



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

COLEGIO DE GEOGRAFÍA

**IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE GEOSITIOS
EN LA CUENCA DE ORIENTAL (PUEBLA,
TLAXCALA Y VERACRUZ)**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN GEOGRAFÍA**

P R E S E N T A:

PEDRO ALEJANDRO DÍAZ FERRO



**ASESOR:
DR. JOSÉ LUIS PALACIO PRIETO**

2016

CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

Quisiera agradecer a mi asesor y querido profe. José Luis Palacio Prieto por tanto apoyo en toda la travesía que el trabajo representa.

Sin dejar de lado a mis Padres, tía y abuelos que nunca dejaron de apoyarme y alentarme a seguir.

Por último pero no menos importante a Zaira Guzmán que sin tus regaños, opiniones y alientos esto no hubiera sido posible.

Este trabajo es dedicado a ti mi viejita que aunque ya no estas conmigo físicamente nunca has dejado de cuidarme e impulsarme.

IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE GEOSITIOS EN LA CUENCA DE ORIENTAL (PUEBLA, TLAXCALA Y VERACRUZ).

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	4
Objetivos	
General	6
Específicos	
CAPÍTULO 1	
MARCO CONCEPTUAL	7
1. Conceptos generales	
1.1 Geodiversidad	7
1.2 Patrimonio geológico	11
1.3 Geoconservación	14
1.4 Geositios y geomorfositos	16
1.5 Geoturismo	24
1.5.1 Turismo	24
1.5.2 Desarrollo sustentable	25
1.5.3 Geoturismo	27
1.6 Geoparques	30
1.7 Contexto internacional	31
1.8 Situación en México	34
CAPÍTULO 2	
CUENCA DE ORIENTAL	37
• Contexto geográfico general	
2.1 Ubicación	37
2.2 Climas	40
2.3 Edafología	41
2.4 Uso de suelo y vegetación	45
2.5 Aspectos sociales	47
2.6 Contexto geológico y geomorfológico	50
2.7 Marco geológico	51
2.7.1 Mesozoico	51
2.7.2 Cenozoico	52
2.7.3 Sistema terciario: Paleógeno y Neógeno	52
2.7.4 Sistema cuaternario	53
2.8 Unidades geomorfológicas	54

CAPÍTULO 3	
METODOLOGÍA	68
3.1 Revisión de metodologías	69
3.2 Metodología diseñada para la Cuenca de Oriental	79
3.2.1 Selección de sitios	79
CAPÍTULO 4	
RESULTADOS	85
4.1 Identificación y valoración de geositios y geomorfositos	85
4.1.1 Descripción de los geomorfositos	88
4.1.2 Valorización numérica	139
4.2 Itinerarios geoturísticos	141
	148
CONCLUSIONES	
FUENTES DE CONSULTA:	
A) BIBLIOGRAFÍA	151
B) FUENTES ELECTRÓNICAS	162
ANEXOS	
Anexo 1. Formato de ficha de información	164
Anexo 2. Fichas informativas generales de los geomorfositos seleccionados	165

INTRODUCCIÓN

La situación relativa a la conservación de la naturaleza, tanto en los ámbitos nacional e internacional, enfrenta una serie de problemas económicos, políticos y sociales, los cuales, principalmente atienden a la disminución de daños, que continuamente la afectan. Tales problemas impactan tanto en la integridad de los ecosistemas, como en las especies que en ellos habitan. Ante tan sombrío panorama, es el motivo principal por el cual se estén buscando alternativas para erradicar o minimizar estos efectos atentatorios contra la naturaleza.

En lo que atañe a nuestro país, encontramos que las autoridades competentes en materia ambiental han dictaminado una diversidad de acciones encaminadas a la recuperación y/o conservación de la parte biótica del país atendiéndola desde una perspectiva de patrimonio biológico; bajo tales medidas, se ha dejado de lado, la necesidad de proteger el ambiente abiótico, siendo esto parte de un todo, en donde ninguno, puede seguir existiendo sin el otro.

La importancia que se le ha dado a la temática de la conservación del patrimonio biológico se deriva de una idea errónea, en donde se cree que es más susceptible de ser destruida la flora y la fauna que los rasgos pertenecientes al patrimonio geológico; lo anterior resulta ser una falsa apreciación, ya que mientras la flora y fauna pueden lograr una ligera adaptación a ciertos cambios, los factores geológicos y geomorfológicos no pueden ajustarse a estos cambios, por lo que esto lo convierte en un ambiente propenso a cualquier alteración, perdiendo así, cualquier valor que pudiera tener.

La necesidad de conservar se aplica como una imperiosa medida para mitigar los problemas actuales que enfrenta nuestro planeta. Por ello, se buscan las estrategias más adecuadas para lograr tales propósitos, procurando que las mismas se adapten a la situación en la que se encuentre el factor en riesgo tal como en la Ley de Patrimonio Natural y Biodiversidad Española (Ley 42/2007).

Principalmente las estrategias que se han implementado en las últimas dos décadas a nivel internacional hablan sobre la categorización, promoción, identificación y valoración de los

elementos abióticos encontrados en el paisaje: los geositos, geomorfositos y geoparques, las cuales requieren acciones eficientes que sigan contribuyendo para la continuación de un desarrollo sustentable, tanto local como regional, y continúen constituyéndose como parte esencial del geoturismo.

La importancia de mantener protegido el paisaje abiótico radica en mantener el patrimonio geológico y geomorfológico que a futuro puede ser usado con fines académicos, de investigación y divulgación científica, que a su vez lograrán mantener un gran interés en el conocimiento de las ciencias de la Tierra, atrayendo tanto a un público especializado como a un público en general.

Actualmente, en los países europeos y algunos asiáticos es donde se encuentran más avanzados los temas de geoconservación, logrando con ello establecer geoparques, los cuales son un elemento de gran importancia para la geoconservación. Estas naciones han logrado configurar las llamadas redes de conservación, entre las que destacan: la *Red Europea de Geoparques* o la *Red Global de Geoparques*. Estas redes se rigen bajo normas definidas por la UNESCO (UNESCO, 2004)

En la Cuenca de Oriental, Puebla, México, se encuentran un sinnúmero de geoformas que pueden ser fácilmente categorizadas, ya sea por su excepcional belleza, por la importancia científica que tiene o la rareza de sus formas. En dicho lugar, se encuentran asentados una serie de *axalapazcos* y *xalapazcos*, domos volcánicos y los volcanes limitantes de la cuenca ofrecen un panorama verdaderamente espectacular; con lo que esta zona muestra plenamente el significado que encierra el geoturismo, ya que comprende tanto los factores geológicos, como los culturales y estéticos.

Tomando en consideración el factor cultural, en la zona de estudio, encontramos que tal cualidad está presente, tal es el caso de la ciudad prehispánica de Cantona, la cual se cree en su momento pudo rivalizar en importancia con Teotihuacán; estas creencias se basan en la cantidad de juegos de pelota que se tenían y la extensión territorial que tenía la ciudad. (García-Cook, 2009).

Objetivos

General: Identificar y valorar los geositios y geomorfositos en la Cuenca de Oriental, situada dentro de los estados de: Puebla, Tlaxcala y Veracruz.

Específicos:

- Diseñar y desarrollar una metodología de evaluación para los geositios y geomorfositos de la Cuenca de Oriental.
- Desarrollar cartografía y otros materiales con contenido educativo y de información geoturística, la cual está dirigida al público en general.

CAPÍTULO 1

MARCO CONCEPTUAL

1. Conceptos generales

1.1 Geodiversidad

La geodiversidad es un concepto que cuenta con varias definiciones. Este concepto surge con la necesidad de la conservación del medio abiótico, además de que tiende a clasificar, de alguna manera, esta parte del ecosistema, y a su vez, funciona como contraparte complementaria del concepto de biodiversidad.

Para definir a la geodiversidad, los geólogos adjudican el sufijo geo a la geología, refiriéndose plenamente al ambiente abiótico; los geógrafos, a su vez consideran que proviene de la palabra geografía, haciendo referencia a todo lo que se encuentra sobre la Tierra incluyendo los seres vivos.

Desde la celebración de la llamada Cumbre de Rio acaecida en el año de 1992 fue cuando se comenzó a utilizar el término de biodiversidad, el cual marcó la pauta para la creación de la palabra geodiversidad, término que fue completamente definido, además de que se establece su cuantificación y metodología de estudio. Lo anterior no ha sucedido con la geodiversidad. Este último término es más reciente y se comenzó a utilizar en los trabajos de Sharples (1995) y Eberhard (1997).

Otros conceptos de geodiversidad, se enuncian a continuación:

La geodiversidad es la diversidad geológica (Durán, 1999); la biodiversidad condiciona a la geodiversidad; y la geodiversidad condiciona a la biodiversidad (Durán, *et al.*, 1998).

Para Johansson, et al. (2000) “la geodiversidad es la variación de las rocas, los depósitos superficiales, las formas del terreno y los procesos geológicos que forman los paisajes”.

La geodiversidad se refiere a la capa más externa de la Tierra, la litósfera y se preocupa por su preservación, intentando eliminar las causas, fundamentalmente antrópicas, por las que se puede producir su degradación (Alexandrowicz y Kozlowski, 1999)

En las definiciones de Durán (1999) menciona que: *“la geodiversidad es sinónimo de diversidad geológica”*, partiendo de esta concepción, propone que el tratamiento de ella debería hacerse considerando los siguientes seis elementos, que a continuación pasamos a detallar:

- *“La diversidad litológica, o variedad y calidad del registro estratigráfico y petrológico,*
- *La diversidad cronoestratigráfica, o amplia representación de los diferentes pisos de la escala de Tiempo Geológico,*
- *La diversidad mineralógica y minera, es decir, la multiplicidad de especies minerales y de yacimientos minerales,*
- *La diversidad paleobiológica o diversidad paleontológica, presencia de distintas especies fósiles en las rocas sedimentarias aflorantes en una región*
- *La diversidad geomorfológica o de paisajes y estructuras, reflejo de un amplio abanico de procesos geodinámicos, actuantes sobre los diferentes tipos de rocas y estructuras geológicas, y*
- *La diversidad paleogeográfica, es decir, la variedad en la representación de dominios paleogeográficos presentes en una región”* (Nieto, 2001)

Una de las propuestas que se dio y actualmente es integradora del concepto definitivo, es la que expone Stanley (2000) diciendo: *“que la geodiversidad es la variedad de ambientes geológicos, fenómenos y procesos activos que conforman los paisajes, rocas, minerales, fósiles, suelos y otros depósitos superficiales que proveen la estructura para la vida en la Tierra”*.

La definición a la que llega Nieto (2001) es *“el número y variedad de estructuras (sedimentarias, tectónicas, materiales geológicos (minerales, rocas, fósiles y suelos)), que constituyen el sustrato de una región, sobre las que se asienta la actividad orgánica incluida la antrópica”*.

A su vez, Gray (2004) dice que el término que nos ocupa, es *“el rango natural de diversidades de rasgos geológicos (rocas, minerales y fósiles), geomorfológicos (formas del*

terreno y procesos) y suelos incluyendo sus relaciones, propiedades, interpretaciones y sistemas”.

Para la *British Geological Survey*, la geodiversidad consiste en *“la variedad de ambientes geológicos, fenómenos y procesos que dan lugar a los paisajes, rocas, minerales, fósiles y suelos y que proporcionan el marco para el desarrollo de la vida en la Tierra”*.

La *Ley de Patrimonio Natural y Biodiversidad Española* (conocida como Ley 42/2007) define a la geodiversidad como la *“variedad de elementos geológicos, incluidos rocas, minerales, fósiles, suelos, formas del relieve, formaciones y unidades geológicas y paisajes que son el producto y registro de la evolución de la Tierra”*.

La definición de la *International Association of Geomorphologists* (2003) indica que la geodiversidad es *“la variedad de ambientes geológicos y geomorfológicos considerados como la base para la diversidad biológica en la Tierra”* (Carcavilla, et al., 2008).

También se encuentran una serie de definiciones realizadas dentro del ámbito geográfico, las cuales tienden a considerar al ser humano dentro de sus definiciones, entre tales nociones conceptuales se encuentran las siguientes:

Para Rojas (2005), la geodiversidad parte de *“la diversidad que proviene de la propia naturaleza (medio físico-geográfico) y la que procede de los procesos sociales, como la producción, población y circulación (el hombre y sus actividades)”*.

En tanto, Kozlowski (2004) dice que la geodiversidad es *“la variedad natural de la superficie terrestre, referida a aspectos geológicos y geomorfológicos, suelos, aguas superficiales y otros sistemas creados como resultado de procesos naturales (exógenos y endógenos) y la actividad humana”*; también se refiere a que es el conjunto de las esferas de la Tierra (atmósfera, litosfera, morfoesfera, pedosfera, hidrosfera y biosfera).

Según Serrano y Ruiz-Flaño (2007) la geodiversidad es *“la variabilidad de la naturaleza abiótica, incluidos los elementos litológicos, tectónicos, geomorfológicos, edáficos, hidrológicos, topográficos y los procesos físicos sobre la superficie terrestre, los mares y océanos junto a sistemas generados por procesos naturales, endógenos, exógenos y*

antrópicos, que comprende la diversidad de partículas, elementos y lugares” (Carcavilla, et al., 2008).

A partir de esta serie de definiciones antes transcritas, creo estar en aptitud de poder verter una definición personal, con respecto al término geodiversidad, considerándola como el conjunto de rocas, minerales, fósiles, suelos, procesos endógenos y exógenos que se tienen en el paisaje, y que dan muestra del tiempo y el espacio, refiriéndose a evidencias geológicas y geomorfológicas, que nos dan a conocer los procesos ocurridos en la Tierra a través de su evolución.

La geodiversidad también ha comenzado a establecer sus puntos de evaluación y metodologías de estudio. Todas estas han sido establecidas de acuerdo a los intereses que cada autor maneja para su definición de diversidad, con una base teórica bien establecida, tal y como lo hicieron Serrano y Ruíz Flaño (2007), quienes tomaron en cuenta, entre otros, aspectos tales como: topografía (energía y rugosidad); geología (minerales, litologías, depósitos superficiales, fósiles, tectónica y estructuras); geomorfología (morfoestructuras, sistemas morfogenéticos, procesos, formas de erosión, formas de acumulación, microformas); hidrología (agua líquida, hielo, nieve, océanos, mares, ríos, glaciares, fuentes, humedales y lagos) y suelos (órdenes y subórdenes).

Por su parte, Rojas (2005) propone aplicar la metodología de Bertrand (1968), la cual habla del análisis de paisaje mediante la definición de seis niveles escalares de mayor a menor rango, que son: zona, dominio, región, geosistema, geofacie y geotopo.

El estudio de la geodiversidad debe basarse en la metodología utilizada para analizar la diversidad de cualquier variable física, es decir, atendiendo a las dos propiedades estadísticas de cualquier mezcla de objetos: 1) el número de diferentes tipos de objetos (denominados clases) que se encuentran mezclados en la muestra; y 2) el número o la abundancia relativa de cada una de esas clases.

Para el análisis de la geodiversidad participa un factor más que será necesario incorporar, que consiste en la distribución espacial de los objetos y las relaciones entre ellos. (Carcavilla, et al. 2008).

La geodiversidad es, por tanto, un concepto útil para la gestión y conservación del patrimonio abiótico, cuya incorporación es necesaria en políticas locales de desarrollo sostenible y de valoración de recursos naturales. Por ello, la geodiversidad se vincula a conceptos como geoconservación, patrimonio geológico y a las medidas legales como son: geoparques, monumentos naturales o lugares de Interés geomorfológico.

Tal situación, es mencionada por Gray (2004) cuando nos indica que *“el principio básico para la geoconservación mediante protección de lugares es el de Geodiversidad”*.

En esta misma dirección se pronuncia el denominado *Manifiesto Europeo para el Patrimonio Terrestre y la Geodiversidad* (2004), firmado por la Unión Geográfica Internacional (IGU), la *European Geoparks Network* (EGN), la *European Society for Soil Conservation* (ESSC) y la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS), instituciones que abogan por la utilización del término en el ámbito de la protección, máxime si se considera que el valor de muchos espacios protegidos radica en sus componentes abióticos (Carcavilla, *et al.*, 2008).

A pesar de todos los estudios hechos y las definiciones aportadas, estos conceptos siguen sin mantener un mismo valor ante las leyes relativas a la protección del ambiente, mostrándose la mayoría más inclinadas hacia la biodiversidad que a la geodiversidad.

1.2 Patrimonio geológico

El término patrimonio puede definirse como aquello que se transmite del pasado, siendo una tradición o con un valor muy importante para algún lugar. A su vez, en geología se hace referencia a los aspectos de la Tierra involucrados en su evolución.

Por patrimonio geológico debemos entender el conjunto de recursos naturales geológicos que poseen valor científico, cultural, y/o educativo que permiten conocer, estudiar e interpretar los siguientes aspectos: a) el origen y evolución de la Tierra; b) los procesos que han modelado; c) los climas y paisajes del pasado y presente y, d) el origen y evolución de la vida. Por tanto estos recursos geológicos, deben ser utilizados adecuadamente por la sociedad, y conservados y protegidos eficazmente para legarlos a las futuras generaciones

(Estrategia de Gestión de la Geodiversidad para la Reserva de la Biósfera de Urdaibai 2011-2018).

El patrimonio geológico se centra en características que son geológicas, tales como son las rocas (ígneas, metamórficas, sedimentarias), estratigráficas, estructurales, geoquímicas, paleontológicas, geomórficas, pedológicas e hidrológicas en todas las escalas, que son sitios de valor intrínseco o de importante valor cultural, que ofrecen información sobre la evolución de la Tierra y que puede ser usada para la investigación, educación o como referencia (Brocx y Semeniuk, 2007).

Sullivan (1997) señala que el patrimonio geológico son los componentes de la geodiversidad importantes para los humanos para propósitos distintos a la explotación de la investigación; vienen a ser objetos que deseáramos mantener para las presentes y futuras generaciones.

Gray (2004) manifiesta que el patrimonio geológico surge de la necesidad de determinar ejemplos concretos de la geodiversidad, los cuales pueden ser especialmente identificados por tener un interés en su conservación.

El valor del patrimonio geológico está fuertemente unido al valor científico, en términos de expedientes de esa naturaleza, y que son útiles para la investigación y la educación. En este ámbito, se ubican particularmente los minerales, fósiles y geoformas con características únicas, que también pueden ser relacionadas con valores estéticos, de recreación y culturales (Komoo, 2000).

Para Mc Briar (1994), el patrimonio geológico se centra en la diversidad de minerales, rocas y fósiles, así como en las características petrológicas que indican el origen y/o alteración de los minerales, rocas y fósiles. Esta multiplicidad de elementos incluye geoformas y características geomorfológicas que ilustran el pasado o el presente o los efectos climáticos y de las fuerzas de la Tierra.

Por su parte, Bradbury (1993) nos indica que el patrimonio geológico se toma de esos aspectos de la Tierra, que son tan importantes de entender en la historia de la misma. La

naturaleza de los sitios de patrimonio geológico, son similares al patrimonio cultural en sitios o documentos, esto quiere decir que son recursos no renovables.

Sharples (2002) dice que es un término descriptivo asociado con la conservación de las características de la Tierra, aunque dicho autor reconoce que el concepto aún sigue en desarrollo.

Gran Bretaña es considerada como el lugar de nacimiento del concepto de patrimonio geológico, así como también, tiene la distinción de que ahí se tiene un inventario sistémico basado en la geoconservación, que ahora es parte integral de la educación, turismo y manejo de la planificación. Muchos de los conceptos geológicos fueron concebidos en Gran Bretaña, donde fueron concebidos grupos gubernamentales y no gubernamentales de geocientíficos profesionales, quienes fueron los que crearon el lazo entre la biodiversidad y la geodiversidad (Duff, 1994; Semeniuk, 1997; Brocx & Semeniuk, 2007)

Algunos autores mencionan que el patrimonio geológico puede ser evaluado de acuerdo a algunos criterios dependiendo lo que se quiera buscar.

Según Brilla (2015), el patrimonio geológico debería ser reconocido por su valor científico, basado en este hecho, los criterios que se deberían usar son, los siguientes: representatividad, integridad, rareza y el conocimiento científico que se tenga del lugar. Estos pueden ser resaltados por el uso de un criterio específico al cual se le quiera hacer referencia.

Joyce (1997), dice que el patrimonio geológico se puede definir por todas aquellas características geológicas que detenta, y cuyo valor consiste en:

1. Formas naturales y paisajes (incluyendo antiguas formas y paisajes);
2. Materiales de la Tierra (incluyendo rocas, minerales, fósiles, suelos y agua, incluyendo el agua subterránea),
3. Evidencia de procesos geológicos (ambos internos y externos, pasados y presentes),
4. Evidencia de tiempo geológico (incluyendo la definición de etapas geológicas específicas o periodos de tiempo, usando las siguientes características: secuencias de

las rocas, perfiles de intemperismo, fósiles y técnicas de fechamiento), encontrados en o cerca de la superficie de la Tierra, de una manera natural o expuesta artificialmente y disponibles para ser observadas, apreciadas, disfrutadas, estudiadas o usadas para la educación.

1.3 Geoconservación

Los orígenes de la conservación se remontan al siglo XIX y fue John Muir, quien a través de una serie de trabajos de investigación, describió los lugares que había explorado, y en donde hizo especial énfasis todo lo referente a la naturaleza.

A partir de las maravillas que sucesivamente descubrió, Muir hace mención que el hombre tiene la obligación moral de preservar intactamente cada uno de estos lugares. En sus valiosas explicaciones hace hincapié en la necesidad de preservar tanto su valor estético como el intrínseco. Tengamos presente que ya en tiempos ancestrales, el hombre ponderaba el acto divino, mostrando a Dios como el creador de toda esa belleza, y por lo mismo el ser humano estaba obligado a cuidar del ambiente.

Dentro de los lugares que Muir exploró se encuentran varios de suma importancia geológica, tales como el valle de Yosemite, o los glaciares y costas de Alaska, por citar algunos de ellos. Todas las descripciones que hizo, van desde la vegetación hasta los aspectos geológicos.

Por su parte, una serie de autores manifiestan la trascendencia sobre la conservación ecológica, y también hacen mención de los suelos, rocas y minerales, diciendo que estos forman parte de una unidad, y no pueden separarse.

Sharples (1995) define la palabra geoconservación como *"la conservación de la geodiversidad por sus valores intrínsecos, ecológicos y geoculturales"*. Muy similar a lo anterior, resulta la definición de Eberhard (1997), quien no solo incluye los elementos del patrimonio geológico, sino también el mantenimiento de la actividad de los procesos ecológicos. Estos dos autores definen la relación entre geoconservación, geodiversidad y patrimonio de la siguiente manera: *"la geodiversidad es una propiedad que debe ser*

protegida, la geoconservación es el desafío de intentar conservarlo y el patrimonio geológico son los ejemplos concretos de rasgos y procesos sobre los cuales se centran los esfuerzos de gestión para conservarlos" (Sharples, 2002).

Por su parte, Villalobos (2001) señala que la geoconservación es *"la corriente de pensamiento que aboga poner en práctica políticas activas de conservación del patrimonio geológico y de la geodiversidad"*.

Legge y King (1992) definen a la geoconservación como la protección de las características significativas geológicas y del paisaje basado en los valores científicos, educacionales, de investigación, estéticos y de inspiración para los humanos.

"La conservación geológica está fuertemente unida a otras áreas culturales de conservación: esto concierne a conservar los significados del desarrollo intelectual, como oposición a la conservación económica. La geoconservación está basada particularmente en dos aspectos del uso del patrimonio de las ciencias de la Tierra: nuestro conocimiento geológico, incluye los significados del avance en el conocimiento del futuro y el valor estético del patrimonio" (Stevens, 1994)

Para Dixon (1996), la geoconservación se refiere a la conservación de la geodiversidad, tanto por sus valores intrínsecos como por los de naturaleza ecológica. Tales valores pueden ser definidos de la siguiente manera: valor intrínseco, es el concepto de que una cosa tiene valor por sí mismo y el propósito que se le da a la misma, podría ser el uso por parte de los humanos o de otras especies vivientes; a su vez, el valor ecológico se define como la importancia de una cosa o proceso en el mantenimiento de los ecosistemas naturales y el proceso ecológico del cual es parte.

Los dos principios sobre los que se basa la conservación de la geodiversidad son que ésta posee un valor intrínseco, pero que también posee una fragilidad, que la hace vulnerable. Gray (2004) sostiene que la geoconservación parte de dos premisas básicas, que son: valor y amenazas para la conservación.

La geoconservación no se refiere exclusivamente a evitar la desaparición de determinados elementos geológicos, sino que también incluye prevenir, evitar, corregir o minimizar las afecciones que puedan sufrir y en el caso de estar en peligro de la acción de algún proceso geológico activo, para dejar que estos continúen su paso ya que es parte de la evolución del paisaje; también pretende la preservación de los caracteres culturales, científicos, estéticos y paisajísticos que poseen tanto el patrimonio geológico como la geodiversidad. Estos pueden verse afectados no sólo por una destrucción importante, sino también por las modificaciones de su naturaleza o de sus condiciones actuales.

Uno de los problemas más comunes que se presentan en la geoconservación, es que no todo puede ser conservado bajo algún lineamiento, la causa es que ningún lugar es el mismo, ni en tamaño, ni en las geoformas que se encuentren, tampoco por las amenazas que se encuentran en el lugar. Por lo que se opta por ajustar las normas a cada lugar, siendo estas desde muy complicadas hasta muy sencillas, quedando como problema el grado de fragilidad o de amenazas en que se encuentren.

El mayor de los problemas encontrado en la geoconservación es que, no todo depende del gobierno o de las autoridades competentes, sino que los habitantes que viven dentro o cerca de la zona de conservación, trabajen de una manera individual o colectiva en beneficio de la misma. La educación y sensibilización es la parte fundamental dentro de la conservación.

El objetivo de la conservación del patrimonio geológico y de la geodiversidad, no es sólo mantener el estado de conservación de los elementos geológicos tal cual están en la actualidad, sino que debe respetar su evolución natural. Sobre el particular, Sharples (2002) menciona que es necesario el *"mantenimiento de los rangos y magnitudes de cambio. Es decir, asumir el cambio como una parte integral del funcionamiento de un sistema natural y gestionarlo en función de ello"* (Chinchay, 2011).

1.4 Geositios y geomorfositos

En las últimas dos décadas se han llevado a cabo propuestas encaminadas a anexar los lugares de interés geológico en los apartados de conservación y listas de patrimonio

mundial de la UNESCO. Distintos grupos como *ProGeo*, la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (*IUGS*, por sus siglas en inglés) y la UNESCO han discutido sobre la elaboración de inventarios interrelacionados a nivel global y nacional.

En 1995, la *IUGS*, con el posterior apoyo de la UNESCO, decidió promover un proyecto encargado de recopilar un inventario global de geositos, así como su base de datos asociada. La *IUGS* estableció un grupo de trabajo sobre geositos a nivel global en 1996 (*Global Geosites Working Group, GGWG*), con el objeto de acometer dicho trabajo y apoyar cualquier esfuerzo internacional que facilite la conservación de lugares y terrenos con interés geocientífico.

El *GGWG* tiene los siguientes objetivos:

1. Recopilar la lista de lugares de interés geológico “globales”.
2. Construir la base de datos de geosites de aquellos lugares y terrenos “clave”.
3. Utilizar el inventario de lugares de interés geológico para promover la causa de la “geoconservación”, y apoyar así las ciencias geológicas en todas sus formas.
4. Apoyar las iniciativas nacionales y regionales cuya intención es realizar inventarios comparativos.
5. Participar y apoyar encuentros y grupos de trabajo que evalúen los criterios y métodos de selección, o la conservación de lugares significativos.
6. Evaluar los méritos geológicos de esos lugares en colaboración con especialistas, grupos de investigación, asociaciones, comisiones, subcomisiones, etc.
7. Asesorar a la *IUGS* y a la UNESCO sobre las prioridades para la conservación en el contexto global, incluido el patrimonio mundial.

El proyecto *Geosites* pretende seleccionar un listado internacional de los lugares más importantes para la ciencia geológica. El Segundo Simposio Internacional para la Conservación Geológica, celebrado en Roma, Italia en 1996, fue el marco para la primera discusión del proyecto en cita. Este fue el primer intento de promover una metodología efectiva y ampliamente utilizable, que pudiera ser aplicada en todos los países, con independencia de sus distintas aproximaciones a la “geoconservación”.

Los inicios del proyecto *Geosites* son los siguientes:

- En 1995 se discute la estrategia en la reunión de trabajo de Europa suroriental, en Sofía, Bulgaria.
- En 1996 el entonces presidente de la *IUGS* escribe a todos los comités nacionales, anunciando el proyecto *Geosites*.
- En 1996 se verificó la primera reunión de trabajo sobre *Geosites*, en el Segundo Simposio Internacional sobre Conservación del Patrimonio Geológico, en Roma, Italia.
- En 1996 se manifestó la reunión de trabajo sobre geoconservación en el Congreso Geológico Internacional de Pekín, República Popular de China.
- En 1997 se dio la reunión de trabajo sobre bases de datos de lugares de interés geológico, en Tallin, Estonia.
- En 1997 se verificó la Primera Reunión de Trabajo sobre Lugares de Interés Geológico Africanos y Patrimonio Mundial (GSSA, por sus siglas), en Johannesburgo, Sudáfrica.

También se realizaron la Conferencia de ProGeo en Belogradchik, Bulgaria, la Reunión de Trabajo sobre Patrimonio Mundial de la UNESCO y Lugares de Interés Geológico de la *IUGS*, y se constituyó el borrador sobre la lista de lugares de interés geológico europeo, recopilada y discutida. Asimismo, se impulsó la Reunión de Trabajo sobre Lugares de Interés Geológico en el Tercer Simposio Internacional en Madrid, España (Wimbledon, 2000).

Por otra parte, los términos geositos y geomorfositos surgen a partir de la necesidad de nombrar las diferentes categorías de protección, conservación y difusión del medio abiótico. Estos conceptos no tienen una definición establecida, pero dentro de las definiciones otorgadas por los autores sí se llega a una cierta comunión dentro de estas.

Los geositos y geomorfositos son estrategias encaminadas a la conservación, educación y desarrollo sustentable del ambiente geológico. En un principio, no se tenía en cuenta alguna diferencia entre los geositos y los geomorfositos. A partir de una serie de problemas basados en el prefijo *geo*, se vio la necesidad de diferenciar estos términos, determinándose que los geositos son los sitios de interés que tienen características que representan la

temporalidad en la Tierra, mientras que los geomorfositos representan los procesos activos o ya pasados en la superficie terrestre.

Se ha dado una serie de definiciones, que hacen referencia al patrimonio geomorfológico, que fueron evolucionando hasta llegar al término geomorfosito.

Tales aspectos, son activos geomorfológicos (Panizza y Piacente, 1993); bienes geomorfológicos (Carton, *et al.* 1994); sitios geomorfológicos (Hooke, 1994); geotopos geomorfológicos (Grandgirard, 1997); sitios de interés geomorfológico (Rivas, *et al.* 1997) y geomorfositos (Panizza, 2001).

Los geositos desde sus inicios no hacen una diferencia entre los sitios de interés geológico y geomorfológico por su estrecha relación existente. Panizza (2001), planteó la necesidad de separar estos términos por el interés geológico o geomorfológico.

Así entonces, los geomorfositos pueden ser, según Panizza, desde objetos geomorfológicos individuales hasta un paisaje que puede ser modificado, dañado e incluso destruido por actividad humana (Palacio, 2013); son áreas delimitadas con base en un interés geológico y/o geomorfológico (Hose, 2005).

Los sitios de interés geológico son equivalentes a geotopos, para referirse al componente de la matriz abiótica de los ecotopos (Wiedenbein, 1994). Un geosito está presente en el espacio, pero su principal característica es el valor temporal que tiene.

Los geositos son entonces lugares, sitios o puntos de interés geológico, esto hace referencia a el hecho de que representan de una manera excepcional los periodos de la Tierra (tiempo). Siendo así los geomorfositos lugares que muestran todos aquellos procesos activos o inactivos en la superficie (espacio), deben poseer un valor histórico, cultural, estético y/o socioeconómico. Estos puntos de vista, ya no solo muestran un enfoque geomorfológico, sino uno geográfico.

Palacio (2013) hace referencia a la diferenciación entre geositos y geomorfositos, diciendo que puede justificarse por su carácter y énfasis temporal y espacial, respectivamente. El geosito, como la geología misma se asocia más con el carácter temporal del sitio pues

contribuye a explicar la evolución de una localidad, de una región o del planeta mismo. Por su parte el geomorfosito conlleva una connotación espacial tridimensional de las formas de relieve, lo cual se asocia en este caso, más con atributos espaciales que con atributos temporales, sin que éstos estén ausentes. Las formas del relieve ocupan un espacio cuantificable (largo, ancho, altura, profundidad, volumen, principalmente), mientras que los geositos reflejan un proceso o fenómeno que si bien tiene lugar en el espacio, no se caracteriza necesariamente por sus dimensiones, sino por su ubicación en el tiempo. Los geositos así estarán ubicados dentro de un espacio (superficie), que correspondería a los geomorfositos, los que a su vez pueden formar parte o constituir, en sí mismos, un conjunto de formas de relieve funcionalmente relacionados, o eventualmente, un geoparque.

Los geositos se dividen en dos categorías (Hose, 2005) que son:

- Geositos primarios: contienen rasgos geológicos o geomorfológicos, naturales o artificiales expuestos de manera permanente; son de interés por su valor científico, educacional o interpretativo y permiten reconocer las distintas etapas evolutivas de la Tierra;
- Geositos secundarios: tienen interés para la interpretación histórica, desarrollo e interpretación geológica y geomorfológica, que incluyen museos, colecciones, bibliotecas o colecciones documentales, entre otros.

La UNESCO estableció la base que debe ser seguida para la evaluación de los geositos, sin embargo no indica como valorarla, ni qué valor numérico se debe usar.

La base que la UNESCO establece es la siguiente:

El potencial de geositos (geomorfositos y geoparques) debe ser usado como una herramienta para la promoción de la herencia geológica, a fin de educar al público en general en ciencias geológicas, y en aspectos del medio ambiente, asegurando el desarrollo sostenible y la protección de la naturaleza para beneficio de las generaciones futuras (UNESCO, 2004).

El geositio debe evaluarse con base en una serie de valores predefinidos. Debe considerarse que no se tiene una metodología universal para evaluar todos los lugares de interés y algunos parámetros pueden ser subjetivos (por ejemplo el valor estético). De acuerdo con Wimbledon (2000) debe tomarse en cuenta que:

1. El tamaño de un lugar o yacimiento no es significativo. Las grandes áreas pueden contener múltiples núcleos, cada uno con un interés especial independiente; el interés, significado y representatividad deberían ser demostrados para cada uno de ellos.
2. La integridad es importante, y cualquier lugar propuesto debería ser susceptible de conservación y protección efectiva ante su deterioro.
3. Los principios para la conservación geológica deberían aplicarse, es decir, conservación significa protección ante su uso, incluyendo donde sea apropiado la recolección.
4. Tanto como sea posible, la recolección inadecuada, realizada bien por profesionales en la materia, o bien por aficionados, debería ser desalentada, excepto, y particularmente, en aquellos lugares donde exista una pérdida apreciable de material debido a procesos naturales.
5. Los lugares y yacimientos no deberían agotarse, extrayendo y transportando aquel o aquellos materiales de mejor calidad y/o los más representativos a museos, colecciones o establecimientos privados. Si no aparecen especímenes visibles directamente, podría constituir un buen potencial para futuras colecciones.
6. El establecimiento de museos en los lugares y yacimientos con colecciones puede ser una alternativa satisfactoria.
7. La preparación de lugares y yacimientos con objetivos educativos, de recreo, formación e investigación es un hecho deseable.
8. Allí donde sea posible y apropiado, la integridad y conservación del lugar propuesto debería ser objeto de monitorización.
9. Es mejor considerar los lugares de interés geo(morfo)lógico de manera aislada, cada uno de ellos evaluado según su interés más significativo; sin embargo, y de manera

sinérgica, puede ser deseable realizar agrupaciones de lugares, o dentro de entidades mayores (tales como parques nacionales). Sin embargo, cada lugar debe de ser juzgado de manera individual, y ser capaz de permanecer por sí mismo para los objetivos de su evaluación y justificación.

10. No es posible establecer concentraciones similares de lugares de interés por área (relativos al tamaño del país, región, etc.).
11. A la hora de seleccionar lugares de interés geológico resulta más importante evaluar candidatos de manera comparativa dentro de un determinado contexto, tal proceso implica investigaciones futuras.
12. Tamaño (el más grande) y edad (el primero o más antiguo) son solo algunos de los factores relevantes, pero que no pueden hacerse equivalentes automáticamente a “lo mejor”.
13. Aquellos lugares con un registro complejo sujetos a estudios multidisciplinarios con una larga historia de investigación, o con una bibliografía sustancial, es posible que sean los mejores candidatos. Pero esta afirmación no debe servir para descartar lugares nuevos y sin explorar.
14. La nominación de un lugar de interés geológico debería ser hecha a través de un razonamiento conciso y bien argumentado. Para ello, debería usarse el formato de documentación de geosites.

El primer grupo de geomorfólogos fue creado en el 2001, y a partir de este grupo se han dado muchos avances en el término de geositos. Este grupo es *International Association of Geomorphologists* (IAG), en donde está la división del Grupo de Trabajo en Geomorfositos (GTG).

El GTG fue creado en 2001, precisamente durante la Conferencia Internacional de la IAG verificada en Tokyo, Japón. Presiden el GTG: Emmanuel Reynard de la Universidad de Lausanne (en Suiza) y Paola Coratza proveniente de la Universidad de Módena y Reggio Emilia (en Italia).

El objetivo de este grupo está basado en promover y mejorar el conocimiento y evaluación de los sitios con interés geomorfológico, con particular énfasis en la conservación, educación y turismo.

Los objetivos particulares de este grupo son:

1. Promover la investigación de los Geomorfositos (evaluación, mapeo, conservación, educación y turismo).
2. Desarrollar grupos de investigación en el tema de geomorfositos.
3. Desarrollar métodos de evaluación y mapeo.
4. Promover la enseñanza del tema en universidades.
5. Desarrollar estudios integrales entre los geomorfositos y las ciencias humanas.
6. Promover la interacción con especialistas en geoconservación y geoturismo.

Algunas definiciones dadas a través del tiempo son:

Los geomorfositos son sitios de una importancia particular para el conocimiento de la historia de la Tierra y por la reconstrucción de la historia de la vida, el clima y la Tierra. Panizza y Piacente (1993) y Panizza (2001) aluden a que la importancia de los geomorfositos no solo está basada en el valor científico, sino también en relación con el valor ecológico, económico o cultural (Panizza y Piacente, 2009).

Formas de relieve con interés científico, histórico-cultural, estético y con un valor socioeconómico derivado de la percepción humana, o de sus posibilidades de aprovechamiento (Panizza, 2001).

Los geomorfositos son formas de relieve y asociaciones de formas de relieve de un interés especial (monumental, escénico, ecológico, pedagógico o científico) cuyo valor será asignado (Panizza, 2001; Reynard, 2005, 2009). Estos integran los elementos abióticos del sistema natural (geológico, geomorfológico, climático, edáfico e hidrológico) en diferentes escalas y son definidos de acuerdo a su valor científico, cultural, educacional, recreacional y económico (Panizza, 1990; Carton, *et al.*, 1994; Rivas, *et al.*, 1997; Panizza, 2001; Reynard, 2004). Los geomorfositos han sido abordados desde diferentes puntos de vista que van

desde lo científico hasta el turismo y el desarrollo territorial (Bruschi y Cendero, 2005; Coratza y Giusti, 2005; Serrano y González-Trueba, 2005; Reynard y Coratza 2007; Panizza y Piacente, 2009; Reynard, 2009).

Para los geomorfositos, de igual manera que acontece con los geositos, hay formas de evaluarlos. Cada autor maneja su propia metodología, tal y como se expone a continuación:

Panizza (2001) estableció su particular metodología, en la cual un geomorfosito es una forma de relieve a la cual pueden asignársele valores (escénicos, socio-económicos, culturales o científicos). El valor estético es subjetivo, pero puede basarse en valores morfométricos (altitud, pendiente, etc.) o mediante la asignación de valores cualitativos priorizados (de mayor a menor). Los criterios socio-económicos se pueden referir a un uso dirigido al (geo) turismo o al deporte (caminatas, escalada, etc.) y sus implicaciones económicas. Los criterios culturales pueden referirse al arte o a la tradición cultural.

Los criterios científicos usan el geomorfosito como modelo ejemplar de procesos (verbigracia: volcanes, cárcavas, cenotes, etc.), además de tener perspectivas educativas, por ejemplo, los de naturaleza paleogeomorfológica expuestas como soporte ecológico.

1.5 Geoturismo

1.5.1 Turismo

Para definir el geoturismo debemos primeramente entender el significado del turismo. Que para Burkart y Medlik (1981), el turismo es el desplazamiento corto y temporal que realizan las personas fuera del lugar donde residen o trabajan y en donde generalmente realizan actividades diversas de las que acostumbran diariamente. Por su parte, Mathieson y Wall (1982), lo definen como el movimiento temporal de gente a lugares lejanos de su residencia, y por períodos menores a un año.

Según la Organización Mundial del Turismo (OMT), el vocablo que nos ocupa en este inciso consiste en aquellas actividades que las personas realizan mientras están de viaje, en entornos donde no es habitual que se encuentren, cuyos fines son el ocio, los negocios u otros, y duran períodos inferiores a un año.

Por otra parte, encontramos que existen diferentes tipos de turismo, la denominación que se tenga al respecto se adapta básicamente a la actividad que se realiza con propósitos turísticos. Dentro de las diversas modalidades turísticas se encuentran, entre otras, las siguientes, a saber:

Turismo náutico y deportivo, turismo de negocios, turismo cultural, turismo cinegético, turismo de retirados, turismo social, turismo alternativo, ecoturismo, turismo de aventura y turismo rural (<http://www.sectur.gob.mx>)

1.5.2 Desarrollo sustentable

La OMT, a partir del *Informe Brundtland*, define el desarrollo turístico sostenible como aquel que *“atiende a las necesidades de los turistas actuales y de las regiones receptoras, al mismo tiempo protege y fomenta las oportunidades para el futuro. Se concibe como una vía hacia la gestión de todos los recursos, de forma que puedan satisfacerse las necesidades económicas, sociales y estéticas respetando al mismo tiempo la integridad cultural, los procesos ecológicos esenciales, la diversidad biológica y los sistemas que sostienen la vida”* (OMT, 1993).

En tanto, la Unión Internacional de las Organizaciones Oficiales de Turismo (IUTO, por sus siglas), recalca la dependencia del turismo de la conservación de los recursos naturales, en tanto que atractivos y factores de producción, se constatan a la vez de los impactos negativos del turismo, y los riesgos de que tales impactos se agraven con el previsible incremento de la actividad turística (Ivars Baidal, 2001).

Los principios de sustentabilidad que la *Agenda 21* plantea con relación a la industria del turismo, son:

- Los viajes y el turismo deben ayudar a alcanzar una vida sana y productiva, en estrecha armonía con la naturaleza.
- Los viajes y el turismo deben contribuir a la conservación, protección y restauración de los ecosistemas de la Tierra.

- Los viajes y el turismo deben basarse en modelos de producción y consumo sustentables.
- Las naciones deben cooperar en impulsar un sistema económico abierto, en el cual el comercio internacional de servicios turísticos y viajes, tenga lugar sobre una base sustentable.
- Los viajes y el turismo, la paz, el desarrollo y la protección ambiental son interdependientes.
- El proteccionismo en materia de comercialización de servicios turísticos y de viajes deberá ser reducido o suprimido.
- La protección ambiental deberá ser parte integral del proceso de desarrollo turístico.
- Los asuntos relacionados con el desarrollo turístico deben ser tratados con la participación de los ciudadanos, y las decisiones de planificación tomadas en un plano local.
- Las naciones deben advertirse mutuamente en caso de catástrofe natural susceptible de afectar a turistas o regiones turísticas.
- Los viajes y el turismo deben utilizar su capacidad al máximo con el fin de crear empleo para las mujeres y los hombres de la localidad.
- El desarrollo turístico debe reconocer y apoyar la identidad, la cultura y los intereses de las poblaciones locales.
- El sector de los viajes y el turismo debe respetar la legislación internacional relativa a la protección del medio ambiente (Pérez de las Heras, 1999).

La evolución de las relaciones entre turismo y desarrollo tienen un fiel reflejo en las declaraciones y documentos auspiciados por organizaciones internacionales, entre las que resaltan los trabajos realizados por la Organización Mundial del Turismo (OMT), destacan los siguientes: *Declaración de Manila sobre el Turismo Mundial* (1980), *Declaraciones de Derechos y Código del Turista de Sofía* (1985), *Declaración de Turismo de la Haya* (1989), *Carta del Turismo Sostenible de Lanzarote* (1995), *Agenda 21 para el Sector de Viajes y Turismo* (OMT, 1995), *Código Ético Mundial para el Turismo de Santiago de Chile* (1999), entre otros. Documentos en los que se observa una paulatina transición desde el

predominio de los aspectos socioculturales y económicos del turismo al paradigma de la sostenibilidad (Ivars Baidal, 2001).

1.5.3 Geoturismo

El geoturismo es una forma de turismo sustentable que tiene como objetivo el turismo educativo, encaminado a la divulgación científica y a la protección del patrimonio geológico-geomorfológico por medio de la educación del turista. En Asia y Europa, el geoturismo ha tenido un desarrollo excepcional, situación que no precisamente acontece en otras regiones del mundo.

Para Hose (2001), el geoturismo se ha desarrollado dentro de los campos de la geología y geomorfología, con el fin de ser promovidos para identificar, conservar y proteger los geositos.

Para llevar a cabo el geoturismo se necesita la configuración de los siguientes aspectos:

- La identificación y reconocimiento del recurso básico; inventarios de geositos (Wimbledon, 1996a) y unos estatutos de protección (Wimbledon, 1996b), incluidos dentro de la geoconservación.
- Adquisición del conocimiento y entendimiento de los usuarios y visitantes de los geositos, con los aditamentos de campo necesarios.

Dowling (2008a) dice que el geoturismo surge como un nuevo fenómeno global, conformándose como un distinto subsector de un área natural turística, referida concretamente al turismo geológico.

Dowling y Newsome (2010) mencionan que el geoturismo se enfoca específicamente en la geología y el paisaje, este promueve el turismo a los geositos y la conservación de la geodiversidad, además del entendimiento de las ciencias de la Tierra a través de la apreciación y el conocimiento. Esto es logrado por visitas independientes a las características geológicas, usando geosenderos, puntos de vista panorámicos, *tours* guiados, geoactividades y el patrocinio de centros de visitas a los geositos.

Por su parte Pásková (2012) menciona que actualmente el número de personas que buscan una mayor experiencia en los lugares que visitan está creciendo ostensiblemente; al respecto, los visitantes quieren saber más del sitio o área que se relaciona a sus temas de interés (en el caso de los geositios y geomorfositos, esta información no debería solo de cubrir las ciencias de la Tierra, también debería contar con información histórica, arqueológica, ecológica o artística del sitio), y en el caso de que el área o el sitio esté protegido, ellos quieren saber más. Por supuesto esperan una buena calidad en los servicios de soporte, como seguridad, senderos bien marcados, servicios de información (panfletos, paneles informativos, guías de turistas, etc.), estancias, facilidades de transporte, y se espera que sea una oportunidad para comprar productos que son típicos de la región, tales como comida, bebidas o artesanías. Estos factores contribuyen al desarrollo de los diferentes tipos de turismo sustentable (específicamente el del geoturismo), además de que puede ayudar al desarrollo económico de las áreas rurales.

Para Dowling (2013), el geoturismo es un turismo sustentable enfocado principalmente en características geológicas, de una manera que fomenta el entendimiento ambiental y cultural, además de la apreciación y conservación que son un beneficio local. El producto del geoturismo es proteger, comunicar y promover el patrimonio geológico, ayuda a construir comunidades y trabajos con un amplio rango para diferentes personas.

La definición que da la *National Geographic Society* (2005) dice que el geoturismo es el que sostiene o mantiene el carácter geográfico de un lugar (tales como el ambiente, cultura, esteticismo, patrimonio y el buen comienzo de sus residentes). Además el geoturismo se enfoca en un todo y no solo en el ambiente, también presta atención en la diversidad cultural, histórica y escénica.

El geoturismo anima a los residentes y a los visitantes, preferentemente a estar envueltos en el tema a solo permanecer como espectadores. También incentiva a construir la sensación de identidad y orgullo nacional, destacando que es auténtico y único.

A partir de las discusiones que se han realizado respecto a saber cuál es el concepto de geoturismo, se celebró en el Arouca Geopark (Portugal), del 9 al 13 de noviembre de 2011,

el Congreso Internacional de Geoturismo, o también conocido con la denominación “*Geotourism in Action–Arouca 2011*”.

El Comité Organizador, de acuerdo con los principios establecidos por el *Center for Sustainable Destinations–National Geographic Society*, presenta la “*Declaración de Arouca*” que establece, entre otras cosas, lo siguiente:

1. Se identifica la necesidad de aclarar el concepto de geoturismo. Así, entendemos que debe ser definido como un turismo que sustenta y mejora la identidad de un territorio, considerando su geología, medio ambiente, cultura, valores estéticos, patrimonio y bienestar de sus residentes. Así entonces, el turismo geológico se asume como uno de los diversos componentes del geoturismo.
2. El turismo geológico es una herramienta fundamental para la conservación, la divulgación y la valorización del pasado de la Tierra y de la vida, incluyendo su dinámica y sus mecanismos, permitiendo al visitante entender un pasado de 4,600 millones de años, para analizar el presente con otra perspectiva y proyectar los posibles escenarios futuros comunes para la Tierra y la humanidad.
3. La valorización del patrimonio geológico debe intentar ser innovadora y privilegiar la utilización preferente de las nuevas tecnologías, de la información para mejorar el contenido transmitido hasta ahora por los paneles clásicos de información.
4. Frecuentemente las experiencias de valorización de la información sobre el patrimonio geológico no son inteligibles para el público en general. Normalmente nos encontramos con auténticos tratados científicos que, al utilizar un lenguaje altamente especializado, generan la incompreensión de los visitantes y limitan el impacto turístico. Ante tales circunstancias, resultaría idóneo que el formato de la información fuera accesible e inteligible para el público en general, centrado su contenido en unos pocos conceptos básicos y presentado de una manera clara, como resultado de la colaboración de científicos, comunicadores y diseñadores.

5. Ante las circunstancias planteadas, principalmente en el numeral antecedente, resulta indicado recordar los principios básicos de interpretación, propuestos en 1957, por Freeman Tilden, ya que al aplicarse al campo del patrimonio geológico, nos ayudarían a comprender los siguientes aspectos:

- Resulta estéril cualquier valorización del patrimonio geológico que no se adecue, de un modo o de otro, a la personalidad o a la experiencia de vida del visitante.
- La información no es interpretación. La interpretación es una revelación basada en la información. Ambos conceptos, son completamente diferentes, pero toda interpretación contiene información.
- Cada punto de interpretación debe provocar y despertar curiosidad, así como emocionar, en lugar de pretender enseñar.

6. Animamos a los territorios a desarrollar el geoturismo, enfocado no solo al medio ambiente y al patrimonio geológico, sino también a los valores culturales, históricos o escénicos. En este sentido, recomendamos que la población local y los visitantes se involucren de un modo eficaz, y no se limiten al simple papel de espectadores, contribuyendo así a construir una identidad local, promoviendo los valores auténticos y únicos del territorio. De este modo, conseguiremos que el territorio y sus habitantes alcancen integridad medioambiental, justicia social y desarrollo económico sostenible. (*Arouca Geopark*, 2011).

1.6 Geoparques

Un geoparque es un territorio que incluye un particular patrimonio geológico, en términos de calidad científica, rareza, apariencia estética o valor educativo. Los geoparques juegan un rol activo en el desarrollo económico de su territorio, por la influencia de sus habitantes. Dentro de los geoparques, está claramente referida la geoconservación, el geoturismo y el desarrollo sustentable. Tiene unos límites perfectamente bien establecidos, dentro de los cuales se pueden llevar a cabo perfectamente las actividades que darán el desarrollo económico de la población y del geoparque (http://www.europeangeoparks.org/?page_id=165).

Un geoparque es un territorio delimitado, parte de un concepto holístico de protección, educación y desarrollo sostenible, basado en sitios geológicos de particular importancia, rareza o estética (“geositios”). Un geoparque alcanza sus metas a través de tres grandes ejes: geoconservación, educación y geoturismo (Mantesso-Neto, *et. al. S/F*).

La máxima expresión de la geoconservación se ve reflejada en los geoparques, los cuales tienen una mayor importancia a partir de la primera red de Geoparques, que nació en Europa en 2000, y a partir de 2004, la UNESCO está promoviendo la conformación de una Red Global de Geoparques (*Global Geoparks Network, GGN*), que para 2014 cuenta con 111 geoparques en 32 países.

1.7 Contexto internacional

Desde hace un par de décadas se ha tenido un especial interés por la promoción de las ciencias de la Tierra, y a su vez, se ha erigido una preocupación y atención mayúscula por la geoconservación, los geólogos, geógrafos y geomorfólogos buscan lograr ambos objetivos basándose en la valoración del ambiente abiótico, dándole auge a la geología y la geomorfología, sin dejar de lado el entrono biótico, el cual funge como una parte complementaria con un carácter de coexistencia.

Los primeros trabajos que se hicieron al respecto tuvieron lugar en Europa, en donde había más grupos de trabajo que podían discutir sobre los inventarios a los que se podría llegar. Los grupos como *ProGeo*, *IUGS* y UNESCO han discutido sobre la elaboración de inventarios interrelacionados a nivel global y nacional, donde estaban incluidos, los sitios de interés geológico y geomorfológico que se desean conservar en las listas de patrimonio mundial.

Algunas de estas listan son las que a continuación se enuncian, a saber: la *Global Indicative List of Geological Sites (GILGES)*, la *IUGS*, el *International Geoscience Programme (IGCP)* y la *International Union for Conservation of Nature (IUCN)*.

En el *Primer Simposio Internacional sobre Protección del Patrimonio Geológico* celebrado en Digne, Francia, en 1991, se redactó una declaración común denominada *Declaración*

Internacional de los Derechos de la Memoria de la Tierra. Dentro del contenido de esta Declaración se pueden destacar los siguientes tópicos:

1. Así como la vida humana es considerada única, ha llegado el tiempo de reconocer la unicidad de la Tierra.
2. La Tierra nos sostiene: estamos atados ella, representa la unión de todos los humanos para toda su vida.
3. La Tierra tiene una edad de cuatro mil quinientos millones de años y es la cuna de la vida. A lo largo de las eras geológicas, ha habido numerosos cambios que han determinado su amplia evolución, que ha conducido a la formación del ambiente en el que vivimos actualmente.
4. Nuestra historia y la de la Tierra son inseparables, su origen y su historia son los nuestros, por lo que su futuro será nuestro futuro.
5. La superficie de la Tierra es nuestro ambiente, éste es distinto no sólo de aquel que hubo en el pasado, sino también del futuro. Ahora somos compañeros de la Tierra y sus guardianes momentáneos.
6. Como un viejo árbol conserva el registro de su vida, la Tierra mantiene la memoria del pasado escrita en sus profundidades y en su superficie, en las rocas y en el paisaje; esta clase de registro puede también ser traducido.
7. Debemos estar atentos a la necesidad de proteger nuestro patrimonio cultural, la "memoria" del género humano. Ha llegado el momento de proteger el patrimonio natural y el ambiente físico, porque el pasado de la Tierra, no es menos importante que el del hombre. Es la hora de aprender a conocer este patrimonio y, por eso, leer este libro del pasado, escrito en las rocas y en el paisaje antes de nuestra llegada.
8. El hombre y la Tierra forman un patrimonio común. Nosotros y los gobiernos somos solamente custodios de esta herencia. Todos los seres humanos deben comprender que el más pequeño ataque a nuestro entorno natural, puede mutilarlo, destruirlo o producirle

daños irreversibles. Toda clase de desarrollo debería respetar la singularidad de esta herencia.

9. Los participantes en el *Primer Congreso Internacional de la Conservación de Nuestro Patrimonio Geológico* que ha visto la participación de más de cien especialistas procedentes de más de treinta países, piden urgentemente a todas las autoridades nacionales e internacionales el pleno apoyo a la necesidad de tutelar el patrimonio de nuestra Tierra, y de protegerlo con todas las medidas legales, financieras y organizativas que pudieran ser necesarias.

A mayor abundamiento, encontramos que, específicamente los objetivos de este grupo son, entre otros los siguientes:

1. Recopilar la lista de lugares de interés geológico, denominados como “globales”.
2. Construir la base de datos de geosites de aquellos lugares y terrenos “clave”.
3. Utilizar el inventario de lugares de interés geológico para promover la causa de la “geoconservación”, y con ello, apoyar las ciencias geológicas en todas sus formas.
4. Apoyar las iniciativas nacionales y regionales cuya intención es realizar inventarios comparativos.
5. Participar y apoyar, encuentros y grupos de trabajo que evalúen los criterios y métodos de selección, o la conservación, de lugares significativos.
6. Evaluar los méritos geológicos de esos lugares en colaboración con especialistas, grupos de investigación, asociaciones, comisiones, subcomisiones, etc.
7. Asesorar a la *IUGS*, y particularmente a la UNESCO, sobre las prioridades para la conservación en el contexto global, incluido el patrimonio mundial.

En 2001, durante la Quinta Conferencia de Geomorfología, la cual se celebró en Tokio, Japón, y cuyos resultados dieron paso a la creación de “*The Working Group on Geomorphosites*”, auspiciado principalmente por la *Association of Geomorphologists (IAG)*. Tal agrupación, propuso el proyecto “geomorphosites” con el objetivo de evaluar los geomorfositos, y cuyo enfoque fundamentalmente se centra en la conservación, la educación y el atractivo turístico.

Los objetivos del grupo son:

- La definición y conceptualización de los geomorfositos.
- Evaluación de los métodos de medición de las características específicas de los geomorfositos.
- Propuesta de una guía de principios para el mapeo.
- Educación y difusión.

1.8 Situación en México

En México no se tiene una gran cantidad de bibliografía especializada encaminada a la geodiversidad, geoconservación, el patrimonio geológico, geositos y geomorfositos. Pero en los últimos años han surgido algunos grupos de trabajo en los cuales se toma en cuenta la importancia de la conservación del patrimonio geológico.

Gaitán (2009) expone que: *“La Universidad Autónoma de Baja California Sur, a través de acciones como los Programas sobre Inventario y Conservación del Patrimonio Geológico y el Museo de Historia Natural, y el Gobierno Municipal de Los Cabos, a través de su Museo de Historia Natural, crearon iniciativas que fortalecen las medidas encaminadas al resguardo y aprovechamiento del patrimonio geológico y paleontológico de BCS, y que deberán complementarse con acciones, tales como la elaboración de leyes federales y estatales apropiadas, el diseño de senderos temáticos interpretativos con su cartografía temática de detalle, la capacitación de personal y la evaluación constante de estas acciones”*.

El Museo de Historia Natural de la Universidad Autónoma de Baja California Sur y el Museo de Historia Nacional de Cabo San Lucas tienen salas destinadas al patrimonio geológico y geomorfológico, contando con fósiles y minerales. De esta manera, está procurando la promoción y conocimiento del patrimonio geológico.

En el estado de Jalisco, la Universidad de Guadalajara, en su Instituto de Medio de Ambiente y Comunidades Humanas, identificó y caracterizó doce sitios merecedores de la categoría de patrimonio geológico, según el inventario de sitios realizado que incluyen, entre otros, el volcán de Fuego, volcán Nevado, cerro de Tequila y cerro Alto, los lagos de Chapala y

Sayula, y el cañón del río Grande, a los cuales se integra una riqueza cultural, desde tiempos prehispánicos hasta el presente (*La Gaceta*, 2006).

Cortés (2009) plantea una lista y rutas adaptadas que reflejen la riqueza cultural de la Reserva de la Biosfera de Zapotitlán de las Salinas-El Encinal (ZSE), con el fin de prevenir y minimizar la degradación del paisaje, y promover los planes de educación ambiental, programas de geoconservación y la actividad turística responsable.

Otros trabajos realizados con la perspectiva de los sitios de geositios, han sido llevados a cabo en zonas mineras; las áreas estudiadas corresponden a la región de Huetamo, en los estados de Michoacán y Guanajuato, localidades con tradición minera desde tiempos prehispánicos.

Así, Uribe (2007) se refiere a la región minera de Huetamo, y la importancia que representa para contribuir al desarrollo sustentable, a partir de considerarlas como un elemento para la promoción de las ciencias de la Tierra y como ámbitos del patrimonio cultural, laboratorios *in situ*, útiles para generar propuestas, modelos y programas que tengan que ver con la protección de la degradación del medio natural y su conservación para aprovechamiento de las generaciones futuras.

Así mismo en el estado de Guanajuato, Puy, *et al.* (2010) consideran a los geositios como una alternativa para la conservación y promoción del patrimonio geológico del Área Natural Protegida El Orito, dadas sus características "*litológicas, estructurales, geomorfológicas, mineras y de recursos naturales que merecen ser conocidas por su valor patrimonial*".

Últimamente el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México, ha incorporado a sus investigaciones los geoparques, geositios y geomorfositos.

Entre los temas más destacados que dicha institución ha desarrollado se encuentran, el manejo de geomorfositos susceptibles de peligros naturales (Alcántara, 2007 y 2009), la evaluación del potencial geocientífico de áreas susceptibles de ser propuestas como geoparques ante organismos internacionales (Garrido, 2004; Garrido, *e. al.*, 2007; INE, 2004 ; Palacio, 2014; Palacio y Gomez-Aguado, 2014 y Palacio *et al.*, 2015), además de la

caracterización, evaluación y promoción del turismo en áreas volcánicas, tanto en México como en Centroamérica, con la participación de geomorfólogos y geógrafos económicos (Palacio, 2013).

CAPÍTULO 2

CUENCA DE ORIENTAL

2. Contexto geográfico general

.1 Ubicación

La Cuenca de Oriental cuenta con una extensión de 4,950 km², se localiza entre los paralelos 18° 55' y los 19° 40' de latitud norte y los meridianos 97° 10' y los 97° 40' de longitud oeste (Figura 1), en los estados de Puebla, Veracruz y Tlaxcala. Sus límites físicos son las elevaciones máximas de la cuenca, tales como el volcán de la Malinche al suroeste; la sierra norte de Puebla al noroeste, el volcán Cofre de Perote al noreste y el volcán Pico de Orizaba al sureste.

Se trata de una cuenca endorreica localizada en el sureste del Altiplano mexicano y está situada entre el llamado Eje Neovolcánico y la Sierra Madre Oriental.

La altitud promedio de la Cuenca de Oriental es de 2,320 msnm; las elevaciones más importantes corresponden a Las Derrumbadas a 3400 msnm, el cerro Pizarro, con 3,100 msnm y los volcanes de la Malinche a 4,420 msnm, el Cofre de Perote a 4,200 msnm y el Pico de Orizaba 5,610 msnm, respectivamente (Figura 2).

Localización de la Cuenca de Oriental

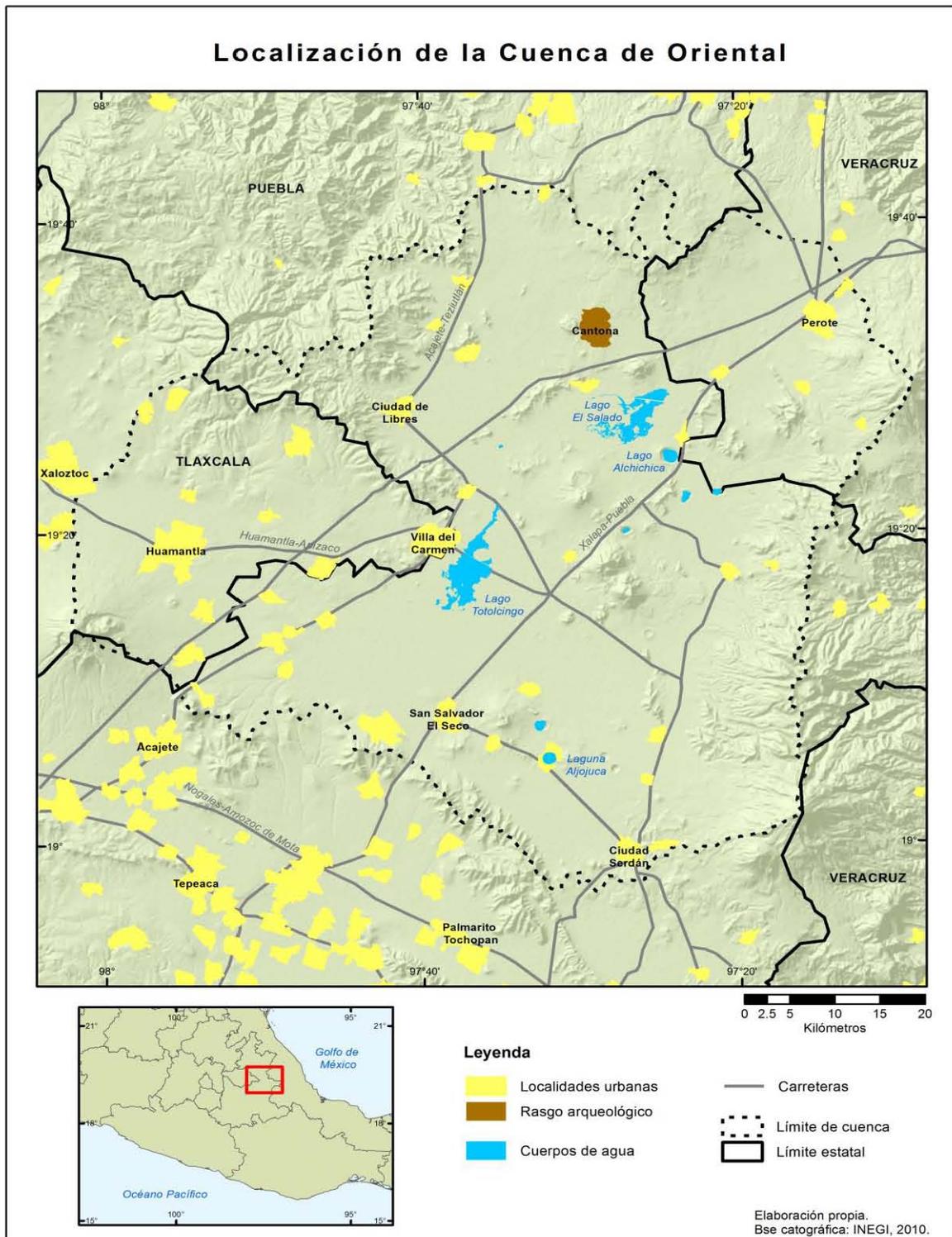


Figura 1. Localización de la Cuenca de Oriental, estados de Puebla, Tlaxcala y Veracruz. Elaboración propia, con base en el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática, 2010.

Altimetría de la Cuenca de Oriental

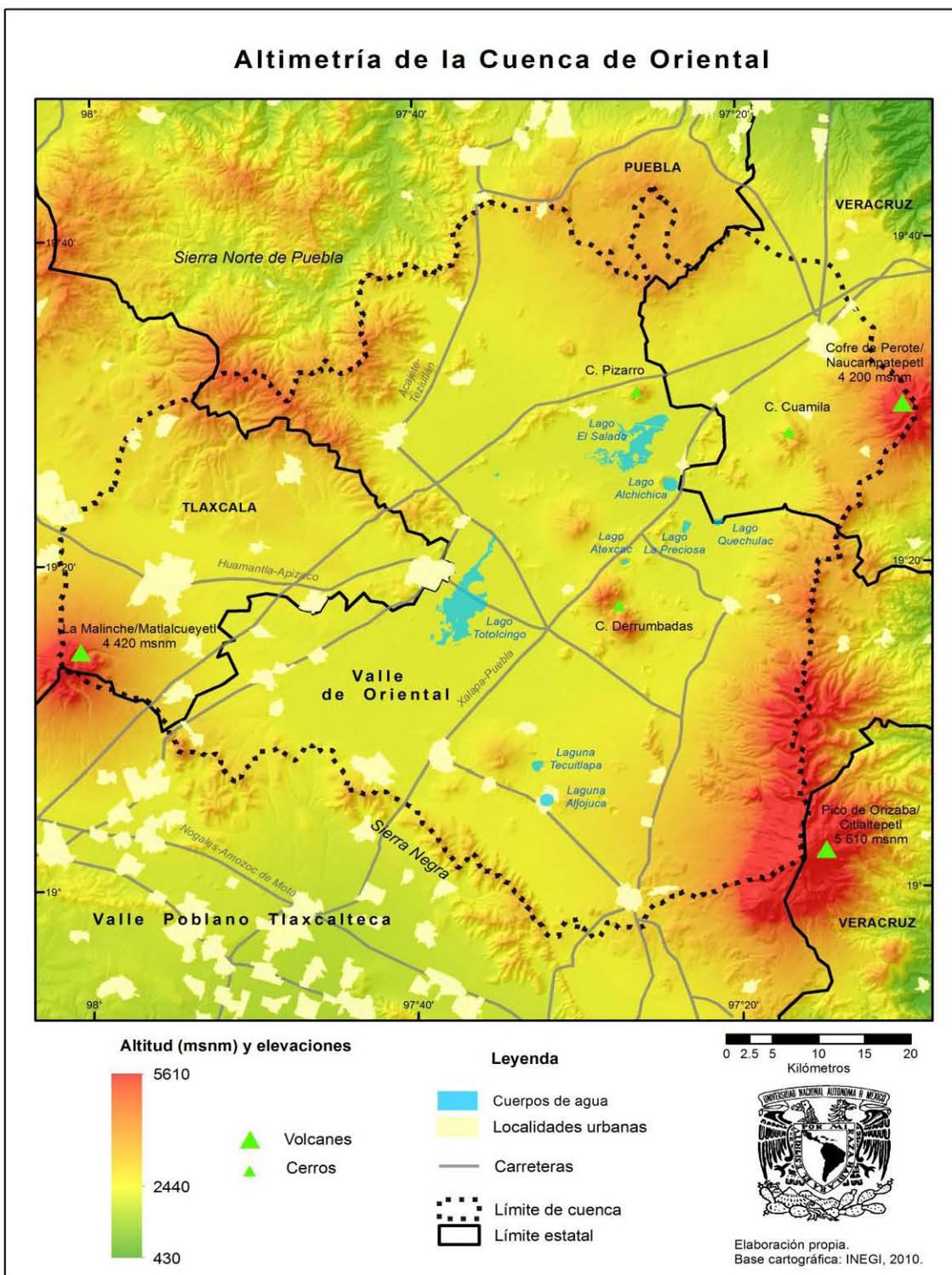


Figura 2. Altimetría de la Cuenca de Oriental. Elaboración propia, con base documentos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 2010.

.2 Climas

Los climas predominantes dentro de la cuenca en cita, son (Figura 3): C (W₁), que es el clima templado con lluvias en verano, es el más seco de los subhúmedos, con una precipitación anual inferior a los 400 mm y una temperatura media mayor a los 10 grados °C; y, BS₁kw, que es semiárido templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18° C, temperatura del mes más caliente menor de 22°C.

Otros climas que también tienen presencia dentro de la Cuenca de Oriental son:

C (W₀), Templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, y la temperatura del mes más caliente es menor de 22°C, subhúmedo, precipitación anual de 200 a 1,800 mm y precipitación en el mes más seco de 0 a 40mm; BS₀kw, seco templado con lluvias en verano. La precipitación total anual va de 100 a 300 mm, y es más abundante en el verano, la temperatura media anual va de 14° a 18° C, el promedio del mes más frío varía de -3° a 18° C, y el del mes más cálido es mayor de 18° C.

Cb' (w₀), templado semifrío, con verano fresco largo, temperatura media anual entre 5°C y 12°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, menos de cuatro meses con temperatura mayor a 10°C, subhúmedo, precipitación anual entre 200 y 1,800 mm y precipitación en el mes más seco de 0 a 40 mm; lluvias de verano del 5 al 10.2% anual, es el clima más seco de los (w).

Cb'(w₁), templado semifrío, con verano fresco largo, temperatura media anual entre 5°C y 12°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, menos de cuatro meses con temperatura mayor a 10°C, subhúmedo, precipitación anual entre 200 y 1,800 mm y precipitación en el mes más seco de 0 a 40 mm; lluvias de verano del 5 al 10.2% anual, es el clima intermedio de los (w).

Cb'(w₂), templado semifrío, con verano fresco largo, temperatura media anual entre 5°C y 12°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, menos de cuatro meses con temperatura mayor a 10°C, subhúmedo, precipitación anual entre 200 y 1,800 mm, y

precipitación en el mes más seco de 0 a 40 mm; lluvias de verano del 5 al 10.2% anual, es el clima más húmedo de los (w).

E(T)CHw, frío, temperatura media anual entre -2°C y 5°C , temperatura del mes más frío sobre 0°C y temperatura del mes más caliente entre 0°C y 6.5°C ; con lluvias de verano.

EFHw, clima muy frío, con una temperatura media anual de menor de -2°C y la del mes más caliente menor de 0°C . (García, 2004).

.3 Edafología

La Cuenca de Oriental presenta una variedad de suelos, entre los cuales se encuentran: Regosoles éútricos, calcáricos y dístricos, Andosoles húmicos y ócricos, Litosoles, solonchak mólico, órtico y takirico, Feosem calcárico, gléyico y háplico, Fluvisol éútrico, Cambisol éútrico, Luvisol órtico, Rendzina, principalmente (Figura 4).

Los Regosoles son suelos desarrollados sobre materiales no excesivamente consolidados y que presentan una escasa evolución, resultado del depósito reciente de roca y arena acarreadas por el agua, suelen localizarse en zonas con fuertes procesos erosivos que provocan un continuo rejuvenecimiento de los suelos. Generalmente el Regosol éútrico es rico o muy rico en nutrientes o bases (Ca, Mg, K y Na), en los primeros 50 centímetros de profundidad. El Regosol calcáreo, se caracteriza por un enriquecimiento secundario de carbonatos, menor de 15%, al menos en alguna zona entre los primeros 50 centímetros de profundidad. El Regosol dístrico presenta una saturación en bases menor del 50 % en alguna parte situada entre 20 y 100 centímetros. (<http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/mapas-historicos-de-suelos-y-bases-de-datos/mapa-mundial-de-suelos-de-faunesco/es/>). Este tipo de suelo ocupa la mayor área dentro de la cuenca y se observa en las diferentes planicies.

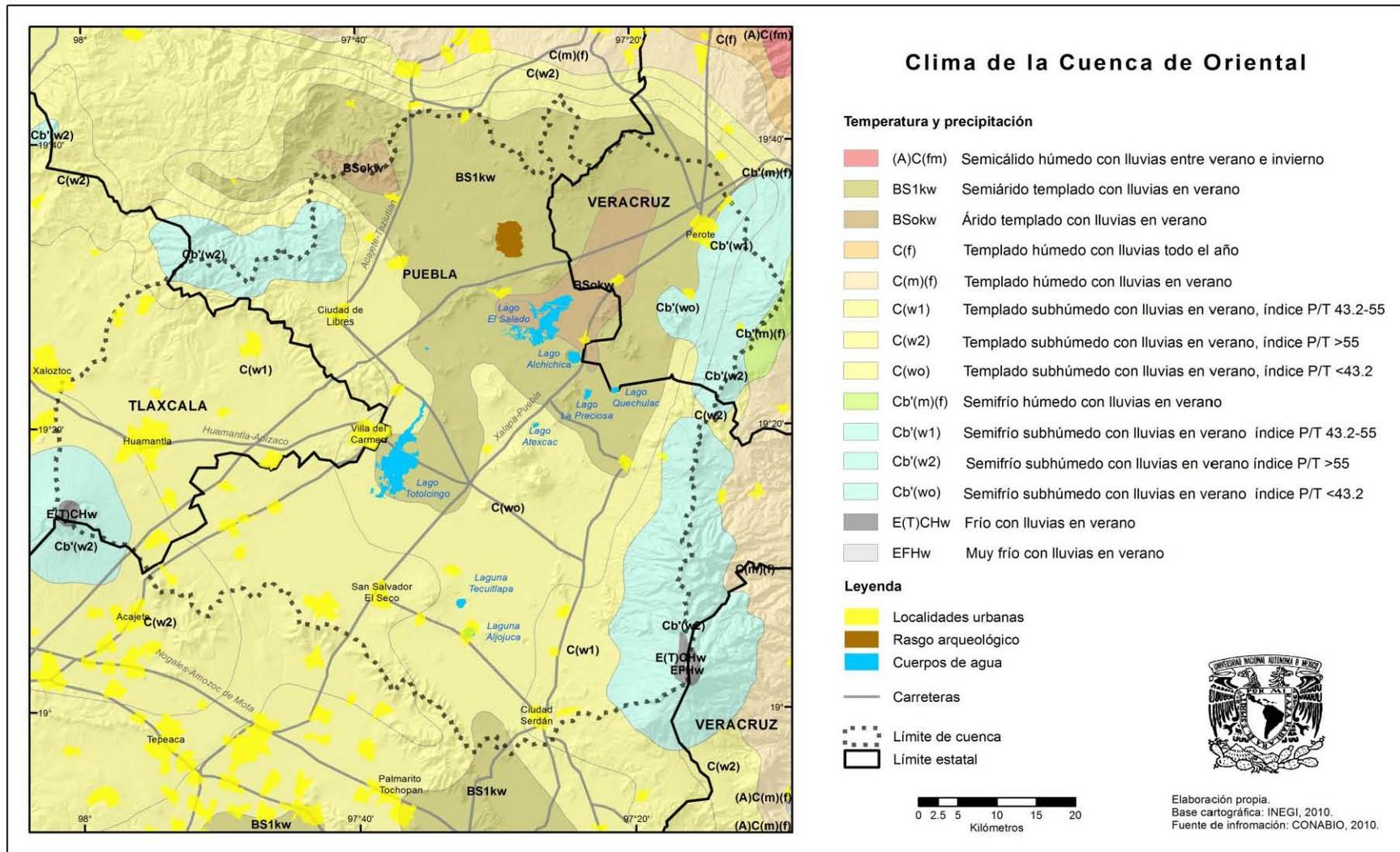


Figura 3. Tipos de clima en la Cuenca de Oriental Elaboración propia, fuente: Conabio, 2010.

Andosoles, son suelos negros de formaciones volcánicas, El material original lo constituyen fundamentalmente, cenizas volcánicas, pero también pueden aparecer sobre tobas, pumitas, lapillis y otros piroclastos. Andosol húmico presenta una capa superficial de color oscuro o negro, rica en materia orgánica, pero muy ácida y pobre en nutrientes. Andosol ócrico estos suelos son derivados de ceniza volcánica, de tono claro en su horizonte superior, atribuible a su pobreza en materia orgánica (Ibid). Los Andosoles se encuentran en las serranías del Citlaltepeltl y en la porción Norte al costado Este de la Caldera de los Humeros

Litsoles, son suelos sin desarrollo, limitados por un estrato duro, continuo y coherente a una profundidad de 10 centímetros o menor (Ibid). Estos suelos se encuentran en los aparatos volcánicos y sus derrames lávicos.

Solonchak, cuyo material original lo constituye, prácticamente, cualquier material no consolidado. Se encuentran en regiones áridas o semiáridas, principalmente en zonas permanentemente o estacionalmente inundadas. En áreas deprimidas con un manto freático somero, la acumulación de sales es más fuerte en la superficie del suelo, *solonchaks* externos. Cuando el manto freático es más profundo, la acumulación salina se produce en zonas subsuperficiales del perfil, *solonchaks* internos. El *solonchak* se ubica en la zona de los lagos de inundación de Totolcingo y El Salado.

Por su parte, el *solonchak* mólico cuenta con una capa superficial oscura, gruesa, rica en nutrientes y con buen contenido de materia orgánica.

A su vez, el *solonchak* órtico cuenta con una capa superficial clara y pobre en materia orgánica y nutrientes.

El *solonchak* takírlico es de una textura arcillosa y con grietas en la superficie cuando el suelo está seco (INEGI, 1998).

Edafología de la Cuenca de Oriental

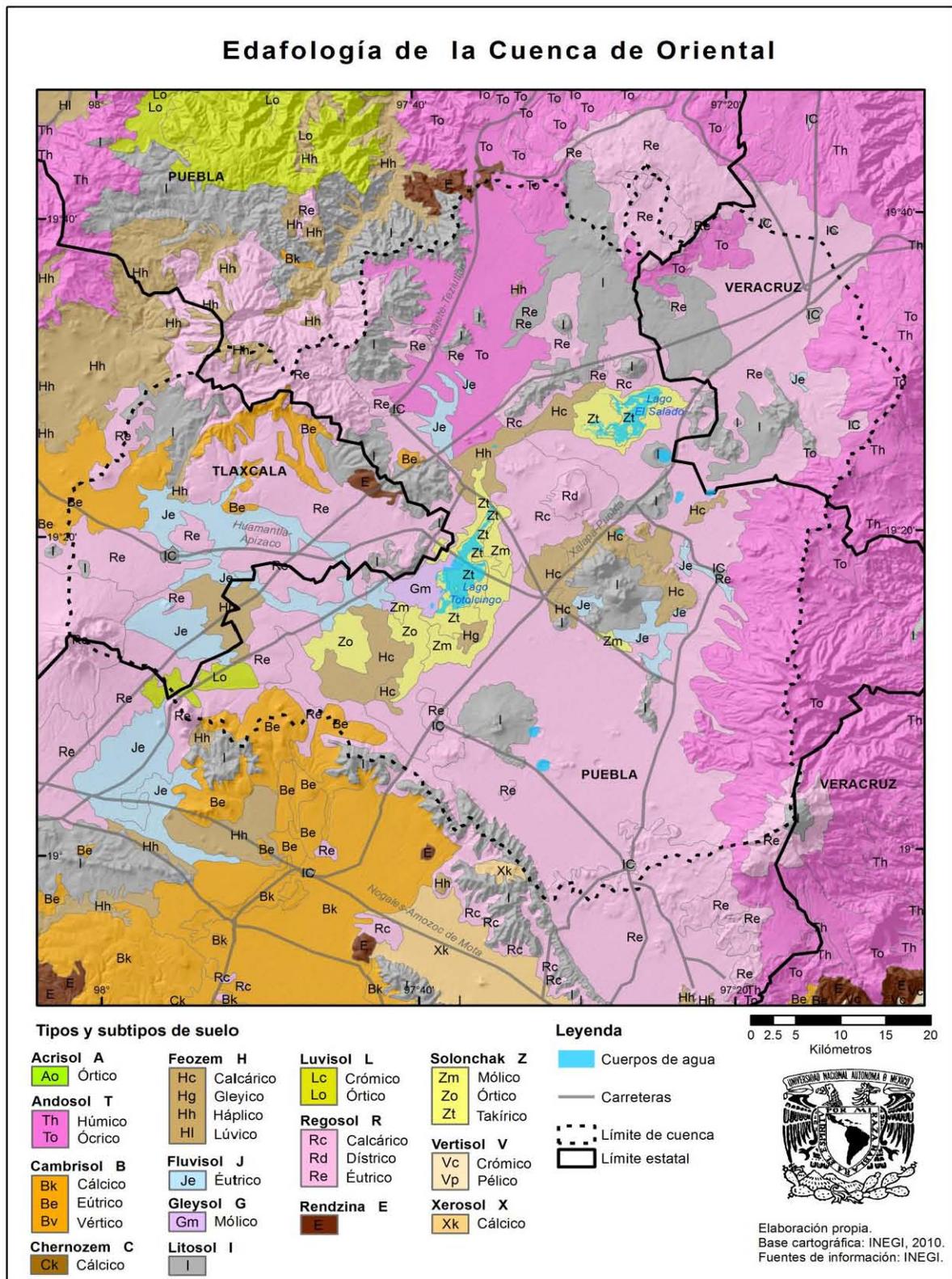


Figura 4. Tipos de suelos en la Cuenca de Oriental. Elaboración propia, fuente: INEGI, 2010.

.4 Uso de suelo y vegetación

La Cuenca de Oriental se ubica en dos provincias florísticas: las Serranías Meridionales y la Altiplanicie. A su vez, dentro de la provincia Serranías Meridionales se encuentran el Eje Neovolcánico, la Sierra Madre del Sur y el complejo montañoso del norte de Oaxaca, estas incluyen las elevaciones más altas de México, donde predominan los bosques de pino, encino y oyamel (Alcocer, S/F). Tengamos presente que la citada cuenca está ubicada en las áreas de mayor altitud del país.

Dentro de la provincia de la Altiplanicie, la vegetación predominante consiste en matorrales xerófitos (Figura 5).

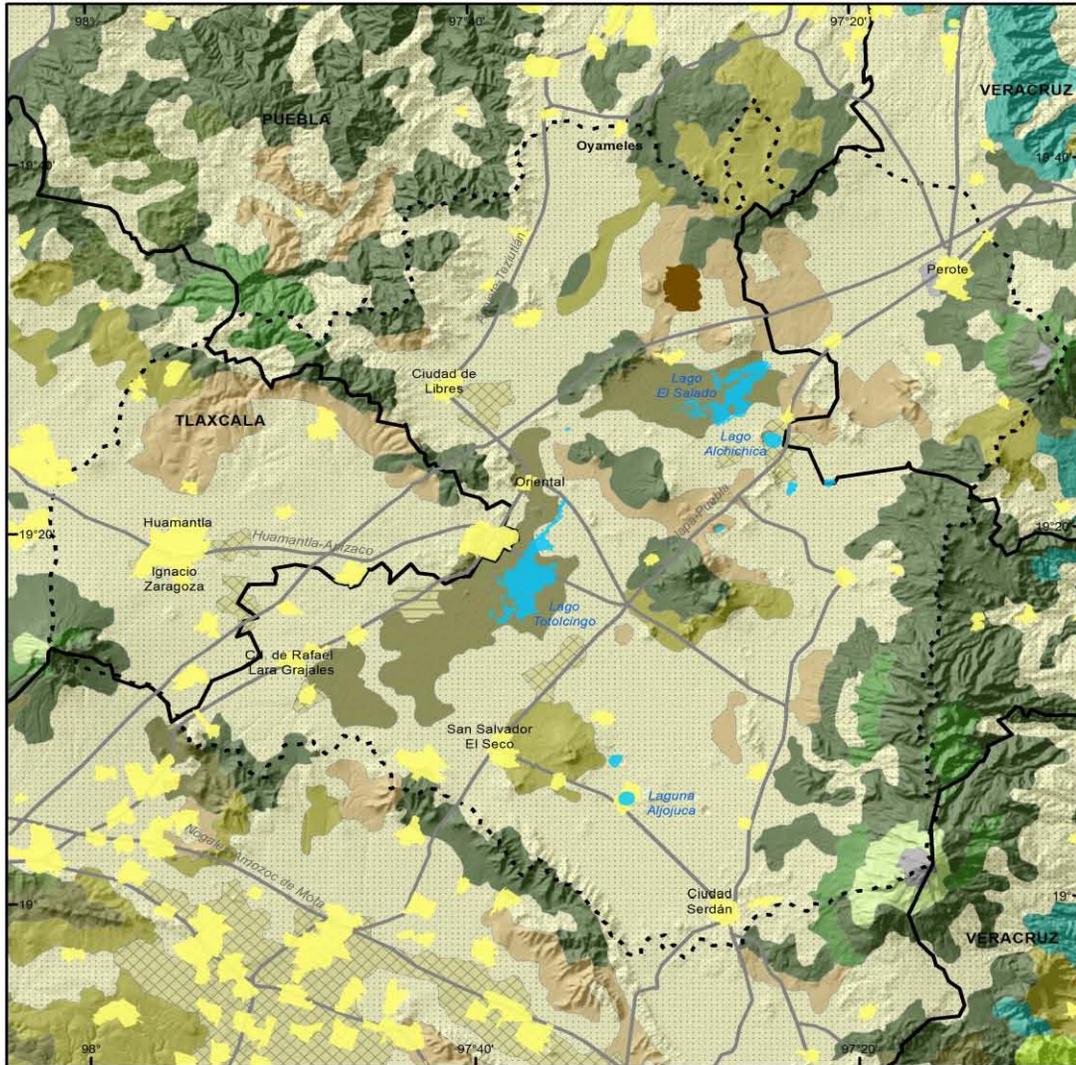
La Cuenca de Oriental presenta elementos florísticos de ambas provincias, sin embargo, en la mayor parte de dicha región (en un 65%), la vegetación nativa ha sido sustituida por la agricultura, tanto de temporal (en un 61%) con cultivos anuales y permanentes, como de riego (2%), así como por pastizales inducidos para uso ganadero (en un 5.5%). El principal cultivo es la alfalfa, aunque también hay cebada, sorgo, haba, maíz, papa y trigo. Dentro de la agricultura de riego se cultivan cebada, avena, alfalfa, haba, cacahuate, frijol y maíz. De la vegetación nativa aún existente, los principales tipos de vegetación que se encuentran son bosques de oyamel, de pino, de pino-encino y de encino-pino, matorral desértico rosetófilo con izotal, pastizal halófito y pradera de alta montaña. (Ibid)

Los bosques mencionados ocupan un total de 14.5% del territorio total de la cuenca referida, con 8.8% de pino, 1.9% de pino-encino y 1.4% de oyamel; el resto ocupa porcentajes menores. El matorral desértico rosetófilo ocupa 7.5% del total de la cuenca, el pastizal halófito 6.2% y la pradera de alta montaña 0.4%. (Ibid)

Solo una pequeña parte dentro de la cuenca se encuentra sin vegetación aparente, localizada en las cimas del Pico de Orizaba y el Cofre de Perote.

En la parte más sur-oriental se encuentra vegetación propia de la selva que indica los cambios de clima y altitud al pasar las elevaciones más altas.

Uso de suelo y vegetación de la Cuenca de Oriental



Uso de suelo y tipos de vegetación

	Agricultura de Humedad		Bosque de Tascate
	Agricultura de Riego		Matorral Desertico Rosetofilo
	Agricultura de Temporal		Pastizal Cultivado
	Areas sin Vegetacion Aparente		Pradera de Alta Montana
	Bosque Mesofilo de Montana		Selva Alta Perennifolia
	Bosque de Encino		Selva Baja Caducifolia
	Bosque de Oyamel		Vegetacion Halofila
	Bosque de Pino		Localidades urbanas

Leyenda

	Cuerpos de agua
	Rasgo arqueológico
	Carreteras
	Límite de cuenca
	Límite estatal

0 2 4 8 12 16 Kilómetros



Elaboración propia.
Base cartográfica: INEGI, 2010.
Fuente de información: INEGI, 2010.

Figura 5. Usos de suelo y vegetación en la Cuenca de Oriental. Elaboración propia, fuente; INEGI, 2010.

.5 Aspectos sociales

En la tabla 1, se muestran todos los municipios que están dentro la Cuenca de Oriental, así como la población del año 2000 y 2010 con el porcentaje de su crecimiento manifestado en ese decenio.

Para la mayor parte de los municipios, el crecimiento es positivo, siendo que en Puebla se encuentran los municipios con el mayor crecimiento de la Cuenca de Oriental, y son los siguientes: Chignautla, con 40.25% y Nopalucan, con 43.39%. Los municipios que cuentan con un decremento también se encuentran en Puebla, y son: Aljojuca, con -5.19%, Ixtacamaxtitlán, -10.69%, La fragua, -15.64%, Ocoatepec, en -2.43% y Rafael Lara Grajales, en -4.84%.

Entidad	Municipio	2000			2010			Crecimiento de la Población		
		Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
Puebla	Acajete	49462	23667	25795	60353	29225	31128	22.02%	23.48%	20.67%
	Aljojuca	6632	3094	3538	6288	2934	3354	-5.19%	-5.17%	-5.20%
	Cuyoaco	14434	7053	7381	15367	7412	7955	6.46%	5.09%	7.78%
	Chalchicomula de Sesma	38711	18745	19966	43882	21092	22790	13.36%	12.52%	14.14%
	Chignautla	21571	10644	10927	30254	14669	15585	40.25%	37.81%	42.63%
	General Felipe Ángeles	15105	6968	8137	19040	9125	9915	26.05%	30.96%	21.85%
	Guadalupe Victoria	14833	7130	7703	16551	8006	8545	11.58%	12.29%	10.93%
	Ixtacamaxtitlán	28358	14253	14105	25326	12524	12802	-10.69%	-12.13%	-9.24%
	La fragua	9207	4626	4581	7767	3806	3961	-15.64%	-17.73%	-13.53%
	Libres	25719	12540	13179	31532	15224	16308	22.60%	21.40%	23.74%
	Mazapiltepec de Juárez	2396	1176	1220	2633	1303	1330	9.89%	10.80%	9.02%
	Nopalucan	19033	9407	9626	27292	13259	14033	43.39%	40.95%	45.78%
	Ocoatepec	4945	2396	2549	4825	2329	2496	-2.43%	-2.80%	-2.08%
	Oriental	13769	6665	7104	16575	8009	8566	20.38%	20.17%	20.58%
	Quecholac	38649	18847	19802	47281	23041	24240	22.33%	22.25%	22.41%
	Rafael Lara Grajales	14766	7104	7662	14052	6679	7373	-4.84%	-5.98%	-3.77%
	San José Chiapa	6744	3339	3405	8087	3966	4121	19.91%	18.78%	21.03%
San Juan Atenco	3708	1756	1952	3416	1582	1834	-7.87%	-9.91%	-6.05%	

	San Nicolás Buenos Aires	8334	4102	4232	9185	4471	4714	10.21%	9.00%	11.39%
	San Salvador el Seco	23342	11415	11927	27622	13391	14231	18.34%	17.31%	19.32%
	Soltepec	11068	5440	5628	11706	5702	6004	5.76%	4.82%	6.68%
	Tepeyahualco	15268	7591	7677	16390	8087	8303	7.35%	6.53%	8.15%
	Tlachichuca	25674	12715	12959	28568	13950	14618	11.27%	9.71%	12.80%
	Tlatlauquitepec	47106	22775	24331	51495	24722	26773	9.32%	8.55%	10.04%
	Xiutetelco	30426	14919	15507	37910	18326	19584	24.60%	22.84%	26.29%
Tlaxcala	Atltzayanca	13122	6599	6523	15935	7904	8031	21.44%	19.78%	23.12%
	El Carmen Tequexquitla	12412	6139	6273	15368	7527	7841	23.82%	22.61%	25.00%
	Cuapiaxtla	10964	5480	5484	13671	6801	6870	24.69%	24.11%	25.27%
	Huamantla	66561	32492	34069	84979	41296	43683	27.67%	27.10%	28.22%
	Ixtenco	5840	2798	3042	6791	3245	3546	16.28%	15.98%	16.57%
	Terrenate	11226	5663	5563	13775	6838	6937	22.71%	20.75%	24.70%
	Tocatlán	4735	2311	2424	5589	2756	2833	18.04%	19.26%	16.87%
	Ziltlaltépec de Trinidad Sánchez Santos	7959	3834	4125	8224	3935	4289	3.33%	2.63%	3.98%
	San José Teacalco	4587	2204	2383	5660	2744	2916	23.39%	24.50%	22.37%
Veracruz de Ignacio de la Llave	Ayahualulco	20230	10130	10100	25456	12693	12763	25.83%	25.30%	26.37%
	Jalacingo	33399	16649	16750	40747	19969	20778	22.00%	19.94%	24.05%
	Perote	54365	26923	27442	68982	34642	34340	26.89%	28.67%	25.14%

Tabla 1. Elaboración propia, fuente: Sistema Estatal y Municipal de Bases de Datos (SIMBAD), INEGI.

Distribución de la población en la Cuenca de Oriental

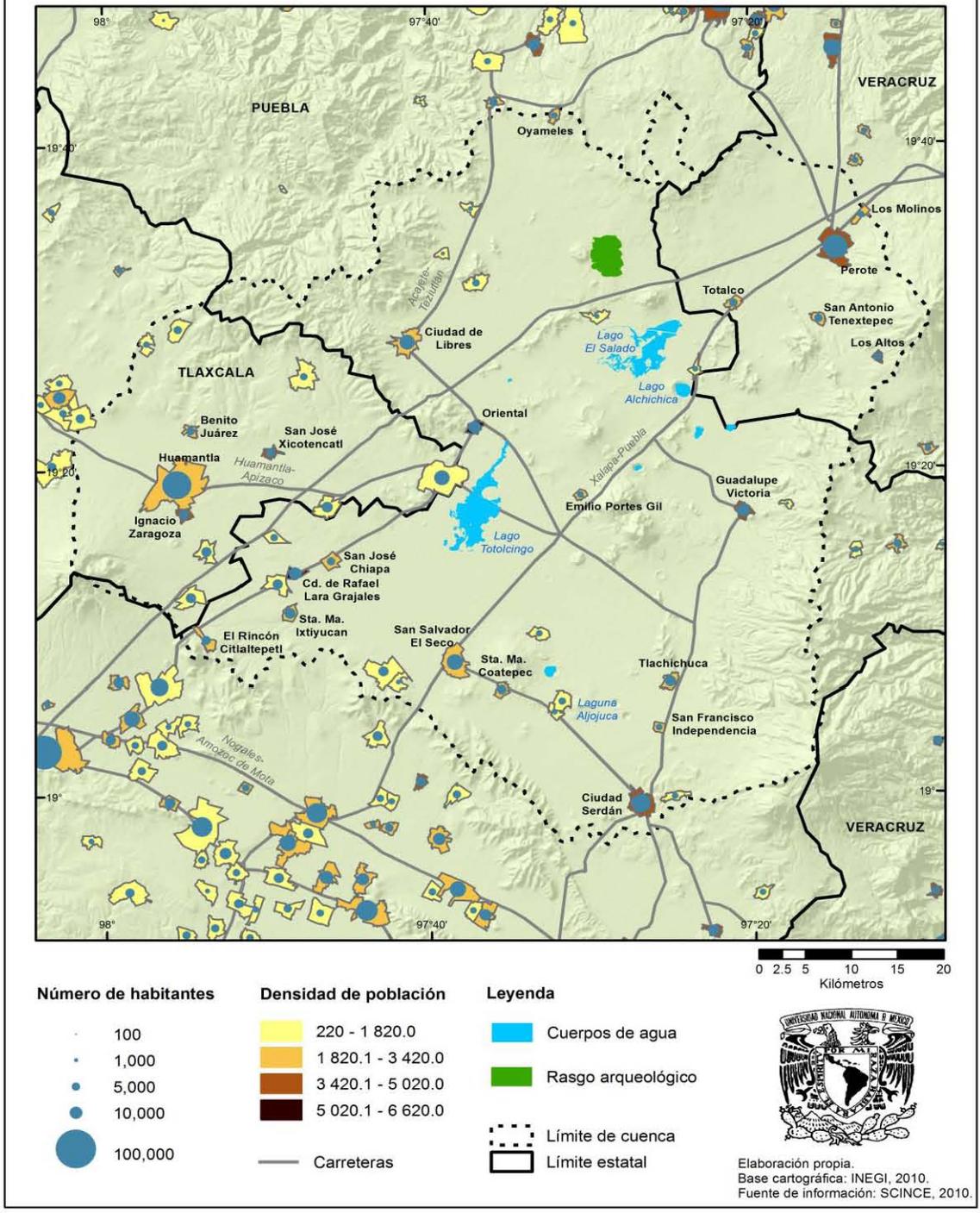


Figura 6. Distribución de la población en la Cuenca de Oriental. Fuente de información SCINCE, 2010. Elaboración propia.

.6 Contexto geológico y geomorfológico

El área de estudio que comprende la Cuenca de Oriental; está totalmente situada sobre la provincia fisiográfica del Eje Volcánico Transversal (Figura 7), donde predominan los materiales volcánicos. Principalmente se encuentran rocas de tipo ácido (andesitas y traquitas).

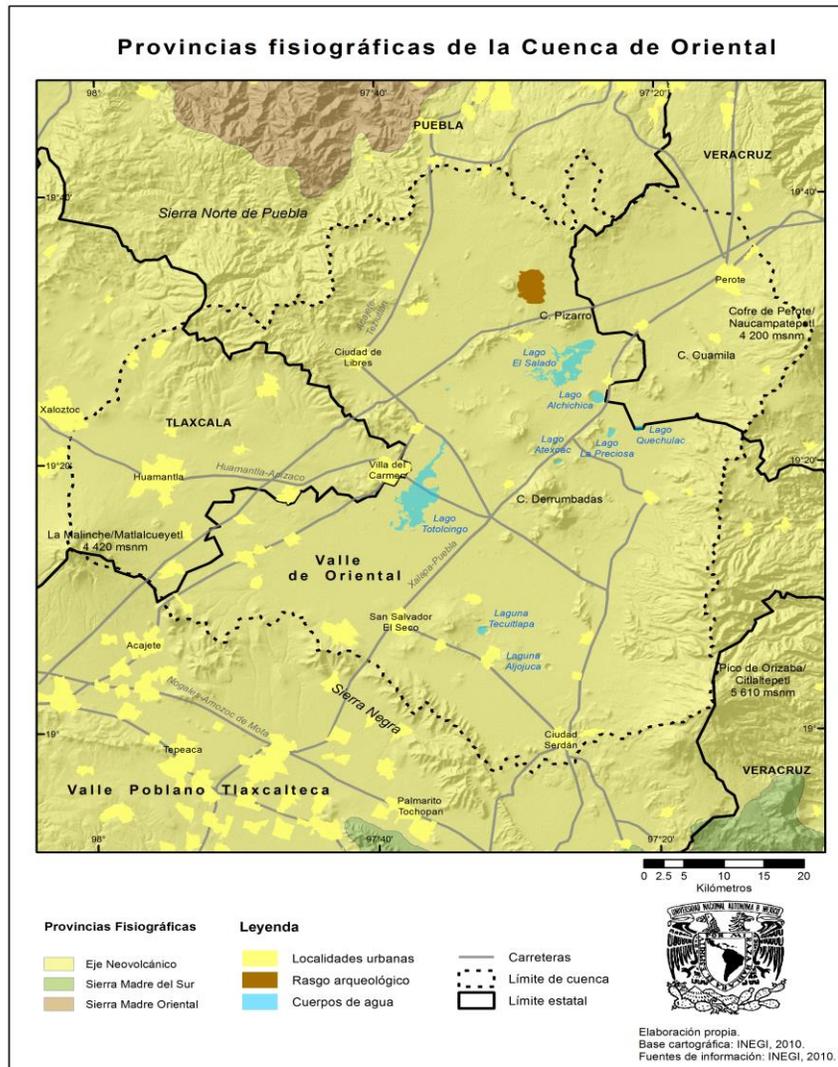


Figura 7. Provincias fisiográficas de la Cuenca de Oriental. Elaboración propia, fuente: INEGI, 2010.

2.7 Marco geológico

Como se mencionó, la Cuenca de Oriental se ubica en su totalidad en la provincia del Eje Neovolcánico Transversal, su litología predominantemente está constituida por materiales ígneos de edades cenozoicas, aunque existen también afloramientos de rocas sedimentarias mesozoicas. A continuación, se refieren las principales unidades presentes en la cuenca (Figura 8).

2.7.1 Mesozoico

A esta Era corresponden todas las rocas sedimentarias plegadas que afloran en el área, mismas que se depositaron en ambientes marinos, por lo que la mayoría de las rocas son de composición carbonatada en los niveles inferiores (Gasca, 1981).

De acuerdo con este autor, se identifican las siguientes formaciones:

- ***Cretácico Inferior.*** Formación Tamaulipas Inferior: calizas densas de color gris claro, bien estratificadas en capas de 0.20 a 1 metro de espesor. Entre los sedimentos se han encontrado algunos amonites del Aptiano Superior. El espesor total de la formación varía entre los 50 y 200 metros.
- ***Cretácico Medio.*** Formación Tamaulipas Superior: calizas densas y compactas en capas de 0.20 a 1 metro de espesor, con colores de gris a gris crema. El espesor de la formación es variable; se estima entre los 40 y 300 metros. Formación Orizaba. Compuesta por caliza de colores gris claro y oscuro.
- ***Cretácico Superior.*** Formación Agua Nueva, integrada por calizas estratificadas en capas de 20 a 50 centímetros, de colores gris y café, en la base hay una serie de calizas negras bien estratificadas en capas gruesas. El espesor llega a medir hasta 140 metros. Formación San Felipe. Calizas de color gris claro. Esta formación se encuentra sobre la Agua Nueva, y cuando ésta no está presente se encuentra sobre la formación Tamaulipas. Su espesor va de los 50 a 200 metros. Formación Méndez. Corresponde a una serie de margas ligeramente arenosas en parte de colores gris-azul, con algunas intercalaciones delgadas de calizas margosas. Cerca de la cima se encuentran

intercalaciones de lutitas arenosas muy compactas. El espesor varía entre 120 y 300 metros.

2.7.2 Cenozoico

2.7.3 Sistema terciario

Poco se conoce sobre las eras del Paleoceno y del Eoceno dentro de la Cuenca de Oriental. Las unidades que integran estos periodos son (Gasca, 1981):

- **Oligoceno-Mioceno (Paleógeno)**

Actividad volcánica riolítica. Corresponden a las rocas volcánicas lávicas postorogénicas más antiguas, que sobreyacen a las calizas del cretácico. También se presentan manifestaciones volcánicas piroclásticas más jóvenes de la misma composición, por lo que se considera que se han manifestado varias fases eruptivas de composición ácida a través del tiempo. Las rocas son compactas merocristalinas de coloraciones que varían de gris a rosado claro, y algunas muy intemperizadas son amarillentas; contienen cuarzo, microclina, vidrio ácido, biotita y hornblenda verde. En ocasiones se presentan como derrames y cenizas ignimbríticas interestratificadas con vetas irregulares de obsidiana gris y verde oscuro, con dimensiones de hasta 3 metros de espesor.

A esta actividad riolítica pertenecen los afloramientos asentados en: Las Derrumbadas, el cerro Pizarro y la Sierra Blanca.

- **Mioceno-Plioceno (Neógeno)**

Formaciones andesíticas. Representadas principalmente en rocas compactas microvesiculares porfídicas con fenocristales de andesina y oligoclasa, cuarzo y trazas de microclina y hornblenda predominando sobre los piroxenos. Presentan una coloración gris clara a oscura, y algunas veces es de color pardo claro y rojizo.

El mayor porcentaje volumétrico de las rocas de la Cuenca de Oriental, corresponden a la familia de las andesitas; éstas se encuentran ampliamente distribuidas, formando algunas de las sierras y los tres picos más altos del lugar (La Malinche, El Pico de Orizaba y El Cofre de Perote) que configuran el límite de la Cuenca.

2.7.4 Sistema Cuaternario

Durante el periodo Cuaternario predominan los materiales de origen volcánico, incluyéndose los siguientes (Gasca, 1981):

- **Plioceno-Pleistoceno**

En este periodo se desarrolla la Ignimbrita Xaltipan, conformada por los derrames que se encuentran alrededor de los de la caldera de los Humeros. La coloración de la Ignimbrita va desde el rosa claro hasta otros con matices que oscilan entre el gris-azul y pardo oscuro; su origen se deriva del movimiento de decenas de kilómetros de una serie de nubes ardientes, la cantidad de nubes dependían del clima y las condiciones topográficas, por lo que tanto el viento como las pendientes auxiliaron el desplazamiento de estas.

- **Pleistoceno**

La denominación Tobas se le designa a todos los sedimentos piroclásticos de composición variable que peneplanizan la Cuenca de Oriental, los cuales se encuentran en su mayoría en una etapa de intemperismo avanzado; pocos lugares del país, se encuentran con cortes que presentan pómez y cenizas volcánicas sin meteorización.

Es de destacar que en este periodo se produjo el vulcanismo básico en casi toda la Cuenca de Oriental, dentro de este vulcanismo se encuentran estratovolcanes, conos de explosión o maars, que son volcanes con derrames asociados de basaltos de olivino y abundantes conos de escoria. Los sedimentos lacustres son localizados en las planicies de Tepeyahualco y Totolcingo, estos contienen materiales volcánicos que se depositaron en un cuerpo acuoso, donde se encuentran arenas y limos, principalmente.

Las capas superiores están compuestas por capas de piroclastos, que se encuentran depositados en los cuerpos lacustres y sales de evaporación.

Los depósitos de aluvión, eólicos y lacustres, se encuentran ubicados en las planicies, y algunas han sido acarreadas hasta las zonas lacustres de Tepeyahualco y Totolcingo (Ibid).

2.8 Unidades geomorfológicas

La Cuenca de Oriental puede ser dividida en planicies de nivel de base, derrames volcánicos, domos volcánicos, *maars*, estructuras volcánicas mayores y sus piedemontes, montañas plegadas y bloque Huamantla (basado en el trabajo de Moya, 1987 (Figura 10)).

- Planicies de nivel de base

La mayor parte de la Cuenca de Oriental se encuentra dominada por planicies que se pueden dividir de acuerdo con su origen. Las planicies que se presentan dentro de la citada cuenca son de origen aluvial, planicies con piroclastos, planicies de origen lacustre, planicies de origen de transición volcánico-lacustre y planicie asociada a movimientos tectónicos; las cuales se detallan a continuación:

a) *Las planicies de origen aluvial* generalmente se encuentran asociadas al piedemonte de la Sierra de Citlaltepétl, del Pico de Orizaba y del Cofre de Perote. Estas planicies tuvieron su origen cuando las corrientes fluviales perdieron su camino con las planicies lacustres, conformando una planicie de rellenamiento aluvial y haciendo que el nivel de base evitara el crecimiento del piedemonte. La planicie se sigue rellenando cuando recibe los escurrimientos que vienen de las sierras y pasan sin infiltrarse completamente en el piedemonte. Mayormente los materiales aluviales recibidos son pómez, toba y piroclastos finos.

b) *Planicies con piroclastos*, en estas planicies se presentan piroclastos de diferente composición, provenientes principalmente de la caldera de los humeros. En general, se presenta en la capa superior pómez muy intemperizado, mezclado con cenizas de diferente composición.

Tabla 2. Secuencia estratigráfica de los eventos geológicos de la Cuenca de Oriental de acuerdo con Gasca, 1981.

Edad	Sistema	Pisos	Eventos y Formaciones				
Cenozoico	Cuaternario	Reciente	Actividad volcánica basáltica, derrames y conos cineríticos	Depósitos aluviales y coluviales fluviales. <i>Maars</i>	Depósitos lacustres	Tobas de composición variable de intermedia a ácida	
		Pleistoceno					
	Terciario	Neógeno	Plioceno	Formaciones andesíticas			
			Mioceno	Actividad volcánica riolítica			
		Paleógeno	Oligoceno				
			Eoceno				
			Paleoceno				
		Mesozoico	Cretácico	Superior	F. Méndez		
	F. Agua Nueva/F. Sn Felipe						
	Medio			F. Tamaulipas Sup/F. Orizaba			
Inferior	Formación Tamaulipas Inf						

c) *Planicies de origen lacustre*, las cuales corresponden a zonas que aun presentan inundación temporal en la época de lluvias, aunque solo forman encharcamientos. En la época seca del año presentan una gran cantidad de sales evaporíticas. Los escurrimientos ocasionales vienen de los aparatos volcánicos, alimentando a los lagos el salado y Totolcingo.

d) *Planicies de origen de transición volcánico-lacustre*, las que se caracterizan por el contacto de los piroclastos acarreados con las planicies de inundación.

e) *Planicie asociada a movimientos tectónicos*, que corresponde a un bloque tectónico hundido con respecto al bloque levantado de Huamantla; se originaron como respuesta a un movimiento tectónico de levantamiento.

- Derrames lávicos

Son principalmente de composición basáltica y de andesitas basálticas.

Para los derrames de la caldera de los Humeros, Ferriz (1985) definió los tres flujos más importantes que en dicho lugar se manifiestan, y que fluyeron hacia la Cuenca de Oriental, y que son: Tenextepac, Tepeyahualco y El Limón. Estos flujos consisten en basaltos escoriáceos, andesitas y dacitas. Se presentan con una morfología de malpaís.

Por otra parte, encontramos que el derrame de la Gloria, proviene del volcán Tecajete. Este fluyó hacia la planicie de nivel de base en direcciones suroeste y noroeste. Tiene una composición basáltica.

A su vez, el derrame Las Derrumbadas se localiza al oriente de los domos del mismo nombre; tiene una composición basáltica y proviene de un derrame fisural, que corresponde a una actividad reciente.

En tanto, el derrame de El Seco, proviene del cerro El Brujo, localizado al oriente de San Salvador está compuesto de andesitas basálticas conformando un derrame en forma radial. Al final de la actividad del volcán El Brujo se formaron conos cineríticos hacia la parte sur de la cima.

El derrame denominado El Carmen proviene del Cerro de la Cruz y está compuesto de andesitas basálticas, caracterizándose por provenir de un vulcanismo de poca actividad.

- Domos volcánicos

En la Cuenca de Oriental se encuentran domos de diferente morfología y composición y la mayor parte de estos se asocia a la caldera de Los Humeros. Tales domos, se forman a partir de flujos magmáticos fríos, que suben muy lentamente, haciendo que los materiales preexistentes suban en conjunto y se erosionen fácilmente.

También existe el cerro Las Águilas, el cual se localiza al noroeste de Tepeyahualco; su composición es de rocas ácidas, su origen es asociado a las emisiones de la caldera de los Humeros. Al pie de este cerro, se encuentran abanicos aluviales, que tienen una diferencia altitudinal de 100 metros desde su parte más alta hasta la más baja, formando una base de 300 metros de amplitud. La altura de este domo también es de 300 metros

Otro ejemplos incluyen cerro Pinto, cuya génesis se desarrolló en las siguientes tres etapas (Zimmer, 2007; Zimmer, *et al.*, 2010): Durante la primera etapa, las erupciones provocaron un anillo macizo de 1.5 kilómetros de diámetro, y esto fue seguido por dos domos de aproximadamente 200 metros cúbicos. La segunda etapa inicio con la explosiva formación de un anillo macizo de 2 kilómetros de diámetro, junto al anterior en su lado norte. Se produjeron dos pequeños anillos más que son como un pequeño domo, que fue mayormente destruido durante su crecimiento. En la tercera etapa tuvieron lugar explosiones que salieron de un pequeño cráter, y la aparición de un domo dentro éste.

- Cerro Pizarro

Su altura relativa es de 700 metros, y su evolución se separa en las siguientes cuatro etapas (Figura 9) (Riggs y Carrasco-Nuñez, 2004):

La primera etapa es donde se encuentran emplazados los depósitos considerados representativos del flujo de desahogo más antiguo, como son brechas con xenolitos del basamento de la escoria basáltica, limolita cretácica y la ignimbrita Xaltipan. También hay depósitos piroclásticos, además del desarrollo de una capa vítrea.

En la segunda etapa, se desarrolló un criptodomo, el cual deformó la capa vítrea y la parte interior del domo, lo que dio pie a la remoción en masa de la capa vítrea. Generalmente se manifiesta que la avalancha tiende al lado izquierdo del cerro, formando *hummocks* y el anillo que muestra la distorsión de la primera etapa respecto de la segunda. También hay un parcial derrumbe del criptodomo. Con esta intrusión se da una separación del domo formando unos hombros en los lados de este.

La tercera etapa se caracteriza por la erosión de los resultantes de la avalancha de escombros, así como por la reconstrucción del cono del domo que permanece hasta el día de hoy. No se encuentran restos de actividad volcánica.

En la cuarta etapa tuvo lugar una serie de erupciones piroclásticas que caen sobre los escombros anteriores y la ignimbrita Zaragoza (Carrasco-Nuñez y Branney, 2005), proveniente de la caldera de los Humeros. Las secuencias piroclásticas se observan en dos estratos circulares alrededor del cono (Carrasco-Nuñez y Riggs, 2008).

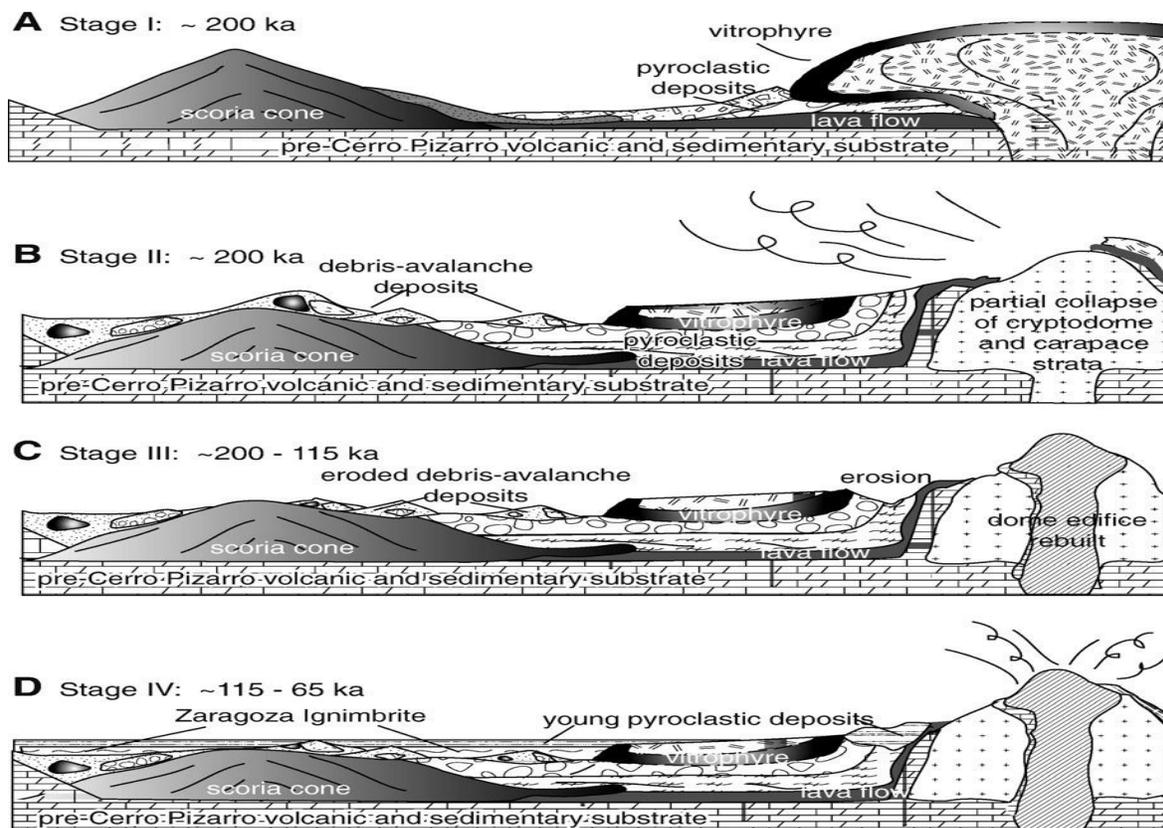


Figura 9 . Etapas de Cerro Pizarro tomado de (Riggs y Carrasco-Nuñez, 2004)

- Las Derrumbadas

Se trata de dos domos de lava riolíticos activos localizados en la porción centro-este de la Cuenca de Oriental, que separan a los *axalapazcos* norte con los del centro y sur de la citada Cuenca. Representan el conjunto de rocas riolíticas más antiguas de la Cuenca de Oriental y son la estructura más alta dentro de la porción interior de esta.

El domo norte tiene una cima con elevación de 3,420 msnm y una forma semicircular, con una estructura de herradura abierta hacia el sureste, que representaría un colapso de gran magnitud, y que en parte es substituido por el emplazamiento de un domo resurgente, que marca una contrapendiente en la cicatriz del colapso. Por otro lado, el domo sur, de rasgos morfológicos más recientes, cuenta con una elevación de 3,470 msnm en la cima y una forma semicircular con tres domos resurgentes; además, se observan claros colapsos asociados, donde cada uno de ellos generó depósitos de avalancha claramente visibles en sus costados. Ambas estructuras presentan pendientes fuertes que van de los 30 a 45° de inclinación en promedio que en combinación con la alteración hidrotermal de alto grado (evidencia de circulación de fluidos geotérmicos) y la gravedad, propician la inestabilidad en las rocas de estas estructuras provocando múltiples colapsos y depósitos asociados a ellos.

Al suroeste del domo sur hay manifestaciones termales superficiales con temperaturas de 45° en promedio.

La secuencia evolutiva comprende tres etapas de crecimiento (1, 2 y 3), y dos etapas de colapso (4 y 5), las cuales pasamos a detallar a continuación:

Etapas 1. Se distingue en razón de que un pequeño anillo de toba es formado por actividad fratomagmática, caracterizada por el emplazamiento de depósitos surgentes “húmedos”.

Etapas 2. Aquí, el anillo de toba creció en diámetro y consiste mayormente en el surgimiento de depósitos “secos”. Más tarde, se manifiesta un domo vítreo, con un caparazón pomirítico, parcialmente cubierto por depósitos surgentes y rocas base va hacia arriba, y se emplaza dentro del anillo de toba durante la etapa 3.

Etapa 3. Continúa la extrusión de lava riolita vítrea, que cubre la inestabilidad del domo y el emplazamiento de las avalanchas de escombros. Por lo menos ocho diferentes depósitos de avalancha de escombros han sido identificados. Estos depósitos son heterogéneos en composición, e incluye bloques de diferentes litologías. Se muestran como una típica topografía de *hummocks*, y tienen un rango de 0.1 a 9 kilómetros de distancia.

Etapa 4. Se caracteriza por actividad de fumarolas y el emplazamiento de una segunda generación de avalanchas de escombros. Esta segunda generación cubrió áreas más pequeñas, y son de composición monolitológica durante la etapa 5.

Las Derrumbadas comparadas con otras estructuras riolíticas en el área, facilitan la interpretación del origen de los dos tipos de depósitos de avalancha, que son:

La heterolitológica, considerada como la primera generación de depósitos, fue formada en una época de evolución más temprana, precisamente cuando los domos aún tenían un caparazón de obsidiana vítrea y rocas del basamento local, tales como limolita cretácica y sedimentos lacustres. La segunda generación de los escombros depósitos de avalancha es monolitológica, fue formada más tarde cuando las capas quedaron al descubierto, exponiendo los núcleos jóvenes de microcristales de los domos. En la actualidad, la actividad de las fumarolas es más débil. La estabilidad de las capas, y la segunda generación de escombros de depósitos de avalancha, pueden ocurrir de nuevo en el futuro (Siebe, *et al.*, 1995).

- La Caldera de Los Humeros

Se encuentra ubicada en la parte norte de la Cuenca de Oriental. Desde su origen ha tenido gran influencia en los cambios morfológicos en la porción centro norte del lugar que nos ocupa.

La formación de los Humeros corresponde a dos calderas, que son: los humeros propiamente dichos y los potreros; éstas se encuentran asociadas, a su vez, a dos grandes ignimbritas silícicas. Las dos calderas desarrollaron una serie de erupciones plinianas (Carrasco-Núñez, *et al.*, 2014). Dentro de esta formación se encuentran una serie de conos

cineríticos, domos y la gran Caldera de los Humeros, que forma parte del semigraben denominado Libres-Oriental. Dentro de la caldera, llamada Los Potreros se encuentran dos estructuras: Colapso Central y Xalapazco-Maztaloya.

Cabe destacar que en el lugar analizado se manifestaron tres grandes erupciones de tipo pliniano: formación Teziutlan, ignimbrita Xaltipan y la ignimbrita Zaragoza (Ferriz, 1985).

La mayor emisión silícica fue con la ignimbrita Xaltipan. Esta es muy abundante en pómez, de composición predominante riolítica y fragmentos de obsidiana. A partir de esta producción de la ignimbrita se produjo el colapso de la Caldera de Los Humeros, desarrollándose con ello, domos sobre la fractura anular, acompañada de tobas de caída aérea, que a su vez, originaron el colapso de la caldera de Los Potreros.

Como una derivación de los acontecimientos descritos en el párrafo antecedente, se sucedieron las evacuaciones magmáticas, con los derrames lávicos de andesitas, andesitas-basálticas y basaltos. Tal fenómeno, se encuentra en la parte central de Los Humeros y en derrames manifestados hacia el sur, concretamente en las zonas denominadas Tepeyahualco, Sarabia y El Limón. Después de los derrames vino una erupción de pómez de composición riódacítica, que cubrieron todos los vestigios pasados, este flujo es el llamado Tenextepac. A lo largo de la fractura sur se formó una serie de conos de escoria. Algunos alimentaron derrames de lava tipo aa, que se extienden 15 kilómetros al sur de Los Humeros (Ferriz, 1985).

- *Maars*

También se denominan lago cráter y en México se les conoce como xalapazco, término proveniente del náhuatl que significa *agua dentro del cráter*, en tanto la palabra *xalapazco* significa simplemente *cráter*.

Ollier (1967) define a los *maars* como formas fisiográficas formadas por una explosión volcánica, que consisten de un cráter que se extiende abajo del nivel general del suelo, y es considerablemente más amplio que profundo; de igual manera, otra característica que presenta es que el borde circundante está construido del material eyectado del cráter.

A su vez, el freatomagmatismo es el tipo de erupción que al tener el balance perfecto entre la cantidad de agua y los gases o el magma que emerge, provoca unas erupciones pulsantes, abriendo paso a un cráter a nivel del suelo, además de los estratos correspondientes a un ambiente húmedo. Esta erupción se manifestó cuando hubo un cambio muy precipitado en el lugar, principalmente a consecuencia de la considerable presencia de agua. Es importante mencionar la diatrema, la cual básicamente es la chimenea volcánica que se ha abierto pasó a través de las rocas de la corteza, tanto por la presencia de gases y como por el magma cuya presencia se manifiesta a grandes presiones (Gasca, 1981). Si finalmente llegan a un equilibrio, las presiones con agua subterránea o superficial, se provoca una explosión que da paso a un *maar*, y con el derrumbe de los materiales piroclásticos, se da la formación de un embudo, el cual puede ser capaz de retener agua para la formación de un *axalapazco*.

- Estructuras volcánicas mayores y sus piedemontes

En tales estructuras, se encuentran comprendidos tres de los volcanes más grandes de México, y que son: La Malinche, el Pico de Orizaba y el Cofre de Perote, destacándose también por sus dimensiones la sierra circundante al Citlaltépetl, quienes fungen como límites de la Cuenca de Oriental.

- La Malinche

Se ubica al occidente de la Cuenca de Oriental, su altitud es de 4,461 msnm. De este volcán se ha tenido conocimiento de, al menos dos emisiones volcánicas, que a continuación detallamos: una acaecida hace 28,000 años aproximadamente, en tanto la otra, data de entre 8,000 a 12,000 años. La morfología ha sido originada por un evento paroxismal que borró el aparato principal, aunque también ha sido afectada por la actividad glacial. Prueba de la existencia y erosión glacial es la existencia de circos y nichos en la cima que dieron pie a un amplio desarrollo acumulativo, que a su vez, dio origen al piedemonte.

La parte superior de La Malinche está constituida por andesitas, dacitas, y en menor proporción pómez. Las laderas están compuestas por lavas antiguas localizadas hacia la Cuenca de Oriental, en la zona superior alrededor de los 3,200 msnm, se encuentran dos

estructuras distintas: la cima y una elevación aislada, conocida como el cerro El Filete, que es lo que queda del aparato antiguo que fue afectado por un evento paroxismal.

En el piedemonte se pueden observar varios niveles acumulativos, que presentan erosión fluvial. El piedemonte que está en la parte de base, desde la antigüedad tenía contacto con las corrientes fluviales que depositaban sus materiales, y posteriormente, tales corrientes retrabajaban dichos compuestos.

- El Pico de Orizaba

Es la elevación más importante de la Cuenca de Oriental y del país. Su origen se divide en las siguientes tres etapas (Robin y Cantagrel, 1982):

- La primera etapa se caracteriza por haber manifestado una actividad efusiva-discontinua, con una duración de más de un millón de años. Principalmente, había presencia de andesitas, que se asocian a derrames de lava dacítica y basáltica. Esta fase construyó un volcán central primitivo y un cono parásito.
- La segunda etapa fue de corta duración, según los autores citados, no fue mayor a 10,000 años. Comenzó con la formación de una caldera, que le siguió una extrusión de dacita de anfíbola, que conformó un domo, siguiendo flujos de lava silícicos. A esto siguió una etapa explosiva en donde hubo nubes ardientes, que estuvieron asociadas con la extrusión dómica. Grandes emisiones de pómez dacítica se produjeron por el aparato central y los conos adventicios.
- La tercera etapa comenzó hace aproximadamente 13,000 años, expulsando piroclastos dacíticos, estos contenían pómez y bombas de escoria. Esta actividad formó un cráter de 4 a 5 kilómetros de diámetro.

En la actualidad el cono del Pico de Orizaba tiene una altura de 1,400 a 1,500 metros. Durante un periodo de hace 7,000 a 8,000 años presentó varias emisiones de piroclastos, compuestos por arenas, bombas y pómez.

El piedemonte es una gran rampa acumulativa de origen aluvial-proluvial, que contiene depósitos morrénicos y piroclastos, ubicados tanto en el Pico de Orizaba, como en los conos cineríticos de la parte inferior del piedemonte.

- Cofre de Perote

Es una de las elevaciones más altas de la cuenca contando con 4282 msnm. En el periodo Cuaternario, arrojó materiales de composición ácida. Las rocas que lo conforman principalmente son andesitas, además de algunos depósitos de material piroclástico con predominio de pómez.

La morfología en las partes más altas del lugar que nos ocupa en esta ocasión, está definida por incisiones glaciares, en algunas porciones se encuentran piroclastos, que cubrieron el relieve preexistente.

El piedemonte se originó fluvialmente, formando amplias zonas acumulativas que actualmente son muy activos.

- Sierra de Citlaltépetl

Esta sierra es una estructura andesítica, riolítica y dacítica, que se asocia al lineamiento regional denominado Pico de Orizaba-Cofre de Perote, así como también a la formación de tres calderas cuaternarias.

La sierra en cuestión, se divide en las siguientes tres unidades, que son:

- La primera se localiza al norte del Pico de Orizaba, concretamente a la que atañe al cerro Las Cumbres,
- La segunda es la parte central de la caldera y de la sierra en cita, que es el Cerro Tecomales y,
- La última es la caldera norte, que se localiza al sur-sureste del Cofre de Perote, y que generalmente se le conoce como La Caldera o cerro La Lobera.

La sierra en mención, no tiene una morfología uniforme, ya que presenta diferentes eventos volcánicos que la formaron, en tanto su piedemonte está mayormente cubierto de piroclastos.

- Montañas plegadas

Son elevaciones de poca altura que tienen un origen sedimentario marino, generalmente no muestran acumulaciones de piedemonte, no se reconocen rocas sedimentarias que hayan sido retrabajadas por la erosión fluvial; normalmente los depósitos coluviales y proluviales de estas unidades corresponden a material volcánico de recientes emisiones.

Las sierras más importantes de origen sedimentario marino son: Tenextepec, Tenextatiloyan, Tlalchichuca, La Ventana, Sierra Alchichica y Zoltepec.

- Bloque Huamantla

El bloque Huamantla es el resultado de una tectónica de levantamiento que afecta a casi toda la parte noroeste de la Cuenca de Oriental, dicha tectónica pertenece a la actividad del bloque Tlaxco, que se encuentra fuera de la cuenca referida. Esta unidad tectónica se originó a fines del Terciario, y se subdivide actualmente en pequeños bloques, que son: Terrenate, Atltzayanca, Cuapiaxtla y Libres. Estos bloques van descendiendo paulatinamente en altura de norte a sur de los 3,400 a los 2,500 msnm. Casi todos ellos presentan caras planas, pero cada uno tiene lineamientos específicos. El bloque mayormente está compuesto de rocas andesíticas del Mioceno y de piroclastos.

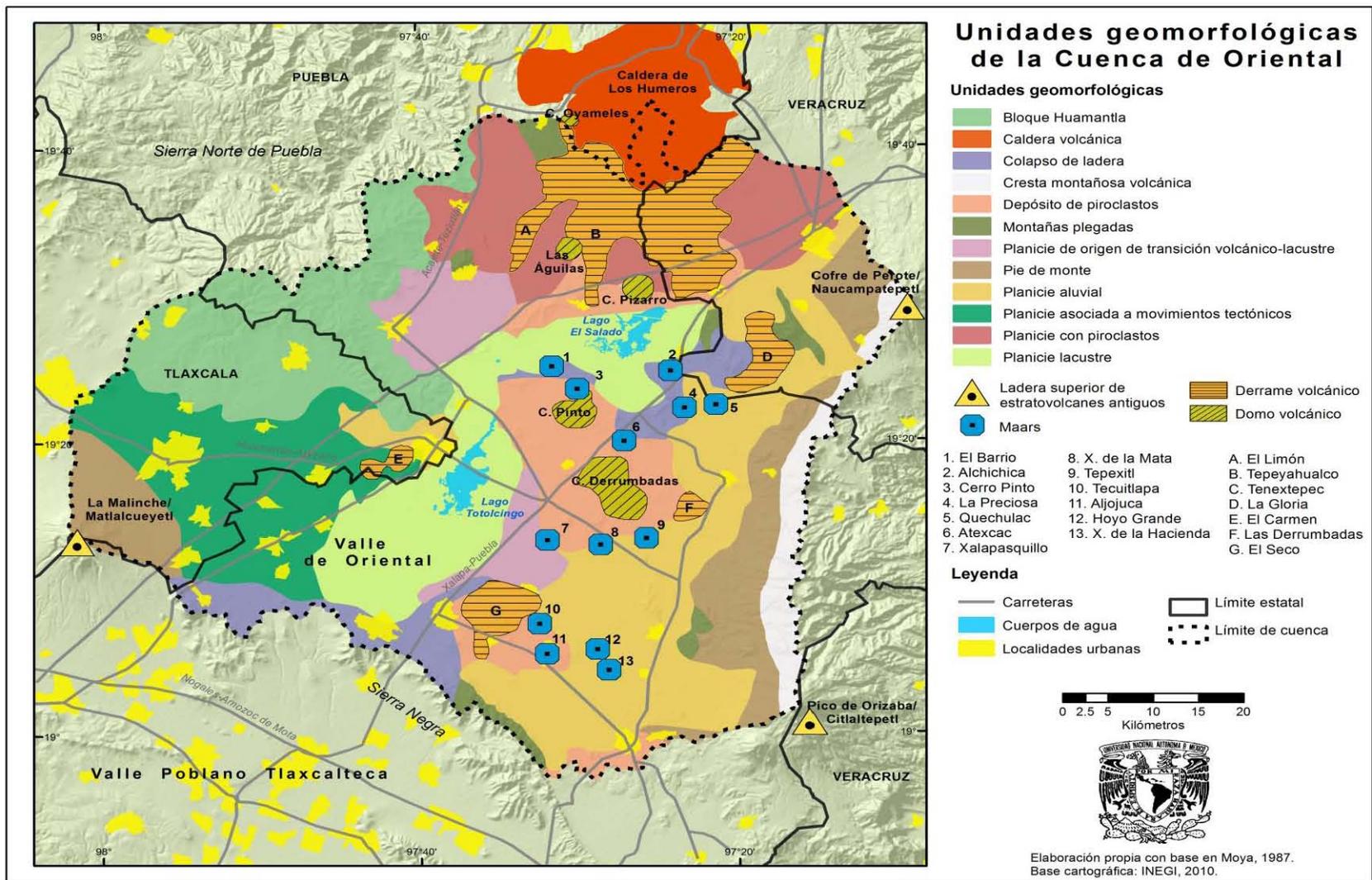


Figura 10. Unidades geomorfológicas de la Cuenca de Oriental. Elaboración propia, con base en Moya, 1987, fuente: INEGI, 2010.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

Para los geositios y geomorfositos, hay una gran diversidad de metodologías empleadas para valorarlos e identificarlos. Todas esas estrategias son distintas, por el hecho de que no se aplican para un mismo lugar, aunque también llegan a tener muchos aspectos en común. Las metodologías son basadas en revisiones bibliográficas y cartográficas, que son seguidas de la identificación geomorfológica y geológica. Para llevar a cabo la selección de geositios y geomorfositos, se deben tomar en cuenta tanto criterios objetivos como subjetivos, así los geositios y geomorfositos pueden representar las características geológicas y geomorfológicas de la zona investigada.

Además de lo anterior, es necesario contar con un formato básico para la construcción de una base de datos que incluya, al menos los siguientes:

a) Datos básicos de identificación:

1. Número de acceso en el proyecto *GEOSITES*.
2. Número de acceso como lugar nacional.
3. Nombre del lugar de interés geológico (sinónimos).
4. Estado, provincia, población o equivalentes.
5. Coordenadas geográficas, tales como referencias al sistema nacional, o longitud y latitud (preferentemente en un sistema de coordenadas internacionales)
6. Características del lugar.

b) Datos geológicos principales:

1. Tipo de lugar o yacimiento.
2. Interés geo(morfo)lógico principal (cualificación para la categoría en *GEOSITES*).
3. Categoría del inventario o contexto representado (tema, región/provincia o edad).
4. Cronoestratigrafía.
5. Descripción del interés principal.

6. Valoración/justificación comparativa (justificación de la localización como parte de un tema, provincia o edad).
7. Cualidades con relación a otros lugares o yacimientos.

c) Datos secundarios de apoyo:

1. Hoja del mapa (al menos a escala 1:50 000).
2. Altitud.
3. Área (hectáreas o km²).
4. Estado de protección (garantía de integridad), accesibilidad, entre otros.
5. Literatura, referencias más destacadas.
6. Fuentes de datos, colecciones.
7. Ilustraciones.
8. Autor(es) de la propuesta.

3.1 Revisión de metodologías

Las metodologías usadas para la evaluación de geositios y geomorfositos se dividen en cualitativas (Fernández, 2008; Reynard, 2007 y Rocha, 2010) y cuantitativas (Pereira, *et al.*, 2007); ambas serán explicada a continuación:

Las metodologías cualitativas se encargan de evaluar los sitios de manera que se describa lo que se observó en el campo, bajo tal contexto, Reynard (2007) estableció una metodología una metodología cuyos contenidos, entre otros, son los siguientes, a saber:

- | | |
|-----------------------|---|
| 1. Datos generales | E.g. código, ubicación, tipo, propiedad. |
| 2. Datos descriptivos | 2a descripción.
2b morfogénesis. |
| 3. Valor científico | 3a integridad.
3b representatividad.
3c rareza. |

	3d valor paleogeográfico.
4. Valores adicionales	4a valor ecológico.
	4b valor estético.
	4c valor cultural.
	4d valor económico.
5. Síntesis	5a valor global.
	5b valor educacional.
	5c amenazas.
	5d medidas de manejo.

6. Referencias

En los datos generales se hace referencia a un código, el cual es la nomenclatura que se le da al geositio o geomorfositio; en tanto la ubicación se refiere a la localización del sitio, de acuerdo a sus coordenadas; en lo que respecta al tipo, éste se refiere a la forma en cómo se va a observar y, por último, la propiedad hace alusión al estatus público, privado o federal del lugar.

Los datos descriptivos muestran la información general del lugar, tales como intereses geológicos, geomorfológicos, arqueológicos o culturales, si es que estos últimos dos existen dentro del sitio. En cuanto a la morfogénesis indica cómo es que se crearon estos lugares, sin dejar de lado la actividad actual o la información temporal.

El valor científico se obtiene mediante la evaluación de la integridad, representatividad, rareza y valor paleogeográfico, aspectos que a continuación se detallan:

- La integridad hace mención al estado de conservación o daño en que se encuentra el sitio,
- La representatividad alude a qué tan representativo es dentro de otras formas del mismo tipo,

- La rareza se evalúa para saber qué tan común o raro es el sitio y,
- Finalmente, el valor paleogeográfico se utiliza como una necesidad de saber más sobre el pasado de la Tierra, y si el sitio ayuda a tener más información sobre el tema.

Los valores adicionales hacen referencia al entorno que tiene el lugar, como el valor ecológico que se menciona por la importancia que tenga en relación a la biodiversidad de la zona. El valor estético es plenamente un valor subjetivo, dado el caso que cada persona tiene un diferente punto de vista, y son meramente apreciados de acuerdo a la percepción personal. El valor cultural alude a la relación que guardan los geositos y geomorfositos con el ambiente social, siendo estos aspectos de carácter religioso, histórico, arqueológico, entre otros más. El valor económico puede ser aprovechado para obtener alguna remuneración de los geositos o geomorfositos, pero siempre buscando no dañar la integridad estructural de estos.

La síntesis se refiere a la compilación de los resultados de los puntos anteriores como un valor global, aquí es donde se toma en cuenta el valor educacional, que generalmente es adquirido por parte de los visitantes. También se evalúan las amenazas que puedan dañar los sitios de interés y las medidas que se pueden tomar para que el sitio no esté expuesto a una afectación irreversible, tanto por parte del ser humano como por la naturaleza en sí.

Por otra parte, en lo que atañe a las metodologías cuantitativas, encontramos la aportación de Pereira, *et al.* (2007), quienes en un caso de estudio realizado en Portugal, desarrollaron una metodología en la cual cada criterio está dividido en variables. Estas variables tienen un valor establecido por el autor, al sumar todas las variables se obtiene la calificación de cada criterio, y estos son usados para determinar de manera comparativa la calidad del sitio evaluado.

Para el desarrollo de esta metodología, Pereira y otros, consideraron etapas y subetapas (Tabla 3), en las cuales desarrollaron tanto criterios cualitativos como cuantitativos. Durante la primera etapa (denominada inventario), se lleva a cabo la identificación de geomorfositos potenciales, la cual consiste en observar los sitios de interés, y de acuerdo

a la percepción, se seleccionan los mejores creando una lista de los sitios a caracterizar, situación que se ejemplifica en el siguiente cuadro sinóptico:

Tabla 3

Etapas y subetapas en la metodología de Pereira.

Etapas	Subetapas
Inventario	I. Identificación de geomorfositos potenciales. II. Evaluación cualitativa de geomorfositos potenciales. III. Selección. IV. Caracterización.
Cuantificación	V. Evaluación numérica. VI. Priorización (<i>ranking</i>).

(Fuente: Pereira, *et al*).

La caracterización de los sitios se da a partir de una serie de valores teniendo cada uno de ellos un valor obtenido por las variables. Los valores son: valor científico, valores adicionales, valores de uso y valores de protección (Tablas 4a, 4b, 4c y 4d, respectivamente).

El valor científico (Vc) tiene un valor máximo de 5.5.

Tabla 4a

Valores científicos para Pereira

Ra	Rareza en relación al área.
0	No es de los cinco más importantes.
0.25	No es de los tres más importantes.
0.5	Uno de los tres más importantes.
0.75	El más importante.
1	El único.
In	Integridad.
0	Gran daño por la actividad humana.
0.25	Daño por procesos naturales.
0.5	Dañado, pero conserva las características geomorfológicas esenciales.
0.75	Ligeramente dañado, pero conserva las características esenciales.
1	Sin daño visible.

Rp	Representatividad.
0	Baja representatividad y sin interés pedagógico.
0.33	Poca representatividad y poco valor pedagógico.
0.67	Buen ejemplo, pero difícil de explicar por los no expertos.
1	Buen ejemplo de procesos y buen recurso pedagógico.
Ncg	Número de características geomorfológicas.
0	1
0.33	2
0.67	3
1	Más de 3.
Ocg	Otras características geológicas con valor patrimonial.
0	Ausencia de otras características geológicas.
0.17	Otras características, pero sin relación.
0.33	Otras características, pero con relación.
0.5	Ocurrencia en otro geositio.
Cc	Conocimiento científico en asuntos geomorfológicos.
0	Ninguno
0.25	Presentación, artículos nacionales.
0.5	Artículos internacionales, tesis.
Rn	Rareza a nivel nacional.
0	Más de cinco.
0.17	Entre tres y cinco.
0.33	2 ejemplos.
0.5	Único ejemplo.
Vc	Valor científico (Ra+In+Rp+Ncg+Ocg+Cc+Rn).

(Fuente: Pereira, *et al.* 2007).

Dentro del valor científico, se manifiestan siete variables, las cuales, dependiendo de la respuesta proporcionada, se obtiene un valor numérico, que va desde el 0 hasta el 1, en las primeras cuatro variables y de 0 a .5 en las últimas tres.

La primera variable, alude a la rareza relacionada con el área, en donde el valor de la respuesta, manifiesta un aumento de interés.

La segunda variable es la integridad, en la que se evalúa el daño observable en la geoforma; por lo que si el deterioro que se le ha hecho no es visible, entonces su valor es 1, mientras que si tiene una afectación por procesos naturales es de .25, y si el daño es por la actividad humana, entonces su valor es de 0.

La tercer variable es la representatividad, en la que se evalúa la geoforma y el valor pedagógico, si por parte de las dos se tiene un buen resultado, entonces se califica con 1, mientras que si alguno de los dos puntos a evaluar no es suficiente, baja la calificación, o si ninguno de los dos cumple con los requisitos el valor es de 0.

La cuarta variable es el número de características geomorfológicas, mientras más características se tienen, entonces mayor será su valor.

La quinta variable se refiere a otras características geológicas con valor patrimonial, en donde si hay ausencia de otras características el valor es 0, mientras que si se encuentran la presencia de éstas el valor es .5.

La sexta variable es el conocimiento científico en asuntos geomorfológicos, en donde ninguna publicación es de valor 0, en tanto si hay otras publicaciones, aparte de artículos internacionales el valor es .5.

La séptima variable tiene que ver con la rareza a nivel nacional, por lo que entre más raro sea el geositio, entonces tendrá un valor de .5.

Es de destacarse que, la fórmula para obtener el valor científico, es $Vc=Ra+In+Rp+Ncg+Ocg+Cc+Rn$, y en donde el mayor valor posible será de 5.5.

Respecto a los valores adicionales (Va), éstos tienen tres variables a evaluar, obteniendo un valor máximo de 4.5; en tanto que cada variable tiene un valor máximo de 1.5.

A continuación, se presenta la siguiente tabla, con el propósito de facilitar las explicaciones arriba formuladas, a saber:

Tabla 4b

Valores adicionales expuestos por Pereira

Cl	Valores culturales.
0	Sin características culturales, o que éstas afecten el sitio.
0.25	Características culturales sin conexión a las geoformas.
0.5	Características culturales relevantes, sin conexión a las geoformas.
0.75	Características culturales importantes, sin conexión a la geoforma.
1	Características culturales materiales relacionadas a la geoforma.
1.25	Características importantes culturales relacionadas a la geoforma.
1.5	Relieve antrópico con alta relevancia cultural.
Est	Valores estéticos.
0-0.5	Bajo.
0.5-1	Medio.
1-1.5	Alto.
Eco	Valores ecológicos.
0	Sin relación a características biológicas.
0.38	Existencia de fauna y/o flora de interés.
0.75	Uno de los mejores lugares para observar la flora y/o fauna.
1.12	Las características geológicas son importantes para el ecosistema.
1.5	Las características geológicas son cruciales para el ecosistema.
Va	Valores adicionales (Cl+Est+Eco).

(Fuente: Pereira, *et al.* 2007).

La primera variable se refiere a los valores culturales, en donde el mayor puntaje se obtiene cuando la geoforma tiene una alta relación con el relieve antrópico, y éste tiene una alta relevancia cultural. El menor valor se determina cuando no hay características culturales, o éstas afectan al sitio.

La segunda variable son los valores estéticos que resultan muy subjetivos, y por ello, no se especifica alguna descripción al respecto. Los valores que se dan aquí, son bajo la escala de bajo, medio y alto, por eso cada término tienen un rango de .5, con el propósito de darle el valor que más convenga.

La tercera variable tiene que ver con los valores ecológicos, en donde el mayor valor se ofrece, cuando las características geológicas del geosito son indispensables para el ecosistema, mientras que el valor de 0 se da cuando no hay una relación entre la geología y el ecosistema.

A su vez, los valores adicionales se miden globalmente por la suma de $V_a = C_l + E_s + E_c$, obteniendo el valor máximo de 4.5.

En tanto que los valores de uso (V_u) tienen como valor máximo el de 7.0.

Ac	Accesibilidad.
0	Muy difícil, solo se pueden valorar con el empleo de equipo especial.
0.21	Acceso con vehículo 4x4, además de realizar un esfuerzo físico de más 500 metros de caminata.
0.43	Acceso por auto, y más de 500 metros de caminata.
0.64	Acceso por auto, y menos de 500 metros de caminata.
0.86	Acceso con vehículo 4x4, y menos de 100 metros de caminata.
1.07	Acceso por auto, y menos de 50 metros de caminata.
1.29	Acceso por carretera en autobús, y menos de 50 metros de caminata.
1.5	Acceso por autopista en autobús, y menos de 50 metros de caminata.
Vi	Visibilidad.
0	Muy difícil su visibilidad o prácticamente no visible.
0.3	Solo puede ser visto usando equipo especial.
0.6	Limitado por árboles o poca vegetación.
0.9	Buena vista, pero se necesita caminar alrededor para observarlo completo.
1.2	Buena observación para conocer las características geomorfológicas.
1.5	Excelente para la observación de todas las características geomorfológicas del lugar.
Ig	Actual uso de interés geomorfológico.
0	Sin promoción alguna, y no está siendo usado en la actualidad.
0.33	Sin promoción, pero está siendo usado.
0.67	Promovido/usado como sitio de paisaje.
1	Promovido/usado como geositio o geomorfosio.
Inc	Actual uso de otra forma natural o cultural.
0	Sin ningún otro interés, promoción o uso.
0.33	Con otro interés, pero sin promoción o uso alguno.
0.67	Con otro interés y promoción, pero sin uso alguno.
1	Con otro interés, promoción y uso
PI	Protección legal y limitaciones.
0	Con protección total y uso prohibido.
0.33	Con protección, pero restricciones de uso.
0.67	Sin protección y sin restricción.
1	Con protección, pero sin restricción o bajas restricciones de uso.
Eqp	Equipamiento y usos de soporte.
0	Hotelería y usos de soporte a más de 25 kilómetros.
0.25	Hotelería y usos de soporte entre 10 y 25 kilómetros de distancia.
0.5	Hotelería y usos de soporte entre 5 y 10 kilómetros de distancia.
0.75	Hotelería o servicios de soporte a menos de 5 kilómetros de distancia.

1	Hotelería y servicios de soporte a menos de 5 kilómetros.
Vu	Valores de uso (Ac+Vi+Ilg+Inc+Pl+Eqp).

(Fuente: Pereira, *et al.* 2007).

La primera variable es la de accesibilidad, en la cual se evalúa el método de transporte usado, la distancia de caminata al momento de dejar el vehículo y el sitio, y si es necesario el uso de equipo especial. El valor más alto es de 1.5, y se usa cuando el acceso es por una autopista, transportado en un autobús y la caminata realizada es menor a 50 metros, mientras que el valor de 0 se da cuando el acceso es muy difícil, y solo se puede llegar con el empleo de equipo especial.

La segunda variable es la correspondiente a la visibilidad; en este rubro, el valor va subiendo mientras que el sitio sea más visible desde sus alrededores, siendo así que el valor 0 es usado cuando es muy difícil de ver o no es visible, el valor intermedio de 0.9 se aplica cuando hay una buena vista, pero se necesita caminar alrededor para observarlo totalmente, y el valor más alto de 1.5 se usa cuando es excelente para la observación de todas las características geomorfológicas.

La tercera variable es el actual uso de interés geomorfológico, donde el valor de 0 se usa cuando no hay promoción y no está siendo usado el geomorfosito; sin embargo, el valor aumenta, si el sitio es usado y el valor máximo de 1 se usa cuando el sitio se promueve y es usado como geosito o geomorfosito.

La cuarta variable es el actual uso de otra forma natural o cultural; en esta variable se evalúa si el geosito es usado con algún otro propósito, donde el valor de 0 se da cuando no hay ningún otro interés, promoción o uso, mientras que el valor de 1 se usa cuando hay otro interés, promoción y uso.

La quinta variable es la protección legal y limitaciones, donde se evalúa cual es la restricción que tiene el lugar así como el estado de protección jurídica en el que se encuentra, el valor de 0 se da cuando hay una protección legal y uso prohibido, el valor de 1 se da cuando hay protección legal, pero bajas restricciones o sin restricciones de uso.

La sexta variable es equipamiento y usos de soporte, donde se valoran los servicios y lugares de descanso para los visitantes. El valor de 0 se usa cuando la hotelería y los usos de soporte están a más de 25 kilómetros de distancia, el valor de 1 se usa cuando la hotelería y los servicios de soporte están a menos de 5 kilómetros de distancia.

La evaluación de estas variables se obtiene con la siguiente ecuación: $Vu=Ac+Vi+Inc+Pl+Eqp$, y en donde se puede alcanzar un valor máximo de 7.

A su vez, los valores de protección (Vp) tienen como valor máximo 3.

Tabla 4d

Valores de protección para Pereira

In	Integridad.
0	Alto daño, como un resultado de las actividades humanas.
0.25	Dañado, como resultado de procesos naturales.
0.5	Dañado, pero preserva características geomorfológicas naturales.
0.75	Ligeramente dañado, pero mantiene las características esenciales.
1	Sin daño visible.
Vu	Vulnerabilidad de uso como geomorfosio.
0	Muy vulnerable, con posibilidad de pérdida total.
0.5	Características geomorfológicas dañadas.
1	Otras características no geomorfológicas dañadas.
1.5	El daño puede ocurrir solo en las estructuras de acceso.
2	No vulnerable.
Vp	Valores de protección (In+Vu).

(Fuente: Pereira, *et al.* 2007).

La primera variable en los valores de protección es la correspondiente a la integridad, en donde el punto a considerar, es el estado de conservación del sitio. Donde el valor más bajo se usa cuando el daño es causado por el hombre, mientras que la valoración inmediata superior, se refiere al daño, pero por procesos naturales. El valor más alto que se puede manifestar es de 1, que se usa cuando no hay daño visible en el sitio.

La segunda variable es la vulnerabilidad de uso como geomorfosio. Donde se valoran los daños que pueden ocurrir en el geomorfosio durante las visitas del público. El valor de 0

es utilizado cuando el geomorfosito es totalmente vulnerable al daño, y con la posibilidad de pérdida total, mientras que el valor de 2 se usa cuando el geomorfosito no es vulnerable.

3.2 Metodología diseñada para la Cuenca de Oriental

La metodología está basada en los trabajos realizados por Pereira, *et al.* (2007), Reynard (2007) y Bruschi y Cendrero (2005). A partir de la revisión de estos estudios, se adaptaron variables y se incluyeron otras más, con la intención de que la evaluación fuere lo más objetiva posible, además para poder obtener resultados numéricos más exactos y confiables.

La metodología consiste en elaborar una ficha geográfica del sitio, donde se obtiene la información descriptiva del lugar, subsecuentemente una evaluación numérica de cada sitio, determinada por una serie de valores adaptados a cada variable. Se tiene como un objetivo principal, el identificar y valorar de la mejor manera cada sitio, con el fin de tener una relación de aquellos lugares cuya importancia requiere de una absoluta conservación y protección.

La metodología aquí utilizada está diseñada para funcionar dentro de la Cuenca de Oriental, tomando en cuenta todas las características físicas y humanas que afectan directamente a cada sitio, logrando así, una metodología concordante con las características internas del lugar referido. Las variables fueron escogidas con el propósito de evaluar objetivamente todos los sitios en cuanto a cuestión numérica se refiere, y en la ficha geográfica se tiene información más específica de cada sitio analizado, que lo describe desde varios puntos de vista.

3.2.1 Selección de sitios

De la información que se obtuvo relacionada con el área de estudio, se seleccionaron diversos sitios de importancia dentro de la Cuenca de Oriental para ser evaluados. Además, se desarrolló una ficha de identificación geográfica con la descripción de cada sitio, en donde se describe cada uno de ellos de manera pormenorizada. La ficha de identificación está compuesta por los siguientes aspectos, a saber:

a) *Información general*, en donde se describe la situación del geositio, separada en los siguientes puntos:

- Nombre del geositio o geomorfositio.
- Ubicación geográfica, lugar de ubicación y coordenadas geográficas.
- Tipo de sitio a trabajar y medidas espaciales a ocupar (punto, área o panorámico).
- Importancia científica.
- Geomorfogénesis.
- Caracterización y número.
- Accesibilidad.
- Estado de conservación.
- Interés asociado.

A partir de la información obtenida, se determinaran los valores que se le darán al sitio en cada criterio.

Los criterios que se utilizarán para la valoración de cada sitio se dividen de la siguiente manera: científico, adicionales y uso y protección (Tabla 5). Cada uno de estos criterios, cuenta con subcriterios que ayudan a tener una mejor valoración del sitio. A continuación, se explican cada uno de esos criterios:

- El valor científico (Vc)

Este valor será evaluado por la capacidad con la que cuenta algún sitio para poder explicar procesos, siendo éstos de naturaleza tanto geológica como geomorfológica; de igual manera, nos permite entender el desarrollo geológico/geomorfológico de la región donde se encuentran, tomando en cuenta que debe explicarse tanto a un público especializado como a un público turista recreativo.

A su vez, los subcriterios empleados para el valor científico son los siguientes:

- *Rareza (Ra)*, rubro que hace referencia a los sitios de iguales o similares características que se encuentran en la zona de estudio.

- *Integridad (In)*, que se refiere a la conservación o degradación en que se encuentra el geositio. El desgaste puede deberse a causas humanas o naturales.
 - *Representatividad (Re)*, que alude al buen ejemplo que es; es decir, el sitio analizado debe ejemplificar geológica, geomorfológica o históricamente los procesos o actividades pasadas o presentes de la región.
 - *Dificultad didáctica (Dd)*, se refiere a la complejidad o facilidad del sitio, para ser explicado tanto a un público especializado, como a uno que no lo es.
- Valores adicionales (Va)

En este criterio se valora la importancia de la relación que tiene el geositio o geomorfositio con el entorno ecológico y cultural de la región, además de tomar en cuenta su belleza mediante el valor estético. Tal valoración toma en cuenta aspectos como los que a continuación se enuncian:

- *Estéticos (Est)*, se refiere a la belleza pura del sitio, lo que hace completamente subjetivo este criterio.
 - *Ecológicos (Eco)*, este criterio hace referencia a la importancia del sitio dentro del ecosistema, considerándose la importancia que tienen tanto la fauna como la flora del lugar.
 - *Culturales (Cu)*, en él, se valora la importancia que tiene el geositio en relación con aspectos históricos, además de tomar en cuenta por qué dicho lugar es parte de esa misma historia.
- Valores de uso (Vu)

En este criterio se valora el potencial de uso que tiene el sitio, tanto en sus alrededores como en sí mismo; para llegar a tal valoración, es menester tener en consideración los siguientes aspectos:

- *Accesibilidad (Acc)*, este criterio hace referencia a la manera de acceso al geositio, y la dificultad o facilidad para transitar en los caminos hasta el mismo.
- *Vulnerabilidad (Vu)*, hace referencia a la fragilidad o durabilidad del geositio.

- *Posibilidad de colecta de objetos (Pco)*, alude al daño que puede ocasionar la colecta de objetos del sitio.

Para la valoración cuantitativa de los geositios y geomorfositos de la Cuenca de Oriental, se utiliza la siguiente escala:

Valor científico

Que se determina, bajo la observancia de la siguiente escala de valores:

Tabla 5a

Valores para la evaluación de los geomorfositos de la Cuenca de Oriental

Ra	Rareza.
0	No es de los cinco más importantes.
0.5	No es de los tres más importantes.
1	Es uno de los tres más importantes.
1.5	Es el más importante.
2	Es el único
In	Integridad.
0	Dañado por la actividad humana.
0.5	Dañado por procesos naturales.
1	Dañado, pero conserva características elementales.
1.5	Ligeramente dañado, pero conserva sus características.
2	No hay daño alguno.
Re	Representatividad.
0	Nulo.
0.5	Bajo.
1	Medio.
1.5	Alto.
2	Muy alto.
Dd	Dificultad didáctica.
0	Difícil de explicar para los expertos.
1	Fácil de explicar a expertos, pero difícil a los que no son expertos.
2	Fácil de explicar a cualquier persona.
Vc	Valor científico (Ra+In+Re+Dd), y su valor máximo es de 8.

Valores adicionales

Que se determinan, bajo la observancia de la siguiente escala de valores:

Tabla 5b

Valores para la evaluación de los geomorfositos de la Cuenca de Oriental

Est	Estéticos.
0	Muy bajo.
0.5	Bajo.
1	Medio.
1.5	Alto.
2	Muy alto.
Eco	Ecológicos.
0	Nulo.
1	Medio.
2	Alto.
Cu	Culturales.
0	Sin características culturales.
1	Características culturales relacionadas a la geoforma.
2	Relieve antrópico con alta relevancia cultural.
Va	Valores adicionales (Est+Eco+Cu), y puede llegar a un valor máximo de 6.

Valores de uso

Que se determinan, bajo la observancia de la siguiente escala de valores:

Tabla 5c

Valores para la evaluación de los geomorfositos de la Cuenca de Oriental

Acc	Accesibilidad.
0	Acceso solo con equipo especial
0.5	Acceso por auto, y más de 500 metros de caminata.
1	Acceso por auto, y menos de 50 metros de caminata.
1.5	Acceso por carretera en autobús, y menos de 50 metros de caminata.
2	Acceso por autopista en autobús, y menos de 50 metros de caminata.
Vu	Vulnerabilidad.
0	Muy vulnerable, con posibilidad de pérdida total.
0.5	Principales características dañadas.
1	Otras características no geomorfológicas dañadas.
1.5	Posible daño, solo en vías de acceso.
2	Sin posibilidad de daño.
Pco	Posibilidad de colecta de objetos.
0	Sin posibilidad de colecta

1	Posibilidad de colecta sin daños mayores.
2	Las rocas, minerales y fósiles pueden ser colectados sin daños.
Vu	Valores de uso (Acc+Vu+Pco), y puede alcanzar un valor máximo de 6.

Para obtener el valor global de cada sitio, es preciso tomar en cuenta la siguiente ecuación, aclarando que dicho valor, puede llegar a un puntaje máximo de 20 puntos.

$$VG= Vc(Ra+In+Re+Dd)+ Va(Est+Eco+Cu)+ Vu(Acc+Vu+Pco).$$

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

4.1 Identificación y valoración de geositios y geomorfositos

Con base en la metodología utilizada específicamente para la Cuenca de Oriental, la cual fue desarrollada en el capítulo anterior es menester indicar que en la primera fase se llevó a cabo la identificación de los geositios y geomorfositos potenciales, con la finalidad de realizar una lista de la geodiversidad de la zona de estudio.

Los geositios de la zona de estudio comprenden sitios de valor geológico y geomorfológico, estos son apreciados desde diversos puntos de vista, como son el puntual, de área y panorámicos; además, se tomaron en cuenta zonas con un interés histórico, estos lugares son de gran importancia, ya que a través de ellos, se puede conocer el estilo de vida prehispánico basado en las condiciones del territorio en el que se encontraban.

Durante el trabajo de campo, se recorrieron los geositios en repetidas ocasiones, con el fin de tener la certeza de que los lugares elegidos, son los que deben de estar dentro de la lista definitiva. También se tomaron fotos con el fin de ilustrar los geositios analizados, y así se pudieran caracterizar, explicar y comprender con mayor amplitud cada sitio.

A su vez, el código de identificación está basado en la morfogénesis y número identificador.

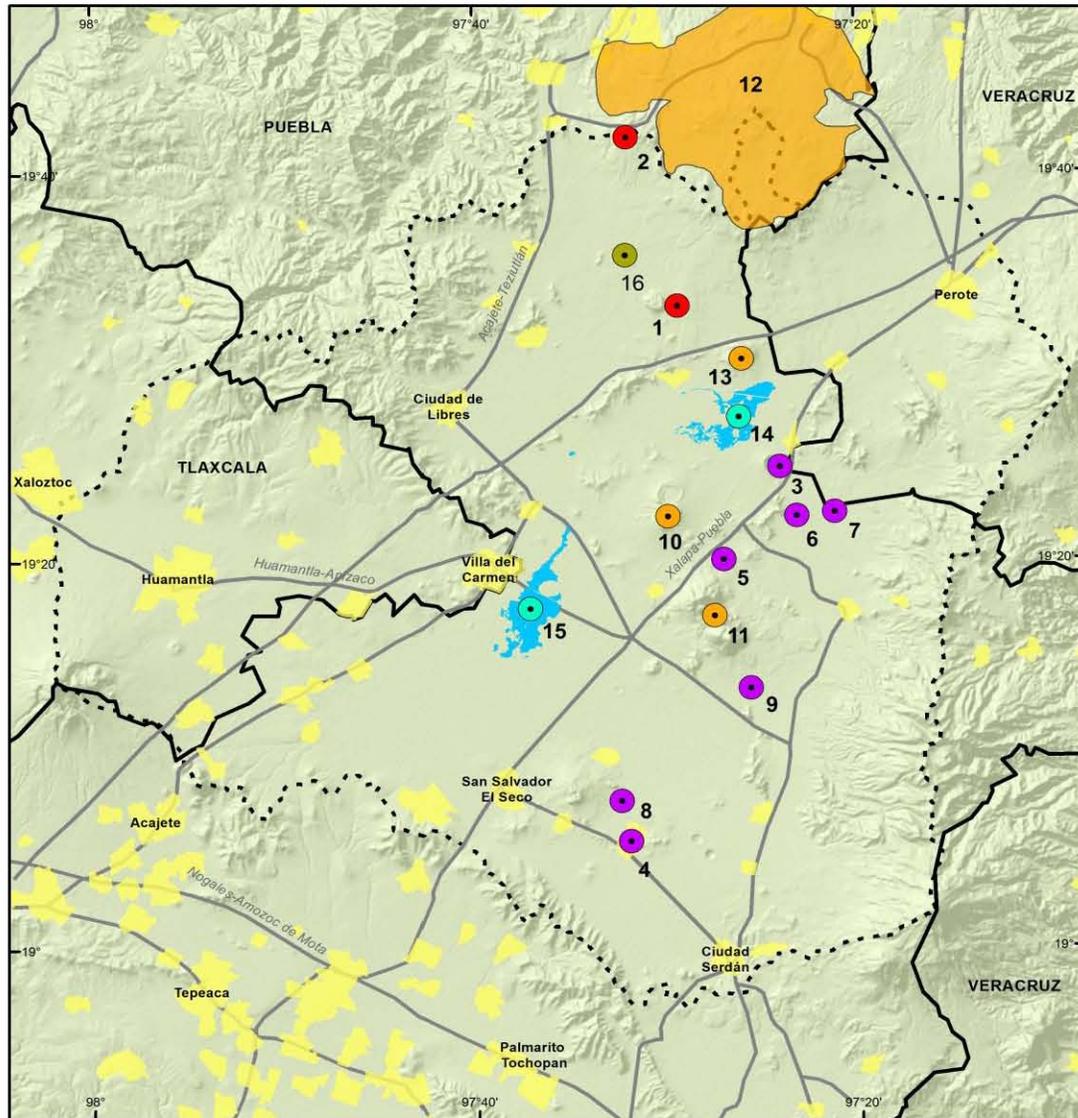
En la tabla 6, están identificados 16 geositios y geomorfositos con su nombre, identificador, ubicación, coordenadas y altitud (Figura 11).

Tabla 6

Geomorfositos de la Cuenca de Oriental

Número de sitio	Identificador	Nombre del Geosito	Ubicación	Coordenadas	Altitud
1	Maar 01	Alchichica	Carretera San Hipólito-Xalapa	19°24'47" N 97°24'03" W	2322 msnm
2	Maar 02	Aljojuca	Carretera San Salvador El Seco-Azumbilla	19°05'21" N 97°31'49" W	2368 msnm
3	Maar 03	Atexcac	Carretera a Las Derrumbadas-Guadalupe Victoria	19°20'80" N 97°27'91" W	2363 msnm
4	Maar 04	La Preciosa	Carretera del Progreso	19°22'13" N 97°23'17" W	2365 msnm
5	Maar 05	Quechulac	Carretera del Progreso	19°22'23" N 97°22'27" W	2361 msnm
6	Maar 06	Tecuitlapa	Av. 20 de Noviembre	19°07'52" N 97°32'30" W	2386 msnm
7	Maar 07	Tepexitl	Carretera Ciudad Cerdán-Guadalupe Victoria-Terracería	19°13'21" N 97°25'32" W	2402 msnm
8	Etrato 01	Pared de secuencia estratigráfica	Carretera a Texcal	19°35'06" N 97°32'58" W	2539 msnm
9	Vol 01	Cerro Pinto	Carretera San Hipólito-Xalapa	19°23'16" N 97°30'04" W	± 2600 msnm
10	Vol 02	Las Derrumbadas	Carretera San Hipólito-Xalapa	19°17'17" N 97°27'25" W	2674 msnm
11	Vol 03	Caldera de los Humeros	Autopista Amozoc-Perote	19°40'49" N 97°25'07" W	2442 msnm
12	Vol 04	Cerro Pizarro	Autopista Amozoc-Perote	19°30'26" N 97°26'18" W	2447 msnm
13	Lac 01	Tepeyahualco	Carretera Oasis-Xaltipanapa	19°28'48" N 97°27'32" W	2325 msnm
14	Lac 02	Totolcingo	Carretera Teziutlán-Acajete	19°17'33" N 97°36'40" W	2347 msnm
15	Arqueo 01	Ciudad prehispánica de Cantona	Carretera Oasis-Xaltipanapa	19°34'05" N 97°30'50" W	2494 msnm
16	Arqueo 02	Oyameles- Zaragoza	Autopista Amozoc-Teziutlan-Av. Chapultepec	19°42'28" N 97°32'16" W	2838 msnm

Geositios de la Cuenca de Oriental



Tipos de geositios

- **Arqueológicos / Culturales**
 1. Ciudad prehispánica de Cantona
 2. Oyameles-Zaragoza (talleres de obsidiana)
- **Maar**
 3. Alchichica
 4. Aljojuca
 5. Atexcac
 6. La Preciosa
 7. Quechulac
 8. Tecuitlapa
 9. Tepexitl

- **Volcánico**
 10. Cerro Pinto
 11. Las Derrumbadas
 12. Caldera de los Humeros
 13. Cerro Pizarro
- **Lagos**
 14. El Salado
 15. Totolcingo
- **Estratigráfico**
 16. Pared Estratigráfica

Leyenda

- Localidades urbanas
- Cuerpos de agua
- Carreteras
- Límite de cuenca
- Límite estatal



Elaboración propia.
Bse cartográfica: INEGI, 2010.

Figura 11. Geositios identificados en la Cuenca de Oriental. Elaboración propia. Fuente: INEGI, 2010.

4.1.1 Descripción de los geomorfositos

Maars

Un primer grupo de geomorfositos corresponde a los *maars* en la Cuenca de Oriental. Si bien el número de cráteres supera la docena, para los propósitos de esta investigación, se han seleccionado sólo siete cráteres, considerados como más representativos.

Ya se mencionó, en líneas antecedentes que el vocablo *maar*, se conoce en México como *Axalapazco*, término de origen náhuatl, que significa agua dentro de un cráter (Figura 12). En tanto el término *Xalapazco* significa simplemente cráter (Figura 13).

Ollier, (1967) define a los *maars* como: formas fisiográficas, formadas por una explosión volcánica, que se conforman de un cráter que se extiende abajo del nivel general del suelo, y es considerablemente más amplio que profundo, y el borde circundante construido del material eyectado del cráter.

El freatomagmatismo es el tipo de erupción, el cual al tener el balance perfecto entre la cantidad de agua y los gases o el magma, provocaron unas erupciones pulsantes, abriendo paso a un cráter a nivel del suelo, además de los estratos correspondientes a un ambiente húmedo. Esta erupción se gestó en el momento de un cambio muy precipitado en el lugar, y por la presencia de agua. Es importante mencionar a la diatrema, que es la chimenea volcánica que se ha abierto pasó a través de las rocas de la corteza por los gases y el magma a grandes presiones (Gasca, 1981). Y, si finalmente llegan a un equilibrio las presiones con agua subterránea o superficial, entonces se provoca una explosión que da paso a un *maar*, en tanto con el derrumbe de los materiales piroclásticos se da la formación de un embudo, el cual puede ser capaz de retener agua para la formación de un *axalapazco*.



Figura 12. Maar o Axalapazco de Atexcac, Puebla.



Figura 13. Maar o Xalapazco Tepexitl, Puebla.

Maar 01, Alchichica (Axalapazco)

Ubicación y descripción general

Se encuentra a un costado de la carretera 140 (San Hipólito-Xalapa), en el tramo que va de Acatzingo a Perote, Veracruz, justo en el pueblo de Alchichica. El *axalapazco* está a una altitud de 2,322 msnm. Es muy accesible, al encontrarse en un camino de terracería, donde se puede acceder en auto o a pie. El estado de conservación del sitio es muy malo, debido principalmente a la cercanía de la población, además se ha contaminado con desechos de diversa índole, sin contar con el intento de ecoturismo fallido, que generó un remanente de contaminación.

Alchichica tiene una forma casi circular, con un diámetro de 1.8 kilómetros. El labio del cráter es asimétrico, y se encuentra mucho más elevado en la parte oeste. Este es el *maar* más profundo en México, contando con 60 metros de profundidad. Este es uno de los dos *axalapazcos*, cuya composición de agua es salada. En las orillas del cráter se tiene la presencia de estromatolitos (Figura 14), los cuales son fósiles de los microbios que tuvieron una gran participación en la formación de la atmósfera que actualmente conocemos. Estos pueden ser observados, en razón de que el nivel del agua superficial ha ido disminuyendo paulatinamente, lo que ha dejado al descubierto estos fósiles (Alcocer, *et al.*, 1998).

Morfogénesis

La morfogénesis de Alchichica se relaciona con una secuencia de explosiones estrombolianas y freatomagmáticas.

Al respecto encontramos que Alchichica se creó por una serie de explosiones magmáticas que dieron forma a un pequeño cono de escoria, el cual se encuentra en el labio poniente. Este dio paso a erupciones estrombolianas (Figura 15), que dieron lugar a una secuencia de sedimentos piroclásticos de gran tamaño, con un ordenamiento caótico en un ambiente seco. Esto demuestra que la erupción estromboliana ocurrió antes de la explosión freatomagmática.

La secuencia de erupciones pudo haber sido alternada entre la explosión estromboliana y la fratomagmática. Se puede notar esto en los sedimentos encontrados en el labio del cráter, observando que se tienen clastos muy grandes, depósitos de caída, una capa intermedia no vesiculada pero con cristales; lo anterior da pauta a creer que hubo un rápido contacto con el agua. Algunos estratos se encuentran deformados por los aerostatos o bombas balísticas, que al caer sobre una superficie húmeda, provocó que estos estratos se deformaran (Carrasco-Núñez, *et al.*, 2014).



Figura 14. Vista panorámica de Alchichica. Los estromatolitos en la zona de playa del lago, se aprecian de color blanco.



Figura 15. Cono de escoria sepultado en el labio poniente del cráter.

Maar 02, Aljojuca (*Axalapazco*)

Ubicación y descripción general

Este lugar es perfectamente accesible desde la carretera 144 (San Salvador El Seco-Azumbilla), justo llegando al pueblo de Aljojuca se encuentra un mirador, o si se quiere llegar a la parte más baja, se tiene que entrar por el pueblo de Aljojuca, que tiene una carretera bien construida para llegar a la parte inferior del cráter. En cuanto al estado de conservación de la zona que nos ocupa es malo, donde sobresale la pared oeste del *Axalapazco*, justamente donde está construida la carretera para bajar a lo más profundo del cráter. En la parte inferior, se ve una gran alteración debido precisamente a que se han construido dos campos de fútbol, un altar religioso, una serie de lámparas, y también está la presencia de una pequeña vendimia, acompañada de una carpa en donde se cultivan peces (Figura 16). En el camino que rodea el lago, hay una considerable presencia de basura, así como de grafitis realizados en las rocas caídas.

Aljojuca, es un *axalapazco* que pertenece a los *maars* de la parte sur de la Cuenca de Oriental. El cráter tiene una forma elíptica. En su parte mayor, tiene 1.6 Kilómetros, y en su parte menor, .9 kilómetros, y una máxima profundidad de 50.6 metros; en tanto, su altitud es de 2,368 msnm (Alcocer, *et. al.*, 1998).

El cráter está elongado en su porción Este-Oeste, y se encuentra alineado a tres conos de escoria externos al *axalapazco*. Esto puede sugerir que el conducto de salida del magma fue migrando, y a diferencia de Aljojuca, estos no tuvieron las condiciones húmedas para llegar a tener freatomagmatismo.

Morfogénesis

Las rocas anteriores al *axalapazco* están compuestas de rocas volcánicas y sedimentarias, en una secuencia de estratos sedimentarios sobre capas vesiculadas de lava basáltica. La formación del *axalapazco*, viene con la explosión freatomagmática, lo que manifiesta un equilibrio perfecto de magma y agua, trayendo consigo una capa de cenizas en estratificación cruzada, así como un abundante lapilli acrecional, después aparece una

pequeña capa de brechas y cenizas con deformaciones por parte de bloques que causaron deformaciones tipo aerxystos; después de esto viene una secuencia estratificada de ceniza y algunos bloques con deformaciones por aerxystos, luego unos clastos caóticos que soportan una brecha masiva, y por último, una secuencia compuesta por cuarzo lapilli, con cenizas que van incrementando su grueso conforme se llega a lo alto de la secuencia.

Resulta interesante constatar que, en el lado oeste del cráter, se ve una especie de pequeño *horst*, el cual está alineado con los tres conos cineríticos exteriores, por lo que se puede aseverar que están sobre una falla las cuatro geoformas (Carrasco-Núñez, *et al.*, 2014) (Figura 17).



Figura 16. Vista del *axalapazco* de Aljojuca desde la parte más baja del cráter. Al fondo se puede ver una pequeña tienda de provisiones y una carpa blanca donde se realiza el cultivo de peces.



Figura 17. Vista del *axalapazco* de Aljojuca desde el mirador. Al fondo se puede apreciar la carretera que lleva hasta la parte inferior del cráter. Además, se observa la alineación del *axalapazco* con uno de los tres conos cineríticos.

Maar 03, Atexcac (*axalapazco*)

Ubicación y descripción general

Viniendo por la carretera 140 D, que es precisamente la libre Amozoc-Perote, se toma la desviación hacia la ruta Las Derrumbadas-Guadalupe Victoria, y a poco más de 2 kilómetros se encuentra un camino de terracería hacia el lado derecho. La mitad de ese camino se puede hacer en auto y la otra mitad caminando. Aproximadamente son 200 metros de caminata para llegar al labio del cráter (Figura 18). Para llegar al nivel del agua, se camina hacia la izquierda, siguiendo el margen del labio del cráter, se encuentra una pequeña vereda del lado derecho (Figura 19), la cual después de aproximadamente 10 minutos de caminata se encuentra el nivel del agua, donde pueden observarse madrigueras de gusano fosilizadas (Figura 20). El estado de conservación del *axalapazco* es perfecto, quizás esta situación obedezca a que resulta más complicado acceder hasta el nivel del agua.

Atexcac, cuenta con un cráter a 120 metros de profundidad, y su altitud es de 2,363 msnm, con diámetros que varían entre 1,150 y 840 metros. En tanto que la profundidad del agua se encuentra a unos 40 metros. De la misma manera que Alchichica, este *axalapazco* cuenta con un cono cinerítico en la parte Norte del labio del cráter (Alcocer, *et. al.*, 1998) (Figura 21).

Morfogénesis

La aparición de un cono cinerítico que se sobrepuso a las limolitas mesozoicas que predominaban en el área produjo explosiones escoriáceas, las cuales se denotan por los estratos de rocas calizas y el tezontle; esta actividad fue pre *maar*, ya que cuando comenzaron las actividades freatomagmáticas, tuvieron su primer punto de explosión en la parte Suroeste del cráter, con una muy corta actividad en este punto se abrió una ventana vertical efímera, la cual dio paso al agua encontrada en los alrededores, está al entrar en contacto con el magma ascendente tuvieron una serie de explosiones. A partir de estas explosiones se crearon estructuras sedimentarias, en donde se incluyen estratos cruzados, aerxystos, algunas dunas y lapilli acrecional. Una vez terminada la fase de esto último, los puntos de explosión fueron cambiando paulatinamente, ya que la inyección del

magma pudo partir de diferentes conductos provocando probablemente explosiones simultáneas. Ocurrió una última explosión donde de nuevo se tuvo la presencia de agua externa y de condiciones húmedas, dando lugar a una explosión fratomagmática que dio por concluida la actividad del *axalapazco* (Carrasco-Nuñez, *et al.*, 2007).



Figura 18. Vista desde el labio del cráter de Atexcac.



Figura 19. Vereda de descenso al lago.



Figura 20. Madrigueras de gusanos fosilizadas en la playa del lago.



Figura 21. Vista al nivel del agua y un cono cinerítico sepultado, éste tuvo actividad anterior a las explosiones freatomagmáticas.

Maar 04, La Preciosa (*axalapazco*)

Ubicación y descripción general

En la carretera Amozoc-Perote, se toma la desviación que lleva al poblado de Chichicautla (carretera del Progreso), que está justo en frente del *axalapazco* Alchichica, pasando este lugar, se sigue por el camino, y aproximadamente a 2 kilómetros, se llega a la ladera del cráter de La Preciosa, zona que se encuentra a una altitud de 2,365 msnm.

En cuanto al grado de conservación de este lugar es bajo, ya que se encuentra muy deteriorado y sucio por estar a nivel del suelo, y también por su cercanía con las poblaciones. Los factores que resultan más erosivos son los animales de ganado ovino y bovino.

Cuenta con una forma irregular, con un diámetro máximo de 1.8 kilómetros y 45.5 metros de profundidad máxima. A diferencia de los demás lagos cráter de la cuenca, este no cuenta con una estructura cónica sobresaliente, la cual solamente en su porción noreste llega a los 5.5 metros (Figura 22). Toda su evidencia volcánica está en la diatrema (Alcocer, *et al.*, 1998).

La rareza que mantiene este *axalapazco*, es su forma triangular, siendo que ningún otro tiene una forma semejante, dando la impresión de que fueran dos cráteres juntos.

Morfogénesis

El origen de esta estructura se encuentra asociada a diversas fases eruptivas de tipo freatomagmático-explosivo, principalmente; en donde los materiales de depósitos de caída se fueron acumulando. La pared de este cráter está formada por cenizas semiconsolidadas de andesita y pómez (Figura 23).

Tiene una forma casi triangular, lo que puede sugerir una serie de explosiones que cambiaron su ventana de salida, situación por lo cual, el *axalapazco* no mantiene una forma circular.



Figura 22. Vista a nivel de playa del *axalapazco* La Preciosa.



Figura 23. Pared de material piroclástico semiconsolidado.

Maar 05, Quechulac (*axalapazco*)

Ubicación y descripción general

En la carretera Amozoc-Perote se toma la desviación que lleva al poblado de Chichicautla (carretera del Progreso). Pasando este poblado, debe uno dirigirse hacia la zona llamada Zayaleta, que lleva directo al poblado de Quechulac, así como al *axalapazco*, que justamente colinda con el poblado.

La forma general del *axalapazco* es elíptica, con un diámetro mayor de cerca de 1,200 metros, y con un diámetro menor de 800 metros. La mayor altura de las paredes interiores no excede de 50 metros, y la menor es sólo de 25 metros por el lado occidental (Figura 24), en cuyo borde se encuentra el pueblo de Quechulac. Se encuentra a una altitud de 2,395 msnm (Alcocer, *et. al.*, 1998).

En cuanto al estado de conservación del lugar que nos ocupa, se muestra un alto grado de modificación, tanto de la morfología por proceso erosivos, como por el asentamiento de viviendas que alteran la forma del cráter, provocado principalmente por los caminos para automóviles, así como también es de destacarse que la calidad del agua no es buena, como sucede con otros *axalapazcos* de la zona.

Morfogénesis

Su origen responde a la actividad freatomagmática de la zona, las explosiones dejaron salir material compuesto por ceniza andesítica y lapilli de pómez. Su estado de erosión es el más avanzado de todos, y la degradación ambiental es ocasionada por la presencia de viviendas alrededor del cráter.

Además, resulta fácilmente visible un pequeño domo saliente dentro del cráter, el cual pudo haber tenido su aparición una vez que las explosiones fueron más secas. Este domo también ya está modificado por las actividades humanas que se han manifestado (Figura 25).



Figura 24. Imagen de las paredes del material de caída de la explosión del *axalapazco* Quechulac.



Figura 25. Vista parcial del *axalapazco* Quechulac y el pequeño domo dentro del lago (flecha).

Maar 06, Tecuitlapa (*axalapazco*)

Ubicación y descripción general

Este lugar resulta accesible por la avenida 20 de Noviembre, que es la desviación tomada desde la carretera San Salvador El Seco-Azumbilla, en tanto que las casas del pueblo de Tecuitlapa se encuentran asentadas prácticamente en la orilla del labio del cráter.

Tecuitlapa es un *axalapazco* con forma elíptica, su diámetro en la dirección Este-Oeste, es de 1.3 kilómetros, aproximadamente, en tanto que en la dirección Norte-Sur, tiene 1 kilómetro; por lo que atañe a su profundidad, ésta es de 2.5 metros. Cabe mencionar que, este *axalapazco* es diferente a los demás, en razón de que su centro de erupción, fue moviéndose de Este a Oeste, haciendo que el cráter quedara con una forma elíptica, y que la diatrema fuera diferente a las otras, cuyas características físicas normalmente son cónicas. Se encuentra a una altitud de 2,386 msnm (Alcocer, *et. al.*, 1998).

La morfología indica una migración clara de los conductos de explosión, tanto freatomagmática como en los conos de escoria (Figura 26). El agua contenida dentro del *axalapazco* ya está por desaparecer (Figura 27), debido a que está siendo extraída para el beneficio de los habitantes del pueblo de Tecuitlapa. Los conos de escoria son claramente apreciados y su morfología actual es casi la original, ya que no han sufrido de una gran erosión (Figura 28).

Se encuentra muy deteriorado su estado de conservación debido a la cercanía del asentamiento poblacional que existe actualmente, cuyos habitantes han aprovechado el agua del *axalapazco*, tal consumo ha hecho que ese elemento natural se esté agotando; ante tan sombrío panorama, no debe extrañarnos que en corto plazo, ya no se tendrá esa belleza escénica. Esa misma suerte, han tenido los conos de escoria, quienes también han sido alterados, principalmente en las laderas excavadas.

Morfogénesis

Esta geoforma inició su actividad de manera freatomagmática, más concretamente en la interacción de magma basáltico y sedimentos tobáceos licuados, expulsando abundante

lapilli acrecional como depósitos de caída (Figura 29). Las evidencias palpables de que el punto de erupción fue moviéndose, se comprueba fehacientemente en las trayectorias de las bombas (Figura 30), así como en las formas de las dunas. Una vez que la erupción se secó, se produjeron los conos de escoria, con su respectivo cráter y con una forma circular; estos conos están alineados exactamente de la misma manera que las explosiones freatomagmáticas. Las explosiones de estos conos cubrieron todos los depósitos freatomagmáticos del labio del cráter. Los movimientos fueron mayormente horizontales que verticales, esto puede ser observado en el contraste litológico entre los sedimentos no consolidados y la roca inferior fracturada. De igual manera, el agua que causó la explosión freatomagmática pudo ser transportada entre las fracturas, y con los sedimentos, se logró la licuefacción de estos. Mientras que el magma se acomodaba entre los materiales no consolidados de la pared del dique, produciendo la mezcla perfecta para la explosión freatomagmática (Ort y Carrasco-Núñez, 2009).



Figura 26. Vista panorámica del axalapzco de Tecuitlapa y los conos de escoria interiores señalados con una flecha.



Figura 27. Escasez de agua en la zona analizada, provocada principalmente por la extracción que hacen los pobladores



Figura 28. Cono de escoria dentro del *axalapazco* Tecuitlapa.



Figura 29. Bombas expulsadas por las explosiones de los conos internos.



Figura 30. *Aerxystos* en las paredes del cráter, que demuestran la existencia de un suelo húmedo al momento de las explosiones.

Maar 07, Tepexitl (*xalapazco*)

Ubicación y descripción general

Para llegar a este lugar debe tomarse la carretera Ciudad Serdán-Guadalupe Victoria y en cuya ruta se encuentra el poblado de Guadalupe Victoria, y a unos siete kilómetros de este asentamiento se encuentra un camino de terracería hacia el Oeste, haciendo que sea complicado su acceso, aparte de que hay que lidiar con tierra suelta. Ante tal contexto, se requieren vehículos 4x4, además de realizar una caminata a partir de donde los autos ya no pueden subir (Figura 31).

Tepexitl, es uno de los *xalapazcos* más interesantes y más raros del mundo, ya que es un *maar* riolítico, lo cual lo hace muy especial, ya que en su mayoría son basálticos. Tiene alrededor de 1 kilómetro de diámetro, con un cráter que está a 20 metros por debajo del suelo circundante, y 70 metros de profundidad con respecto al labio del cráter (Carrasco-Núñez, *et. al.* 2014). Tiene un alineamiento con los domos de Las Derrumbadas (Figura 31), además de que se encuentra a una altitud de 2,402 msnm.

Morfogénesis

La formación de este *xalapazco* se dio en dos fases: la primera, comenzó con una serie de explosiones freatomagmáticas que hicieron que el centro eruptivo se hiciera más profundo y, posteriormente se manifestó un ambiente dominado de magma, lo que creó un domo riolítico sobre el cráter ya existente. El domo continuó creciendo, pero por unas explosiones retrogresivas activadas por agua externa, provocaron la explosión del domo, dejando la forma cóncava que actualmente presenta.

Aun no se encuentra una explicación convincente, que nos ayude a comprender cómo es que la lava viscosa, provocó una explosión con el agua, al no ser una lava más fluida. Un modelo viable indica que algunos sedimentos más fluidos, se introdujeron dentro de fracturas de la lava riolítica, en donde se encontró con el agua externa, dando pie a la explosión de este domo desde su interior.

Dentro del cráter se pueden encontrar diferencias estratigráficas en las paredes Este y Oeste. La pared Este tiene pendientes que muestran estratos finos endurecidos muy bien expuestos; en tanto la parte superior de lado Este del cráter, se encuentran huellas de drenaje en donde se pueden observar algunas de las características del cráter interior (Figura 34). A su vez, la pared Oeste está mayormente cubierta por vegetación y escombros que no están consolidados. La única parte visible es una brecha de lapilli, pero esta no corresponde a la mitad Este del cráter. También se encuentran bombas fragmentadas y otros bloques de distintas texturas en los drenajes internos del cráter (Austin-Erickson, *et al.*, 2011).

El material más joven es de naturaleza riolítica, dentro del cual se encuentran, elementos tales como los que a continuación se enuncian: fenocristales dominados por cuarzo y plagioclasas, con biotita y areniscas. Los que no son cristales tienen baja vesicularización, estos se llaman riolita pedregosa. Obsidiana perlítica, brechas y bandas de fluidos con composición pomítica (Carrasco-Núñez, *et al.*, 2014).



Figura 31. Imagen de la última parte que se puede recorrer en auto para llegar al cráter. El acceso a esta zona es solo con autos de tracción 4x4.



Figura 32. Vista panorámica del cráter y su lineamiento con Las Derrumbadas.



Figura 33. Camino de acceso al cráter por la pared Este del *axalapazco*.



Figura 34. Pared este del cráter de Tepexitl, donde se observan algunas características del cráter interior.

Estrato 01. Pared de Secuencia Estratigráfica

Ubicación y descripción general

Por la autopista 140 D se toma la desviación a Cantona (carretera Oasis-Xaltipanapa), y aproximadamente a 4 kilómetros de ahí, se encuentra la Pared de Secuencia Estratigráfica que nos ocupa en esta ocasión (Figura 35). El lugar de referencia se encuentra a una altitud de 2,539 msnm. El estado de conservación es relativamente bueno, debido a que es poca la gente que pasa por ahí. La destrucción del lugar se da por la ganadería, principalmente, y porque en algún momento se quiso usar como cantera.

La importancia que se encuentra en este punto, es que se pueden observar claramente los acomodos de los materiales perfectamente bien estratificados (Figura 36). Los depósitos piroclásticos son producto de la caldera de Los Humeros. La secuencia encontrada en su parte inferior, respecto a la superior, presente las siguientes características: colada de lava, depósitos de caída, flujos diluidos, depósitos de caída, flujos piroclásticos, suelo cocinado y flujo piroclástico denso. En los flujos diluidos se pueden observar completamente expuestos los tubos de desgasificación, que son aquellos por donde escapaba el gas que quedaba atrapado entre el magma (Figura 37).

Morfogénesis

Las fuertes explosiones de Los Humeros provocaron las secuencias que fueron temporalmente espaciadas, por lo que se pudieron ir acomodando otras capas entre los diferentes flujos piroclásticos. El suelo cocinado tiene una coloración rojiza esta es una coloración termal, que obtuvo del calor de los piroclastos. La composición de la lava es basáltica, con presencia de olivino y pómez (Carrasco-Núñez, *et al.*, 2014).



Figura 35. Vista desde la carretera de la pared de secuencia estratigráfica, donde se aprecia el uso de cantera.



Figura 36. Imagen de la pared de secuencia estratigráfica.



Figura 37. Flujos diluidos en donde están los tubos de desgasificación.

Vol 01. Cerro Pinto (domo volcánico)

Ubicación y descripción general

La vía reconocida para llegar lo más cerca posible a este lugar es la carretera San Hipólito-Xalapa, a partir de ahí, es un poco complicado, por lo confuso que pueden llegar a ser los caminos. En cuanto a su altitud, ésta alcanza una máxima de $\pm 2,600$ msnm. El estado de conservación que guarda este ámbito, es bastante bueno, debido a que no resulta accesible (Figura 38).

Cerro pinto es un complejo dómico riolítico compuesto de cuatro anillos macizos y cuatro domos, los cuales se desarrollaron en tres etapas eruptivas, marcadas por cambios en la localización del conducto de salida y el carácter eruptivo.

Morfogénesis

Su génesis se desarrolló en tres etapas (Zimmer, 2007 y Zimmer, *et al.*, 2010), las cuales se explican a continuación:

Durante la primera etapa, las erupciones provocaron un anillo macizo de 1.5 kilómetros de diámetro, seguido por dos domos de aproximadamente 200 metros cúbicos.

La segunda etapa inició con la explosiva formación de un anillo macizo de 2 kilómetros de diámetro, junto al anterior en su lado norte. Posteriormente se produjeron dos pequeños anillos más, que son parecidos a un pequeño domo, el cual fue mayormente destruido durante su crecimiento.

En la tercera etapa se vieron explosiones que salieron de un pequeño cráter, manifestándose la aparición de un domo dentro del cráter.



Figura 38. Vista panorámica de Cerro Pinto.

Vol 02. Las Derrumbadas (domo volcánico)

Ubicación y descripción general

A este domo volcánico se accesa desde la carretera 140 San Hipólito-Xalapa, que va de Acatzingo a Perote (Figura 39). Pasando la desviación de Guadalupe Victoria comienza una pequeña pendiente, la cual llega a Las Derrumbadas que quedan justo a un lado de la carretera. El problema para poder acercarse más, es la empresa que ahí se encuentra afincada, a la cual se le debe pedir permiso para poder llegar a los abanicos aluviales (Figura 40). El relieve de los *hummocks*, se puede observar desde la carretera misma. La altitud máxima del lugar en cuestión es de 2,674 msnm.

El tema de su conservación es difícil de determinar, ya que en la actualidad está siendo explotado comercialmente (Figura 41), pero gracias a esto se pueden observar los abanicos aluviales desde su interior. Pero también, encontramos que los domos están siendo alterados al ser erosionados de una manera mucho más rápida.

Se tratan de dos domos de lava riolíticos activos, localizados precisamente en la porción centro-Este de la Cuenca de Oriental, separan a los *axalapazcos* Norte con los del centro y Sur de la citada Cuenca. Además, representan el conjunto de rocas riolíticas más antiguas de la Cuenca multicitada, y son la estructura más alta dentro de la porción interior de ésta.

El domo Norte tiene una cima con elevación de 3,420 msnm y una forma semicircular, con una estructura de herradura abierta hacia el sureste, característica que representaría un colapso de gran magnitud, que en parte es reemplazado por el emplazamiento de un domo resurgente que marca una contrapendiente en la cicatriz del colapso.

Por otro lado, el domo Sur, de rasgos morfológicos más recientes, cuenta con una elevación de 3,470 msnm en la cima y una forma semicircular con tres domos resurgentes; también pueden observarse claros colapsos asociados, donde cada uno de ellos generó depósitos de avalancha que resultan visibles en sus costados. Ambas estructuras presentan pendientes fuertes, que van de los 30° a los 45° de inclinación en promedio que, en combinación con la alteración hidrotermal de alto grado (evidencia de circulación de fluidos

geotérmicos) y la gravedad, propician la inestabilidad en las rocas de estas composiciones provocando múltiples colapsos y depósitos asociados a ellos.

Al Suroeste del domo Sur, hay manifestaciones termales superficiales con temperaturas de 45°C en promedio. Con esta actividad magmática y su posible edad holocénica, nos señalan que Las Derrumbadas podría existir un campo geotérmico al menos para desarrollar proyectos de mediana y baja entalpía (Dávalos, *et al.*, 2015)

Morfogénesis

La secuencia de formación del lugar que nos ocupa, comprende básicamente tres etapas evolutivas de crecimiento (1, 2 y 3) y dos etapas de colapso (4 y 5), las cuales detallamos a continuación:

- *Etapa 1*, representada por un pequeño anillo de toba formado por una actividad fratomagmática, caracterizada por el emplazamiento de depósitos surgentes “húmedos”.
- *Etapa 2*. Aquí, el citado anillo de toba creció en diámetro, y consistía mayormente en el surgimiento de depósitos “secos”. Más tarde un domo vítreo, con un caparazón pomirítico parcialmente cubierto por depósitos surgentes y rocas base va hacia arriba y se emplaza dentro del anillo de toba durante la etapa 3.
- *Etapa 3*, en ella, continúa la extrusión de lava riolita vítrea, que cubre la inestabilidad del domo y el emplazamiento de las avalanchas de escombros.
- *Etapa 4*, en donde se destaca que, por lo menos ocho diferentes depósitos de avalancha de escombros han sido identificados. Estos depósitos son heterogéneos en composición, e incluye bloques de diferentes litologías. Se muestran como una típica topografía de *hummocks*, y tienen un rango de 0.1 a 9 kilómetros de distancia.
- *Etapa 5*, caracterizada por actividad de fumarolas y el emplazamiento de una segunda generación de avalanchas de escombros. Esta segunda generación cubrió áreas más pequeñas, y son de composición monolitológica.

Por otra parte, tenemos que los estudios de laboratorio indican que los domos fueron formados durante un tiempo relativamente corto. Las Derrumbadas comparadas con otras estructuras riolíticas en el área, facilitan la interpretación del origen de los dos tipos de depósitos de avalancha, a saber:

- La primera generación de depósitos que fue formada en una época de evolución más temprana, cuando los domos aún tenían un caparazón de obsidiana vítrea y rocas del basamento local, tales como limolita cretácica y sedimentos lacustres.
- La segunda generación de los escombros depósitos de avalancha es *monolítica*, fue formada más tarde, cuando las capas quedaron al descubierto exponiendo los núcleos jóvenes de microcristales de los domos. Actualmente, la actividad de las fumarolas es más débil. La estabilidad de las capas y la segunda generación de escombros de depósitos de avalancha pueden ocurrir de nuevo en el futuro (Siebe, *et al.*, 1995)



Figura 39. Vista de Las Derrumbadas desde la carretera.



Figura 40. Abanico aluvial, se encuentra dentro de la empresa.



Figura 41. Vista de Las Derrumbadas y sus derrumbes ocupados como material de extracción.

Vol 03. Caldera de los Humeros (geomorfosito panorámico)

Ubicación y descripción general

La caldera de Los Humeros se encuentra en la parte Norte de la Cuenca de Oriental. Desde su origen ha tenido gran influencia en los cambios morfológicos en la porción centro norte de la citada Cuenca.

Como vista panorámica es muy fácil de acceder a este lugar, ya que desde la súper carretera a Perote se observa en su mayor extensión (Figura 42). Como medio areal, también es sencillo analizarla, pero para acceder se necesita un permiso por parte de la Comisión Federal de Electricidad.

Corresponde a una de las calderas más grandes del país, ocupando lugares preponderantes en el sistema volcánico transversal, y por lo tanto, es innegable su relevancia dentro de la Cuenca de Oriental; tiene una altitud de 2,442 msnm.

En cuanto a la conservación se puede considerar que ésta es relativamente buena, ya que no se ha modificado gran parte de las condiciones de la caldera en cita, con excepción de los pozos que se han excavado precisamente para la extracción del vapor.

Actualmente, la caldera de Los Humeros es aprovechada como un recurso energético, concretamente bajo la modalidad de energía geotérmica; además, se aprovechan las emanaciones gaseosas, presentadas en forma de fumarolas de suelos vaporizantes. Estas vaporizaciones oscilan entre los 50° y los 89° grados centígrados.

Morfogénesis

La formación de Los Humeros, corresponde a dos calderas propiamente dichas: los humeros y los potreros, que están asociadas a dos grandes ignimbritas silíceas. Estas calderas desarrollaron una serie de erupciones plinianas (Carrasco-Núñez, 2014). Dentro de esta formación, se encuentran una serie de conos cineríticos, domos y la gran caldera de Los Humeros, que forma parte del semigraben Libres-Oriental. En tanto que dentro de la caldera llamada Los Potreros se encuentran dos estructuras: colapso central y Xalapazco-Maztaloya.

Hubieron tres grandes erupciones de tipo pliniano, a saber: formación Teziutlán, ignimbrita Xaltipan y la ignimbrita Zaragoza (Ferriz, 1985).

La mayor emisión silícica, fue con la ignimbrita Xaltipan. Esta es muy abundante en pómez, de composición predominante riolítica y fragmentos de obsidiana. A partir de esta producción de la ignimbrita, fue el motivo por el cual se provocó el colapso de la caldera de Los Humeros, es entonces que se desarrollaron domos sobre la fractura anular, acompañada de tobas de caída aérea que, a su vez, provocaron el colapso de la caldera de Los Potreros.

Como continuación de los eventos arriba expuestos, es que también se sucedieron las evacuaciones magmáticas, con los derrames lávicos de andesitas, andesitas-basálticas y basaltos; elementos que concretamente se encuentran en la parte central de Los Humeros, y en derrames hacia el Sur; estos derrames son Tepeyahualco, Sarabia y El Limón. Después de los derrames vino una erupción de pómez, de composición riodacítica que cubrieron todos los vestigios pasados, este flujo es el llamado Tenextepec. A lo largo de la fractura sur se formaron una serie de conos de escoria. Algunos alimentaron derrames de lava tipo AA, que se extienden 15 kilómetros al sur de Los Humeros (Ferriz, 1985).



Figura 42. Vista panorámica de la caldera de Los Humeros.

Vol 04. Cerro Pizarro (domo riolítico)

Ubicación y descripción general

Este lugar se encuentra a un costado de la super autopista Amozoc-Perote. Para poder observar otro flanco del cerro Pizarro, es necesario tomar la carretera libre a Alchichica (San Hipólito-Xalapa), y de ahí, es necesario tomar una desviación hacia el pueblo de San Nicolás Pizarro. Estando en este lugar, es necesario tomar caminos de terracería para llegar a un lugar más cercano de los *hummocks* y los depósitos de escombros (Figura 43). Respecto a la altitud que tiene este cerro es de 2,447 msnm.

La elevación que nos ocupa resulta ser uno de los lugares más representativos del vulcanismo activo que se manifiesta dentro de la Cuenca de Oriental; además de presentar una serie de morfologías, que se presentan a partir de su desarrollo, como son los *hummocks*. Otra característica importante a destacar de este domo, es que su composición se dio en varios eventos, mostrando ser poligenético, característica que lo distingue sobremanera, toda vez que los domos riolíticos normalmente son monogenéticos.

También es de ponderar que, el lugar en cuestión, está perfectamente conservado debido principalmente a que no se ha podido hacer un gran uso de las tierras perteneciente al cerro Pizarro. Aunque se debe reconocer que presenta un poco de deterioro en los alrededores, justamente en donde se encuentran los *hummocks* y los depósitos de escombros (Figura 44); lo anterior debido a la ocupación agrícola por parte de los pobladores de San Nicolás Pizarro.

El cerro Pizarro es de suma importancia por la cantidad de descripciones que se pueden hacer de él, además de las muestras claras de una serie de etapas evolutivas manifestadas en un domo poligenético, que no es algo muy común de encontrar. Además, es preciso señalar que este sitio fue una gran fuente para la extracción de obsidiana (obtenida del criptodomo y la capa vítrea derrumbada).

Morfogénesis

Los eventos de cerro Pizarro se separan en cuatro etapas (Riggs y Carrasco-Nuñez, 2004) donde se encuentran principalmente las fases de erupción y de erosión, tales fases, son las siguientes, a saber:

- La *primera etapa* es donde se encuentran emplazados los depósitos considerados representativos del flujo de desahogo más antiguo, tal y como son: brechas con xenolitos del basamento de la escoria basáltica, limolita cretácica y la ignimbrita Xaltipan. También hay depósitos piroclásticos, además del desarrollo de una capa vítrea.
- En la *segunda etapa* se desarrolló un criptodomo, el cual deformó la capa vítrea y la parte interior del domo, lo que dio pie a la remoción en masa de la capa vítrea. Mayormente la avalancha tiende al lado izquierdo del cerro, formando *hummocks*, así como el anillo que muestra la distorsión de la primera etapa respecto a la segunda. También hay un parcial derrumbe del criptodomo. Con esta intrusión se da una separación del domo formando unos hombros en los lados de este.
- La *tercera etapa* se ve caracterizada por la erosión de los resultantes de la avalancha de escombros, y por la reconstrucción del cono del domo, que permanece hasta el día de hoy. No se encuentran restos de actividad volcánica.
- En la *cuarta etapa* hay una serie de erupciones piroclásticas que caen sobre los escombros anteriores y la ignimbrita Zaragoza proveniente de la caldera de Los Humeros (Carrasco-Nuñez y Branney, 2005). Las secuencias piroclásticas se observan en dos estratos circulares alrededor del cono (Carrasco-Nuñez y Riggs, 2008) (Figura 45).



Figura 43. Vista panorámica de cerro Pizarro.



Figura 44. Vista de cerro Pizarro, desde los depósitos de la avalancha de escombros.



Figura 45. Los diferentes estratos de los eventos asociados a cerro Pizarro

Lac 01. Tepeyahualco (lago El Salado)

Ubicación y descripción general

La carretera Oasis-Xaltipanapa pasa por en medio del lago en cita (Figura 46). Se trata de la parte más baja de la Cuenca de Oriental, cuenta con una altitud de 2,325 msnm. Su origen pudiera ser el más antiguo de todos los geomorfositos, debido a que fue parte del antiguo lago localizado en esta zona. Es un lugar que presenta características muy particulares y significativas de toda la Cuenca, sobresaliendo concretamente aquel que determina que los suelos presentes tienen una alta concentración de sal, debido fundamentalmente a la evaporación de las aguas pluviales que se acumulan en la planicie, y que en su mayoría, son infiltradas por las condiciones edáficas y litológicas de la zona.

Este es uno de los atributos más significativos del área, ya que permite apreciar en conjunto, los rasgos más sobresalientes y elevados de la zona, tal y como son: el cerro Pizarro, las Derrumbadas, el Pico de Orizaba y la Malinche; es decir, se trata de la zona panorámica más baja.

La planicie tiene un alto grado de degradación debido a la presencia de la carretera Oriental-Perote. El uso de suelo se enfoca principalmente al pastoreo, como resultado de la salinidad que este lugar presenta.

Morfogénesis

El suelo del lago está formado por rocas sedimentarias lacustres, que son limo, arenas y materia orgánica. Y debajo de estos elementos hay derrames lávicos, sedimentos piroclásticos y rocas volcánicas, que hicieron permeable el suelo, por lo que el agua mayormente se infiltró, y la que no lo hizo, se evaporó dejando suelos salinos.



Figura 46. Carretera Oasis-Xaltipanapa, atravesando el lago El Salado.

Lac 02. Totolcingo (antiguo lago)

Ubicación y descripción general

Justamente la carretera Teziutlan-Acajete cruza por en medio del citado lago. El Lago Totolcingo tiene una forma un tanto irregular alargada. Está a una altitud de 2,347 msnm. Cuenta con una extensión de 15.3 kilómetros cuadrados. En este lugar, se presentan dos particularidades, que determinan su excepcionalidad; una es donde se encuentran las capas de sal, y la otra, es que hay poca agua, aproximadamente 50 centímetros de profundidad máxima (Figura 47). También se encuentran cinco conos volcánicos, de los cuales uno está dentro del lago, y está dividiendo la parte con remanentes de sal y las aguas someras.

El estado de conservación en el que se encuentra es bastante bueno, aunque hay que reconocer que muestra alteraciones debidas, entre otras situaciones, al paso de la carretera, agricultura y ganadería que se establecen en el lugar o pastan en las pequeñas partes que aún tienen flora dentro del lago.

La actividad humana dentro de este lugar, principalmente se centra en la recolección de sal, siguiendo una periodicidad, manifestada de la siguiente manera: en la parte menor del lago todo el año, y en la parte mayor durante los periodos de sequías, precisamente donde queda la sal expuesta.

Morfogénesis

El suelo del citado lago está formado por rocas sedimentos lacustres, que son limo, arenas y materia orgánica; y debajo de estos, hay derrames lávicos, sedimentos piroclásticos y rocas volcánicas, que precisamente hicieron permeable el suelo, por lo que el agua mayormente se infiltró, y la que no lo hizo, se evaporó dejando suelos salinos.



Figura 47. Capa somera de agua en lago Totolcingo.

Arqueo 01. Ciudad prehispánica de Cantona

Ubicación y descripción general

Esta ciudad prehispánica se encuentra justo a un costado de la carretera que parte de la autopista Puebla-Perote, tomando la desviación a la ciudad de Cantona (carretera del Oasis-Xaltipanapa); se encuentra a una altitud de 2,494 msnm (figura 48). En cuanto a su estado de conservación, encontramos que solamente el 1 % de la ciudad que está reconstruida está muy bien cuidada (Figura 49), pero el resto de la misma, se encuentra al descubierto, por lo que resulta susceptible que acontezcan actos de vandalismo, tales como el saqueo, o propiamente la destrucción del citado lugar.

Cantona se localiza al Norte de la Cuenca de Oriental; este sitio se caracteriza por ser un derrame basáltico asociado a la estructura volcánica de Los Humeros, compuesta fundamentalmente por riolitas-andesitas y basaltos.

El gran derrame basáltico, puede ser apreciado de manera clara debido a que se localiza sobre la planicie agrícola. Esto se identifica por el cambio abrupto de pendiente que puede mostrar cambios altitudinales de 30 metros en algunas zonas. Esto es lo que hace a Cantona una ciudad con una estructura especial, porque está establecida en un relieve sumamente abrupto, y en sus construcciones no usaron cementantes, solamente un acomodo de las rocas que encontraban en el lugar (basaltos) (Figuras 50 y 51).

En cuanto a los elementos biológicos de la zona, no existe gran variedad que sea de gran importancia como lugar para entender la dinámica ecológica. Pero, en cuanto a los elementos culturales, mantiene un nivel alto asociado al desarrollo de las civilizaciones prehispánicas que mantuvieron una estrecha relación en su desarrollo, favorecido principalmente al aprovechamiento de los recursos volcánicos (obsidiana) extraídos en los yacimientos de Oyameles-Zaragoza. Este factor hizo que Cantona tuviera un gran éxito como ciudad por el poder de intercambio que tenía (Cobean, 2002).

Cantona tuvo fuerte presencia en otras ciudades prehispánicas de Latinoamérica, esto se puede datar por los objetos de intercambio encontrados en aquellas ciudades provenientes de Cantona.

La utilización de canchas para el llamado Juego de Pelota, llega a su máximo con veinte de ese tipo de edificaciones deportivas (Figuras 52 y 53), de las cuales diez estaban alineadas en conjuntos arquitectónicos entre el año 150-200 D.C.

Entre los años de 650 y 700 D.C., la ciudad prehispánica que nos ocupa en esta ocasión, contaba con 93,000 habitantes en 1,453 hectáreas, entonces era la ciudad más grande y fuerte del Altiplano Central.

El abandono de la ciudad aconteció entre los años 900-1050 D.C. Se considera que la decadencia de este lugar obedeció a conflictos internos, aunque también pudo deberse al clima, precisamente cuando ocurrieron varias sequías por el aumento de la temperatura (García-Cook, 2009,)

Cuenta con un mirador de una porción de la Cuenca de Oriental, y algunas estructuras naturales excepcionales, tales como el cerro Pizarro, Pico de Orizaba y la planicie lacustre (Figuras 54, 55 y 56).

Al inicio del recorrido, se encuentra un panel explicativo (Figura 57), además cuenta con el servicio de guías turísticos, que explican todo lo concerniente al sobre el lugar (Figura 58).

La zona actualmente mantiene un considerable nivel económico, que está principalmente asociado a la zona arqueológica, que pudiera ser mayor, en caso de darle más promoción al sitio, debido al potencial estético e histórico de la zona.

Morfogénesis

Colada de lava proveniente de la explosión de la caldera de Los Humeros, donde se emplazó la ciudad.



Figura 48. La ubicación de Cantona en la Cuenca de Oriental, Museo de sitio, Cantona, Puebla.



Figura 49. Información del área restaurada abierta al público. Museo de sitio. Cantona, Puebla.



Figura 50. Muestra en el interior del museo de sitio de Cantona.



Figura 51. Plataformas donde se ubicaban las casas de los ciudadanos.



Figura 52. Canchas para el juego de pelota, siempre alineados a los templos.



Figura 53. Otra perspectiva del lineamiento de las áreas de juego de pelota con los templos.



Figura 54. Vista panorámica de la ciudad prehispánica de Cantona.



Figura 55. Otra vista panorámica de la ciudad prehispánica de Cantona.



Figura 56. Vistas panorámicas de la ciudad y una parte de la Cuenca de Oriental, desde la pirámide más alta.



Figura 57. Panel de explicación a la entrada de la zona arqueológica.



Figura 58. Guías del museo que describen cada pirámide de la ciudad.

Arqueo 02. Oyameles-Zaragoza (talleres de obsidiana)

Ubicación y descripción general

Para llegar al pueblo de Oyameles se toma la autopista Amozoc-Teziutlan y hay que desviarse hacia la avenida Chapultepec, la cual atraviesa Oyameles. Por lo que atañe a la altitud del pueblo es de 2,838 msnm. Llegando al pueblo de Oyameles, se tiene que caminar hacia la barranca, la cual es el antiguo rio, y ahí comenzar el descenso hasta llegar a la parte más baja, que es donde se encuentra la obsidiana (Figura 59). Llegar a este sitio, es un tanto difícil, ya que hay pendientes pronunciadas, por lo que la caminata en aquel lugar se torna compleja realizarla. En cuanto a su estado de conservación, pese a no contar con algún tipo de protección, su condición es bastante buena, debido a su complicado acceso. El mayor daño al lugar se encuentra en los suelos que circundan al lugar, ya que actualmente son cultivados.

El pueblo se dedica a la agricultura, en especial a la siembra de papa, aunque esto no impide que en todo momento se pueda encontrar padecería de obsidiana (Figura 60) y algunos bloques más grandes. Es precisamente en este último lugar, en donde se encontraban los pequeños talleres de obsidiana. Un poco más adelante, concretamente en el cauce del rio también se pueden observar grandes bloques de obsidiana (Figura 61), que ya no son usados. Actualmente el rio ya no lleva agua en su cauce, sus paredes al ser tan altas, muestran de una manera muy expuesta, las diferentes capas de estratos, como son suelos o depósitos de caída, flujos piroclásticos y remanentes vítreos.

El flujo riolítico es la fuente de obsidiana denominada Oyameles/Zaragoza; asimismo, se tiene la creencia de por más de 1,600 años, la gente de Cantona utilizó la minería de obsidiana como uno de sus principales recursos, además de dedicarse al procesamiento y comercio de la obsidiana obtenida del referido lugar (Cobean, 2002).

Morfogénesis

El flujo fue producto de la caldera de Los Humeros, se puede datar de entre 36 a 46 millones de años, los estudios aún continúan para saber correctamente que es lo que pasó en esa época.

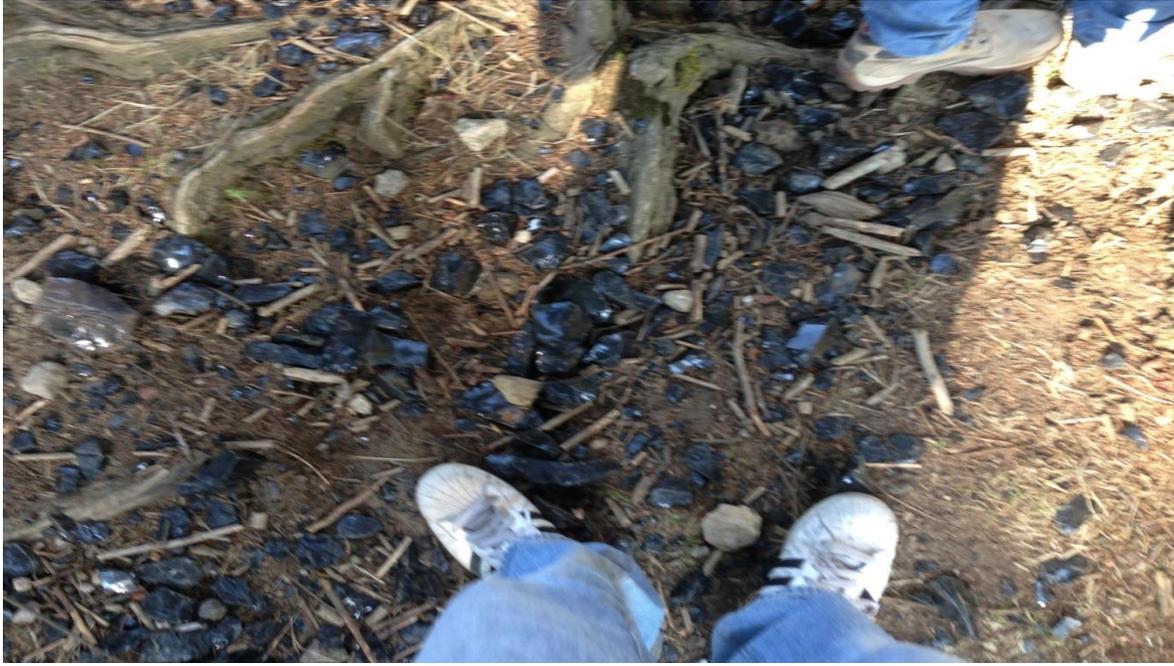


Figura 59. En el camino de la barranca hacia el río, se encuentra mucha pedacería de obsidiana.



Figura 60. La obsidiana puede ser recogida en cualquier parte del pueblo.



Figura 61. Bloque de obsidiana en el cauce del río.

4.1.2 Valorización numérica

Como se estableció en la metodología diseñada para la Cuenca de Oriental, se desarrolló la evaluación cuantitativa de cada geomorfosio (Tabla 7).

Tabla 7. Evaluación de geomorfosios

Valor	Científico				Total	Adicionales			Total	Uso			Total	Valor global
Identificador	Rareza	Integridad	Representatividad	Dificultad didáctica		Estético	Ecológico	Cultural		Accesibilidad	Vulnerabilidad	Posibilidad de colecta de objetos		
Maar 01	2	1.5	2	2	7.5	2	2	0	4	2	0.5	0	2.5	14
Maar 02	1	1	2	1	5	2	2	0	4	1.5	0.5	2	4	13
Maar 03	1	2	2	2	7	2	2	0	4	1	1	2	4	15
Maar 04	0.5	1	1	2	4.5	1	0	0	1	1.5	0	2	3.5	9
Maar 05	0.5	1	1	2	4.5	1	0	0	1	1.5	0	2	4	9.5
Maar 06	2	1	2	2	7	2	2	0	4	2	0.5	1	3.5	14.5
Maar 07	1.5	1	2	1	5.5	0.5	1	0	1.5	0.5	0.5	1	2	9
Etrato 01	0	1.5	2	2	5.5	1.5	1	0	2.5	1.5	0.5	1	3	11
Vol 01	1	2	1.5	0	4.5	0.5	1	0	1.5	0.5	2	2	4.5	10.5
Vol 02	1	1	2	2	6	1.5	1	0	2.5	1.5	0	2	3.5	12
Vol 03	2	1	2	1	6	1.5	1	0	2.5	1.5	2	2	5.5	14
Vol 04	1.5	2	2	1	6.5	2	0	1	3	2	2	2	6	15.5
Lac 01	1	0.5	1	2	4.5	0.5	1	0	1.5	1.5	2	2	5.5	11.5
Lac 02	1	1	1	2	5	0.5	1	0	1.5	1.5	2	2	5.5	12
Arqueo 01	2	2	2	2	8	2	1	2	5	1.5	0.5	0	2	15
Arqueo 02	0.5	1	1.5	2	5	0.5	2	2	4.5	1	1.5	2	4.5	14

Como se puede apreciar en el contenido de la tabla 7 de evaluación de geomorfositos, se tienen tres totales y un valor global; en donde cada total es la suma de sus variables, y el correspondiente al global es la suma de los totales de cada valor.

El valor global muestra cuál o cuáles podrían ser los sitios más relevantes dentro de esta selección, sin embargo al ser una tabla cuantitativa se limita solo a los valores indicados, por lo que dicha tabla se complementa con las fichas descriptivas que se incluyen en esta investigación, y con ello, se pueda llegar a una mejor evaluación, dando la opción a diferentes puntos de vista, y no a un limitante que ofrecen las variables.

El valor global máximo es de 20 puntos, sin embargo pudimos constatar que ningún sitio analizado llega a tal valor, esto no indica que no sean relevantes, o que los resultados de la citada tabla de evaluación no se ajusten a la realidad que impera; al contrario de esto, se muestra que cada sitio tiene ventajas y desventajas, que se reflejan en los diferentes valores. Es preciso mencionar que, para fines de esta investigación, los puntajes más altos muestran los sitios más relevantes dentro de la Cuenca de Oriental, es decir que son los lugares más atractivos para visitar.

Con los resultados obtenidos, es más fácil observar las deficiencias o fortalezas de cada sitio, además de que claramente se nos indica aquellos lugares que requieren una mayor atención para su conservación.

Los geositos con los valores más altos son: Cerro Pizarro (Vol 04) con 15.5 puntos y la Ciudad Prehispánica de Cantona (Arqueo 01) que fue valorada con 15 puntos.

El Cerro Pizarro tiene la valoración global más alta en el valor científico tiene 6.5 de 8 posibles quedando en quinto lugar de la lista, en el valor adicional alcanzó 3 de 6 puntos estando en la séptima posición con respecto de los demás y en el valor de uso tiene 6 de 6 puntos quedando por encima de cualquier otro geomorfosito. En este geomorfosito se tiene un valor máximo de uso, lo que señala que puede ser visitado sin problema alguno y con posibilidad de colecta para un mejor aprendizaje del lugar, mientras que su debilidad se encuentra en el valor adicional donde su importancia ecológica es nula pero sin importar

este factor el sitio por su importancia científica y de uso se mantiene como el mejor geomorfosito de los evaluados.

La ciudad prehispánica obtuvo el valor máximo de 8 puntos en el valor científico seguido del mar de Alchichica con 7.5, mientras que para el resto de los sitios los valores oscilaron entre 4.5 y 7. Para los valores adicionales, la ciudad de Cantona obtuvo 5 de 6 puntos en donde de igual manera encabezó el listado y para el valor de uso obtuvo 2 de 6 puntos poniéndolo en último lugar de la lista empatado con el mar de Tepexitl.

Para este geomorfosito se observa que su fortaleza se encuentra en el valor científico, mientras que su debilidad radica en el valor de uso, lo que indica que se necesita hacer un énfasis en su protección para evitar la desaparición de los rasgos que lo hacen importante.

Los geomorfositos con los valores más bajos son: Tepexitl (maar 07) con 9 puntos y La Preciosa (maar 04) con 9 puntos. El maar de Tepexitl obtuvo este puntaje por su calificación tan baja obtenida en el valor adicional 1.5 de 6 y en el valor de uso 2 de 6, lo que indica que se debe poner una mayor atención en su protección siendo que la falta de esta es la causante de los bajos puntajes en los valores adicionales.

Para el maar de La Preciosa su mayor debilidad está en los valores adicionales teniendo 1 de 6 puntos lo que señala que sus valores ecológicos estéticos y culturales están muy dañados. Los valores científicos obtenidos son 4.5 de 8 y los valores de uso son 3.5 de 6 lo que muestra que el bajo puntaje se centra en su vulnerabilidad y lo dañado que ya se encuentra.

También es preciso mencionar que los valores dados para cada variable son utilizados al criterio del autor, y no quiere decir que estos sean absolutos y exactos a plenitud, ya que sus interpretaciones dependen de la perspectiva con la que se analice cada sitio.

4.2 Itinerarios geoturísticos

Se diseñaron dos posibles rutas (Tabla 8), para los 16 geomorfositos a visitar. El punto de inicio es la ciudad de Perote, donde se toman las carreteras principales para poder llegar a los geomorfositos. Además de que las rutas trataron de llevar un orden en cuanto al tipo

de morfogénesis a observar, todo ello con la intención de llevar un mismo orden de conocimientos.

Tabla 8

Rutas establecidas

No. Sitio	Identificador	Nombre del Geositio	Ruta
1	<i>Maar 01</i>	Alchichica	1
2	<i>Maar 02</i>	Aljojuca	
3	<i>Maar 03</i>	Atexcac	
4	<i>Maar 04</i>	La Preciosa	
5	<i>Maar 05</i>	Quechulac	
6	<i>Maar 06</i>	Tecuitlapa	
7	<i>Maar 07</i>	Tepexitl	
11	Vol 01	Cerro Pinto	2
8	Arqueo 01	Ciudad prehispánica de Cantona	
9	Arqueo 02	Oyameles- Zaragoza	
10	Estrato 01	Pared de secuencia estratigráfica	
12	Vol 02	Las Derrumbadas	
13	Vol 03	Caldera de los Humeros	
14	Vol 04	Cerro Pizarro	
15	Lac 01	Tepeyahualco	
16	Lac 02	Totolcingo	

Tabla 9

Ruta 1

No. Sitio	Identificador	Nombre del Geositio	Ubicación	Coordenadas	Altitud
1	Maar 01	Alchichica	Carretera San Hipólito-Xalapa	19°24'47" N 97°24'03" W.	2,322 msnm
2	Maar 02	Aljojuca	Carretera San Salvador El Seco-Azumbilla	19°05'21" N 97°31'49" W.	2,368 msnm
3	Maar 03	Atexcac	Carretera a Las Derrumbadas-Guadalupe Victoria	19°20'80" N 97°27'91" W.	2,363 msnm
4	Maar 04	La Preciosa	Carretera del Progreso	19°22'13" N 97°23'17" W.	2,365 msnm
5	Maar 05	Quechulac	Carretera del Progreso	19°22'23" N 97°22'27" W.	2,361 msnm
6	Maar 06	Tecuitlapa	Avenida 20 de Noviembre	19°07'52" N 97°32'30" W.	2,386 msnm
7	Maar 07	Tepexitl	Carretera Ciudad Serdán-Guadalupe Victoria-Terracería	19°13'21" N 97°25'32" W.	2,402 msnm
11	Vol 01	Cerro Pinto	Carretera San Hipólito-Xalapa	19°23'16" N 97°30'04" W.	± 2,600 msnm

Tabla 10

Características de la Ruta 1

Geoformas	Longitud de ruta	Tiempo aproximado	Transporte	Accesibilidad
Maars y domo	126 Kilómetros	1 día	Autobus-automóvil	Alta-media

La primera ruta se encuentra en la parte Este de la Cuenca de Oriental, iniciando en la ciudad de Perote, y termina en el poblado de Tecuitlapa (Tabla 9). La ruta tiene una longitud aproximada de 126 kilómetros (Tabla 10), y el tiempo que generalmente se emplea para

recorrer todos los sitios señalados en esta zona que nos ocupa, es de aproximadamente un día, tomando en cuenta solo las horas luz, que oscilan entre 7 de la mañana y 7 de la noche.

Esta ruta está planeada para visitar todos los *Maars* de la Cuenca (*axalapazcos* y *xalapazcos*) y un domo, que se encuentra muy cerca de todos estos sitio, los cuales son parte de la demarcación que forma de Cerro Pinto.

La accesibilidad es muy alta para todos los axalapazcos, donde se puede entrar con cualquier tipo de transporte, y con una caminata no mayor a 300 metros. Para el Cerro Pinto y para Tepexitl se tiene una accesibilidad media, siendo necesario el uso de vehículos automotores, concretamente los de tracción 4x4 para poder avanzar en las terracerías que son de materiales sueltos, además, de como ya se dijo realizar una caminata un poco larga.

En ruta cuenta con una serie de vistas panorámicas impresionantes hacia los domos volcánicos y Los Humeros, sin dejar de lado la panorámica que se encuentra en los axalapazcos. En dichos lugares, se pueden obtener conocimientos de los conos de escoria, el freatomagmatismo, el vulcanismo monogenético y la migración de los tubos de escape de las explosiones en las erupciones.

Tabla 11**Ruta 2**

No. De sitio	Identificador	Nombre del geosítio	Ubicación	Coordenadas	Altitud
8	Arqueo 01	Ciudad prehispánica de Cantona	Carretera Oasis-Xaltipanapa	19°34'05" N 97°30'50" O.	2,494 msnm
9	Arqueo 02	Oyameles- Zaragoza	Autopista Amozoc-Teziutlan- Avenida Chapultepec	19°42'28" N 97°32'16" O.	2,838 msnm
10	Estrato 01	Pared de secuencia estratigráfica	Carretera a Texcal	19°35'06" N 97°32'58" O.	2,539 msnm
12	Vol 02	Las Derrumbadas	Carretera San Hipólito-Xalapa	19°17'17" N 97°27'25" O.	2,674 msnm
13	Vol 03	Caldera de los Humeros	Autopista Amozoc-Perote	19°40'49" N 97°25'07" W	2,442 msnm
14	Vol 04	Cerro Pizarro	Autopista Amozoc-Perote	19°30'26" N 97°26'18" O.	2447 msnm
15	Lac 01	Tepeyahualco	Carretera Oasis-Xaltipanapa	19°28'48" N 29°27'32" O.	2,325 msnm
16	Lac 02	Totolcingo	Carretera Teziutlán-Acajete	19°17'33" N 97°36'40" W	2347 msnm

Tabla 12**Características de la ruta 2**

Geformas	Longitud de ruta	Tiempo aproximado	Transporte	Accesibilidad
Vulcanismo, lagos, perfil estratigráfico y rasgos culturales	135 kilómetros	1 día	Autobus- automóvil	Alta

La segunda ruta inicia en la parte Este de la Cuenca de Oriental, siendo el punto de partida la ciudad de Perote, pero su mayor desarrollo está en la parte Norte y Centro de la citada Cuenca. El final de la ruta se da precisamente en Las Derrumbadas (Tabla 11). La longitud aproximada de la ruta en cuestión es de 135 kilómetros (Tabla 12), en tanto que el tiempo de recorrido sugerido es de un día, tomando en cuenta sólo las horas luz, siendo un aproximado de 7 am a 7 pm.

La accesibilidad a los geomorfositos es totalmente alta, con excepción de Oyameles-Zaragoza, en donde se tienen que caminar aproximadamente unos 15 minutos, por una vereda que no implica mayor problema realizarla.

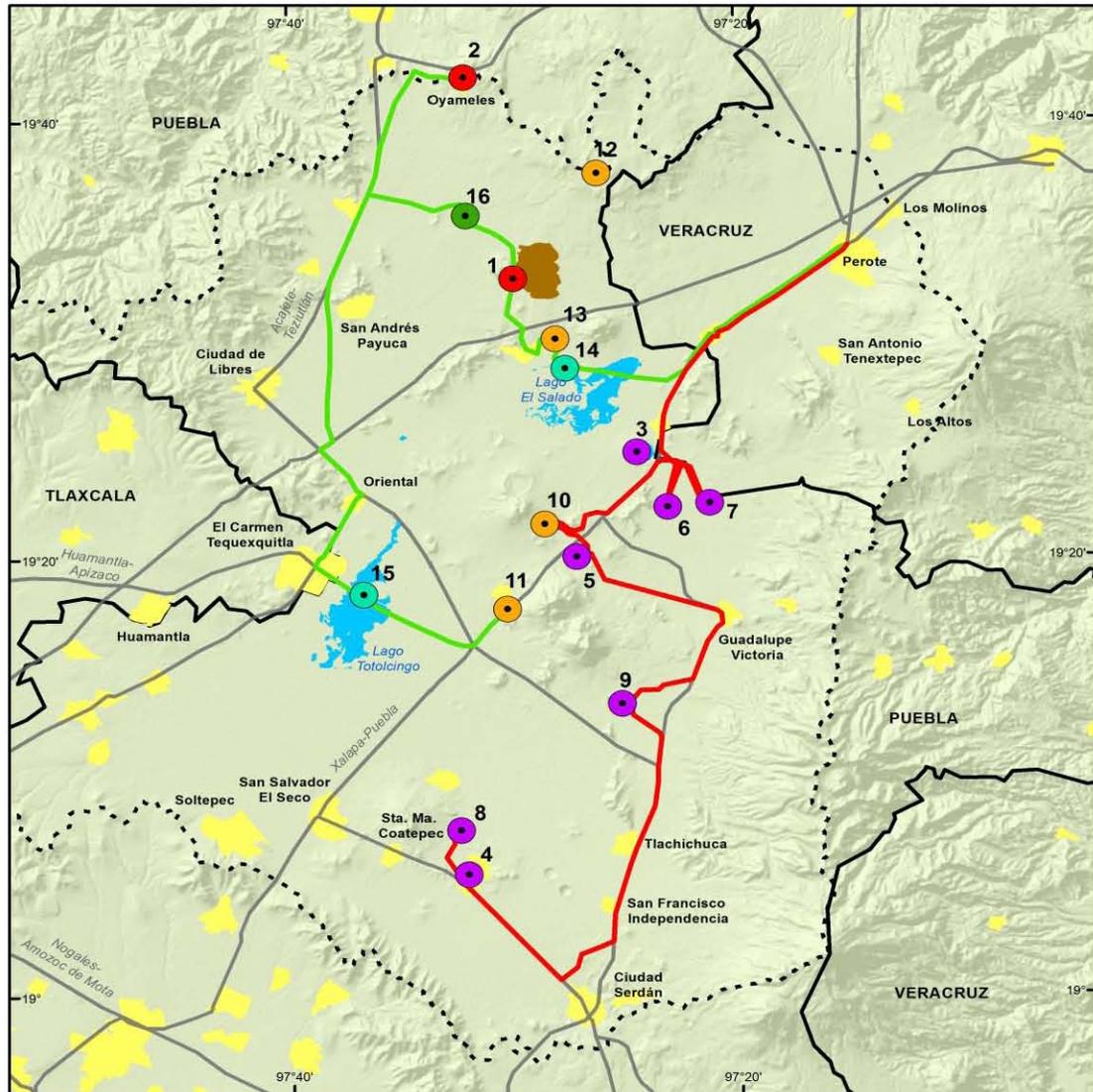
En cuanto al transporte, puede ser por automóvil o autobús, todas las carreteras están en buen estado, y no es necesario el uso de alguna tracción en especial.

En este recorrido se observan las partes culturales de la Cuenca de Oriental, los dos lagos preexistentes, dos domos muy importantes, uno de ellos aún activo, y la pared estratigráfica, en donde se pueden observar diferentes etapas temporales de la evolución de la Cuenca de Oriental.

Además, se debe mencionar que las rutas realizadas en esta investigación, fueron planeadas para utilizar las carreteras principales, y con ello evitar caminos de difícil acceso. El tiempo estimado para observar cada sitio, es de alrededor de una hora, y como ya se mencionó en líneas antecedentes, el medio de transporte es por automóvil o camión.

De igual manera, resulta menester señalar que las rutas fueron trazadas con la idea de mantener un orden en cuanto a la morfogénesis a observar, teniendo una sola línea de información, para poder entender de una forma más óptima, lo que se está observando (Figura 62).

Rutas de itinerarios geoturísticos



Tipos de geositos

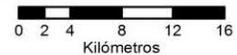
- | | |
|--|----------------------------|
| ● Arqueológico/Cultural | ● Volcánico |
| 1. Ciudad prehispánica de Cantona | 10. Cerro Pinto |
| 2. Oyameles-Zaragoza (talleres de obsidiana) | 11. Las Derrumbadas |
| ● Mares | 12. Caldera de los Humeros |
| 3. Alchichica | 13. Cerro Pizarro |
| 4. Aljojuca | ● Lagos |
| 5. Atexcac | 14. El Salado |
| 6. La Preciosa | 15. Totolcingo |
| 7. Quechulac | ● Estratigráfico |
| 8. Tecuítlapa | 16. Pared Estratigráfica |
| 9. Tepexitl | |

Rutas

- Ruta Norte
- Ruta Sur

Legenda

- Carreteras
- Cuerpos de agua
- Localidades urbanas
- Rasgo arqueológico
- - - Límite de cuenca
- Límite estatal



Elaboración propia.
Base cartográfica: INEGI, 2010.

Figura 62. Mapa de las rutas de los itinerarios geoturísticos. Elaboración propia, fuente: INEGI, 2010.

CONCLUSIONES

Como se pudo constatar en el cuerpo de esta investigación, la Cuenca de Oriental tiene una gran cantidad de geoformas que cuentan con el suficiente valor para ser categorizados como patrimonio geológico y/o geomorfológico y que debe y puede ser utilizado para el beneficio de los pobladores. No resulta aventurado aseverar que el anterior propósito, puede llevarse a cabo mediante la promoción y conservación del territorio aquí analizado, ya sea en forma de turismo sustentable, o a través del denominado geoturismo.

Todos los geositos y geomorfositos propuestos forman parte esencial para el conocimiento de los eventos ocurridos en la región, y no obstante ello, se tiene una serie de valores adicionales que ofrecen un conocimiento completo del área, tal y como por ejemplo lo son la zona arqueológica y sus alrededores que, sobra decir, formaron parte de esa cultura. Tan solo la espectacularidad de los sitios y sus vistas panorámicas tienen el suficiente valor para atraer a una gran masa de turismo, tanto especializado como no especializado.

El patrimonio geológico y/o geomorfológico de la Cuenca de Oriental, de cierta manera, es aprovechado de manera turística, teniendo como los primeros lugares de visitas la ciudad prehispánica de Cantona, y los llamados *axalapazcos* más cercanos a las carreteras. El problema es que los resultados del paso del turismo son contaminantes y/o de destrucción de los sitios referidos; lo anterior se debe a que no se tiene una plena conciencia de qué es lo que pasa si no se cuidan de manera adecuada las geoformas que se suelen visitar.

Así entonces, la limitación más importante para el desarrollo del geoturismo es la falta de conocimiento, lo que propicia la transmisión de una mala o deficiente información que se le da a los turistas que muestran interés por saber de los lugares que visitan; claro ejemplo de lo antes dicho, lo son las diferentes historias de la existencia de los *axalapazcos*, o qué es lo que en realidad sucede dentro de éstos.

Generalmente, encontramos que el turismo que visita la Cuenca de Oriental, mayoritariamente es aquel que se detiene en la carretera, simplemente a observar lo que se encuentra a su paso, y en donde se hace especial énfasis en la belleza escénica de los lugares que circundan la cuenca en cita. Es poco el turismo especializado que se encuentra

en el área, en el momento que sean difundidos los conocimientos de la zona habrá una mayor afluencia de turistas, no importando su procedencia nacional o internacional.

La metodología propuesta en esta investigación se basa a su vez, en las metodologías propuestas por diferentes autores para diversos lugares. Ante tal situación, la metodología empleada aquí, está adaptada en específico para el área de estudio y tiene como objetivo evaluar de la mejor manera las geoformas de la Cuenca de Oriental.

La metodología se divide en dos partes: cualitativa y cuantitativa. La primera de ellas, demuestra la importancia de las geoformas, de acuerdo con su historia geológica, geomorfológica y humana.

La descripción de cada sitio sirve para entender su geomorfogénesis y los procesos geológicos/geomorfológicos que dieron forma a la Cuenca de Oriental, sin dejar de lado la historia humana que se desarrolló y se desarrolla dentro de la misma, en tanto que la metodología cuantitativa está diseñada para ofrecer objetividad a los resultados, siendo en el mayor de los casos, datos numéricos. Los valores usados son asignados por el autor para hacer comparaciones dentro de los sitios, y poder determinar cuál de todos ellos, es el más relevante para sus intereses personales; aunque este enfoque cuantitativo busca la objetividad en la evaluación, la subjetividad no está ausente, manifestándose desde la selección de los criterios hasta la asignación de valores a cada uno de los criterios, siendo resaltado por el hecho que solamente el criterio del autor es considerado.

El problema que se presentó durante la evaluación, fue determinar la génesis de los sitios visitados, y al no tener los mismos orígenes, resulta lógico el que se dificulte la evaluación, por lo que una tarea a realizar fue lograr, en la medida de lo posible, una uniformidad de criterios, dependiendo del objetivo que se tome.

Es de resaltar que la presente investigación, tuvo como premisa fundamental valorar el patrimonio abiótico de los lugares analizados, aspecto que en nuestro país actualmente no es conservado de alguna manera, y por ende, prácticamente se deja a la deriva. Ante tan sombrío panorama, es de capital importancia tener muy en cuenta los conceptos y alcances de términos tales como el de la geoconservación, en cuyo ámbito de estudio, se demuestra

la gran geodiversidad del país y, por otro lado, el concerniente al patrimonio geológico, universo cuyo análisis ha sido inexplorado. Para la Cuenca de Oriental, se llevó a cabo la identificación, valorización y evaluación de cada sitio, que, a mi parecer, es la manera más sencilla de estudiarlos, por la cual se puede tomar esto como un primer paso, para comenzar a conservar, proteger y promover el patrimonio abiótico de la cuenca mencionada.

Al estar dedicado este trabajo a la conservación, protección y promoción abiótica, se demuestra que no es necesario descartar el ambiente biótico sino, por el contrario es necesario tomarlo en cuenta, como parte de un todo, para poder llegar a evaluaciones más completas. Asimismo, se espera que ésta sea una manera de promoción para el conocimiento de la Geografía, y todas las ramas que de ella derivan, haciendo hincapié en las ciencias de la Tierra.

FUENTES DE CONSULTA

A) BIBLIOGRAFÍA:

- Alcántara Ayala, I. (2007). "Evaluación de riesgos y manejo de geomorfositos", VII Reunión Nacional de Geomorfología, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA), Morelia, Michoacán, 26 al 29 de noviembre, 2007.
- Alcántara Ayala, I. (2009), "Geomorphosite management in areas sensitive to natural hazards", en Reynard, E. (ed.), *Geomorphosites*, Chapter 12, Pfeil, Munich, pp. 163–173.
- Alcocer, J., et. al. (1998). "Littoral benthos of the saline crater lakes of the basin of Oriental", Mexico: en *Internationa Journal of Salt Lake Research*, pp. 7, 87-108, respectivamente.
- Alcocer, J., et. al. "Problemática del agua de la Cuenca de Oriental, Estados de Puebla, Veracruz y Tlaxcala".
- Austin-Erickson A, Ort M H, Carrasco-Núñez G; (2011); "Rhyolitic phreatomagmatism explored: Tepexitl tuff ring (Eastern Mexican Volcanic Belt)": *Journal of Volcanology and Geothermal Research*; 201; 325-341.
- Bertrand, G. (1968). "Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique". En: *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, pp. 3: 249-272, respectivamente.
- Bradbury, J. (1993). "A Preliminary Geoheritage Inventory of the Eastern Tasmania Terrane. En: *A Report to Parks and Wildlife Service*. Tasmania.
- Brilha, J. (2015). "Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites": en Review: *Geoheritage*; DOI 10.1007/s12371-014-0139-3.

- Brocx, M. & Semeniuk, V. (2007). "Geoheritage and geoconservation . history, definition, scope and scale": en *Journal of Royal Society of Western, Australia*, pp. 53-87 y 90, respectivamente.
- Brocx, M. & Semeniuk, V. (2007). "Geodiversity and biodiversity". (unpublished MS)
- Bruschi, V. M. & A. Cendrero (2005). "Geosite evaluation. Can we measure intangible values?", en: *Il Quaternario*, 18, 1, pp. 293-306.
- Burkart, A. & Medlik, S. (1981). "Desplazamiento corto y temporal de la gente hacia destinos fuera del lugar de residencia y trabajo".
- Carcavilla, L. et. al. (2008). "*Geological Heritage and Geoconservation in Spain: Past, Present, and Future*" : *Geoheritage*, pp. 1, 75-91, respectivamente.
- Carrasco-Núñez, G. & Branney, M. J. (2005). "Progressive assembly of a massive layer of ignimbrite with a normal-to-reverse compositional zoning: the Zaragoza ignimbrite of central Mexico". En: *Bull Volcanol*, pp. 3-20 y 68, respectivamente.
- Carrasco-Núñez, G. y N. R. Riggs (2008). "Polygenetic nature of a rhyolitic dome and implications for hazard assessment: Cerro Pizarro volcano", México. En: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, No. 171, pp. 307-315.
- Carrasco-Núñez, G., M. H. Ort M. y C. Romero (2007). "Evolution and hydrological conditions of a maar volcano (Atexcac crater, Eastern Mexico". En: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*; Vol. 159, pp. 179-197.
- Carrasco-Núñez G, McCurry M, Branney M J, Norry M and Willcox C, (2014) "Complex magma mixing, mingling, and withdrawal associated with an intra-Plinian ignimbrite eruption at a large silicic caldera volcano: Los Humeros of central Mexico": *GSA Bulletin*; Vol. 124; 11/12; 1793-1809.
- Carrasco-Núñez, G., M. H. Ort, N. R. Riggs, B. Zimmer, L. De León y M. López (2014). "Contrasting eruptive styles of late Pleistocene-to-Holocene monogenetic volcanism

from maars to domes in the Serdan-Oriental basin, eastern Mexican Volcani Belt”.
En: *5th International Maar Conference*. México.

Carton, A., A. Cavallin, F. Francavilla, F. Mantovani, M. Panizza, G. G. Pellegrini y C. Tellini (1994). “Ricerche ambientali per l’individuazione e la valutazione dei beni geomorfologici–metodi ed esempi”. In: *Il Quaternario* 7, 1: pp. 365-372.

Chinchay Rojas Luis Victor; 2011, “Geodiversidad y Patrimonio Geológico en Ecuador, Comparativa con otros Países y Propuestas de Actuación”; Universidad Politecnica de Catalunya Escuela Politecnica Superior de Ingeniería de Manresa; fin de master, 75 p.

Cobean, R. (2012). *Un mundo de obsidiana: minería y comercio de un vidrio volcánico en el México antiguo*. Pittsburgh. University of Pittsburgh/Instituto Nacional de Antropología e Historia. Serie Bilingüe, Arqueológica de México.

Coratza, P. & C. Giusti (2005). “Methodological proposal for the assessment of the scientific quality of geomorphosites”. En: *Il Quaternario* 18, 1: pp. 307-313. Cit. por Droz, Y. & V. Miéville-Ott (eds.) (2005). “La polyphonie du paysage”. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes.

Cortés Márquez, N. (2009). *Geoconservación y Cultura: un análisis del paisaje en Zapotitlán Salinas-El Encinal, Puebla*. Tesis de Maestría en Geografía, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental-Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Dávalos Pérez Vélez, A. M., V. H. Garduño Monroy y A. Jiménez Haro (2015). *Estudio vulcanológico ligado al potencial geotérmico en los domos de las derrumbadas, Puebla, México*: Reunión Anual 2015, Unión Geofísica Mexicana, A.C. México.

Dixon, G. (1996). *Geoconservation: An International Review and Strategy for Tasmania A report to the Parks and Wildlife Service*. Tasmania and the Australian Heritage Commission.

- Dowling, R. (2013). "Global geotourism—an emerging form of sustainable tourism". Czech J Tour 2(2): pp. 59–79.
- Dowling, R. K. (2008a). "The emergence of geotourism and geoparks". J Tour IX(2): pp. 227–236.
- Dowling, R. K. y D. Newsome (eds.) (2010). *Global geotourism perspectives*. Oxford: Goodfellow Publishers.
- Duff, K. (1994). "Natural Areas: an holistic approach to conservation based on geology". En: D O'Halloran, D., C. Green, M. Harley, M. Stanley & J. Knill (eds.), *Geological and landscape conservation*. London: Geological Society.
- Eberhard, R. (ed.) (1997). *Pattern & Process: Towards a regional approach to National Estate assessment of geodiversity*. Environment Australia Technical Series No 2.
- Fernández, M. D. S. (2008). *Valorizar e divulgar o património geológico do Parque Nacional da peneda-Geres numa estratégia dirigida ao ensino das geociencias*. Mestrado em Património Geológico e Geoconservacao. Universidade do Minho Escola de Ciencias.
- Ferriz, H. (1985). "Zoneamiento Composicional y Mineralógico en los Productos del Centro Volcánico de Los Humeros, Puebla, México, Geofis. Int. Volumen especial sobre el cinturón volcánico mexicano. Parte 1, Vol. 24-1. Vermal.
- Gaitán, J. (2009). *El resguardo y aprovechamiento del patrimonio geológico y paleontológico en Baja California Sur*. México: Departamento de Geología Marina-Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- García-Cook, A. (2009). "El Formativo en la mitad norte de la Cuenca de Oriental". En: *Arqueologia*, Vol. 40, pp. 115-152.
- García E. (2004). Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía UNAM, México.

- Garrido Pérez, A. (2004). "Developing a GIS-oriented method for landscape evaluation within the framework of Geopark launched by UNESCO"; Case study of the "Pico de Tancítaro area in Central Mexico. MSc Thesis. The Netherlands: International Institute for Geoscience Information Scienc
- Garrido Pérez, A., J. L. Palacio Prieto y J. Fuentes Junco (2007). "Evaluando la importancia geocientífica del Pico de Tancítaro y su potencialidad para ser reconocido en la Red Global de Geoparques de la UNESCO". VII Reunión Nacional de Geomorfología. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA) Morelia, Michoacán, 26 al 29 de noviembre.
- Gasca, A.D. (1981). "Algunas notas sobre la génesis de los lagos-cráter de la Cuenca de Oriental. En: *Colección Científica 98*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, p. 55.
- Grandgirard, V. (1997). "Géomorphologie, protection de la nature et gestion du paysage". Thèse de doctorat. Faculté des Sciences, Université de Fribourg. Grandgirard, V. (1999). "L'évaluation des géotopes". En: *Geologia Insubrica 4*, pp. 59-66.
- Gray, M. (2004). *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. Chichester, United Kingdom: John Wiley & Sons.
- Hooke, J. M. (1994). "Strategies for conserving and sustaining dynamic geomorphological sites". En: O'Halloran, D. et al. (eds.). *Geological and landscape conservation*. London: Geological Society, pp. 191-195.
- Hose, T. (2001). *The English Origins of Geotourism (as a Vehicle for Geoconservation) and Their Relevance to Current Studies*. Act Geographica Slovenica, 51-2, 2011, pp. 343–360.
- Hose, T. A. (2005). "Geo-tourism-appreciating the deep time of landscapes in Novelli"; M. (ed.). *Niche Tourism: contemporary issues, trends and cases*. Oxford: Elsevier Science. pp. 27-37.

- INE. Instituto Nacional de Ecología (2004). *El establecimiento de Geoparques en México: un método de análisis geográfico para la conservación de la naturaleza en el contexto del manejo de cuencas hídricas*. Dirección de Manejo Integral de Cuencas Hídricas- Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas, Convenio: INE/ADE-028/2004. México.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (1998). *Diccionario de Datos Edafológicos Escala 1:250 000*, Base de Datos Geográficos.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Sistema Estatal y Municipal de Datos (SIMBAD), 1995-2010.
- Ivars Baidal, J. A. (2001). *Planificación y gestión del desarrollo turístico sostenible: propuesta para la creación de un sistema de indicadores*. España: Instituto Universitario de Geografía de la Universidad de Alicante.
- Komoo, I. (2000). *Geoheritage Conservation and its Potential for Geopark Development in Asia – Oceania. Geoparks Review*. Beijing, República Popular de China: Office of the World Geoparks Network.
- La Gaceta, Universidad de Guadalajara (2006). "Jalisco tiene fortuna geológica", En: *La Gaceta*, Universidad de Guadalajara, sábado 22 de julio, p. 52.
- Legge, P. & R. King (1992). "Geological Society of Australia Inc Policy on Geological Heritage in Australia". En: *The Australian Geologist* 85, pp. 18-19.
- Ley 42/2007*, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. Jefatura del Estado, Boletín Oficial del Estado (BOE) Gobierno de España. Núm. 299, de 14 de diciembre de 2007. Referencia: BOE-A-2007-21490.
- Mantesso-Neto, V., K. Mansur, R. López, M. Schilling y V. Ramos. *Geoparques en Latinoamérica*.

- Mathieson, A, y G. Wall (1982). *Tourism. Economic, Physical and Social Impacts*. Longman, United Kingdom.
- Mc Briar, M. & P. Hasenohr (1994). "Australian initiatives in earth science conservation. Proceedings of the 1st International Symposium on the Conservation of Our Geological Heritage", Digne les Bains, 11–16 June 1991. *Memoires de la Societe geologique de France*, n. s. 165, pp. 75-79.
- Moya, J. (1987). *Análisis geomorfológico de la cuenca de Oriental, estados de Puebla, Tlaxcala y Veracruz, México*. Tesis para obtener el grado de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Filosofía y Letras.
- National Geographic Society (2005). Geotourism charter. Retrieved 13th October 2012 from:http://travel.nationalgeographic.com/travel/sustainable/pdf/geotourism_charter_template.pdf.
- Nieto, L. M. (2001). "Geodiversidad: propuesta de una definición integradora". En: *Boletín Geológico y Minero*, Vol. 112, 2, pp. 3-12.
- Ollier, C. D. (1967). "Maars, their characteristics, varieties and definition". En: *Bulletin of Volcanology*, Núm. 31, pp. 45-73.
- OMT. Organización Mundial del Turismo (1993). *Guía para administraciones locales*. Madrid: Desarrollo Turístico Sostenible.
- OMT. Organización Mundial del Turismo (1995). Agenda 21 for the travel and tourism industry. Towards environmentally sustainable development. WTO/World Travel Tourism Council/World Earth, Madrid: 1998, *Guide for local authorities on developing sustainable tourism*. WTO, Madrid Caribe. OMT, Madrid: 1999, Código Ético Mundial para el turismo. En: *Cuadernos de la Organización Mundial del Turismo*. Madrid.

- Ort, M. H. y G. Carrasco-Núñez (2009). "Lateral vent migration during phreatomagmatic and magmatic eruptions at Tecuitlapa Maar, east-central Mexico". En: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Núm. 181, pp. 67-77.
- Palacio Prieto, J. L. (2014). "Geoheritage Within Cities: Urban Geosites In Mexico City". En *Geoheritage*, 2015, Volume 7, Issue 4, pp. 365-373.
- Palacio Prieto, J. L. (2013). "Geositorios, geomorfositorios y geoparques: importancia, situación actual y perspectivas en México". En: *Boletín del Instituto de Geografía*. Núm. 82. México: Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 24-37.
- Palacio Prieto, J. L. y G. C. Gomez-Aguado de Alba (2014). "Caverns and geotourism in Mexico: the case of the Cacahuamilpa Cavern". En: *International Journal of Heritage*, Vol. 2, Núm. 1, pp. 56-64.
- Palacio Prieto, J. L., Rosado González, E., Ramírez Miguel, X., Oropeza Orozco, O., Cram Heydrich, S., Ortiz Pérez, M. A., Figueroa Mah Eng, J. M., Fernández de Castro Martínez, G (2015). "Erosion, Culture and Geoheritage; The case of Santo Domingo Yanhuitlán, Oaxaca, México". En *Geoheritage*, 2016, pp. 1-11.
- Panizza, M. (1990). "Beni geomorfologici nel bacino del fiume Panaro". En: Serafín, F. y A. Manicardi (eds.). *Il sistema fluviale Scoltenna/Panaro: storie d'acque e di uomini*. Nonantola: Amministrazine Comunale di Nonantola, pp. 49-54.
- Panizza, M. (2001). "Geomorphosites: concepts, methods and example of geomorphological survey". En: *Chinese Science Bulletin*, Núm. 46, Suppl. Vol., pp. 4-6.
- Panizza, M. & S. Piacente (1993). "Geomorphological assets evaluation". En: *Zeitschrift für Geomorphologie*, N.F., Suppl. Bd. Núm. 87, pp. 13-18.

- Panizza, M. y S. Piacente (2009). "Cultural geomorphology and geodiversity". En: Reynard, E., G. Regolini-Bissig y P. Coratza (eds.). *Geomorphosites: assessment, mapping and management*. München: Pfeil (in press).
- Pásková, M. (2012). "Environmentalistika cestovního ruchu". En: *Czech J Tour* 1(2), pp. 77–119.
- Pereira, P., M. Caetano-Alves e I. Braga (2007). "Geomorphosite assessment in Montesinho Natural Park (Portugal)". En: *Geographica Helvetica*, Núm. 62, pp. 159-68.
- Pérez de las Heras, M. (1999). *La guía del ecoturismo. O cómo conservar la naturaleza a través del turismo*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Puy y Alquiza, M., Miranda Avilés y M. Caudillo González (2010). "Propuesta de puntos de interés geológico y minero en el Área Natural Protegida El Orito. Distrito Minero de Guanajuato, México". En: *Pasos Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, México, pp. 595-607.
- Reynard, E. (2004). "Géotopes, géo(morpho)sites et paysages géomorphologiques". En: Reynard, E. & J. P. Pralong (eds.), *Paysages géomorphologiques—Travaux et recherches 27*, Lausanne: Institut de Géographie, pp. 123-136.
- Reynard, E. (2005). "Géomorphosites et paysages". En: *Géomorphologie. Relief, processus. Environnement*, Núm. 2, pp. 181-188.
- Reynard, E. (2009). "Geomorphosites: definition and characteristics". En: Reynard, E. et al. (eds.). *Geomorphosites*. Munich: Verlag Pfeil, pp. 51–63
- Reynard, E. y P. Coratza (2007). *Geomorphosites and geodiversity: a new domain of research*. Geogr Helv, Núm. 62, pp. 138–139.
- Reynard, E., P. Coratza y Modena (2007). "Geomorphosites and geodiversity: a new domain of research". En: *Geographica Helvetica*, Núm. 62, pp. 138-139.

- Riggs, N. y G. Carrasco-Nuñez (2004). "Evolution of a complex isolated dome system, Cerro Pizarro, central México". En: *Bull Volcanol*, Vol. 66, pp. 322-335.
- Rivas, V., K. Rix, E. Frances, A. Cendrero, A. & D. Brunsten (1997). "Geomorphological indicators for environmental impact assessment: consumable and non-consumable geomorphological resources". En: *Geomorphology*, Núm. 18, pp. 169-182.
- Robin, C. y J. M. Cantagrel (1983). "*Le Pico de Orizaba (Mexique): Structure et évolution d'un Grand Volcan Andésitique Complexe*". En: *Bull Volcanol*, Núm. 45, pp 299-315.
- Rocha, Joao y Nuno Correia (2010). *O Monumento natural do Cabo Mondego—proposta para uma estratégia de deconservacao e de um plano de ordenamento*, Universidade do Minho, Escola de Ciencias.
- Rojas, J. (2005). "Los desafíos del estudio de la geodiversidad". En: *Revista Geográfica Venezolana*, Núm. 46, 1, pp. 143-152.
- Semeniuk, V. (1997). "The linkage between biodiversity and geodiversity". En: Eberhard, R. (ed.), *Pattern & Processes: Towards a Regional Approach to National Estate assessment of geodiversity. Technical Series No. 2*, Australian Heritage Commission & Environment Forest Taskforce, Canberra: Environment Australia, pp. 51-58.
- Serrano, E. y J. J. González-Trueba (2005). "Assessment of geomorphosites in natural protected areas: the Picos de Europa National Park (Spain)". En: *Géomorphologie. Formes, processus, Environnement* 3, pp. 197-208.
- Serrano, E. y P. Ruiz-Flaño (2007). "*Geodiversidad: concepto, evaluación y aplicación territorial. El caso de Tiermes Caracena (Soria)*", en *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, Núm. 45, pp. 79-98.
- Sharples, C. (1995). "Geoconservation in forest management-principles and procedures". En *Tasforests*, Núm. 7, pp. 37-50.

- Sharples, C. (2002). "Concepts and principles of geoconservation". Tasmanian Parks & Wildlife Service, Hobart.
- Siebe C, Macias J L, Abrarris M, Rodríguez S, Castro R, Delgado H (1995), "Quaternary Explosive Volcanism and Pyroclastic deposits in East- Central Mexico: Implications for Future hazards": GSA Annual Meeting Field Trip Guide; 96p
- Stanley, M. (2000) "Geodiversity, Earth Heritage". 14: 15-18. Joint Nature Conservation Committee, English Nature, Scottish Natural Heritage and the Countryside Council for Wales
- Stevens, C. (1994). "Defining geological conservation. Keynote Address". En O'Halloran, D., C. Green, M. Harley, M. Stanley y J. Knill (eds.). *Geological and Landscape Conservation. Proceedings of the Malvern International Conference 1993*. London: Geological Society.
- Sullivan, S. (1997). "Foreword". En: Eberhard, R. (ed.) *Pattern & Process: Towards a regional approach to National Estate assessment of geodiversity*. Environment Australia Technical Series No 2.
- UNESCO. Organización de las Naciones Unidas para la educación, la Ciencia y la cultura (2004). Global Geopark Network. <http://www.globalgeopark.org/aboutGGN/6398.htm>
- Uribe Salas, J. A. (2007). "Patrimonio geológico y minero en la región de Huetamo", En: *La Voz de Michoacán*, Año 1, Núm. 25, Morelia, Michoacán, 5 de diciembre.
- Villalobos, M. (2001). "Estrategias en la protección del patrimonio geológico andaluz". En: *Medio Ambiente*. Madrid: Junta de Andalucía-Consejería de Medio Ambiente, Núm. 37, pp. 36–39
- Wiedenbein, F. W. (1994), "Origin and use of the term 'geotope' in German-speaking countries", in O'Halloran, D., C. Green, M. Harley and J. Knill (eds.), *Geological and Landscape Conservation*, Geological Society, London, pp.117-120.

Wimbledon, W. A. (1996a). *National site selection, a stop on the road to a European geosites list*. Geologica Balcania, pp. 26-1.

Wimbledon, W. A. (1996b). *GEOSITES – a new conservation initiative*. Episode 19.

Wimbledon, W. A. et. al. (2000). *Proyecto geosites, una iniciativa de la Unión Internacional de las Ciencias Geológicas (IUGS). La ciencia respaldada por la conservación: Patrimonio Geológico*. Conservación y Gestión. pp. 73-100.

Zimmer, B. W. (2007). *Eruptive variations during the emplacement of cerro pinto dome complex, Puebla, Mexico*. Thesis Master in Cience in Geology, Northern Arizona University; 130 p.

Zimmer, B. W., N. Riggs y G. Carrasco-Núñez (2010). "Evolution of tuff ring-dome complex: the case study of Cerro Pinto, eastern Trans-Mexican Volcanic Belt", En: *Bull Volcanol*, Vol. 72, pp. 1,223-1,240.

B) FUENTES ELECTRÓNICAS:

<http://definicion.de/turismo/>

<http://media.unwto.org/es/content/entender-el-turismo-glosario-basico>

<http://turismo-sostenible.net/documentos/declaracion-de-arouca/>

http://www.europeangeoparks.org/?page_id=165

<http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/mapas-historicos-de-suelos-y-bases-de-datos/mapa-mundial-de-suelos-de-faounesco/es/>

<http://www.globalgeopark.org>

<http://www.igme.es/patrimonio/links/declaracionDigne.htm>

<http://www.sectur.gob.mx>

[www. British Geological Survey.co.uk](http://www.BritishGeologicalSurvey.co.uk)

ANEXOS

Anexo 1. Formato de ficha de información sobre los geomorfositos

Fichas de identificación

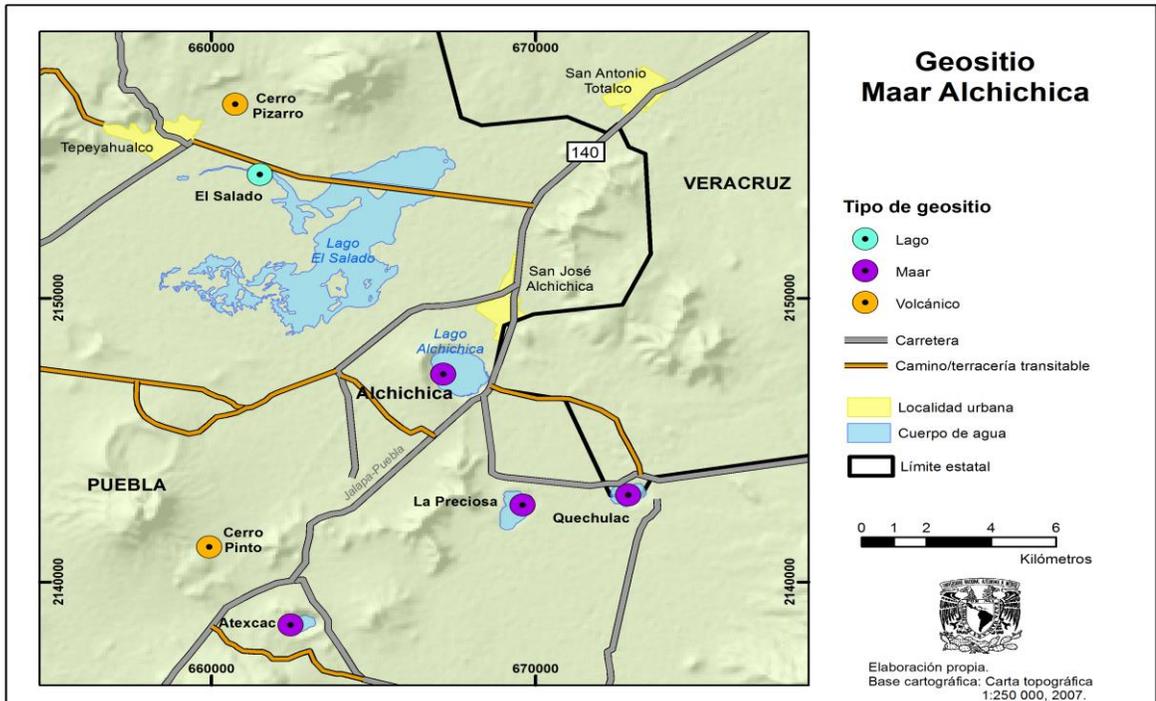
Nombre del geomorfosito				
Localización	Estado	Longitud	Latitud	Altitud
Tipo	Punto	Área		Panorámico
Geomorfogénesis				
Caracterización				
Accesibilidad				
Interés asociado	Arqueológico	Ecológico	Ecoturismo	Otro

Mapa de ubicación

Anexo 2. Fichas informativas generales de los geomorfositos seleccionados

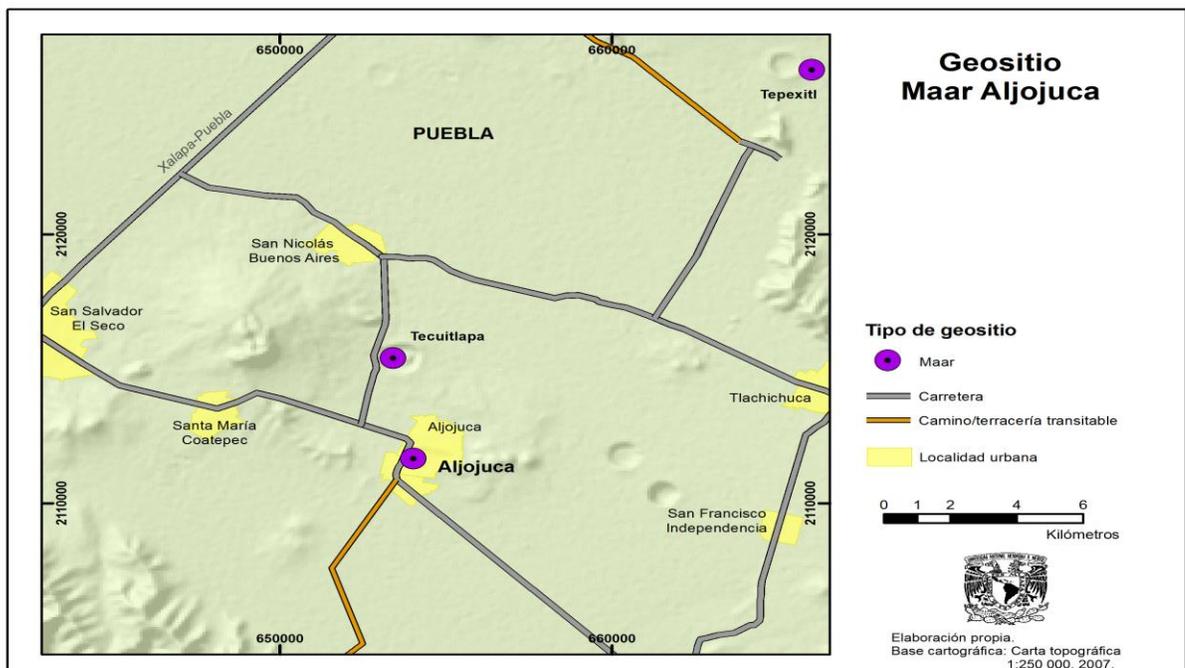
Nombre del geomorfosito	Alchichica (Axalapazco)			
Localización	Estado Puebla	Longitud 19°24'47" N	Latitud 97°24'03" W	Altitud 2322 msnm
Tipo	Punto	Área		Panorámico
Geomorfogénesis	Secuencia entre explosiones estrombolianas y freatomagmáticas.			
Caracterización	Maar 01			
Accesibilidad	Carretera San Hipólito-Xalapa			
Interés asociado	Arqueológico	Ecológico	Ecoturismo	Otro

Mapa de Ubicación



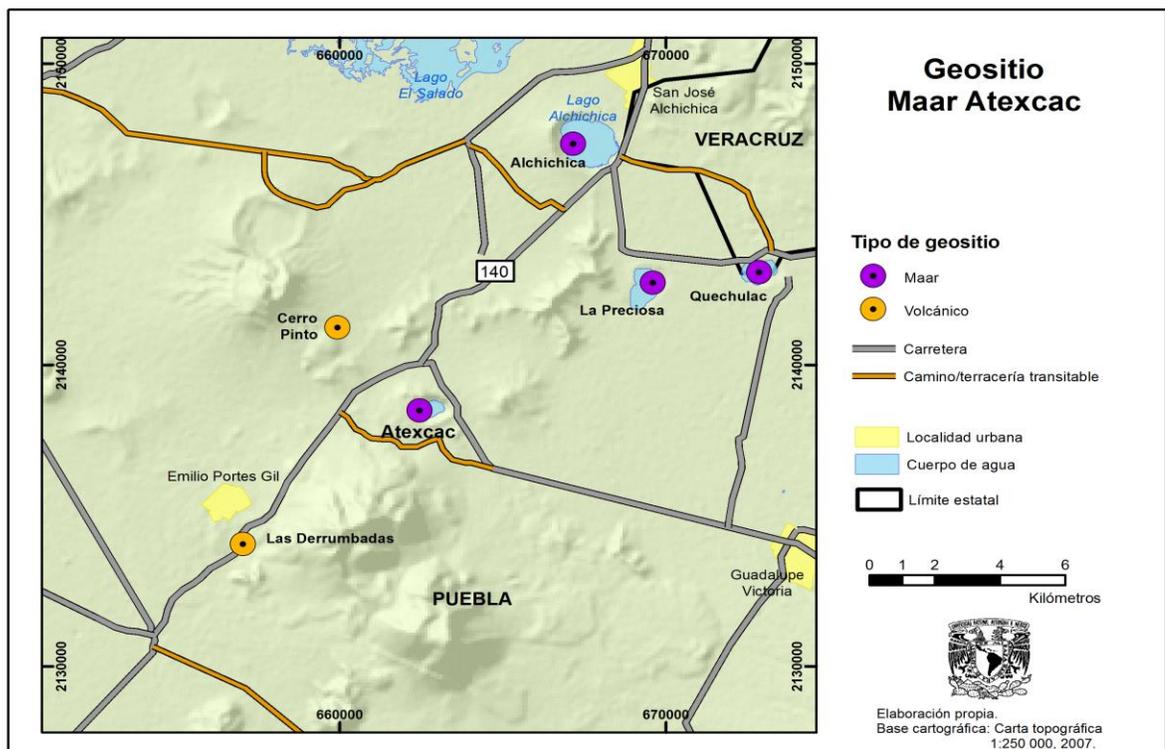
Nombre del geomorfosito	Aljojuca (Axalapazco)			
Localización	Estado Puebla	Longitud 19°05'21" N	Latitud 97°31'49" W	Altitud 2368 msnm
Tipo	Punto	Área		Panorámico
Geomorfogénesis	Freatomagmatismo			
Caracterización	Maar 02			
Accesibilidad	Carretera San Salvador El Seco-Azumbilla			
Interés asociado	Arqueológico	Ecológico	Ecoturismo	Otro

Mapa de Ubicación



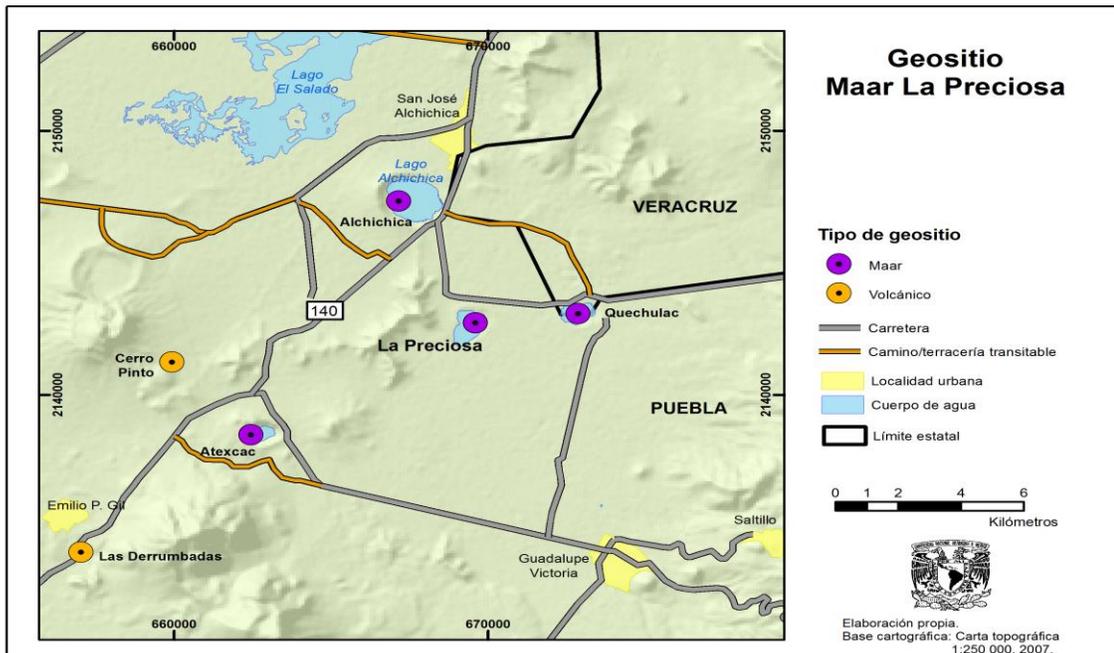
Nombre del geomorfosito	Atexcac (Xalapazco)			
Localización	Estado Puebla	Longitud 19°20'80" N	Latitud 97°27'91" W	Altitud 2363 msnm
Tipo	Punto	Área		Panorámico
Geomorfogénesis	Volcánica- fratomagmática.			
Caracterización	Maar 03			
Accesibilidad	Carretera a las Derrumbadas-Guadalupe Victoria			
Interés asociado	Arqueológico	Ecológico	Ecoturismo	Otro

Mapa de Ubicación



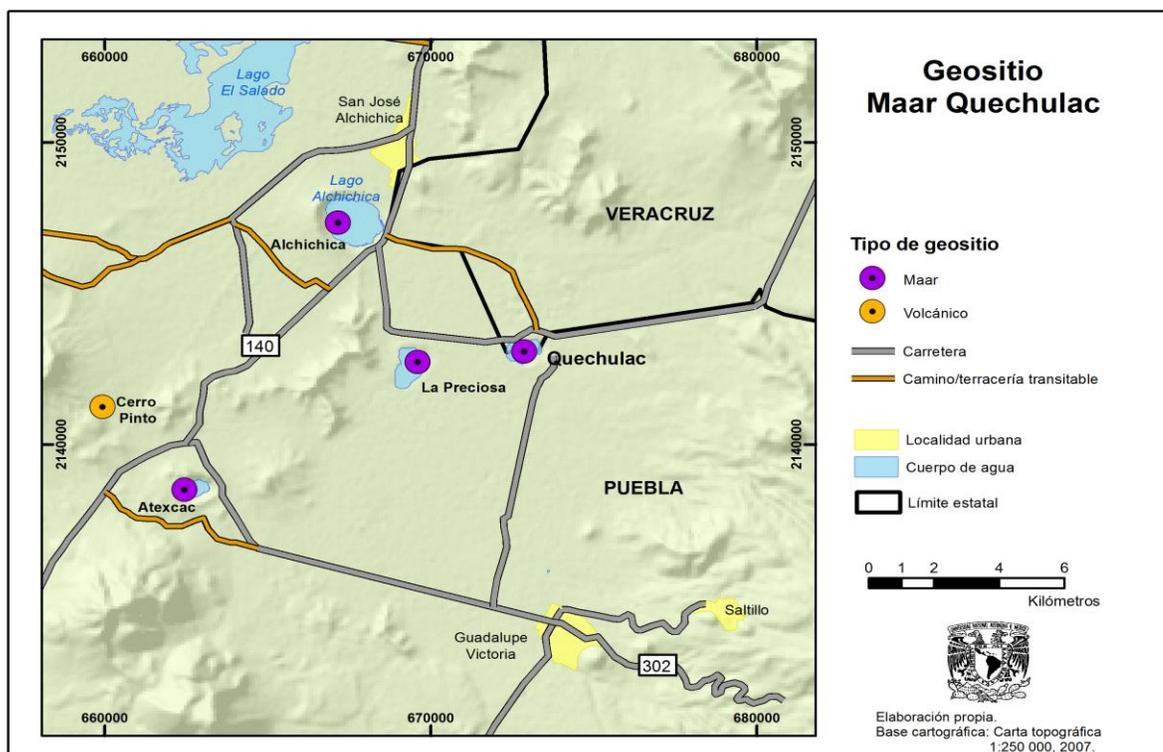
Nombre del geomorfosio	La Preciosa (Axalapazco)			
Localización	Estado Puebla	Longitud 19°22'13" N	Latitud 97°23'17" W	Altitud 2365 msnm
Tipo	Punto	Área		Panorámico
Geomorfogénesis	Explosion freatomagmática			
Caracterización	Maar 04			
Accesibilidad	Carretera del Progreso			
Interés asociado	Arqueológico	Ecológico	Ecoturismo	Otro Científico/Educativo

Mapa de Ubicación



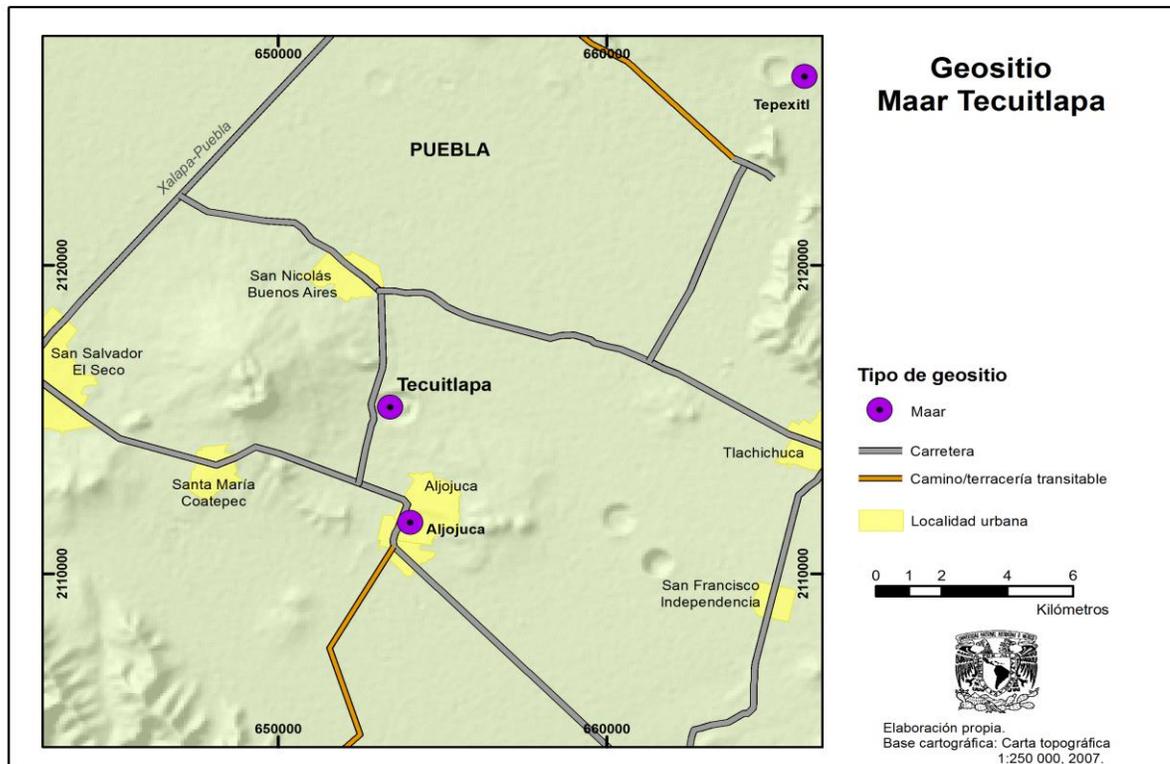
Nombre del geomorfosio	Quechulac (Axalapazco)			
Localización	Estado Puebla	Longitud 19°22'23" N	Latitud 97°22'27" W	Altitud 2361 msnm
Tipo	Punto	Área		Panorámico
Geomorfogénesis	Explosión freatomagmática			
Caracterización	Maar 07			
Accesibilidad	Carretera del Progreso			
Interés asociado	Arqueológico	Ecológico	Ecoturismo	Otro Educativo

Mapa de Ubicación



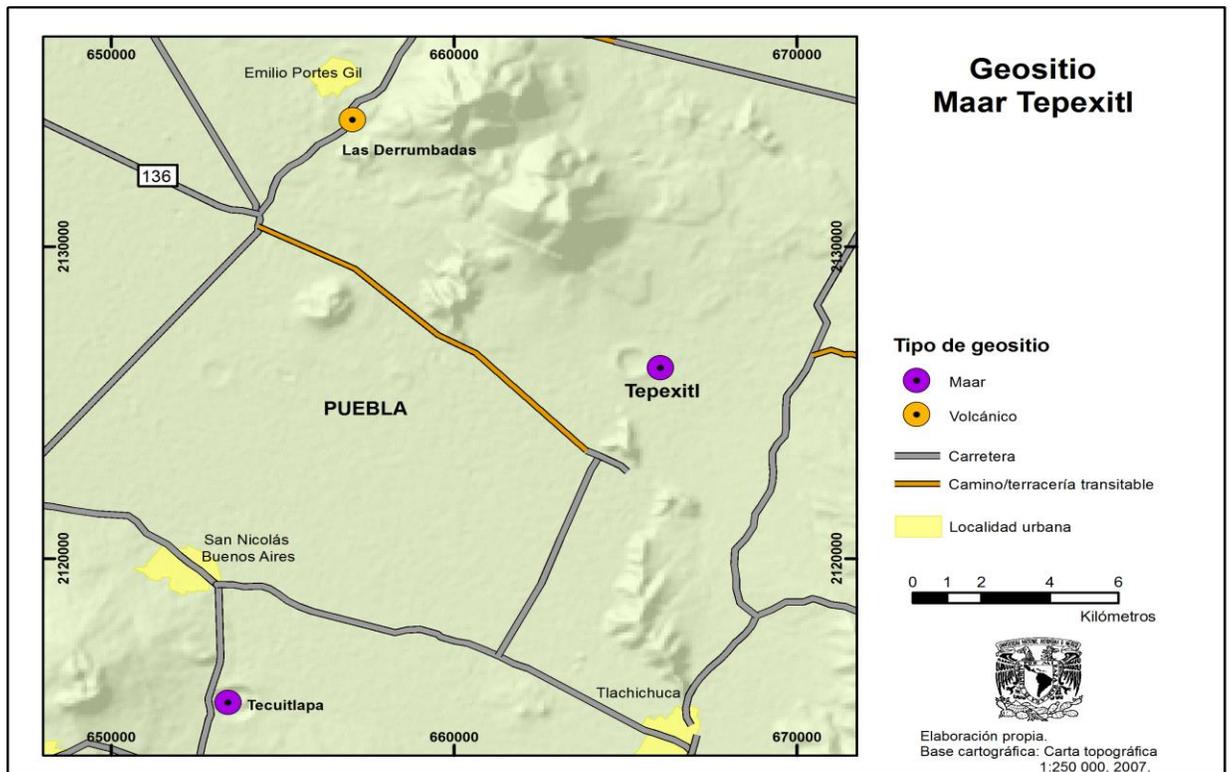
Nombre del geomorfosito	Tecuítlapa (Axalapazco)			
Localización	Estado Puebla	Longitud 19°07'52" N	Latitud 97°32'30" W	Altitud 2386 msnm
Tipo	Punto	Área		Panorámico
Geomorfogénesis	Erupciones freatomagmáticas y erupciones escoraceas			
Caracterización	Maar 06			
Accesibilidad	Av. 20 de Noviembre			
Interés asociado	Arqueológico	Ecológico	Ecoturismo	Otro Científico/Escolar

Mapa de Ubicación



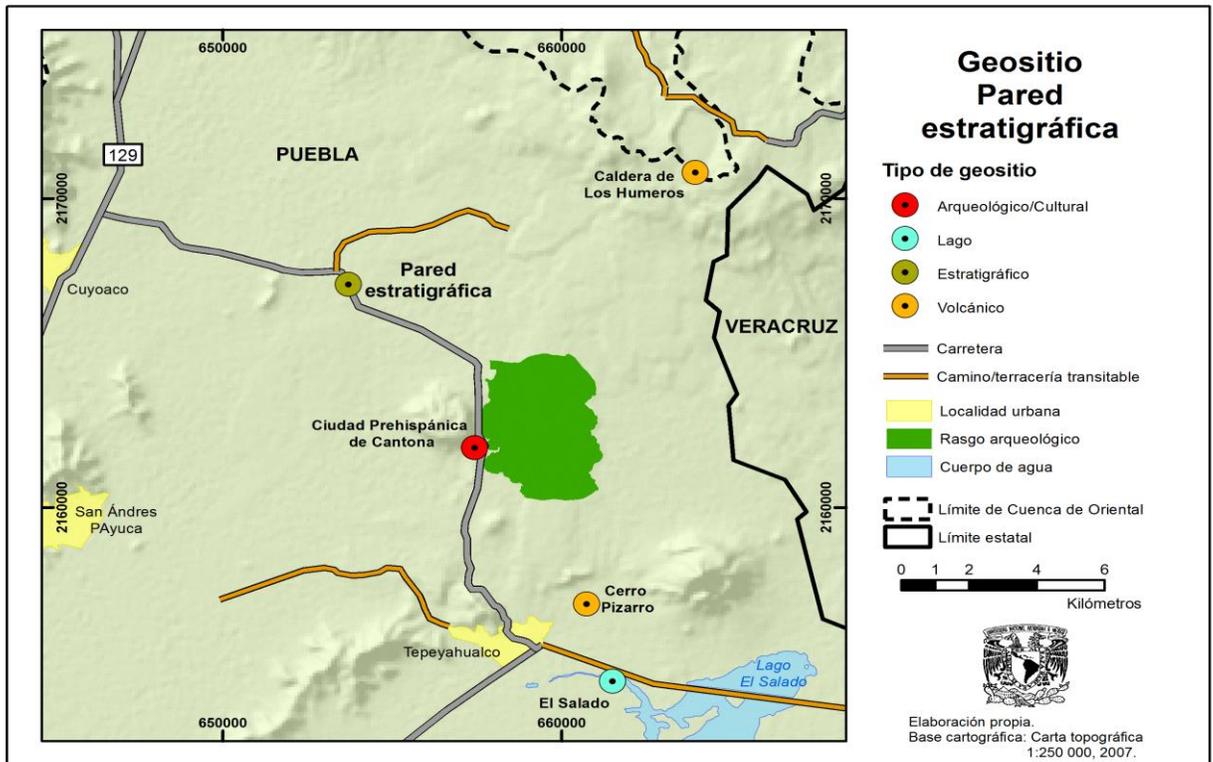
Nombre del geomorfosio	Tepexitl (Xalapazco)			
Localización	Estado Puebla	Longitud 19°13'21" N	Latitud 97°25'32" W	Altitud 2402 msnm
Tipo	Punto	Área		Panorámico
Geomorfogénesis	Freatomagmatismo continuado por un domo y de nuevo freatomagmatismo			
Caracterización	Maar 07			
Accesibilidad	Carretera Ciudad Cerdán-Guadalupe Victoria-Terracería			
Interés asociado	Arqueológico	Ecológico	Ecoturismo	Otro Científico

Mapa de Ubicación



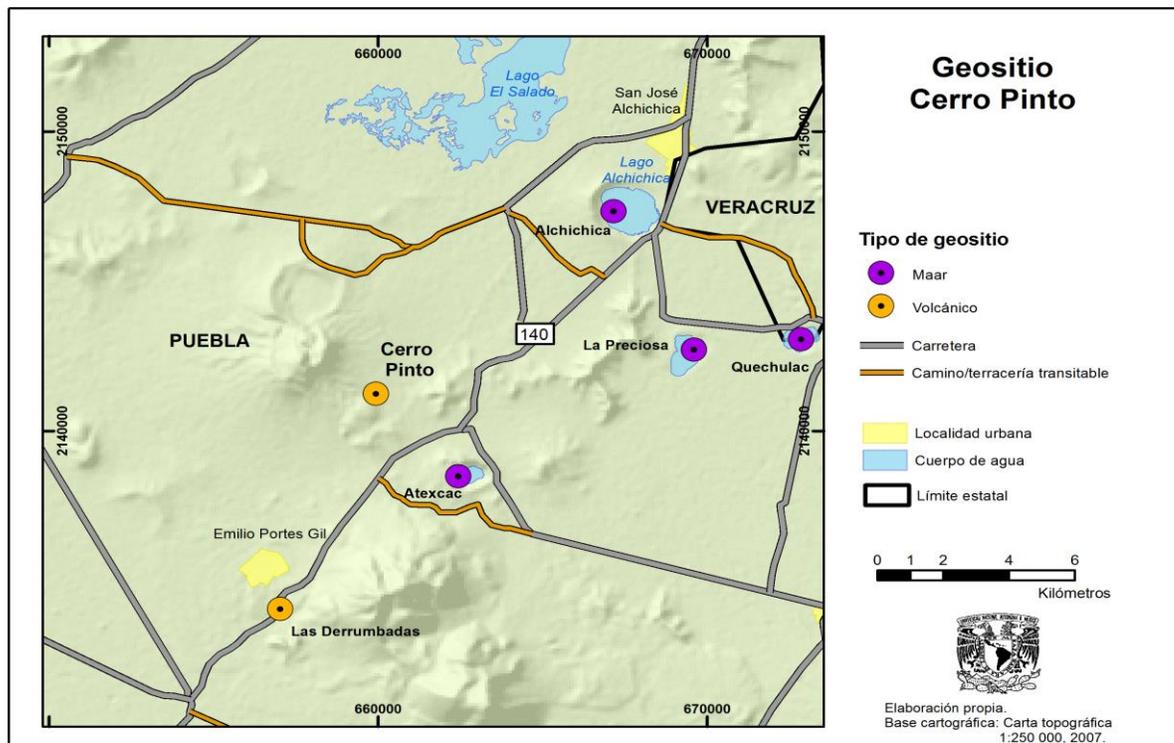
Nombre del geomorfosio	Pared de secuencia estratigráfica.			
Localización	Estado Puebla	Longitud 19°35'06" N	Latitud 97°32'58" W	Altitud 2539 msnm
Tipo	Punto	Área	Panorámico	
Geomorfogénesis	Explosiones que provocaron secuencias que fueron temporalmente espaciadas			
Caracterización	Estrato 01			
Accesibilidad	Carretera a Texcal			
Interés asociado	Arqueológico	Ecológico	Ecoturismo	Otro Científico/Educativo

Mapa de Ubicación



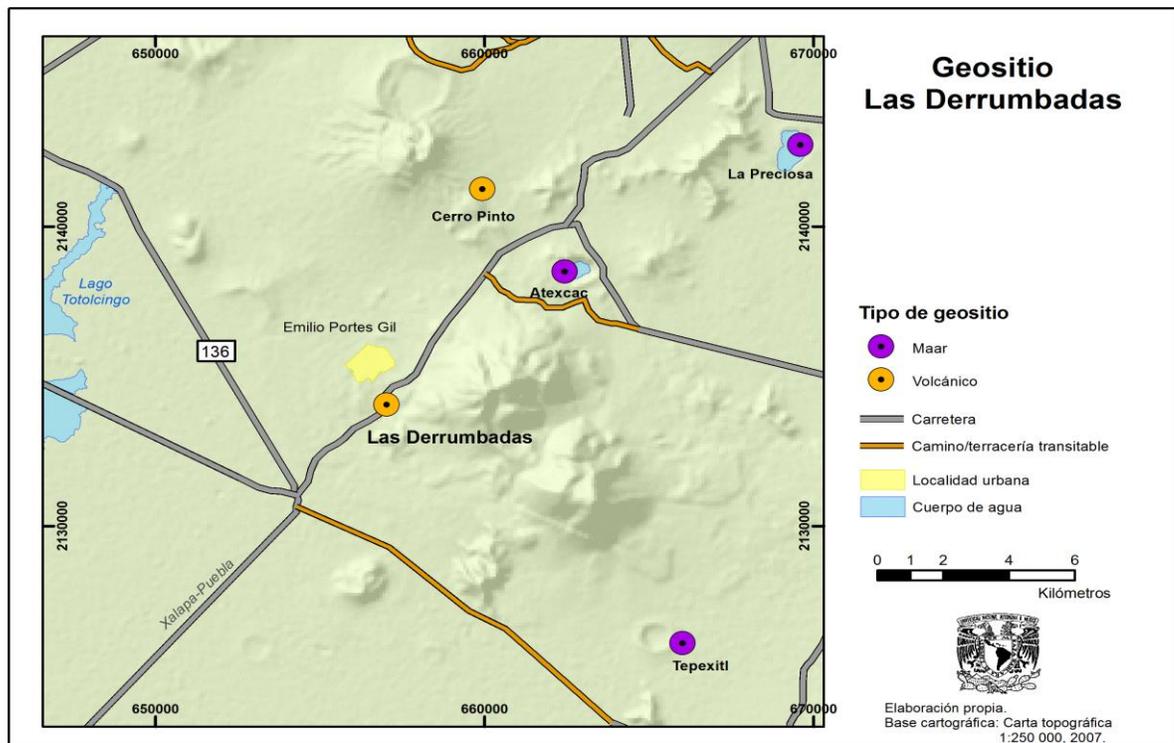
Nombre del geomorfosito	Cerro Pinto (Domo volcánico)			
Localización	Estado Puebla	Longitud 19°23'16" N	Latitud 97°30'04" W	Altitud ± 2600 msnm
Tipo	Punto	Área		Panorámico
Geomorfogénesis	Volcánico			
Caracterización	Vol 01			
Accesibilidad	Carretera San Hipólito-Xalapa			
Interés asociado	Arqueológico	Ecológico	Ecoturismo	Otro Científico/Educativo

Mapa de Ubicación



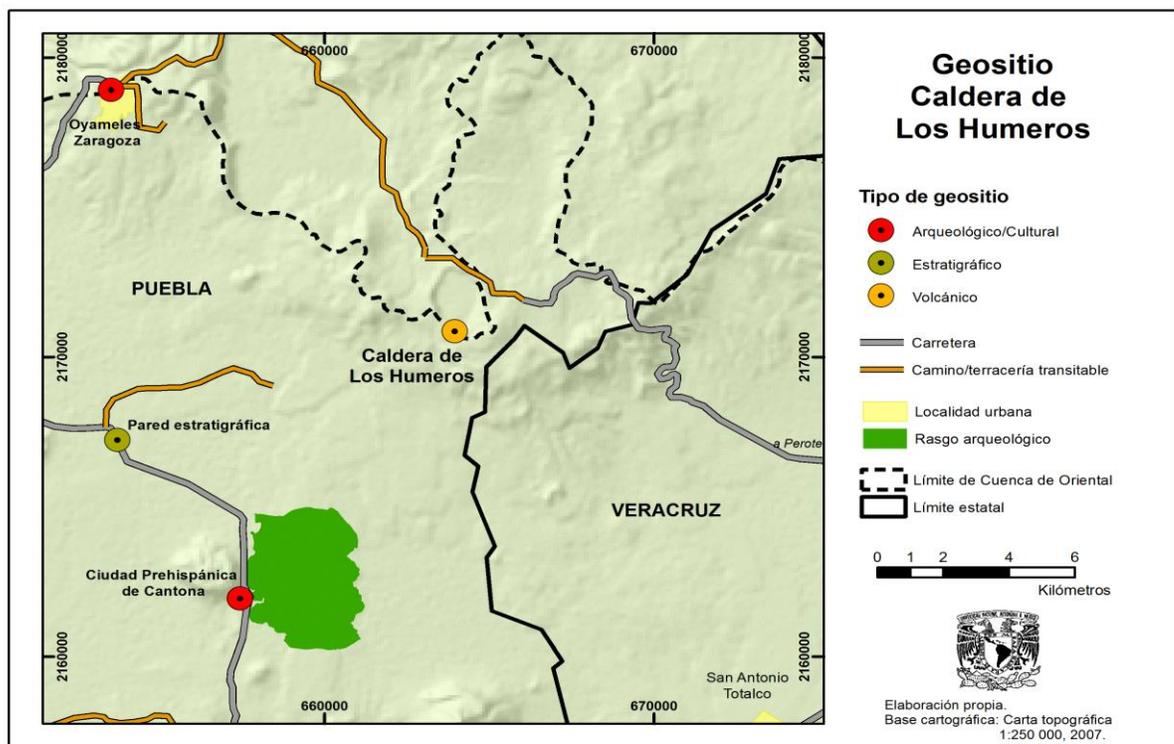
Nombre del geomorfosito	Las Derrumbadas (Domo volcánico)			
Localización	Estado Puebla	Longitud 19°17'17" N	Latitud 97°27'25" W	Altitud 2674 msnm
Tipo	Punto	Área		Panorámico
Geomorfogénesis	Volcánico. Secuencia evolutiva de 3 etapas			
Caracterización	Vol 02			
Accesibilidad	Carretera San Hipólito-Xalapa			
Interés asociado	Arqueológico	Ecológico	Ecoturismo	Otro Científico/Educativo

Mapa de Ubicación



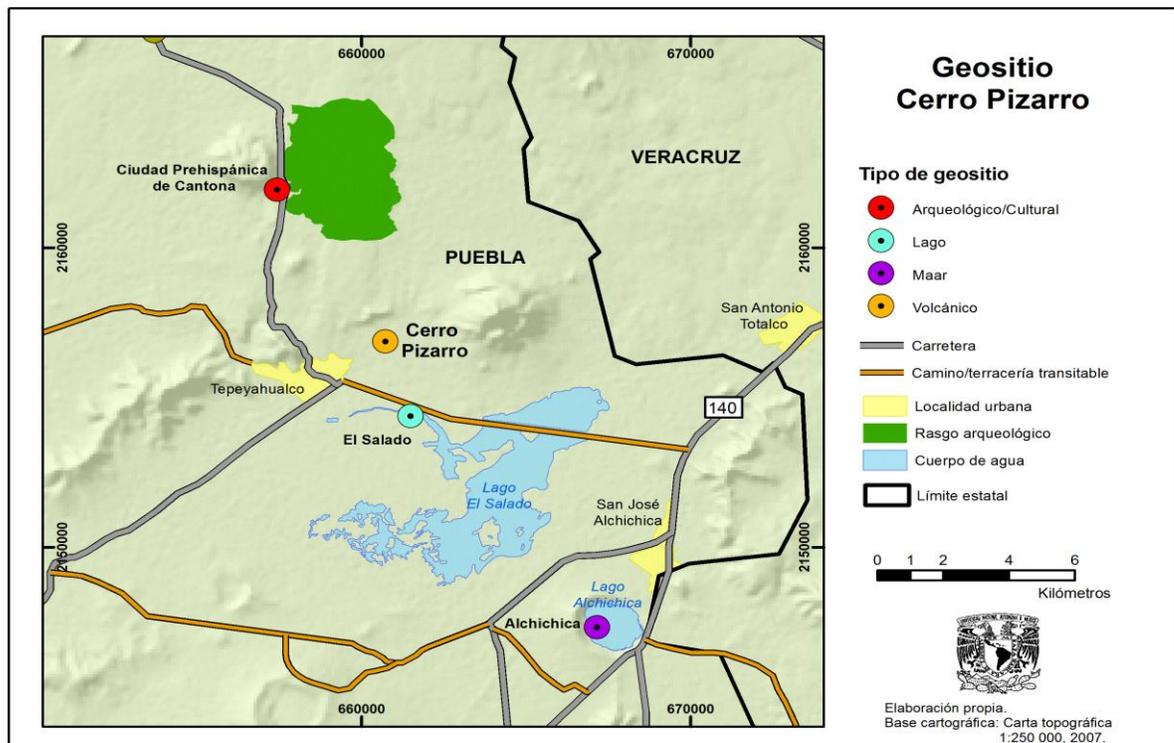
Nombre del geomorfosio	Caldera de los Humeros			
Localización	Estado Puebla	Longitud 19°40'49" N	Latitud 97°25'07" W	Altitud 2442 msnm
Tipo	Punto	Área		Panorámico
Geomorfogénesis	Erupciones plinianas correspondientes a dos calderas			
Caracterización	Vol 03			
Accesibilidad	Autopista Amozoc-Perote			
Interés asociado	Arqueológico	Ecológico	Ecoturismo	Otro Producción de energía geotérmica

Mapa de Ubicación



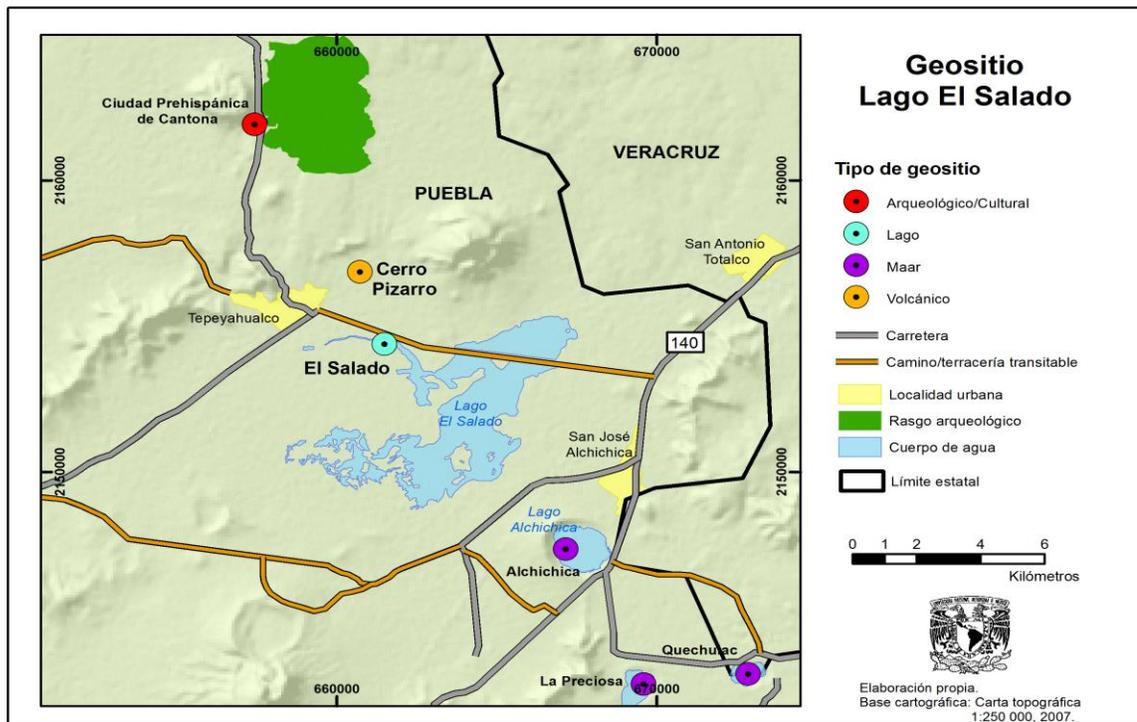
Nombre del geomorfosio	Cerro Pizarro (Domo riolítico)			
Localización	Estado Puebla	Longitud 19°30'26" N	Latitud 97°26'18" W	2447 msnm
Tipo	Punto	Área		Panorámico
Geomorfogénesis	Se separa en cuatro etapas de erupción y erosión			
Caracterización	Vol 04			
Accesibilidad	Autopista Amozoc-Perote			
Interés asociado	Arqueológico	Ecológico	Ecoturismo	Otro Científico/Escolar

Mapa de Ubicación



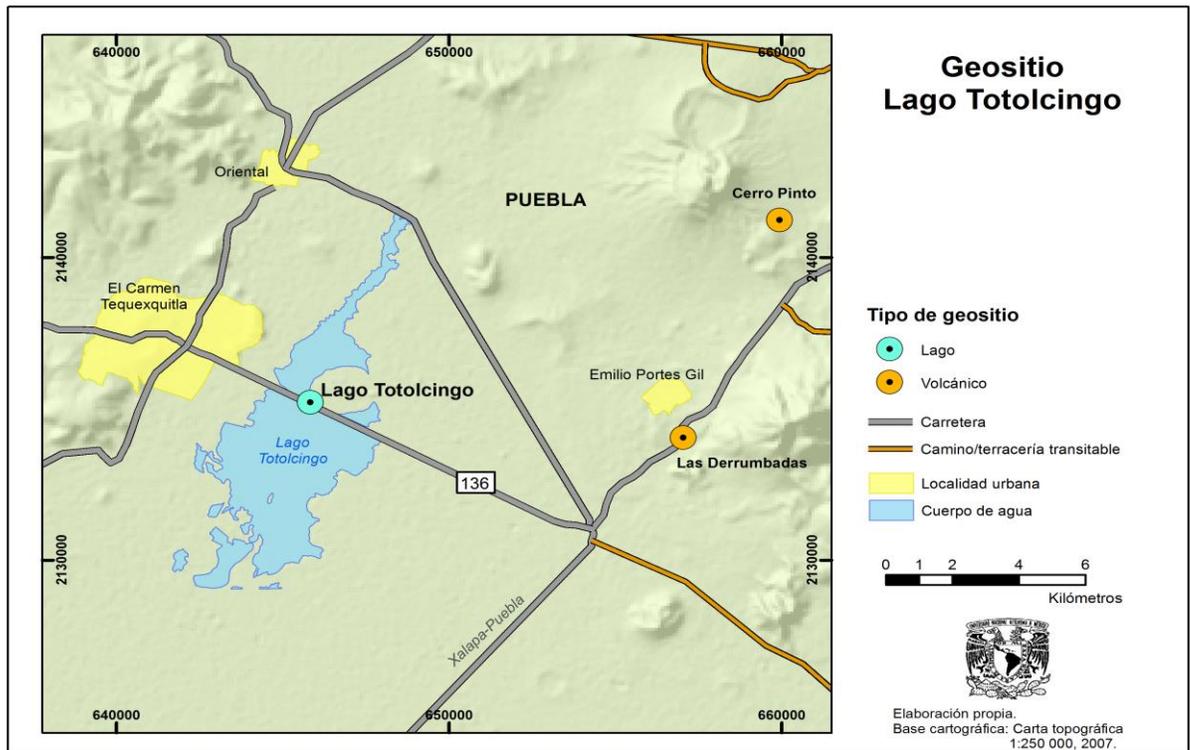
Nombre del geomorfosio	Tepeyahualco (Lago el salado)			
Localización	Estado Puebla	Longitud 19°28'48" N	Latitud 29°27'32" W	Altitud 2325 msnm
Tipo	Punto	Área		Panorámico
Geomorfogénesis	Plegamientos marinos			
Caracterización	Lac 01			
Accesibilidad	Carretera Oasis-Xaltipanapa			
Interés asociado	Arqueológico	Ecológico	Ecoturismo	Otro

Mapa de Ubicación



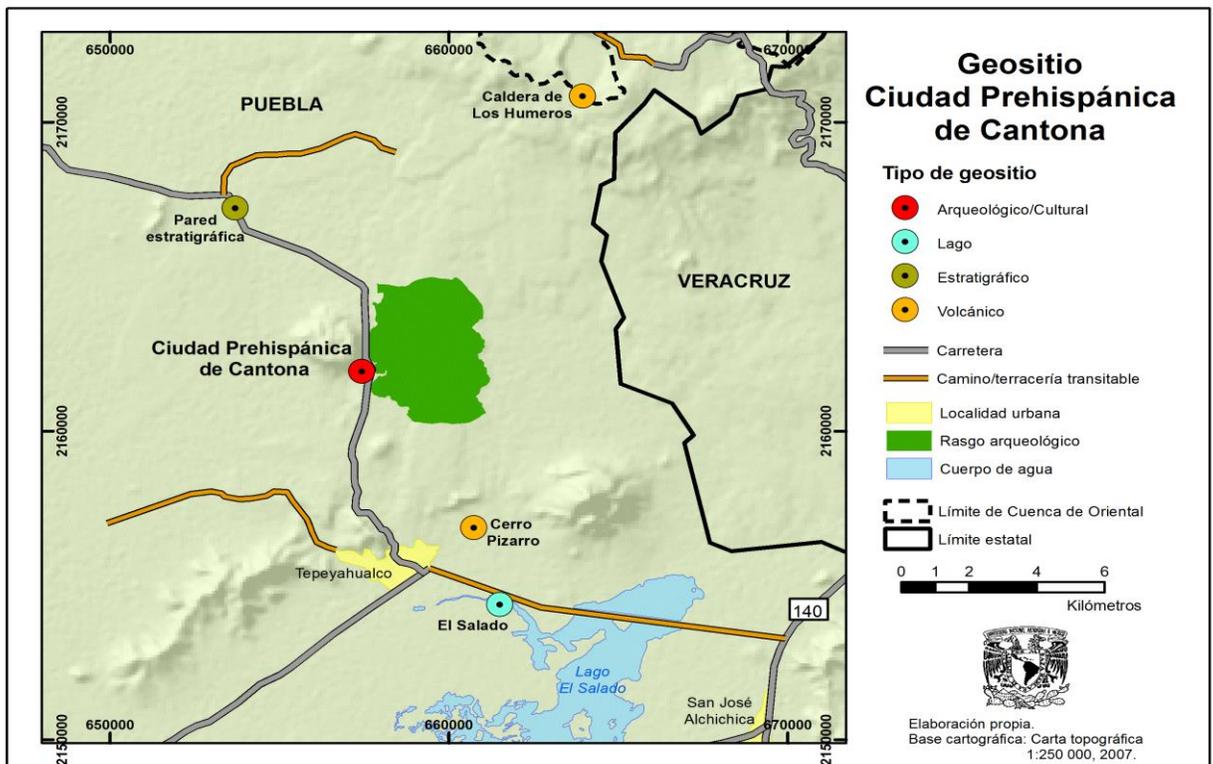
Nombre del geomorfosito	Totalcingo (Antiguo lago)			
Localización	Estado Puebla	Longitud 19°17'33" N	Latitud 97°36'40" W	Altitud 2347 msnm
Tipo	Punto	Área		Panorámico
Geomorfogénesis	Plegamientos marinos			
Caracterización	Lac 02			
Accesibilidad	Carretera Teziutlán-Acajete			
Interés asociado	Arqueológico	Ecológico	Ecoturismo	Otro Educativo

Mapa de Ubicación



Nombre del geomorfosito	Ciudad Prehispánica de Cantona			
Localización	Estado Puebla	Longitud 19°34'05" N	Latitud 97°30'50" W	Altitud 2494 msnm
Tipo	Punto	Área		Panorámico
Geomorfogénesis	Emplazamiento en una colada de lava, de la explosión de la caldera de los Humeros.			
Caracterización	Arqueo 01			
Accesibilidad	Carretera Oasis-Xaltipanapa			
Interés asociado	Arqueológico	Ecológico	Ecoturismo	Otro

Mapa de Ubicación



Nombre del geomorfosio	Oyameles-Zaragoza (Talleres de obsidiana)			
Localización	Estado Puebla	Longitud 19°42'28" N	Latitud 97°32'16" W	Altitud 2838 msnm
Tipo	Punto	Área		Panorámico
Geomorfogénesis	Explosión volcánica-flujo piroclástico riolítico			
Caracterización	Arqueo 02			
Accesibilidad	Autopista Amozoc-Teziutlan-Av. Chapultepec			
Interés asociado	Arqueológico	Ecológico	Ecoturismo	Otro

Mapa de Ubicación

