balanced Management and Conservation of the geological Heritage in the New Millenium, 137-160 p.
- Hose T.A., (2005). "Geoturism – Appreciating the Deep time of landscapes". In: Marina Novelli (Eds): Niche Tourism: Contemporary issues, trends and cases. Pp.27-38. Oxford.
- Huss A., Jiménez A., Escrivá M., Sánchez P., Martín G., Ruíz M., Surinyach G., Cerveró L., Pardo R., Miguel A., Sanmartín C., Doménech V., Puertas A y Monfort G. (2012). "Guía metodológica. Estudios de paisaje". Ed. Conserjería de Infraestructuras, Territorio y Medios Ambiente. Instituto Cartográfico Valenciano. Vol. 294 pp. 172.
- Ibañez G., Ahumada A y Páez S., (2012). "Patrimonio geológico en una región de la Sierra de Aconquija, Provincias de Tucumán y Catamarca, Argentina. PASOS. Revista de Turismo y Patrimonio Cultural Vol. 10 (1). Pp. 75-87.
- INE, (1997). "Avances en el desarrollo de indicadores para la evaluación del desempeño ambiental en México". Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP, México, pp 11- 21.
- ITC (2001). "Ilwis 3.0 Academic User´s Guide". ITC, Enschede.

- Johansson C.E., Andersen S. y Alapassi M., (1999). "Geodiversity in the Nordic countries". ProGeo News. 1, 1-3.
- Johansson C. E., (2000). "Geodiversitet i Nordisk Naturvård. Nordisk Ministerråd, Copenhagen.
- Kiernan K., (1996). "The Conservation of Glacial Landforms". Forest Practices Unit, Hobart.
- Kiernan K., (1997). "The Conservation of Landforms of Coastal Origin: Conserving Tasmania's Geodiversity and Geoheritage" Forest Practices Unit. Hobart, Tasmania. 273 p.
- Kozłowski S., (2004). "Geodiversity. The concept and scope of geodiversity". Przegląd Geologiczny. 52 (8/2), 833-837 p.
- Kristensen, N., P., Gabic, A., Braddock, R., Cropp, R., (2003). "Is maximizing resilience compatible with established ecological goal functions". Ecol, Model. 169: 61 – 71.
- Lago M., Arranz E., Andrés J.A., Soria A.R. y Galé C., (2001). "Patrimonio Geológico: bases para su estudio y metodología". Publicaciones del Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. Serie Investigaciones. Zaragoza, España. 107 p.
- Linstone H.A., Turrof, M., The Delphi method, techniques and applications, Addison wesley publishing, 1975.
- Lima F., (2008). "Proposta Metodológica para Inventario do Património Geológico Brasileiro". Dissertação de Mestrado em Património Geológico e Geoconservação. Universidade do Minho, Braga, 91p.
- Lottermoser, B., (2007). "Mine Wastes. Characterization, treatment and environmental impacts". Second Edition, Springer-Verlag, Berlín, Germany, 304 p.
- Lugo, J., (1989). "Diccionario geomorfológico". UNAM. D.F.
- Lunar R y Oyarzun R., (1991). "Yacimientos minerales: técnicas de estudio, tipos, evolución metalogénica, exploración". Centro de Estudios Ramón Areces, 938 pp.
- Madrigal, D.U., Franco, P.R., Espinosa, R.L.M., González T.M.A. y Reyes, E.A., (2010). "Caracterización de las regiones tectónicas del estado de México a través de la aplicación de geotecnologías". Revista Geográfica de América Central No. Especial II Semestre, pp 15-36.
- Maldonado, V.R., (2008). "Caracterización mineralógica de fases minerales metálicas en muestras de jales del distrito minero El Oro – Tlalpujahua". Tesis para obtener el grado de Ingeniero Geólogo. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México.

- Marujo N. y Santos N., (2012). “Turismo, turista e paisagem”. Investigaciones Turísticas No. 4., 35 – 48 pp.
- Martínez de Pisón. E., (1972). “La destrucción del paisaje natural en España”. Cuadernos para el Diálogo. Madrid.
- Martínez de Pisón. E., (1978). “La evolución antrópica y la transformación voluntaria de los paisajes naturales”. Actas del V Coloquio de Geografía de Granda, Granada 157 – 161 pp.
- Martínez E.P.M., (2010). “Identificación, caracterización y cuantificación de geositos, para la creación del I Geoparque en Chile, en torno al Parque Nacional Conguillío”. Tesis de Licenciatura. Departamento de Geología. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. 173 p.
- Martínez, M.M., (2009). “Diagnóstico de impacto ambiental causado por la minería en el Distrito Minero El Oro- Tlalpujahuá mediante el uso de un sistema de información geográfica (SIG)”. Tesis para obtener el grado de Maestra en Geociencias y Planificación del territorio. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 174p.
- Mas, F. y Ramírez, I., (1996), “Comparison of land use classifications obtained by visual interpretation and digital processing”, ITC Journal, 3 (4), pp 278-283.
- Mateo. J.M yOrtiz. M. A., (2001). “La degradación de los paisajes como concepción teórico – metodológica”. Serie Varia. Nueva Época. Número 1. Instituto de Geografía, UNAM. México 40 p.
- Martínez, M.M., (2009). “Diagnóstico de impacto ambiental causado por la minería en el Distrito Minero El Oro – Tlalpujahuá mediante el uso de un sistema de información geográfica (SIG)”. Tesis para obtener el grado de Maestra en Geociencias y planificación del territorio. Instituto de Investigaciones Metalúrgicas. Departamento de Geología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Mercado M., (199). “Patrimonio Geológico de Colombia: una propuesta preliminar para su inventario” Manuscrito presentado en el III International Symposium ProGeo on the Conservation of the Geological Heritage. 13 p.
- Morales, H., (2006). “Evaluación de la heterogeneidad de los paisajes y su relación con la distribución de la biodiversidad en la cuenca Lerma – Chapala, México”. FFyL – IG, UNAM, México.
- Muñoz. J., (1998). “Paisaje y geosistema. Una aproximación desde la geografía física”. Martínez de Pisón E. (ed), Paisaje y medio ambiente, Fundación Duques de Soria – Universidad de Valladolid, España, pp 45 – 46.

- Neches, I. M. y Erdeli, G., (2015). "Geolandscapes and geotourism: integrating nature and in the Bucegi Mountains of Romania. *Lands. Res.* 40 (4): 486-509.
- Nieto L.M., (2001). "Geodiversidad: propuesta de una definición integradora". *Boletín Geológico y Minero*, Vol. 112 No. 2. Pp 3-11.
- Nogúe. J. y Sala. P., (2008). "El paisaje en la orientación del territorio. Los catálogos de paisaje de Cataluña". *Cuadernos Geográficos*, 43 (2008-2), 69-98, España.
- Novelo. A., (2003). "Lilaeacene. Flora del Bajío y regiones adyacentes" *Lilaeacene* No. 118, 10p.
- Nwesome D. y Dowling R., (2018). "Geoheritage and Geotourism". En M. Gray y J. Brilha (Eds) *Geoheritage* (pp 305-322). London: Elsevier.
- OCDE, (1997). "Desarrollo sustentable, Estrategias de la OCDE para el siglo XXI." Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico.
- OMT, (1998). "El turismo de sol y playa en el siglo XX.
- Ostroumov M y Corona- Chávez P., (1999). "Ensayo metalogenético del Estado de Michoacán". *Carta Geológica del Estado de Michoacán* escala 1:250 000, 97-107 p.
- Paisaje y medio ambiente, Fundación Duques de Soria – Universidad de Valladolid, España, pp 45 – 46.
- Palacio P. J. L., (2015). "La valoración y promoción del patrimonio geológico y geomorfológico en Áreas Naturales Protegidas; una propuesta para México". En Moncada M. J. O y López L. A., (eds), *70 Años del Instituto de Geografía. Historia, actualidad y perspectiva*. Instituto de Geografía, UNAM, pp. 98-116.
- Palacio P.J.L, Sánchez-Cortez J.L. y Enrique S.M., (2016). "Patrimonio geológico y su conservación en América Latina. Situación y perspectivas nacionales". *Geografía para el siglo XXI. Serie de Libros de Investigación*. Instituto de Geografía, UNAM. 269 p.
- Palacio P. J. L., Fernández De Castro M. G., y Rosado G. E. M., (2019). "Geosenderos en el Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta, Oaxaca, México". *Cuadernos Geográficos* 58 (2). 1-15 p.
- Panizza M., (2001). "Geomorphosites: concepts, methods and examples of geomorphological survey". *Chinese Science Bulletin* Vol. 46. Dipartimento di Scienze della Terra. Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia. Modena, Italy.
- Pantoja-Alor. J., (1994). "Formación las Américas, Tlalpujahuá, Michoacán, México – Una reinterpretación de los datos petrográficos, petroquímicos, tectónicos y de los mecanismos de erupción". *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. Vol. 11 Núm. 2. Instituto de Geología, UNAM. P. 168 – 181.

- Park C.F y MacDiarmid R.A., (1981). "Yacimientos Minerales". Omega. Barcelona, 524 pp.
- Parkes MA, Morris JH (1999) The Irish Geological Heritage Programme. In: Baretino D, Vallejo M, Gallego E (eds) Towards the balanced management and conservation of the geological heritage in the new millennium. Spain, Sociedad Geológica de España, Madrid, pp 60–64.
- Partarrieu B.D.M., (2013). "Inventario de geosítios en la comuna de Lonquimay, para la creación del Geoparque Kütralkura, IX región de la Araucanía. Tesis de licenciatura. Departamento de Geología. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. 162 p.
- Pemberton M., (2007). "A brief consideration of geodiversity and geoconservation". Department of Primary Industries and Water, Tasmania.
- Pimm, S. L., (1999). "The dynamics of the flows of matter and energy". In J. McGlade, ed., Advanced Ecological Theory, Principles, and Applications. London, UK: Blackwell Science.
- Pralong J-P., (2007). "A method for assessing tourist potential and use of geomorphological sites". Geomorphologie: relief, processus, environnement. en Línea URL: <http://geomorphologie.revues.org/350> Consulta 25/02/2017.
- Priego – Santander, A., Moreno Cassalosa, P., Palacio Prieto. J.L, López Portillo. J y D Geissert Kientz, (2003). "Relación entre la heterogeneidad del paisaje y la riqueza"
- Priego – Santander, A., (2004). "Relación entre la heterogeneidad geocológica y la biodiversidad en ecosistemas costeros tropicales". Instituto de Ecología A. C., Xalapa, Ver, México.
- Priego – Santander A., Velázquez A., y C.E Guadarrama, (2005). "El análisis de modificación geocológica como herramienta del ordenamiento territorial: caso de estudio de la cuenca Lerma – Chapala, México". Memorias del III Congreso Internacional de Ordenamiento del Territorio, Guadalajara, Jalisco. Edi. CUCSH, Universidad de Guadalajara, México.
- Priego – Santander, A. y Bocco, G., (2008). "Bases para el ordenamiento ecológico de la región Sierra – Costa de Michoacán". CIGA. Informe para la Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente del Estado de Michoacán, Morelia, México.
- ProGeo, (2011). "Conserving our shared geoheritage – a protocol in geoconservation principles, sustainable site use, management, fieldwork, fossil and mineral collecting.

- Reynard E., Fontana G., Kozlik L., Scapozza C., (2007). "A method for assessing <<scientific>> and <<additional values>> of geomorphosite". *Geographica Helvetica* Vol. 62. Pp. 148-158.
- Reynard E., (2008). "Scientific research and tourist promotion of geomorphological heritage". *Geografía Física e Dinamica Cuaternaria*. Vol. 31 Pp. 225-230, Italia.
- Reynard E, Coratza P (2013) Scientific research on geomorphosites. A review of the activities of the IAG working group on geomorphosites over the last twelve years. *Geogr Fis Dinam Quat* 3:1–10.
- Rivas V., Rix K., Frances E., Cendrero A., Brunsden D., (1997). "Geomorphological indicators for environmental impac assessment: consumable and non- consumable geomorphological resources". *Geomorphology* Vol. 18. P 169-182.
- Rivera-Carranza, E., De la Teja, M.A., Motolinia-García, O., Miranda-Huerta, A., León-Ayala, V.M., Lemus-Bustos, O. y Moctezuma, M.D., (1998). "Carta geológica – minera y geoquímica Cuernavaca E14-5, escala 1:250 000: Pachuca, Hidalgo, México". Consejo de Recursos Minerales, Informe.
- Rodríguez – Martínez. F., (1979). "En torno al valor actual del paisaje en geografía". *Cuadernos geográficos* Vol. 9. Universidad de Granada, España. 23 – 42 pp.
- Rodríguez G. M. L, López – Blanco J y Vela C. G., (2013). "Indicadores ambientales biofísicos a escala detallada para la planeación territorial en Milpa Alta, Centro de México". *Investigaciones geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. NO. 80 pp 21 – 35.
- Rosenzweig F (1965). "La industria moderna de México" en Daniel Cosío Villegas, *Historia Moderna de México, Porfiriato, Vida Económica*, México.
- Rougerie G., (1969). "Geographie des paysages". Press Universitaires De France.
- Ruchkys U. de A., (2007). "Patrimônio geológico e geoconservação no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: potencial para criação de um geoparque da UNESCO". Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Rzedowski, J. y Calderón, G., (1992). "Flora del Bajío y regiones adyacentes". *Linaceae* No. 6. 22 p.
- Salinas Ch, E, Quintela, J. A., Parga L .J .J., Domínguez, J.J., Chávez, F., Serrano, L y A Conde, (1999). "Mapa de paisajes físico – geográfico, escala 1: 100 000. En ordenamiento ecológico territorial de Huasca de Ocampo Hidalgo". Gobierno del Estado de Hidalgo Litográfica Turmex, S.A de C.V. México, D.F.

- Salinas, J.C., Monod, O., Faure, M., (2000). "Ductile deformations of opposite vergence in the Eastern part of the Guerrero Terrane (SW Mexico). *Journal of South American Earth Sciences* 13 (4), p. 389 – 402.
- Sánchez-Cortéz J.L., Arredondo G.M.C., Leyva A.C. Ávila S.G., Figueroa B.C y Mata P.J.M., (2013). "Determinación del patrimonio geológico, cultural e histórico en la creación de Geoparques como Instrumento de conservación y desarrollo local". *Revista De Re Metallica* 20 Pp. 47-54. Sociedad Española para la defensa del Patrimonio Geológico y Minero.
- Sánchez-Cortez J.L., (2013). "Los geoparques como entes de conservación vinculante: Geodiversidad, Biodiversidad y Patrimonio cultural". *Nature and Conservation, Aquidabã*, Vol. 6 No. 1. P. 46-53.
- Sánchez N. D.E.B., (2011). "Potencial de los paisajes naturales para actividades de turismo de naturaleza en el sector de la costa michoacana Río Coalcomán – el Tarito". Tesis de Maestría, UNAM – CIGA pp. 125.
- Sancho A., Buhalis D., Gallego J., Mata J., Navarro S., Osorio E., Pedro A., Ramos S. y Ruiz P., (1998). "Introducción al Turismo". OMT. 393 pp.
- Santos-Jallath, J.E., Corina-Camarillo, J., Huezco-Castillas, J.J. y Rodríguez-Cruz G., (2013). "Influencia de jales mineros sobre el río Maconí, Querétaro, y evaluación del proceso de atenuación natural por dispersión". *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. Vol., Núm. 3, p. 645-660.
- Santos, M. (1996). "A natureza do espaço": Técnica e Tempo, Razão e Emoção. São Paulo: Editora da Universidades de São Paulo, 2006.
- Sanz, C. (1998). "Métodos y resultados del estudio de un paisaje natural concreto: la sierra de Guadarrama", en Martínez de Pisón, E. (ed.), *Paisaje y medio ambiente*, Fundación Duques de Soria, pp. 57 – 73.
- Saucedo-Ocaña, I., (2005). "Mina Las Dos Estrellas". México D.F. 145 pp.
- Schwarz, S. N., (2017). "Geoturismo en el paisaje estepario de Tierra del Fuego (Argentina): repensando su atractividad". *Revista de Turismo y Patrimonio cultural PASOS*. Vol. 15 No. 1. 105-119 p.
- Scott, D. (1993). "Environmental planning, ecosystem science, and ecosystem approaches for integrating environment and development". *Environmental management*, 17/3: 289-303.
- Semarnat., (2006). "Introducción al ecoturismo comunitario en México".

- Sengupta, M., (1993). "Environmental impacts of mining Monitoring, restoration and control: Boca Ratón, Florida, E.U.A! Lewis Publishers, 494 p.
- Serrano C.E y Ruiz F.P., (2007). "Geodiversidad: concepto, evaluación y aplicación territorial. El caso de Tierras Caracena (Soria). Departamento de Geografía. Universidad de Valladolid. España. Boletín de la A.G.E No. 45. 70-98 pp.
- Sharples C., (1995). "Geoconservation in forest management.principles and procedures". Tasterforest, Vol. 7. Foresty Tasmania. Hobart. 37-50 p.
- Sharples C., (2002). "Concepts and principles of Geoconservación". Tasmania Parks & Wildlife Service-versión 3, 79p. <http://www.parks.tas.gov.au/>
- Silva-Mora, L., (1979). "Contribution á la connaissance de l'Áxe Volcanique Transmexicain – Étude géologique et pétrologique des laves du Michoacán oriental". Tesis doctor ingeniero. Marsella, Francia. Université de Droit, d'Économie et des Sciences D'aix – Marseille [1], 230 p.
- Slaymaker D. (2003), "Using georeferenced large-scale aerial videography as a surrogate for ground validation data", Wulder M.A. y Franklin S.E. (eds.), Remote sensing for forest environments: concepts and case studies.
- Solís G.I.A., (2015). "Identificación y valoración de geositos y geomorfositos en Huasca de Ocampo, Hidalgo". Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de México. Facultad de Filosofía y Letras. Colegio de Geografía. P. 211.
- Spitz, K. y Trudinger, J., (2009). "Mining and the environment, from ore to metal". Londres, Inglaterra, CRC Press, 891 p.
- Stanley M., (2001). "Geodiversity strategy". ProGeo News 1, 6-9 p.
- Stueve A. M., Cook S. D., y Drew D., (2002). "The Geotourism Study" Phase 1 Executive Summary. National Geographic Traveller, Travel Industry Association of America.
- Szek, Mariola, (2012). "Fragmentación del Paisaje en áreas Protegidas". Barcelona. Universitat de Barcelona.
- Tapia-Varela G. y López-Blanco J. (2002), "Mapeo geomorfológico analítico de la porción central de la Cuenca de México: unidades morfogenéticas a escala 1:100,000", Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. 19(1): pp. 50-65.
- Terkenli T., (2004). "Turismo e paisagem". In Lew et al. compêndio de turismo – Lisboa: Instituto Piaget.
- Troll C., (1960). "Die Geographische Landschaft und ihre Erforschung". Studium generale. 4/5: 163-181.

- Troppmar H y Galina M. H., (2005). "Geosistemas". Mercator – Revista de Geografía da UFC No. 10 pp 79 – 89.
- UNEP-ICM (United Nations Environment Programme-International Council, (1998). "Case studies on tailing management: on Metals and the Environment".
- Uribe-Salas, J.A., (1994). "Recuento histórico bibliográfico de la minería en la región central de México", UMSNH, IIH y Departamento de Historia de México, 271 pp.
- Uribe-Salas, J.A., (1995). "La pequeña industria minera en el desarrollo regional de México. LAS Dos Estrellas en El Oro y Tlalpujahua, 1898-1959". Centro de estudios mexicanos y centroamericanos, México, p. 249-273.
- Uribe-Salas, J.A., (2005). "Historia de la minería en Michoacán". Colección: Historia y Procesos, UMSNH, vol. 2.
- Uribe-Salas, J.A., (2006). "Historia económica y social de la compañía minera Las Dos Estrellas, en El Oro y Tlalpujahua, S.A. 1898-1938". Facultad de Historia, UMSNH, 362 pp.
- Uribe-Salas, J.A., (2010). "Historia económica y social de la compañía y cooperativa minera Las Dos Estrellas, en el Oro y Tlalpujahua, 1898-1959". Consejo Superior de Investigaciones Científicas-España, UMSNH, 560 pp.
- Urquijo P.S y Bocco G., (2011). "Los estudios de paisaje y su importancia en México, 1970 – 2010". Journal of Latin American Geography, 10 (2), p 37 – 63.
- Urra M.J., (2013). "Análisis de la ocupación actual del suelo en la Península de Hicaros". Ministerios de Educación superior. Universidad de la Habana, Cuba. 99p.
- US EPA (United States Environmental Protection Agency)., (1994). "Design and evaluation of tailing dams". Washington D.C., Office of Solid Waste, U.S. Environmental Protection Agency.
- Valera-Ruiz, M., Dáiz-Bravo, L. y García-Durán, R., (2012). "Descripción y usos del método Delphi en investigaciones del área de la salud". ELSEVIER. Metodología de investigación en educación médica, pp 90-95.
- Van Zuidam. A., (1986), "Aerial photo-interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping", The Hague, Smits. The Netherlands. 442p.
- Vegas, J., Mata, M.P., Sánchez-España, J., Morellón, M., Salazar, A., Rodríguez, J.A., Valero-Garcés, B.L. y Carcavilla, L., (2015). "Evolución del estado de conservación de lugares de interés geológico sometidos a modificaciones antrópicas". Instituto Geológico y Minero de España. Cuadernos del Museo Geominero No.18. pp. 221-226.

- Vargas, A.M., (2018). "Contribución al desarrollo de geoconservación en Colombia: un método para promover el inventario nacional de patrimonio geológico". Tesis de Maestría. Univerdidade do Minho, Portugal.
- Verstappen, H and Van. Zuidam. A., (1991), "The ITC system of geomorphologic survey: a basis for the evaluation of natural resources and hazards". ITC (10) The Netherlands. 89p.
- Villalobos M., (2001). "Estrategias en la protección del patrimonio geológico andaluz". In Junta de Andalucía, Consejería del Medio Ambiente. Medio Ambiente, Sevilla, España. 37, pp. 36-39.
- Villalobos M., Braga J., Guirado J., Pérez A., (2004). "El inventario de geositos en la comuna de Lonquimay, para la creación del Geoparque Kütralkura, IX Reunión de la Araucanía". Tesis de Licenciatura. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Geología. P. 162.
- Viñals BM, Morant GM y Quintana R (2011). "Análisis de los criterios para la valoración turística del patrimonio natural". Investigaciones Turísticas, pp. 37-50.
- Vitousek, P., M., Reiners, W., A., Melillo, J., M., Grier, C., C., Gosz, J., R., (1981). "Nitrogen cycling and loss following forest perturbation: the components of response". In Barret GW, Rosenberg DR (Eds.) Stress Effects on Natural Ecosystems. Willey. London, USA. 115 – 128 pp.
- Waldhard R., Simmering D and Albrecht H., (2003). "Biodiversity and landscape – summary, conclusions and perspectives" Agriculture, Ecosystems and Environmental 98, pp 79 – 85.
- Wall G., (2003). "Landscapes resources: tourism and landscape change in Bali, Indonésia". In Ringer G (ed). Destinations: cultural landscapes of tourism. London and New Your: Routledge.
- Williams S., (2009). "Tourism Geography. A new synthesis". London: Routledge.
- WimbledonWA, Benton MJ, Bevins RE, Black GP, Bridgland DR, Cleal CJ, Cooper RG, May VJ (1995) The development of a methodology for the selection of British Geological sites for geoconservation: part 1. Mod Geol 20:159–202.
- Wimbledon W.A.P., Ishchenko A.A., Gerasimenko N.P., Karis L.O., Suominen V., Johansson C.E. and Freden C., (2000). "Proyecto Geosites – una iniciativa de la Unión Internacional de las Ciencias Geológicas; la ciencia respaldada por la geoconservación" en D. Baretino W.A.P. Wimbledon y E. Gallego (Eds). Pp. 73-100.

- Wimbledon WA (2011) Geosites—a mechanism for protection, integrating national and international valuation of heritage sites. *Geologia dell’Ambiente*, suplemento n. 2/2011:13–25.
- Wimbledon W. y Smith-Meyer S., (2012). “Geoheritage in Europe and its conservation”. *ProGeo*. AIT Otta AS, 405p.
- White S, Mitchell M (2006) Geological heritage sites: a procedure and protocol for documentation and assessment. AESC2006, Melbourne, Australia, pp 2.
- Zouros N., (2005). “Assessment, protection and promotion of geomorphological and geological sites in the Aegean área, Greece”. *Géomorphologie: relief, processus, environment*, Num. 3/2005. Pp. 227-234.
- Zwolinski z., Najwe A. y Giardino M., (2018). “Methods for Assessing Geodiversity”. In *Geoheritage: Assessment, Protection and Management*. Reynard E y Brilha J., (Eds.). Elsevier, 27-52 p.
- International Association of Geomorphologists: http://www2.unil.ch/igul/RECHERCHE_/GEOMORPH_TOURISME/sites_geomorph.html

Ayuntamiento de El Oro, (2016) <http://www.eloromexico.gob.mx/poblacion.html> (Consultada 23/08/2017).

Ayuntamiento de El Oro., (2018) <http://www.eloromexico.gob.mx/municipio.html> [Consultada el 06/11/2018].

Comisión Nacional del Agua <http://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias> (Consultada el 11/12/2017).

Conteo de Población y Vivienda, (2015). <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/Mich/Poblacion/default.aspx?tema=ME&e=16> (Consultada el 23/08/2017).

Conteo de Población y Vivienda, (2015). <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/mex/poblacion/> (Consultada el 23/08/2017).

EXCELSIOR (2019) <https://www.excelsior.com.mx/nacional/suspenden-nombramientos-a-nuevos-pueblos-magicos/1312180> (Consultada el 12/07/2019).

INAFED, (2015). http://inafed.gob.mx/es/inafed/Principales_Datos_Socioeconomicos_por_Municipio (Consultada el 14/05/2018).

NGS, National Geographic Society (2007). <https://www.ngenespanol.com/fotografia/se-reconoce-compromiso-national-geographic-society-con-geoturismo/> (Consultada el 01/07/2019).

Observatorio del paisaje de Cataluña (2013) - <http://www.catpaisatge.net/esp/index.php/> (Consultada el 18/12/2017).

SECTUR., (2014). <https://www.gob.mx/sectur/articulos/pueblos-magicos-herencia-que-impulsan-turismo> (Consultada el 24/04/2018).

SEDESOL., (2015).

<http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/LocdeMun.aspx?tipo=clave&campo=loc&ent=15&mun=064> (Consulta el 23/08/2017).

Servicio Geológico Mexicano, (2017) <https://www.gob.mx/sgm> (Consultada el 16/12/2017)

Servicio Geológico Mexicano. (2017) <https://www.gob.mx/sgm/archivo/documentos> (Consultada el 16/12/2017).

UNESCO, 2017 <http://www.unesco.org/new/es/office-in-montevideo/ciencias-naturales/ecological-sciences/mab-lac-themes/biodiversidad/> (Consulta 23/10/2017).

Universidade do Minho (2014) <http://geossitios.progeo.pt/geosites.php?menuID=3>
(Consultada el 11/09/2019).

[http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/LocdeMun.aspx?tipo=clave&campo=loc&ent=16
&mun=093](http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/LocdeMun.aspx?tipo=clave&campo=loc&ent=16&mun=093) (Consulta el 23/08/2017).

<http://tlalpujahu.gob.mx/turistico/Contenido.php?seccion=2&lat=5> (Consultada el
13/03/2017).

<http://www.eloromexico.gob.mx/municipio.html> (Consultada el 13/03/2017).


<https://www.gob.mx/conagua> (Consultada el 23/08/2017).

www.google.com/imagenes/Tlalpujahu (Consultada el 23/08/2017).

www.google.com/imagenes/Eloro (Consultada el 23/08/2017).

ANEXOS: Inventario del Patrimonio Geológico y Sitios de Geodiversidad





**INVENTARIO DEL PATRIMONIO
GEOLÓGICO Y SITIOS DE
GEODIVERSIDAD DEL DISTRITO
MINERO DE TLALPUJAHUA – EL ORO**



UNAM
POSGRADO
Geografía

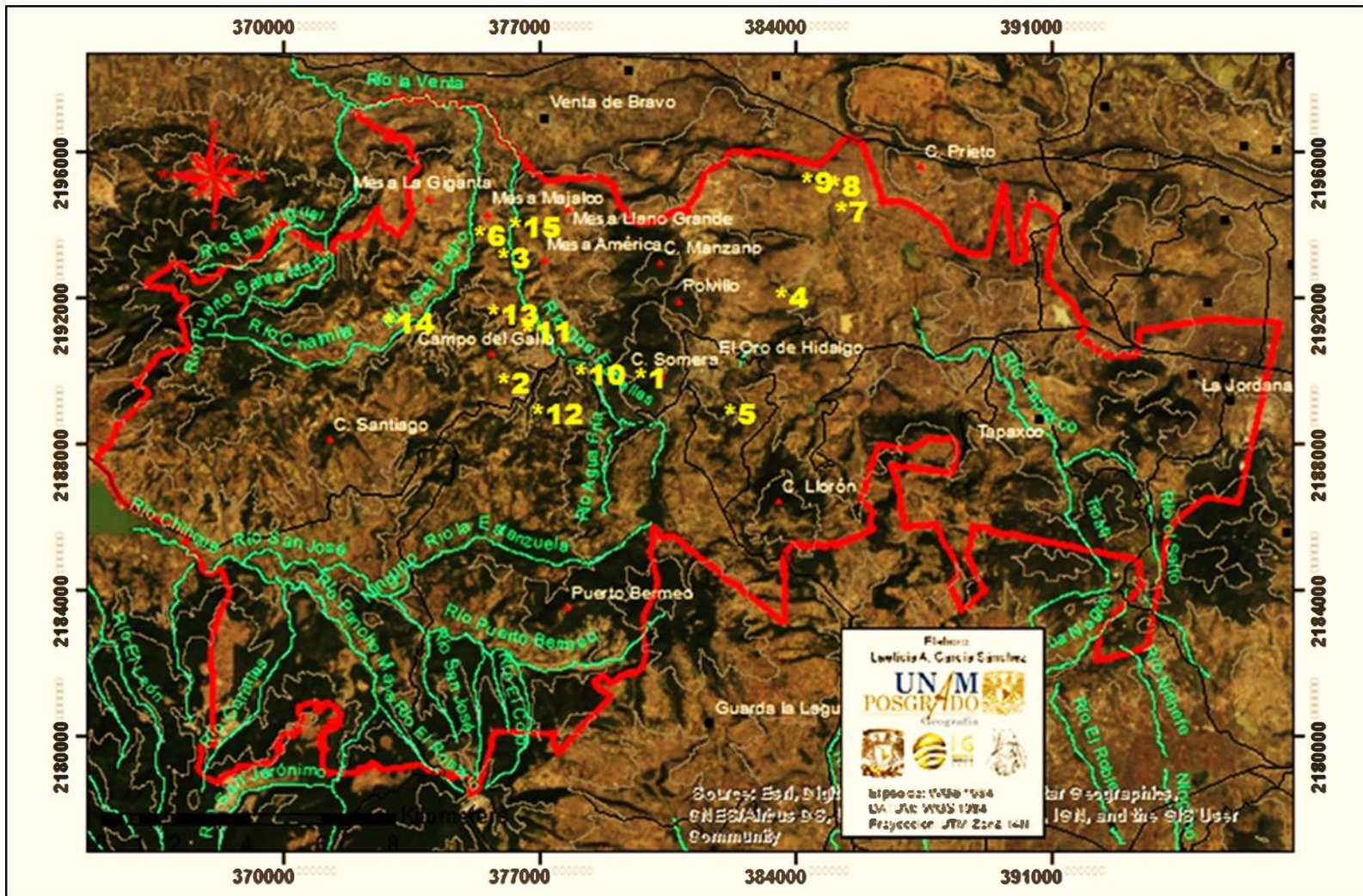




El Distrito Minero de Tlalpujahuá – El Oro – DIMITO abarca una superficie de 334.6 km², en la cual coexiste una diversidad de ambientes paisajísticos que resultan ser de interés científico y educativo, así como geoturístico.

Al disfrutar de los paisajes naturales y culturales del DIMITO el espectador podrá descubrir toda una diversidad geológica y geomorfológica – geodiversidad –, que por lo regular pasa por desapercibida. Siendo el DIMITO un área geográficamente reducida, a comparación de otros distritos mineros del país –México–, tiene una variedad de procesos geológicos y geomorfológicos que descifran la historia, dinámica y evolución del área.

El patrimonio geológico del DIMITO tiene un valor y uso científico y educativo; mientras que, los sitios de geodiversidad un valor y uso geoturístico. Ambos están focalizados para un uso sustentable y como una estrategia de geoconservación.



- | | |
|--|--|
| 1.- Tierras rojizas | 9.- Cañón del Mogote |
| 2.- Plegamiento Isoclinal Remedios | 10.- Socavón Mina Dos Estrellas |
| 3.- Discordancia erosiva y paleosuelos Majalco | 11.- Depósitos de deslave |
| 4.- Lavas andesíticas del Cerro Somera | 12.- Vetas Borda –Coronados |
| 5.- Socavón San Juan | 13.- Coloradillas |
| 6.- Mina al aire libre Majalco | 14.- Cañones y cárcavas de erosión San Pedro |
| 7.- Meteorización esférica Mogote | 15.- Ignimbritas Cascada América |
| 8.- Meteorización esférica Cañón del Mogote | |



DATOS GENERALES

DATOS INTERPRETATIVOS

No. 1	Nombre Tierras rojizas	Lugar Tlalpujahuá, Michoacán.
X 378648	Coordenadas Y 2190288	Altitud 2968

DATOS INFORMATIVOS

Categoría de análisis Formas y procesos del relieve
--

Dimensión espacial Puntual	Tipo de uso Científico y educativo
-------------------------------	---------------------------------------

Unidad de paisaje Laderas andesíticas con bosque mixto

Evidencia actividad erosiva laminar, la cual se debe al efecto de salpicamiento y al flujo hídrico, que son consecuencia de una intensa deforestación y de presencia de suelos altamente arcillosos (suelos muy permeables). Estas características han provocado otros procesos erosivos, tal es el caso del acelerado retroceso de la cabecera de las cárcavas (erosión vertical).

Patrimonio geológico y Sitios de geodiversidad
-DIMITO-



DATOS GENERALES

No. 2	Nombre Plegamiento Isoclinal Remedios	Lugar Tlalpujahuá, Michoacán.
X 376124	Coordenadas Y 2189976	Altitud 2690

DATOS INFORMATIVOS

Categoría de análisis Secuencias estratigráficas y Formas y procesos del relieve	
Dimensión espacial Puntual	Tipo de uso Científico y educativo
Unidad de paisaje Laderas metacálcareas pelíticas y Laderas de calizas masivas con asentamientos humanos	

DATOS INTERPRETATIVOS

Se observa una secuencia de calizas, la cual se caracteriza por tener parches arrecifales de la secuencia volcánico – sedimentaria Cretácica. Las calizas masivas se encuentran plegadas con una geometría isoclinal y con estructura del sistema de cabalgadura de la formación orogénica.

Patrimonio geológico y Sitios de geodiversidad
-DIMITO-



DATOS GENERALES

No. 3	Nombre Discordancia erosiva y paleosuelos Majalco	Lugar Tlalpujahua, Michoacán.
X 375392	Coordenadas Y 2194181	Altitud 2540

DATOS INFORMATIVOS

Categoría de análisis Secuencia estratigráfica	
Dimensión espacial Puntal	Tipo de uso Científico y educativo
Unidad de paisaje Laderas metapelíticas con pastizal inducido	

DATOS INTERPRETATIVOS

Se puede observar cuatro unidades, de las cuales dos de ellas son unidades paleotológicas, mientras que las dos restantes son de suelos recientes. En las dos primeras unidades se localizan los paleosuelos y dos unidades paleolíticas. En las dos últimas unidades se encuentran las arcillas e ignimbritas. Esta discordancia se asocia al levantamiento tectónico, a procesos de pedogenización y volcanismo.

Patrimonio geológico y Sitios de geodiversidad
-DIMITO-



DATOS GENERALES

No. 4	Nombre Lavas andesíticas del Cerro Somera	Lugar La Estrellita – El Oro, México.
X 368121	Coordenadas Y 2218342	Altitud 2661

DATOS INFORMATIVOS

Categoría de análisis Formas y procesos del relieve	
Dimensión espacial Puntual	Tipo de uso Geoturístico
Unidad de paisaje Laderas basálticas con pastizal inducido	

DATOS INTERPRETATIVOS

Se trata de un depósito de material volcánico proveniente de los domos y conos del Cerro Somera y San Miguel, que fueron expulsados hace ± 2 Ma. La roca que predomina es el basalto, la cual se distribuye sobre pendientes regularmente pronunciadas (6 a 15°) a una altura que oscila entre los 2800 y 3000 msnm.

Patrimonio geológico y Sitios de geodiversidad
-DIMITO-



DATOS GENERALES

No. 5	Nombre Socavón San Juan	Lugar El Oro, México.
X 364400	Coordenadas Y 2214343	Altitud 2532

DATOS INFORMATIVOS

Categoría de análisis Secuencias estratigráficas	
Dimensión espacial Lineal	Tipo de uso Geoturístico
Unidad de paisaje Laderas metacálceas pelíticas y Laderas andesíticas con asentamientos humanos	

DATOS INTERPRETATIVOS

Dentro del socavón se puede observar contactos litológicos entre material calcáreo y volcánico, en específico entre lutitas con calizas y lutitas con areniscas. Así como, deformación de la roca por plegamientos y fallas.

Patrimonio geológico y Sitios de geodiversidad
-DIMITO-



DATOS GENERALES

No. 6	Nombre Mina al aire libre Majalco	Lugar El Gigante - Tlalpujahua, Michoacán
X 375750	Coordenadas Y 2194350	Altitud 2535

DATOS INFORMATIVOS

Categoría de análisis Secuencias estratigráficas	
Dimensión espacial Puntual	Tipo de uso Geoturístico
Unidad de paisaje Laderas ignimbríticas con pastizal inducido	

DATOS INTERPRETATIVOS

La morfología que predomina en el sitio es de una ladera ignimbrítica, la cual tiene pendientes que no superan los 8° de inclinación y, con una altura máxima de 2600 msnm. La dinámica antrópica es muy activa, por lo cual es muy probable que en poco tiempo –humano- la morfología cambie.

Patrimonio geológico y Sitios de geodiversidad
–DIMITO-



DATOS GENERALES

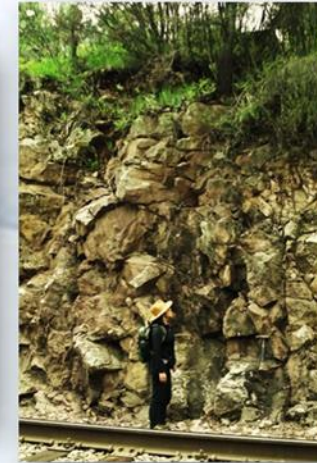
No. 7	Nombre Meteorización esferoidal	Lugar Tultenango - El Oro, México.
X 384938	Coordenadas Y 2194507	Altitud 2543

DATOS INFORMATIVOS

Categoría de análisis Formas y procesos del relieve	
Dimensión espacial Lineal	Tipo de uso Científico - educativo y Geoturístico
Unidad de paisaje Laderas basálticas con cultivos	

DATOS INTERPRETATIVOS

Consiste en un depósito de material volcánico en donde predominan los basaltos lajeados. Dicho depósito evidencia una alta meteorización esferoidal, la cual se caracteriza por la descomposición de las rocas por procesos superficiales que cambian la composición química del material original y, se manifiesta en la meteorización de los minerales transformándose en arcillas.



DATOS GENERALES

No. 8	Nombre Meteorización esferoidal Mogote	Lugar Tultenango – El Oro, México.
X 384750	Coordenadas Y 2195100	Altitud 2560

DATOS INFORMATIVOS

Categoría de análisis Formas y procesos del relieve	
Dimensión espacial Lineal	Tipo de uso Científico – educativo y Geoturístico
Unidad de paisaje Laderas basálticas con cultivos	

DATOS INTERPRETATIVOS

La zona de fracturas presenta alteración variable. Además, donde se desarrolla la meteorización evidencia alto nivel de pedogenización en la parte superior. La exposición de la roca se expone de manera excelente debido a los cortes generados con explosivos para el acceso del tren.

Patrimonio geológico y Sitios de geodiversidad
–DIMITO-



DATOS GENERALES

No. 9	Nombre Cañón del Mogote	Lugar El Mogote – El Oro, México.
-------	----------------------------	--------------------------------------

X 384883	Coordenadas	Altitud
	Y 2195053	2543

DATOS INFORMATIVOS

Categoría de análisis Formas y procesos del relieve
--

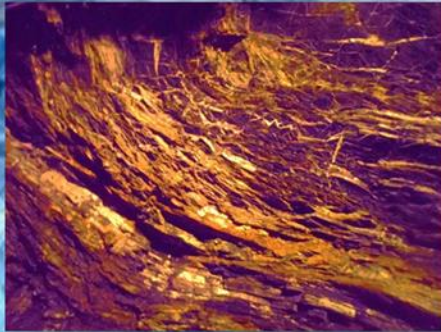
Dimensión espacial Puntual	Tipo de uso Científico – educativo y Geoturístico
-------------------------------	--

Unidad de paisaje Laderas basálticas con cultivos
--

DATOS INTERPRETATIVOS

Se observan derrames de roca basáltica con estructura en forma de lajas, las cuales se formaron por el emplazamiento gradual de diversos derrames fisúales de lava.

Patrimonio geológico y Sitios de geodiversidad
-DIMITO-



DATOS GENERALES

No. 10	Nombre Socavón Mina Dos Estrellas	Lugar Tlalpujahuá, Michoacán.
X 378934	Coordenadas Y 2189013	Altitud 2635

DATOS INFORMATIVOS

Categoría de análisis Secuencias estratigráficas	
Dimensión espacial Lineal	Tipo de uso Científico – educativo y Geoturístico
Unidad de paisaje Laderas metavolcánicas con bosque mixto	

DATOS INTERPRETATIVOS

Hay presencia de roca volcánica y metamórfica. Su estructura presenta una estructura frágil, la cual se evidencia en las rocas de la secuencia volcánica del Mioceno – Cuaternario. Dicha deformación está asociada a la mineralización auro – argentífera.

Patrimonio geológico y Sitios de geodiversidad
–DIMITO-



DATOS GENERALES

No. 11	Nombre Depósitos de deslave	Lugar Ex Barrio del Carmen – Tlalpujahua, Michoacán.
X 377076	Coordenadas Y 2191169	Altitud 2500

DATOS INFORMATIVOS

Categoría de análisis Secuencia estratigráfica y Formas y procesos del relieve	
Dimensión espacial Puntual	Tipo de uso Científico – educativo y Geoturístico
Unidad de paisaje Laderas metavolcánicas con asentamiento humano	

DATOS INTERPRETATIVOS

La iglesia Del Carmen fue parcialmente sepultada por los flujos de lama provenientes del deslave de un jale en el año 1937. Tal evento cubrió gran parte del Barrio Del Carmen y La Cuadrilla, dejando al descubierto la torre de la iglesia. De tal manera, la geomorfología del sitio fue altamente modificada por los sedimentos que el flujo del jale dejó a su paso.

Patrimonio geológico y Sitios de geodiversidad
-DIMITO-



DATOS GENERALES

No. 12	Nombre Vetas Borda - Coronados	Lugar Tlalpujahuá, Michoacán.
X 377055	Coordenadas Y 2189413	Altitud 2665

DATOS INFORMATIVOS

Categoría de análisis Formas y procesos del relieve	
Dimensión espacial Lineal	Tipo de uso Científico – educativo y Geoturístico
Unidad de paisaje Laderas metapelíticas con pastizal inducido	

DATOS INTERPRETATIVOS

Se trata de una secuencia de tiros de la época Colonial aparentemente alineados por una veta falla. En las paredes se puede observar la litología del Cerro Fomento Minero, así como los procesos de intemperismo y erosivos que hay en el área.

Patrimonio geológico y Sitios de geodiversidad
-DIMITO-



DATOS GENERALES

No. 13	Nombre Coloradillas	Lugar Coloradillas – Talpujahua, Michoacán.
X 355912	Coordenadas Y 2214042	Altitud 2495

DATOS INFORMATIVOS

Categoría de análisis Formas y procesos del relieve	
Dimensión espacial Puntual	Tipo de uso Científico – educativo y Geoturístico
Unidad de paisaje Laderas metavolcánicas con pastizal inducido	

DATOS INTERPRETATIVOS

Se distribuyen preferentemente sobre laderas metamórficas y volcánicas, en las cuales se desarrollan suelos arcillosos (tefras retrabajadas y duripanes). Dichas características han favorecido al escurrimiento superficial y a la intensa actividad erosiva concentrada.

Patrimonio geológico y Sitios de geodiversidad
-DIMITO-



DATOS GENERALES

No. 14	Nombre Cañones y cárcavas de erosión San Pedro	Lugar San Pedro Tarímbaro – Tlalpujahua, Michoacán.
--------	---	--

X 373635	Coordenadas	Altitud
	Y 2191637	2580

DATOS INFORMATIVOS

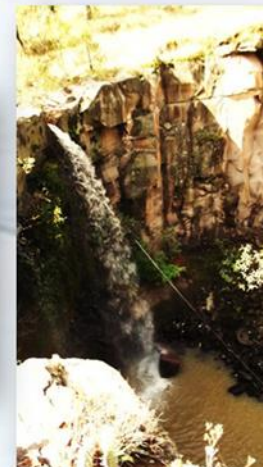
Categoría de análisis Formas y procesos del relieve
--

Dimensión espacial Puntual	Tipo de uso Científico – educativo y Geoturístico
-------------------------------	--

Unidad de paisaje Laderas metapelíticas con pastizal inducido
--

DATOS INTERPRETATIVOS

Estas cárcavas están asociadas a la erosión fluvial, deforestación y levantamiento tectónico activo. En la roca madre predominan las lutitas de composición arcillosa (suelos limo – arcillosos). En el área por lo menos cinco horizontes se visualizan en los márgenes de las cárcavas.



DATOS GENERALES

No. 15	Nombre Ignimbrftas Cascada América	Lugar Hidalgo – Tlalpujahuá, Michoacán.
X 376900	Coordenadas Y 2193780	Altitud 2500

DATOS INFORMATIVOS

Categoría de análisis Secuencias estratigráficas	
Dimensión espacial Puntual	Tipo de uso Científico – educativo y Geoturístico
Unidad de paisaje Laderas ignimbrfticas con pastizal inducido	

DATOS INTERPRETATIVOS

Se trata de una cascada que tiene ± 20m de altura. La pared de dicha cascada deja en evidencia la litología del área, la cual consiste en depósitos volcánicos de tipo ignimbrftico que corresponden a explosiones y flujos de volcanismo violento que se encanalan y generan superficies horizontales. Este sitio pertenece a la Formación América.

Patrimonio geológico y Sitios de geodiversidad
–DIMITO-

