



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN
CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS CÓRDOBA

PROGRAMA DE POSGRADO EN PAISAJE Y TURISMO RURAL

**EL RECORRIDO Y LA PERCEPCIÓN DEL PAISAJE, CASO:
CITLALTÉPETL, MÉXICO**

MANUEL ORENDAIN CARBALLO

T E S I N A

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN PAISAJE Y TURISMO RURAL

AMATLÁN DE LOS REYES, VERACRUZ, MÉXICO

2020

La presente tesina titulada: El recorrido y la percepción del paisaje: Caso Citlaltépetl, México, realizada por el alumno: Manuel Orendain Carballo bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN PAISAJE Y TURISMO RURAL

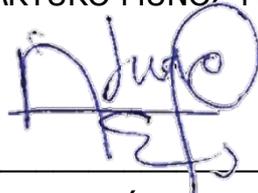
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



DR. RAFAEL ARTURO MUÑOZ-MÁRQUEZ TRUJILLO

ASESOR



DR. JUAN ANTONIO PÉREZ SATO

ASESOR



DR. JAIME ERNESTO RIVERA HERNÁNDEZ

Amatlán de los Reyes, Veracruz, México, agosto de 2020

EL RECORRIDO Y LA PERCEPCIÓN DEL PAISAJE: CASO CITLALTÉPETL, MÉXICO.

Manuel Orendain Carballo, MPTR

Colegio de Postgraduados, 2020

Este proyecto de investigación consiste en un procedimiento ligado de dos análisis de calidad visual en el paisaje, cuyo objetivo es el de identificar zonas de alta exposición visual en la región de las Altas Montañas, Veracruz, con relación al volcán Citlaltépetl para su utilización en el desarrollo y la planificación de propuestas turísticas.

El primer análisis lleva por nombre: análisis de visibilidad intrínseca (VI) y se utilizó para hacer una clasificación en el área de estudio (un radio de 15 kilómetros tomando como centro el cráter del volcán Citlaltépetl) de zonas de visibilidad mediante los valores de altimetría que posee el territorio. Este análisis permitió a través de sus resultados finales, delimitar el área a estudiar para continuar con el segundo análisis denominado Línea de Visión (LDV), que fungió como un identificador de puntos de observación de alta exposición visual distribuidos sobre las vías de acceso que se encontraron en la zona sureste con relación al volcán. Este estudio paisajístico concluyó en el desarrollo de tres propuestas turísticas diferentes, lo que permite una relación académica entre el paisaje y el turismo.

Palabras clave:

Exposición visual, SIG, Paisaje, Turismo

TRAVEL AND PERCEPTION OF THE LANDSCAPE: CITLALTÉPETL CASE, MÉXICO.

Manuel Orendain Carballo, MPTR

Colegio de postgraduados, 2020

This research project consists of a linked procedure of two analyzes of visual quality in the landscape whose objective is to identify areas of high visual exposure in the region of the High Mountains, Veracruz, in relation to the Citlaltépetl volcano for use in the development and planning of tourist proposals.

The first one is called: intrinsic visibility (IV) analysis and was used to make a classification in the study area (a radius of 15 kilometers taking the crater of the Citlaltépetl volcano as its center) of visibility zones using the altimetry values of the territory. This analysis allowed, through its final results, to delimit the area to be studied to continue with the second analysis called Line of Sight (LOS), which served as an identifier of observation points with high visual exposure distributed over the access roads that they were found in the southeast area in relation to the volcano. This landscape study concluded in the development of three different tourist proposals, which allows an academic relationship between the landscape and tourism.

Keywords:

Visual exposure, GIS, landscape, tourism

DEDICATORIA

A mi familia, por ser siempre un motivo de superación personal al mostrarme su apoyo incondicional y al ser un ejemplo de la persona en la que me quiero convertir.

A mi pareja, por ser ese ser de luz que me guía en el camino y que arropa mis debilidades dándome la fuerza para luchar por lo que necesito

A los amigos que hice durante el proceso de mi educación académica, por las risas, los consejos, las palabras de apoyo y las enseñanzas profesionales que dejaron en mí.

A la persona que fungió como mi mentor y mi consejero académico, cuya tutela ha sido parte fundamental de mi desarrollo académico y su amistad forma una parte esencial en mi formación personal.

Al Colegio de Postgraduados, por abrirme sus puertas y permitirme aprovechar esta oportunidad de superación personal.

Agradezco en demasía que formen parte de lo que ahora soy como persona.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el gran apoyo económico que me proporcionó para la realización de este proceso.

Al Dr. Rafael Arturo Muñoz-Márquez Trujillo, por el tiempo, la paciencia y los conocimientos impartidos durante mi educación de maestría, por ser un consejero en toda la extensión de la palabra y por inspirarme a ser una mejor persona tanto en lo profesional como en lo personal a través de su ejemplo.

Al Dr. Jaime Ernesto Rivera Hernández, por las enseñanzas impartidas durante los cursos, por aconsejarme durante el proceso de la realización de este proyecto de investigación, por abrirme las puertas para realizar mi estancia de vinculación, por su brillantez, su elocuencia y su humildad.

Y al Dr. Juan Antonio Pérez Sato, por siempre tener un consejo que beneficiará y encaminará este proyecto de investigación y por marcar dentro de mi educación profesional y personal la verdadera esencia de la vida, que se resume en los pequeños detalles que tiene el mundo para ofrecernos y por demostrarme que la fenomenología o como él lo dice, la experiencia, es uno de los factores de éxito en el turismo.

CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. REVISIÓN DE LITERATURA | 3 |
| 2.1 Paisaje..... | 3 |
| 2.3 Sistemas de información geográfica en el turismo..... | 10 |
| 2.4 Calidad visual en el paisaje | 14 |
| 2.5 Ejemplos de proyectos de investigación basados en calidad visual del paisaje | 17 |
| 2.6 El turismo en México | 19 |
| 3. OBJETIVOS..... | 21 |
| 3.1 Objetivo General..... | 21 |
| 3.2 Objetivos Específicos | 21 |
| 4. DESARROLLO DE UN ANÁLISIS DE VISIBILIDAD INTRÍNSECA (VI) DEL TERRITORIO ALREDEDOR DEL PICO DE ORIZABA | 22 |
| 4.1 Introducción..... | 22 |
| 4.2 Materiales y métodos | 24 |
| 4.3 Resultados y discusión | 29 |
| 4.3.1 Zona de baja IV | 30 |
| 4.3.2 Zona de media IV | 31 |
| 4.3.3 Zona de alta IV | 33 |
| 4.3.4 Zona específica de trabajo | 34 |
| 4.3.5 Discusión | 34 |
| 4.4 Conclusión..... | 36 |
| 4.5. Literatura citada | 37 |
| 5. DESARROLLO DE UN ANÁLISIS DE LINEA DE VISIÓN (LDV) CON RELACIÓN AL VOLCAN CITLALTÉPETL PARA SU UTILIZACIÓN EN PROPUESTAS DE DESARROLLO TURISTICO | 40 |

| | |
|--|-----------|
| 5.1. Introducción..... | 40 |
| 5.2. Materiales y métodos..... | 42 |
| 5.3. Resultados y discusión | 45 |
| 5.3.1 Primer cuartil | 46 |
| 5.3.2 Segundo cuartil | 48 |
| 5.3.3 Tercer cuartil..... | 50 |
| 5.3.4 Cuarto cuartil..... | 52 |
| 5.3.5 Calibración de datos..... | 54 |
| 5.3.6 Discusión | 56 |
| 5.4. Conclusión..... | 57 |
| 5.5. Literatura citada | 58 |
| 6. DESARROLLO DE PROPUESTAS TURÍSTICAS CON BASE A LOS RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE CALIDAD VISUAL EN EL PAISAJE REALIZADOS | 60 |
| 6.1. Introducción..... | 60 |
| 6.2. Materiales y métodos..... | 61 |
| 6.3. Resultados y discusión | 63 |
| 6.3.1 Sendero “El rostro del volcán” | 63 |
| 6.3.2 Sendero “El cerro del Tepoz-Tépetl” | 69 |
| 6.3.3 Ruta de ciclismo “El alma del volcán” | 75 |
| 6.3.4 Discusión | 78 |
| 6.4 Conclusión..... | 79 |
| 6.5 Literatura citada | 80 |
| 7. LITERATURA CITADA..... | 82 |
| ANEXO: MUESTRAS FOTOGRÁFICAS..... | 85 |
| Observatorios del sendero “El rostro del volcán” | 85 |

| | |
|--|------------|
| Observatorios del sendero “El cerro del Tepoz-tépetl” | 88 |
| Observatorios de la ruta de ciclismo “El alma del volcán” | 107 |

LISTA DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Atributos presentes en el modelo de captación de valor de paisaje. | 7 |
| Cuadro 2. Distribución de zonas de media IV. | 32 |
| Cuadro 3. Relación de puntos de vías de acceso del primer cuartil con los puntos del volcán..... | 47 |
| Cuadro 4. Relación de puntos de vías de acceso del segundo cuartil con los puntos del volcán..... | 49 |
| Cuadro 5. Relación de puntos de vías de acceso del tercer cuartil con los puntos del volcán..... | 51 |
| Cuadro 6. Relación de puntos de vías de acceso del cuarto cuartil con los puntos del volcán..... | 53 |
| Cuadro 7. Relación de los nuevos puntos de la calibración de datos con los puntos del volcán (los números que se muestran en paréntesis, son los números que corresponden a los puntos del anterior análisis de LDV) | 54 |
| Cuadro 8. Características de sendero “El rostro del volcán” | 63 |
| Cuadro 9. Características del sendero “El cerro del Tepoz-Tépetl” | 69 |
| Cuadro 10. Características de la ruta de ciclismo "El alma del volcán" | 75 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Estructura de paisaje según la ecología del paisaje..... | 7 |
| Figura 2. Vista del volcán Citlaltépetl (Pico de Orizaba), capturada desde la localidad San Isidro “El Berro” ubicado en el estado de Veracruz | 9 |
| Figura 3. Representación gráfica del modelo ráster..... | 10 |
| Figura 4. Representación gráfica del modelo vectorial..... | 11 |
| Figura 5. Ubicación de recursos turísticos del municipio de Amatlán de los Reyes, Veracruz..... | 13 |
| Figura 6. Representación gráfica de los conceptos de análisis visual..... | 15 |
| Figura 7. Ejemplo de mapa de VI | 16 |
| Figura 8. Ubicación de la zona de estudio que considera su eje central al volcán Pico de Orizaba..... | 24 |
| Figura 9. Unificación de Modelo Digital de Elevaciones (La leyenda MDE contiene los datos de altimetría en metros sobre el nivel del mar por pixel)..... | 26 |
| Figura 10. Mapa de sombras (La leyenda mapa de sombras, contiene los valores de claridad para cada pixel) | 27 |
| Figura 11. Distribución de puntos en el área de estudio con base en la retícula a cada 500 metros | 28 |
| Figura 12. Mapa de VI en donde el estado de Veracruz se aprecia del lado derecho y el estado de Puebla se aprecia del lado izquierdo | 29 |
| Figura 13. Zona de baja IV | 30 |
| Figura 14. Zona de media IV | 32 |
| Figura 15. Zona de alta IV | 33 |
| Figura 16. Zona específica de trabajo | 34 |
| Figura 17. Aprovechamiento de LDV..... | 40 |
| Figura 18. Zona de estudio..... | 42 |
| Figura 19. Capas de puntos para la generación del análisis LDV | 44 |

| | |
|--|----|
| Figura 20. Cuartiles | 45 |
| Figura 21. Primer cuartil | 46 |
| Figura 22. Segundo cuartil | 48 |
| Figura 23. Tercer cuartil | 50 |
| Figura 24. Cuarto cuartil | 52 |
| Figura 25. Resultados de la calibración de datos..... | 55 |
| Figura 26. Zona de estudio ubicada en la localidad San Isidro “El Berro” en el municipio Mariano Escobedo, en el Estado de Veracruz | 61 |
| Figura 27. Sendero "El rostro del volcán" localizado en la comunidad San Isidro “El Berro” | 64 |
| Figura 28. Zona de asador | 65 |
| Figura 29. Vivienda..... | 65 |
| Figura 30. Zona de campamento techada para 20 personas aproximadamente | 66 |
| Figura 31. Zona de campamento al aire libre para 100 personas aproximadamente | 66 |
| Figura 32. Observatorio #1 | 67 |
| Figura 33. Sótano | 68 |
| Figura 34. Sendero "El cerro del Tepoz-tépetl" | 70 |
| Figura 35. Observatorio #1 | 71 |
| Figura 36. Observatorio #4..... | 72 |
| Figura 37. Observatorio #15..... | 73 |
| Figura 38. Observatorio #10..... | 74 |
| Figura 39. Ruta de ciclismo "El alma del volcán” | 76 |
| Figura 40. Observatorio #6..... | 77 |
| Figura 41. Observatorio #3..... | 77 |
| Figura 42. Observatorio #5..... | 77 |

| | |
|---|-----|
| Figura 43. Observatorio #1 | 85 |
| Figura 44. Observatorio #2..... | 86 |
| Figura 45. Observatorio #3..... | 87 |
| Figura 46. Observatorio #1 | 88 |
| Figura 47. Observatorio #2..... | 89 |
| Figura 48. Observatorio #3..... | 90 |
| Figura 49. Observatorio #4..... | 91 |
| Figura 50. Observatorio #5..... | 92 |
| Figura 51. Observatorio #6..... | 93 |
| Figura 52. Observatorio #7..... | 94 |
| Figura 53. Observatorio #8..... | 95 |
| Figura 54. Observatorio #9..... | 96 |
| Figura 55. Observatorio #10..... | 97 |
| Figura 56. Observatorio #11 | 98 |
| Figura 57. Observatorio #12..... | 99 |
| Figura 58. Observatorio #13..... | 100 |
| Figura 59. Observatorio #14..... | 101 |
| Figura 60. Observatorio #15..... | 102 |
| Figura 61. Observatorio #16..... | 103 |
| Figura 62. Observatorio #17..... | 104 |
| Figura 63. Observatorio #18..... | 105 |
| Figura 64. Cima del cerro Tepoztecatl..... | 106 |
| Figura 65. Observatorio #1 | 107 |
| Figura 66. Observatorio #2..... | 108 |
| Figura 67. Observatorio #3..... | 109 |
| Figura 68. Observatorio #4..... | 110 |

| | |
|--|-----|
| Figura 69. Observatorio #5..... | 111 |
| Figura 70. Observatorio #6..... | 112 |

1. INTRODUCCIÓN

Según el Convenio Europeo del Paisaje (Consejo de España-CDE, 2000), se entenderá por paisaje, *cualquier parte del territorio tal como la percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos*. Por su parte la Organización Mundial del Turismo (OMT, 2007), conceptualiza al turismo como *un fenómeno social, cultural y económico relacionado con el movimiento de las personas a lugares que se encuentran fuera de su lugar de residencia habitual por motivos personales o de negocios/profesionales*.

La percepción y la búsqueda de nuevos paisajes podría explicar el fenómeno de desplazamiento de personas, generando un vínculo en el cual el estudio de paisaje se puede considerar dentro del desarrollo de actividades turísticas. Además, las actividades de complejos, emprendimientos y proyectos turísticos en general, representan el tercer lugar de ingresos per cápita para la economía de México, según el Consejo Nacional para la Cultura y las Artes (CONACULTA, 2006).

Lo anterior se vuelve un motivo importante para seguir ampliando las labores de investigación, creando estrategias que mejoren los planes de desarrollo para que se aprovechen los recursos turísticos de manera sustentable y así, aumentar los niveles de ingreso haciendo que el turismo continúe mejorando su posicionamiento en el desarrollo económico del país.

Una de las herramientas en las que la planeación puede apoyarse para la construcción de proyectos turísticos, es mediante la utilización de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), los cuales optimizan la obtención y el entendimiento de la información espacial que se recaba, para poder conocer datos georreferenciados por medio de mapas, como: caminos, edificaciones, áreas protegidas, recursos hidrológicos, el tamaño del espacio o los recursos y atractivos turísticos, entre otros. Esto respalda una toma de decisiones eficiente en el desarrollo de la planificación de emprendimientos relacionados con el turismo (Jovanovic y Njegus, 2008).

Este proyecto de investigación tuvo como objetivo hacer una evaluación de la exposición visual que existe en el paisaje de manera indirecta y por medio de distintas herramientas como los SIG y las visitas de campo, basado en métodos utilizados en

otros estudios como Jovanovic y Njegus (2008), Franch y Cancer (2016), Cáceres *et al.* (2014), Franquesa y Orduña (2004), Otero *et al.* (2009) y López *et al.* (2016).

El procedimiento para identificar los puntos con mayor exposición visual consistió en un proceso ligado de dos tipos de análisis de calidad visual en el paisaje desarrollados en SIG. El primero, lleva por nombre “Análisis de visibilidad intrínseca (VI)” cuyos resultados permiten hacer una zonificación del territorio mediante los valores de exposición visual, por lo tanto, dicha información puede ocuparse para delimitar el área de estudio en función de las zonas mejor valoradas en cuestión de visibilidad.

Por otro lado, dicho estudio, se complementó mediante otro análisis llamado “Línea de Visión (LDV)”. La LDV permitió identificar la relación visual que existe en dos o más áreas geográficas distintas, en este caso, se ocupó para identificar cuáles eran los puntos con mayor exposición visual que se encontraban en las vías de comunicación y su clasificación en federales, locales, terracerías, senderos, etc., con relación al volcán Citlaltépetl mejor conocido como Pico de Orizaba.

Lo anterior, con la finalidad de crear una estrategia que mejore las bases para el uso del paisaje, para integrar a este último, en el desarrollo de tres propuestas turísticas basadas en escenas visuales, asegurando que el turista tenga la visibilidad necesaria para la apreciación y disfrute del paisaje en la localidad San Isidro “El Berro”.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Paisaje

El término paisaje se ha abordado de diversas formas y a diferentes niveles de profundidad, de entre todas las concepciones que se tienen de él, puede corresponder a una representación cultural que se desarrolla mediante la evolución de la sociedad (Besse, 2006), explicándose como algo que representa el acervo cultural colectivo; también se ha definido como la manifestación externa de los procesos que tienen lugar en el territorio (Otero *et al.*, 2006).

Para Barnes (2000), el paisaje es un área heterogénea compuesta por un conjunto de ecosistemas que interactúan entre sí y que se repiten en varios tamaños, formas y relaciones espaciales. Para la Real Academia Española (RAE, 2019), es una parte de un territorio que puede ser observado desde un determinado lugar. Mientras que, Muñoz (2004), lo define como *el escenario de la actividad humana y lo identifica como el conjunto de interrelaciones derivadas de la interacción entre geomorfología, clima, vegetación, fauna, agua y modificaciones antrópicas.*

Siguiendo estas conceptualizaciones, el paisaje se debe analizar tomando en cuenta la cosmovisión de la sociedad que cohabita con él, puesto que el paisaje, es un ente perceptivo polisensorial que responde en buena parte a la experiencia del usuario (Besse, 2006).

Según Maderuelo (2005), una de las complejidades para comprender el concepto “paisaje”, es la traducción del concepto en sí, aunado al sobreuso de la palabra y que, al haberse convertido en un término coloquial, se infiere que es un concepto relativamente viejo, pero realmente es un término moderno y, por ende, hay que tener precauciones cuando se encuentre en documentos transcritos o traducidos antes del siglo XVII.

Otro de los puntos que el autor plantea, es que hay que separar al paisaje de la naturaleza, ya que cuando se habla del paisaje, por lo regular se piensa en la naturaleza como algo que está ligado a él de forma obligatoria y no siempre es así, existen distintos ámbitos que también se estudian, como el paisaje industrial o el paisaje urbano, que amplían el concepto y, por lo tanto, el alcance de su estudio, pudiendo adaptar los estudios académicos del paisaje a todos los lugares (Maderuelo, 2005).

Al tener una percepción del paisaje basada en la concepción del mismo como un fenómeno cultural y no como algo palpable, se debe analizar cómo es que las distintas culturas lo perciben, debido a que, al ser distintas, todas ellas se desarrollaron en medios sociales diferentes alrededor del mundo. Ese fenómeno conlleva a tener distintas visiones del mismo concepto, pudiera interpretarse incluso, que, aunque el paisaje puede escenificarse en espacios domésticos, laborales, naturales, deportivos, públicos, rurales, urbanos, etc., que todas las culturas son paisajistas debido a que todo ser humano coexiste con estos medios, sin embargo, este hecho no puede ser posible.

Según Berque (1994), para que una civilización se pueda considerar "Paisajista" debe cumplir con cuatro requerimientos:

1. Que en la civilización se reconozcan una o más palabras para referirse al paisaje.
2. Que exista al menos una literatura (oral o escrita) que describa un paisaje.
3. Que existan representaciones pictóricas del paisaje.
4. Que posean jardines cultivados por placer.

Bajo estos términos, existen algunas culturas que no reúnen ninguna o casi ninguna de estas características como es el caso de la griega clásica, que a pesar de que en su literatura se pueden apreciar viajes y que los lugares de los viajes se hacen presentes en la narración, ninguno se describe a detalle haciendo evidente que esa cultura no puede considerarse paisajista. A este respecto, Maderuelo (2005), opina que el que una palabra no llegue a ser creada por una civilización no es una consecuencia de una cuestión lingüística que tenga que ver con el vocabulario, sino que, es un reflejo de cómo es que la gente concebía su mundo y lo que tenían a su alrededor.

Por su parte, Besse (2006), postula cinco posibles definiciones de paisaje basadas en diferentes paradigmas, ya que se ha convertido en un campo de estudio versátil para las diferentes profesiones entre las que destacan la arquitectura, la geografía, el arte, la filosofía, etc., señalándolo como un concepto polisémico, es decir, con muchos significados. Dichas definiciones son las siguientes:

Una representación cultural

Se puede definir al paisaje como una interpretación de lo que un sujeto individual o colectivo piensa de él, que no existe en realidad en sí mismo, sino que se crea a partir del reposo de los sentidos sobre algo y que más bien en realidad es una proyección interna del ser, aunque esa proyección se perciba del exterior, es una representación del discurso filosófico, estético y moral y es, por esencia, una forma de pensamiento o de percepción subjetiva.

Se puede entender al paisaje también como una construcción que parte del desarrollo social incluyendo la economía, la religión, la filosofía, la ciencia, la política, el psicoanálisis, etc. Puede definirse como lugar de vida, como un territorio organizado por una comunidad social o como un país.

El paisaje es un territorio fabricado y habitado

Esta definición está basada puramente en los aspectos cuantificables del paisaje, en los aspectos físicos, materiales y más bien relacionados con el espacio. Desde esta perspectiva, el paisaje se define como un territorio creado por la sociedad mediante desarrollos políticos, económicos y culturales.

El paisaje es el entorno material y vivo de las sociedades humanas

De los pasados conceptos se puede entender que el paisaje no es solamente una vista, una imagen o un pensamiento, si no que se puede definir como un mundo construido y en donde habita la humanidad pero que no depende de dicha humanidad para existir y que no es un constructo social, sino que es un ente viviente que probablemente pueda existir aun después de que la humanidad ya no lo haga. Es un entorno material cuyo desarrollo se ve más o menos directamente afectada por la mano del hombre, sin embargo, también evoluciona sin el ser humano, se concibe bajo esta definición como un ser propio.

Se encuentran dentro del paisaje, estudios topográficos, geográficos, estudios vegetales, animales, condiciones climáticas, hidrográficas edafológicas, entre otras, pero también se encuentran edificios, carreteras, vías de ferrocarril y complejos industriales; todos estos elementos tienen más o menos repercusiones en el suelo en donde se trabajan y, por ende, todos interactúan de manera directa o indirecta entre sí.

El paisaje es una experiencia fenomenológica

Otra forma de entender el paisaje es a través de lo que el hombre experimenta, es el acontecimiento concreto del hombre con el mundo que lo rodea, las sensaciones que producen las cualidades sensibles del mundo y que pueden percibirse mediante los cinco sentidos. Al hablar del paisaje bajo este enfoque, se podría definir como una exposición del cuerpo a lo real y cómo es que este se ve afectado físicamente por las condiciones del entorno que lo rodea mediante las estructuras que existen, las texturas o las maneras en las que está distribuido el espacio y lo que sucede dentro de él.

El paisaje como proyecto

Dentro de esta concepción, el paisaje se ve como un todo que se compone de las ciudades, de lo que existe y ha existido debajo de ellas en sus suelos, de las comunidades rurales que cohabitan en los alrededores de las ciudades, de los espacios naturales que la rodean y de todas las vías de comunicación que funcionan como corredores que relacionan cada uno de los segmentos antes mencionados, situando el espacio urbano en el interior de la unión de varios elementos morfológicos con cualidades de temporalidad y de un sistema de funcionamiento con las que tiene que relacionarse y coordinarse.

Al conocer estas cinco concepciones del paisaje, se puede entender que, el paisaje, no es solamente un constructo cultural, ni solo un estudio cartográfico del espacio habitado por el hombre o un análisis de los cambios ocurridos por la mano del ser humano en la naturaleza, es más bien, un conjunto de todos estos elementos los que construyen un concepto holístico en el cual se pueden realizar diferentes estudios académicos que determinen su importancia al relacionarla y al servir como apoyo para las diferentes profesiones académicas, logrando una unión entre el paisaje y todo lo demás.

En este trabajo de investigación se considera al paisaje como un proyecto de índole turístico, concordando con la puerta número cinco que propone Besse (2006), cuya propuesta, permite despertar una experiencia fenomenológica en el usuario como se menciona con anterioridad; por su parte, Barnes (2000), también estructura el paisaje de forma física, como puede apreciarse en la puerta número tres antes mencionada,

basando la mención en lo propuesto por la ecología del paisaje, obteniendo los siguientes componentes estructurales (Figura 1):

1. Matriz, que representa el componente dominante en el paisaje.
2. Parches, que son las áreas de superficie no lineales que difieren en vegetación o tipo de suelo de sus alrededores.
3. Corredores, que son los caminos que fungen como unión entre los distintos parches existentes dentro de la matriz.

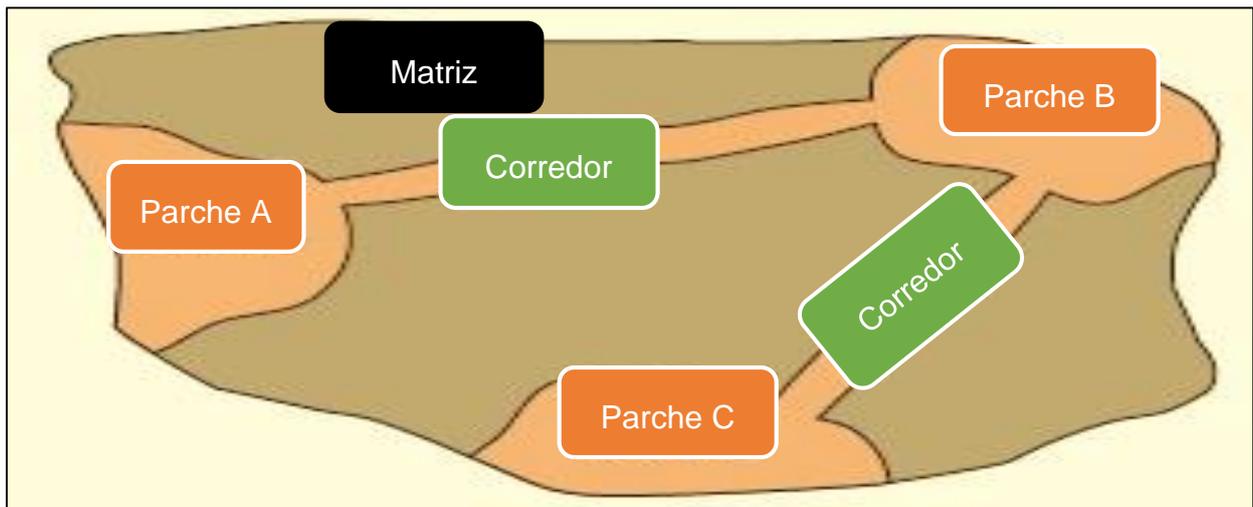


Figura 1. Estructura de paisaje según la ecología del paisaje

Fuente: Barnes (2000)

Tomando como base la estructura física del paisaje, Otero *et al.* (2006), también proponen elementos que facilitan la medición y la valoración del paisaje (Cuadro 1).

Cuadro 1. Atributos presentes en el modelo de captación de valor de paisaje.

| Atributos Físicos | Atributos Estéticos | Atributos Psicológicos |
|-----------------------------------|---------------------|------------------------|
| Agua | Forma | Unidad |
| Forma de terreno | Color | Expresión |
| Vegetación | Textura | |
| Nieve | | |
| Fauna | | |
| Uso de suelo | | |
| Vistas | | |
| Sonidos | | |
| Olores | | |
| Recursos culturales | | |
| Elementos que alteran el carácter | | |

Fuente: Otero *et al.* (2006)

En el caso de este proyecto de investigación, los atributos físicos que se toman en consideración son: la forma del terreno, que permite conocer datos de interés como la altimetría, los recursos naturales y principalmente las vistas; que a su vez, permiten una experiencia fenomenológica (es una manera de entender el paisaje a través de lo que el hombre experimenta) a través de los atributos estéticos y es precisamente con base a estos elementos, que se determina el volcán “Citlaltépetl” (Pico de Orizaba) (Figura 2), como el elemento paisajístico principal para este proyecto de investigación; aunado a que posee la mayor altitud geográfica de México (5,636 msnm), que, a su vez, ocupa el tercer lugar entre los montes más altos de la parte norte del continente americano (Molina, 2014), logrando construir un paisaje desde el cual se pueden hacer distintos estudios paisajísticos para el desarrollo de productos turísticos relacionados con las escenas visuales en las que se percibe el volcán.

El cerro de la estrella, por su significado en náhuatl: *Citlalli* “estrella” y *Tepetl* “monte o montaña”, aparte de ser uno de los volcanes más altos del continente, alimenta de agua la cuenca hídrica Jamapa-Cotaxtla, gracias al escurrimiento de los glaciares que aún lo revisten y las cuencas de las que forma parte, haciendo llegar el recurso acuífero a las comunidades, poblados y ciudades incluidas en la misma, y que abarca desde la barranca de Coscomatepec, en su parte más alta, hasta la desembocadura del río Jamapa al Golfo de México en Boca del Río, todo esto en el estado de Veracruz (Molina, 2014).



Figura 2. Vista del volcán Citlaltépetl (Pico de Orizaba), capturada desde la localidad San Isidro “El Berro” ubicado en el estado de Veracruz

2.3 Sistemas de información geográfica en el turismo

El acrónimo SIG (o GIS por sus siglas en inglés), significa Sistema de Información Geográfica. Es un conjunto de herramientas que permiten capturar, almacenar, administrar y analizar información digital, así como generar productos como gráficos y mapas que permiten representar datos alfanuméricos georreferenciados (López, 2015).

Según Burrough (1994), un SIG también puede entenderse como un modelo de información de la realidad geográfica para solventar las necesidades informativas, esto significa, la creación, el compartimiento y la aplicación de información útil basada en datos y en mapas.

Los datos que se utilizan en un SIG pueden ser de dos tipos: alfanuméricos o geográficos, los cuales deben estar georreferenciados, esto quiere decir, que deben estar referidos a una locación fija y única en la superficie de la tierra. Existen dos tipos de formato de los datos: ráster y vectorial. Los modelos ráster se caracterizan por representar el espacio delimitándolo a base de celdas o también llamados pixeles, haciendo una subdivisión en una retícula por medio de filas y de columnas. El tamaño de la retícula determina el tamaño de las celdas y, por ende, su grado de resolución espacial (Figura 3) (López, 2015).

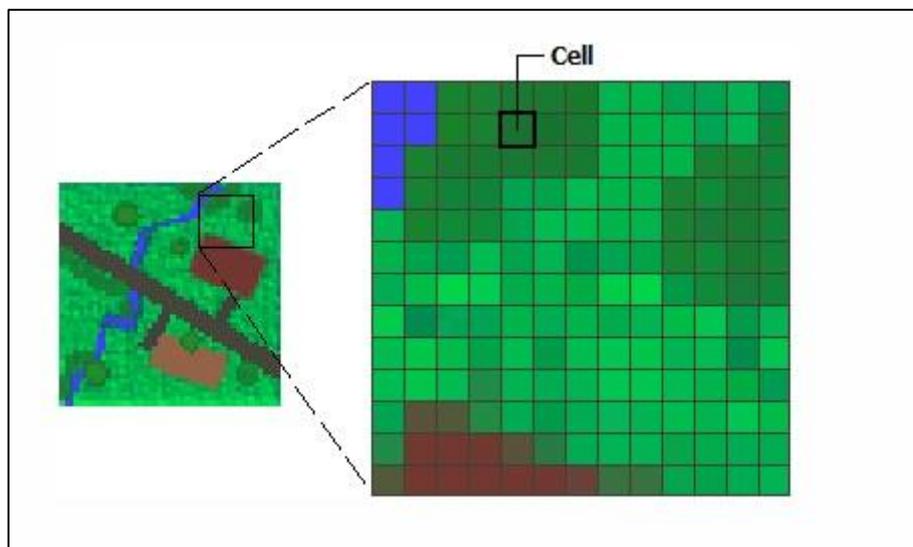


Figura 3. Representación gráfica del modelo ráster

Fuente: ESRI (2019)

Los modelos vectoriales (Figura 4), por su parte, permiten representar el espacio con base a puntos, líneas, polígonos, coordenadas y las relaciones topológicas que tienen al definirse por un sistema de proyección cartográfica (López, 2015).

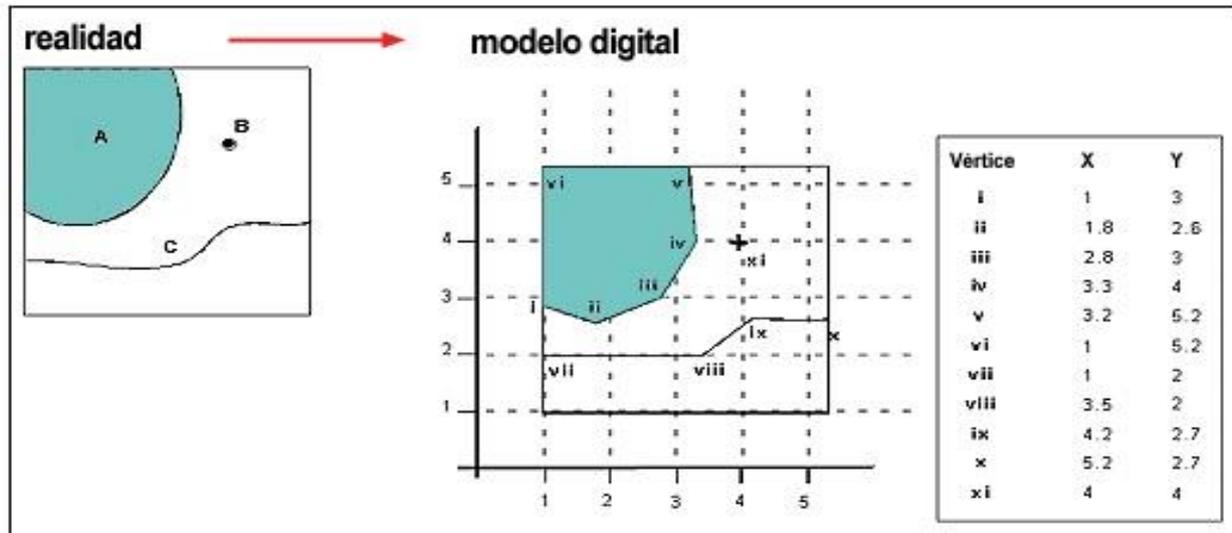


Figura 4. Representación gráfica del modelo vectorial

Fuente: www.geogra.uah.es, consultado en febrero 2019

Los componentes principales de un SIG son, según Bolaños (2016):

1. **Hardware**, que consta de un computador de alto rendimiento y complementos periféricos que pueden ser digitalizadores, cámaras digitales y discos duros, entre otros.
2. **Software**, que es una herramienta que dispone de funciones que permiten la administración, la entrada, el procesamiento y la visualización de datos.
3. **Datos espaciales**, son los datos que están organizados en una base de datos específica y están referenciados en el espacio geográfico, se trabajan mediante los modelos vectorial y ráster y también son llamados datos georreferenciados.
4. **Métodos**, Son los procesamientos bien estructurados que definen un problema, registran datos, los manipula y arroja un informe. Un método permite el direccionamiento lógico para las acciones que se deben de tomar en el procesamiento de datos en un SIG.
5. **Personal especializado**, se necesita una o más personas especializadas para que se haga una coordinación y una integración correcta de todos los elementos anteriores.

Considerando este contexto, el éxito de cualquier empresa, proyecto o emprendimiento turístico es posiblemente más accesible mediante la planeación. El uso de los SIG, provee al turismo oportunidades estratégicas y herramientas poderosas para el crecimiento económico que consiguen hacer más eficiente el desarrollo de la planificación turística (Jovanovic y Njegus, 2008).

Los SIG se utilizan para hacer modelos a través de datos georreferenciados (espaciales); cada elemento del mapa se asigna a una capa temática y cada una de esas capas combina varios elementos que se relacionan entre sí, como son los caminos, las edificaciones, las áreas protegidas o los recursos hidrológicos, etc. Lo anterior facilita la toma de decisiones en el desarrollo de propuestas turísticas mediante los análisis que se hacen a través de dichos modelos (Jovanovic y Njegus, 2008).

Una ilustrativa aplicación de la utilización de un SIG es el desarrollo de un modelo espacial que funciona para el desarrollo de rutas turísticas, que posteriormente, podrán beneficiar a la comunidad en cuanto a aspectos económicos, publicitarios, políticos y sociales (Aguilar, 2018) (Figura 5).

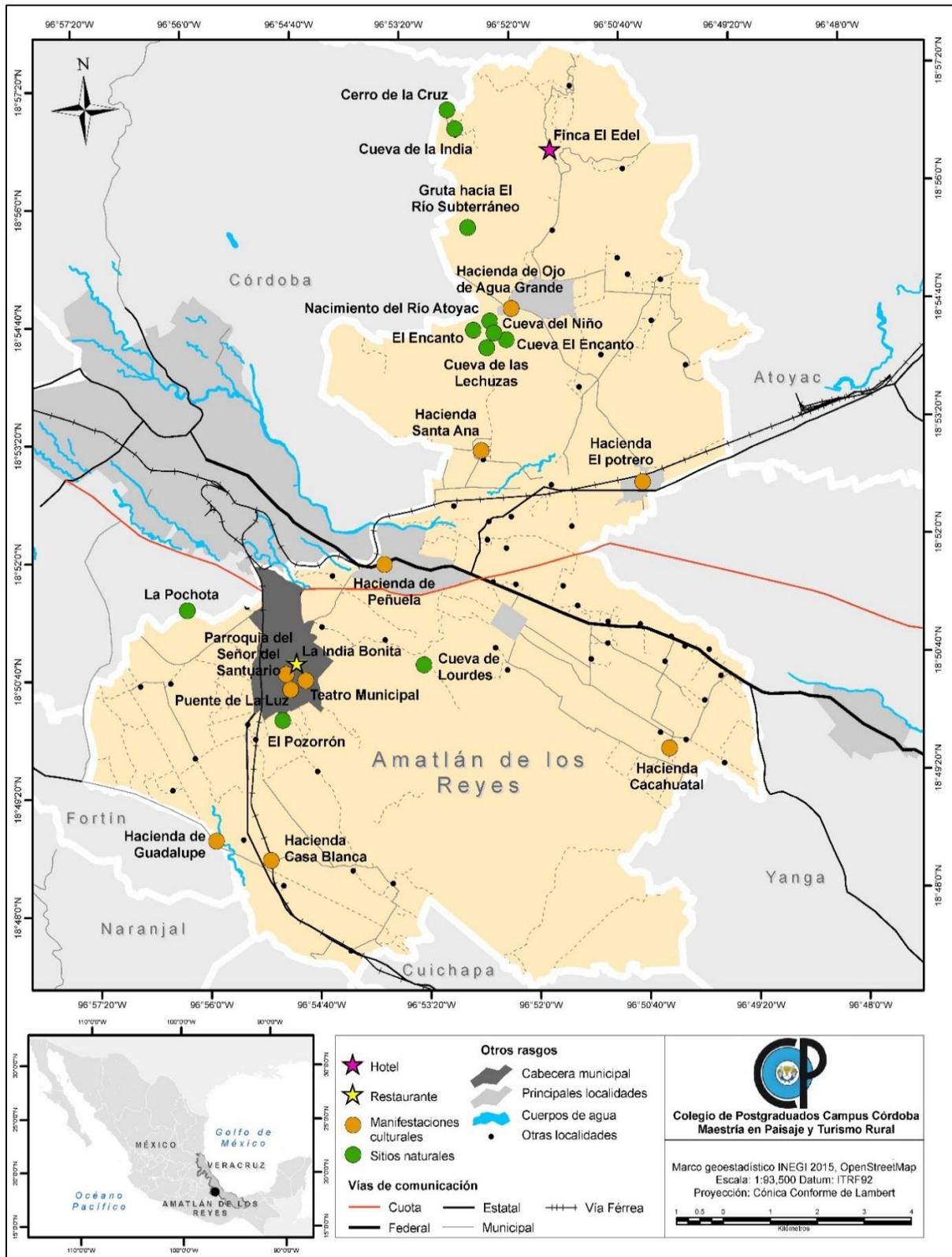


Figura 5. Ubicación de recursos turísticos del municipio de Amatlán de los Reyes, Veracruz

Fuente: Aguilar (2018)

2.4 Calidad visual en el paisaje

De acuerdo con Kvanç (2013), mediante un análisis de visibilidad, se puede medir la calidad de percepción que tiene una sociedad sobre un paisaje, a este fenómeno se le denomina calidad visual del paisaje.

Según Terry y Daniel (2001), las evaluaciones de calidad visual en el paisaje se crearon y fueron madurando durante la segunda mitad del siglo XX. La calidad visual en el paisaje ha jugado un rol importante en el manejo del medio ambiente y se ha convertido en un campo de estudio científico reconocido y con un sustento conceptual y metodológico importante.

Las evaluaciones de calidad en el paisaje se pueden llevar a cabo para determinar cuáles y cuántas son las áreas que se pueden apreciar por medio de la vista desde cada punto o conjunto de puntos de manera simultánea o en secuencia permitiendo una evaluación de cómo es que cada área contribuye a la percepción del paisaje logrando una obtención de parámetros que permitan definir un territorio en términos visuales (Otero *et al.*, 2009).

Según la compilación de métodos para la evaluación del paisaje basados en criterios de visibilidad realizado por el centro de investigación escocés Maculay Land Use Research Institute ahora llamado James Hutton Institute (MLURI, 2014), los métodos se pueden clasificar en evaluaciones que estudian los elementos subjetivos del paisaje y en evaluaciones que estudian al paisaje desde lo cuantificable; de acuerdo con Franch y Cancer (2016), esos estudios toman el nombre de métodos directos y métodos indirectos, respectivamente.

Los métodos directos se basan en identificar por medio de la apreciación de fotografías y a través de puntos precisos de observación, entre otras formas, la reacción de los espectadores que se genera en función de sus preferencias estéticas (Porteus, 1996).

Los métodos indirectos hacen un análisis de los elementos que componen al paisaje segregándolo según criterios que puedan ser cuantificables (Franch y Cancer, 2016).

Las evaluaciones de visibilidad paisajísticas de métodos indirectos permiten de inicio, una forma más organizada de poder desarrollar la expansión de un territorio al tener un conocimiento más preciso de los componentes del paisaje (geomorfología,

edafología, hidrología, biología, etc.) esto permite un diseño en el medio ambiente que fomenta su protección para un diseño de paisaje sustentable y ecológico elaborando un análisis aplicable del espacio (Gonzalo, 1996).

Para poder determinar la calidad visual en una evaluación de un punto o de distintos puntos, es necesario entender las maneras en las que algo se observa, para esto a continuación se presentan algunos conceptos importantes para los análisis visuales:

1. Cuenca visual, que es todo lo que se puede apreciar por medio de la vista desde un punto de observación cuyo límite está definido por el horizonte del observador, que, por lo regular se determina mediante la posición altimétrica relativa a partir del punto del cual se hace la observación (López, 2015).

2. Rayo visual, que es la recta imaginaria que se forma de las conexiones entre punto y punto de los cuales se requiere saber si son visibles o no para el espectador (Gonzalo, 1996).

3. Pendiente virtual o pendiente visual, “Se define como la tangente del ángulo formado por el rayo visual con la horizontal, y se calcula con la diferencia de alturas entre el punto de observación y el punto destino dividida por la distancia medida en el plano horizontal. Para determinar si un punto es visto por otro es preciso calcular las Pendientes visuales de los puntos intermedios, localizados en la visual que conecta el punto de observación con el punto destino objeto de cálculo” (Gonzalo, 1996).

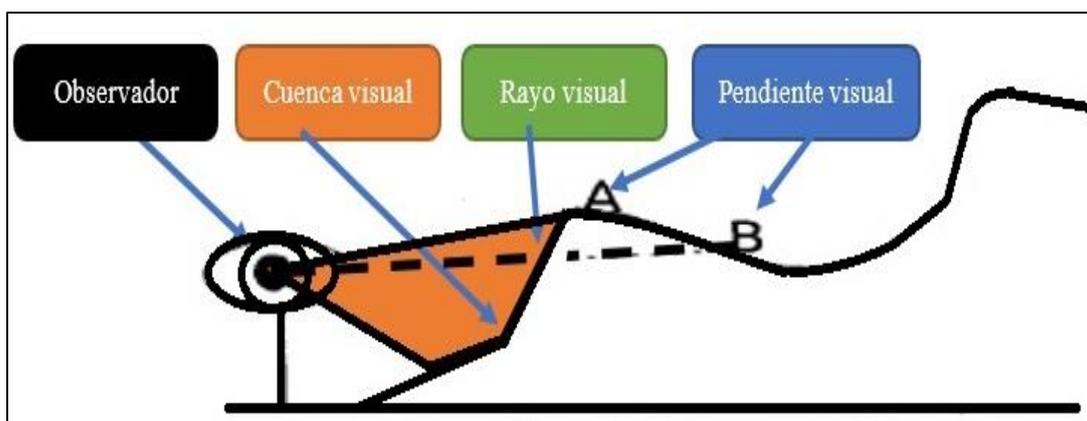


Figura 6. Representación gráfica de los conceptos de análisis visual

Fuente: Gonzalo (1996)

Si la pendiente visual del punto A posee la altura más alta de todas las demás pendientes, entonces se puede decir, que ese punto es visto y que posee una intervisibilidad (IV) entre el observador y el punto, por el contrario, el punto B no puede ser visible para el observador (Figura 6) (Gonzalo, 1996).

4. Visibilidad intrínseca (VI), se define como un atributo del territorio que atañe a los campos de visibilidad de los que dispone una zona, es decir, que extensión de terreno se puede ver y dónde están cada una de las cuencas visuales para poder observarlo. Depende de factores variados entre los que se encuentran, la propia capacidad visual del espectador, la distancia entre el punto observable y el observador, la curvatura de la tierra que limita la visibilidad en superficies planas de observar algo a una distancia determinada, etc., sin embargo, para las zonas montañosas, el condicionante principal es el topográfico, que es el que determina los campos visuales y sus límites (Figura 7) (Franch y Cancer, 2016).

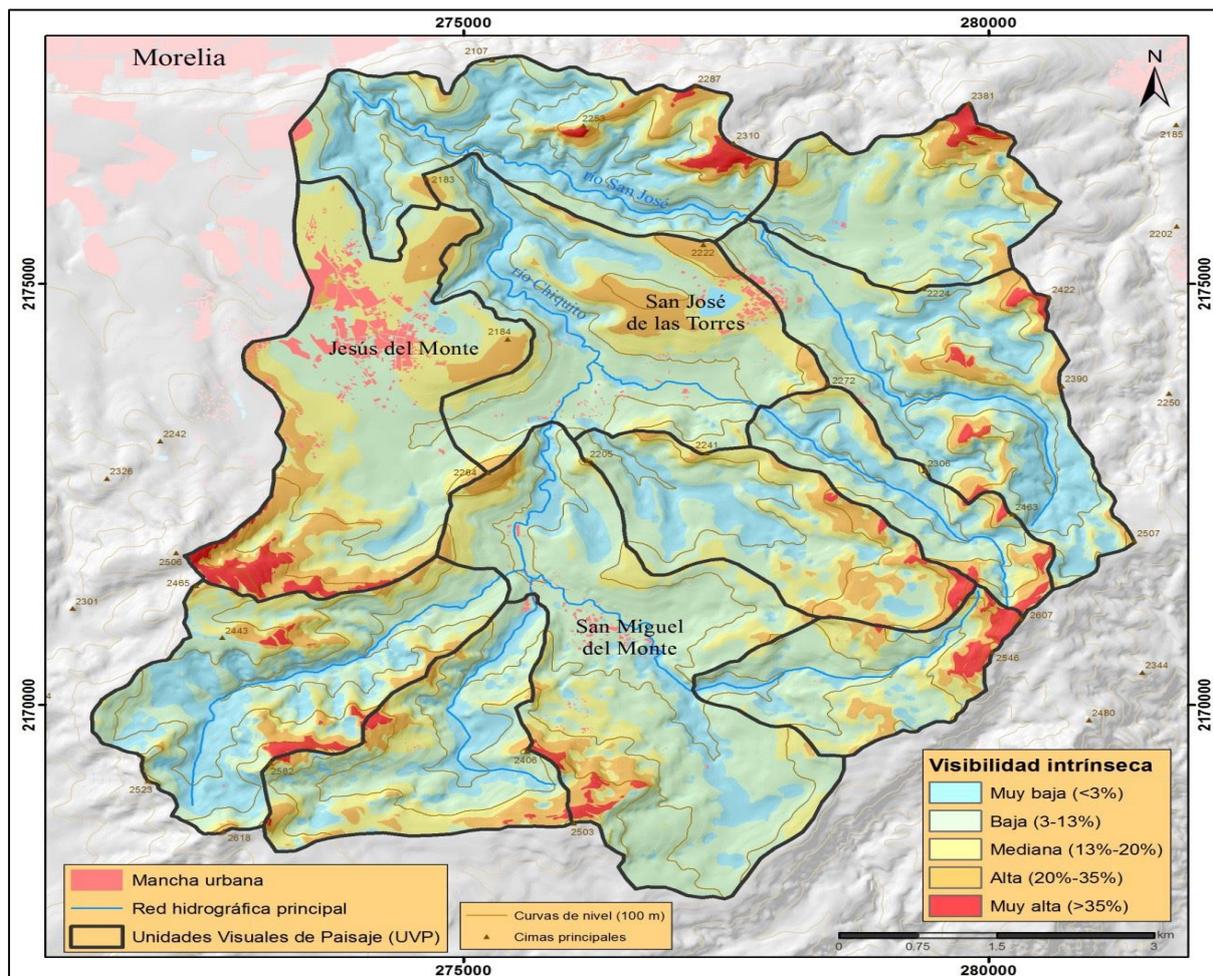


Figura 7. Ejemplo de mapa de VI
Fuente: Franch y Cancer (2016)

2.5 Ejemplos de proyectos de investigación basados en calidad visual del paisaje

A nivel internacional existen diversas metodologías para realizar análisis de calidad visual en el paisaje, una de ellas es el Sistema de Visibilidad de Andalucía (SVA).

El SVA permite crear un modelo de la percepción visual sobre el territorio, desarrollando un método que facilita las decisiones sobre determinadas actuaciones en el mismo, a través de un análisis científico y objetivo (Cáceres *et al.*, 2014).

Otra de las formas de utilizar la cuenca visual surge en Chile, donde es llamada interpretación de vistas fotográficas y se utiliza como método de análisis del paisaje cultural y funciona mediante la comparación de una secuencia de fotografías que se puedan analizar de forma cronológica para conocer cuál ha sido el cambio que ha tenido un paisaje en un determinado tiempo, ya sea para conocer los cambios en la urbanización de dicho punto geográfico o para determinar el deterioro ambiental que ha sufrido un territorio, esto mediante los distintos elementos que conforman el paisaje de la imagen fotográfica que permanecen o que fueron alterados y así poder determinar conclusiones del estudio que permitan detener dichas alteraciones o, en su caso, desarrollar estrategias para que las alteraciones del paisaje no afecten de manera abrupta la sustentabilidad ambiental del territorio (López *et al.*, 2016).

Adicionalmente, en Girona, Italia, se hizo un análisis visual para proporcionar información importante en el impacto visual que pudieran generar la implantación de aerogeneradores en la sierra de L'Auleda en la Jonquera, población fronteriza del norte de la provincia de Girona. El análisis consistió en la elaboración de un modelo tridimensional del área de estudio que contenía cuencas visuales simulando la presencia de los aerogeneradores en la sierra, permitiendo el conocimiento del número de generadores que se podían divisar en las poblaciones aledañas en un radio de 15 kilómetros (Franquesa y Orduña, 2004).

En Turquía, se pudo determinar cuáles eran los factores que propiciaban el deterioro medioambiental que estaba afectando la zona de estudio con la finalidad de desarrollar estrategias que permitieran un sano desarrollo territorial mediante la herramienta del análisis de calidad visual en el paisaje (Cengiz, 2014).

En Alemania, se utilizó el análisis visual para hacer una clasificación de zonas en función de la percepción que tuvieron los habitantes sobre el paisaje de la región. Lo anterior, permitió determinar que las áreas que estaban cerca de montañas lagos o costas, generaran un interés significativo en los habitantes; muy por el contrario de las áreas que se encontraban cerca de territorios destinados a la agricultura o de zonas conurbadas. Mediante este análisis se obtuvo la información necesaria para optar por desarrollar actividades recreativas dentro de las zonas de alto impacto perceptivo, con la finalidad de hacer recaudaciones económicas a través del paisaje (Hermes *et al.*, 2018).

En la Habana, Cuba, se realizó un estudio de índole social que ocupó dentro de su metodología un proceso de análisis visual del paisaje mediante la reacción de la muestra poblacional a fotografías, en donde los resultados indicaron que, para los pobladores, los lugares de mayor afinidad perceptiva fueron los alejados del modelo tradicional turístico, otorgándole un valor agregado al turismo alternativo que integra la visión de actividades económicas sustentables (Barrasca, 2013).

A nivel nacional, en Guadalajara, Jalisco, se elaboró una evaluación de la calidad visual en el paisaje, con la finalidad de conocer cómo es que el crecimiento urbano afectaría el impacto visual de las áreas naturales para poder realizar estrategias que permitieran un desarrollo sustentable del crecimiento territorial, brindando información clave para construir un ordenamiento territorial que no degradara el medio ambiente (Otero *et al.*, 2009).

Por otra parte, en Morelia, Michoacán, se hizo un análisis visual con la finalidad de determinar la importancia de la preservación del medio ambiente mediante aspectos visuales establecidos por estudios topográficos que facilitan un ordenamiento territorial. Gracias a los resultados que el estudio proporcionó en el mapa de VI y en el estudio de fragilidad paisajística, se pudieron determinar cuáles eran las áreas de mayor importancia visual en el paisaje proporcionando información útil al Estado para la toma de decisiones en cuestiones de preservación ambiental (Franch y Cancer, 2016).

Este proyecto de investigación se basa en las investigaciones que utilizan los SIG como base para identificar las zonas de mayor exposición visual que existen dentro

de un área de estudio como el de Franch y Cancan (2016), el de Otero *et al.* (2009) o el de Franquesa y Orduña (2004).

2.6 El turismo en México

El turismo es una actividad primordial en la estrategia económica de varios países. México es uno de los países con mayor número de llegada de vuelos internacionales, por lo que varias entidades de gobierno ubican al turismo como uno de los principales ejes en la agenda política (SECTUR, 2018).

Las actividades turísticas en México funcionan como una alternativa exitosa para el desarrollo económico que lo posiciona como el sexto país más concurrido por los turistas a nivel mundial (SECTUR, 2018) y son la tercera fuente de ingresos para la economía nacional, por lo que es de suma importancia analizar los diferentes procedimientos y desarrollos que se llevan a cabo en el sistema turístico, especialmente, en el patrimonio turístico natural y cultural de los pueblos (CONACULTA, 2006).

Lo anterior implica que el ámbito turístico ha logrado alcanzar el objetivo con el que se planificó desde un inicio. Desde la segunda década del siglo XX se empezaron a recibir importantes flujos de turistas internacionales que provenían principalmente de Estados Unidos y Canadá. La diversidad de modalidades turísticas ofrecidas por México intenta brindar una respuesta a las cambiantes preferencias de los turistas. Ante una demanda, es necesario buscar alternativas promocionales que le permitan al destino turístico mantener su posicionamiento en el mercado de manera independiente a la estrategia seleccionada para sobrevivir a los continuos cambios en el perfil de la demanda (Benseny, 2006).

En los años sesenta, el Estado Mexicano elaboró el primer Plan Nacional de Desarrollo Turístico (PNDT) buscando captar divisas a través del turismo como una alternativa para generar ingresos para el desarrollo del país (García, 1992).

Este PNDT se originó como una estrategia económica enfocada a los sectores productivos tradicionales, sin embargo, resultó en polos de subdesarrollo donde solo un porcentaje reducido de la población se enriquecía (García, 1992). Fue por esta razón, que el turismo se consideró como un factor que permitiría captar divisas, generar empleos y redistribuir el ingreso, logrando así, la creación de centros

turísticos íntegramente planificados, para lo cual se creó el Fondo Nacional de Fomento al Turismo (FONATUR) (García, 1992). En los años noventa, con el fin de alcanzar el desarrollo sustentable, se propició un aprovechamiento de los espacios, por lo que se crearon organismos públicos encargados de la gestión, coordinación e impulso de la actividad turística como la Secretaría de Turismo (SECTUR), bajo criterios de sostenibilidad (Vellas, 2004).

El turismo que más auge ha tenido en México es el turismo convencional, de sol y playa, motivo por el cual la mayor parte de los destinos turísticos masivos se encuentran en zonas litorales. En la actualidad, este tipo de turismo se está convirtiendo en un turismo nocivo para el medio ambiente puesto que está pensado para recibir la mayor capacidad turística posible, así es como México modifica su argumentación promocional ofreciendo a nivel internacional nuevos productos turísticos (Benseny, 2006). dentro de lo que se conoce como turismo de naturaleza. Este incluye todo tipo de turismo que dependen del uso de recursos naturales en naciones relativamente desarrolladas y que incluye paisajes, atractivos acuáticos, vegetación y vida salvaje (Ceballos, 1996).

A continuación, se presentan algunos tipos de turismo de naturaleza que se ofertan en el país:

a) **Turismo rural:** Son los viajes que tienen como finalidad la realización de actividades relacionadas con la interacción y la convivencia en comunidades rurales con el objetivo de conocer sus formas de vida: tradiciones, costumbres, gastronomía, entre otras (SECTUR, 2005).

b) **Turismo de aventura:** SECTUR (2005), comprende el término como los viajes que tienen como fin realizar actividades recreativas–deportivas, asociadas a desafíos impuestos por la naturaleza, con una actitud y compromiso de conocer, respetar, disfrutar y participar en la conservación de los recursos naturales y culturales.

c) **Ecoturismo.** Esta modalidad de turismo requiere de un escenario natural. Sus características permiten motivar el desplazamiento de viajeros especializados y comprometidos con la naturaleza y la cultura de la población local (Benseny, 2006); algunos ejemplos del ecoturismo en el estado de Veracruz son: el Centro Ecoturístico “Yeskuy Taks”, ubicado en Hueyapan de Ocampo; el Centro Ecoturístico “Jomxuc”, ubicado en Soteapa; el Centro de Conservación de la tortuga marina “Los arrecifes”,

ubicado en Mecayapan; la Reserva Ecológica “La Otra Opción”, ubicada en Catemaco, Ver.; “La Mancha”, ubicado en Actopan.

Las tres propuestas turísticas resultado de este proyecto de investigación buscan fortalecer los productos ofertados en alguna modalidad de turismo de naturaleza con la finalidad de promover el desarrollo económico, social y cultural de las comunidades rurales mediante el aprovechamiento sustentable de sus paisajes.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Evaluar la exposición visual del paisaje del volcán Citlaltépetl, con respecto a las vías de comunicación, clasificadas en federales, locales, terracerías y senderos, como base para la planificación turística del territorio, basado en el paisaje percibido.

3.2 Objetivos Específicos

1. Desarrollar un análisis de visibilidad intrínseca (VI) del territorio alrededor del Citlaltépetl.
2. Desarrollar un análisis de Línea De Visión (LDV) que permita identificar los puntos georreferenciados de mayor exposición visual con relación al volcán para su utilización en el desarrollo de propuestas turísticas.
3. Desarrollar propuestas turísticas con base en los resultados de los análisis de calidad visual en el paisaje realizados.

4. DESARROLLO DE UN ANÁLISIS DE VISIBILIDAD INTRÍNSECA (VI) DEL TERRITORIO ALREDEDOR DEL PICO DE ORIZABA

4.1 Introducción

Partiendo de la idea de que el paisaje es una representación del acervo cultural colectivo (Besse, 2006), el Citlaltépetl, por ser una de las montañas más altas del continente y dada la necesidad por satisfacer los requerimientos hídricos de todos los establecimientos humanos (y ecosistemas naturales) que se encuentran colindantes a la cuenca hídrica Jamapa-Cotaxtla (Molina, 2014), es utilizado para este proyecto de investigación, lo cual, aunado a las escenas visuales que se producen de los atributos naturales del volcán, generan ese fenómeno de desplazamiento con el que se define al turismo (OMT, 2007).

Para poder desarrollar un turismo sustentable, en primera instancia debe establecerse un sistema de organización que permita la correcta armonía entre el paisaje y el turismo, según Jovanovic y Njegus (2008), la utilización de los SIG puede proveer al turismo de dichas facilidades estratégicas a través de distintos procesos.

Una de las diversas formas en las que se puede utilizar el SIG, es el desarrollo de los análisis de calidad visual en el paisaje. Las evaluaciones de calidad en el paisaje se pueden llevar a cabo para determinar cuáles y cuántas son las áreas que se pueden apreciar por medio del sentido de la vista desde cada punto o conjunto de puntos, de manera simultánea o en secuencia, permitiendo una evaluación de cómo es que cada área contribuye a la percepción del paisaje, logrando una obtención de parámetros que permitan definir un territorio en términos visuales (Otero *et al.*, 2009). Este tipo de aplicaciones se crearon y fueron madurando durante el siglo XX (Terry y Daniel, 2001).

La calidad visual en el paisaje ha jugado un rol importante en el manejo del medio ambiente (Pompa, 2010), ya que ha figurado en hallazgos importantes en el ramo de la arqueología (O'Driscoll, 2017; Kay y Sly, 2001) y ha establecido pautas para monitorear redes de telecomunicación mediante análisis de cuencas visuales que determinan el alcance de las redes inalámbricas de internet (Alhamdu y Sanusi, 2011) e incluso, ha figurado como indicador para posibilitar estrategias en temas de monitoreo y resguardo de fauna (Camp *et al.*, 1997; Etherington y Alexander, 2008), por mencionar algunas utilidades en el campo de la investigación.

Por lo tanto, este capítulo se construyó de la realización de un estudio de paisaje determinado por la exposición visual que existe en un radio de 15 kilómetros tomando como centro el cráter del volcán Citlaltépetl basado en el método propuesto por Higashiyama y Shimono (1994), que demuestra que esa es la distancia adecuada entre un elemento perceptible y un receptor.

Dicho análisis sirvió para identificar las zonas de alta visibilidad que existen en el territorio y, con dicha información, asegurar que las propuestas de proyectos turísticos que tengan relación con escenas paisajísticas (turismo de aventura, turismo de fotografía, senderos interpretativos, rutas de ciclismo, etc.), se podrán construir con datos fehacientes que se otorgan a través de un estudio cuantitativo.

El grado de exposición visual en el paisaje, en este caso, se analizó mediante un análisis de VI.

Weathley (1995), sugiere que los análisis de cumulative visibility o, en su traducción al español, visibilidad intrínseca, pueden ser utilizados para hacer inferencias acerca de las relaciones visuales que existen en diferentes sitios que coexisten en el mismo paisaje, por lo tanto, este reconocimiento del territorio a nivel visual fungió como un primer paso que permitiera la correcta gestión del paisaje para el desarrollo turístico.

4.2 Materiales y métodos

Descripción de la zona de estudio

El área de estudio se estableció en un radio de 15 kilómetros, considerando como centro el cráter del volcán Citlaltépetl. Este volcán, conocido también como Pico de Orizaba, es un cono volcánico cinerítico o de escoria (este tipo de conos se forma con los fragmentos de lava en estado sólido que expulsa el volcán por el cráter; se caracteriza por su baja explosividad y su edad se clasifica dentro de la época cuaternaria) (Rodríguez y Fernández, 2015). Se ubica en el mapa en las coordenadas UTM: 676000E, 2120000N y 700000E, 2090000N en la división entre los estados de Veracruz y Puebla (Figura 8).

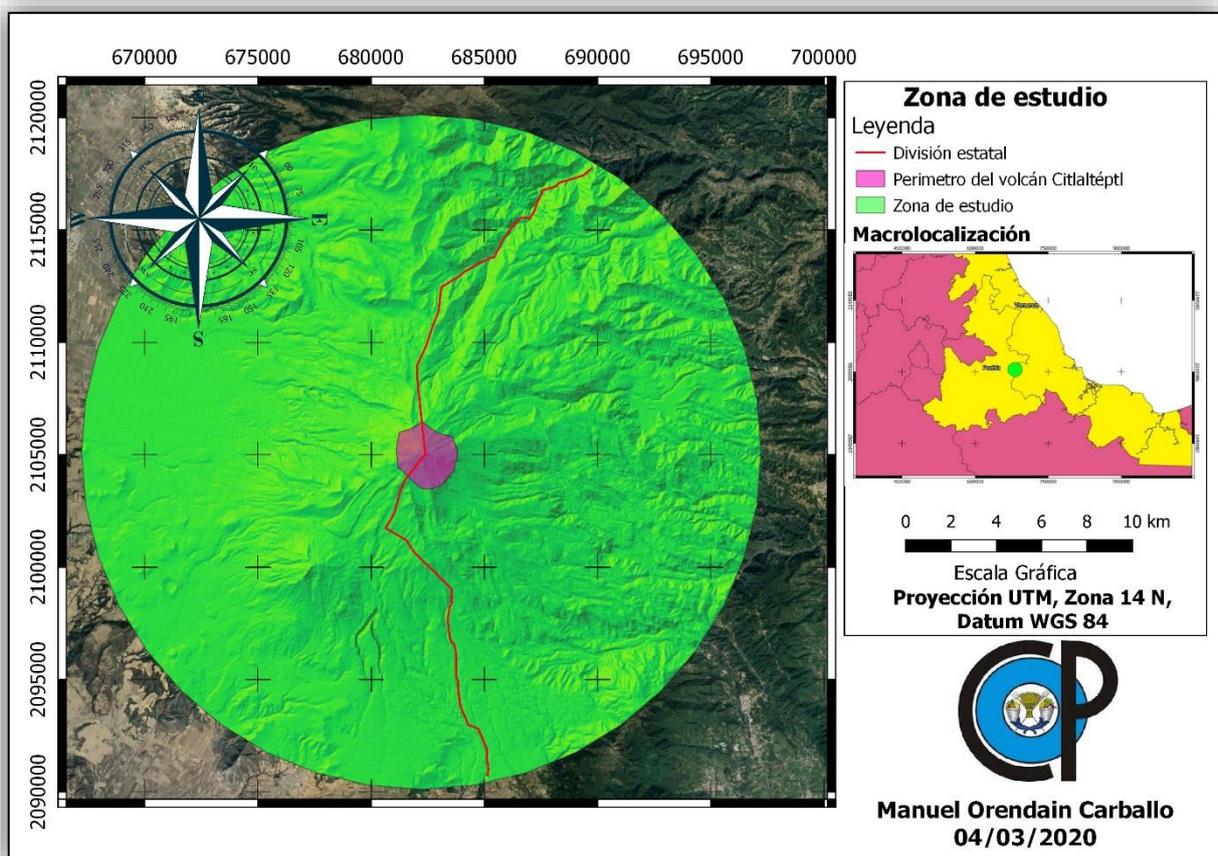


Figura 8. Ubicación de la zona de estudio que considera su eje central al volcán Pico de Orizaba

Fuente: Elaboración propia

Este proyecto de investigación está basado en la aplicación de métodos indirectos MLURI (2014). Para comenzar con el análisis de VI se utilizó un ordenador modelo HP G4-1283la con un procesador Intel Core i3 M370 a 2.4 GHz con 4 GB de memoria RAM.

Se utilizaron dos Continuos de Elevación Mexicano (es un producto que representa las elevaciones del territorio continental mexicano) de los estados de Veracruz y Puebla, dichos modelos son de alta resolución (15 metros) descargados de la página oficial del Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI), que concuerdan con la resolución estipulada por Dai *et al.* (2019), como aceptables en análisis de visibilidad.

Los modelos mencionados se combinaron mediante la herramienta combinar en el menú de modificaciones de modelos ráster del software QGIS (2008), generando un modelo ráster único con medidas de pixel de 15X15 reprojectando al datum WGS84/UTM zona 14N, el que a su vez, fue recortado en círculo con un radio de 15 kilómetros a la redonda del Citlaltépetl (la leyenda MDE corresponde a la información de altura en metros por pixel) (Figura 9).

De igual manera, se utilizaron cuatro cartas topográficas de INEGI con las claves: E14B45, E14B46, E14B55 y E14B56 de escala 1: 50,000, de las cuales se utilizaron las capas vectoriales: “Carreteras”, “Caminos” y “Localidades”. Cada una se combinó mediante el mismo procedimiento que los Continuos de Elevaciones Mexicanas.

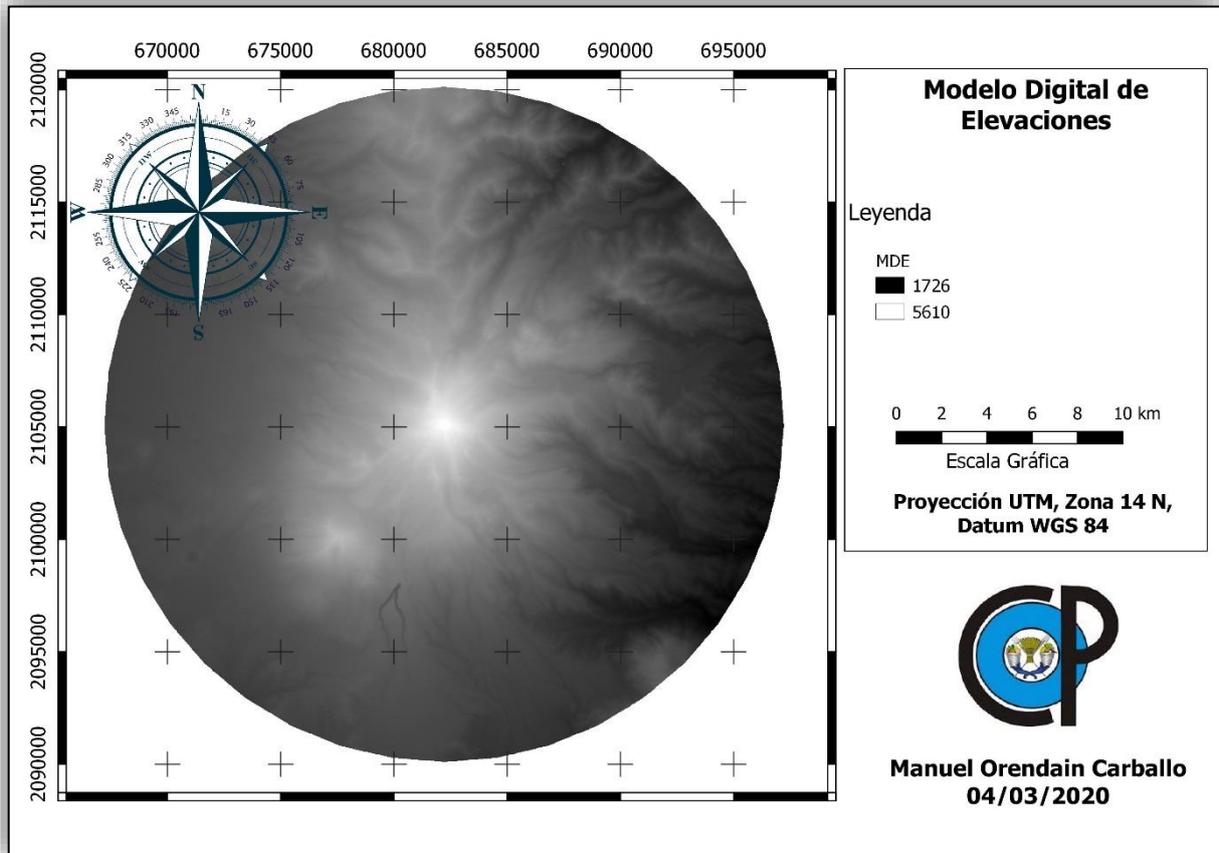


Figura 9. Unificación de Modelo Digital de Elevaciones (La leyenda MDE contiene los datos de altimetría en metros sobre el nivel del mar por pixel)

Fuente: Elaboración propia

Para entender de mejor manera el Modelo Digital de Elevaciones (MDE), se elaboró un archivo “*Hillshade*” (Mapa de Sombras); cuya función es la de resaltar la orografía por medio de las sombras que se generan en las laderas mediante los valores altitudinales que existen para cada pixel en el ráster del MDE, el ángulo y el azimuth al que se establece el Astro Rey. Este modelo permitió mejorar la calidad visual en el mapa, asignando valores de iluminación para cada pixel, dependiendo de su posición espacial generando, gracias a los contrastes de las laderas, una sensación de profundidad que simuló un modelo en tercera dimensión (Figura 10).

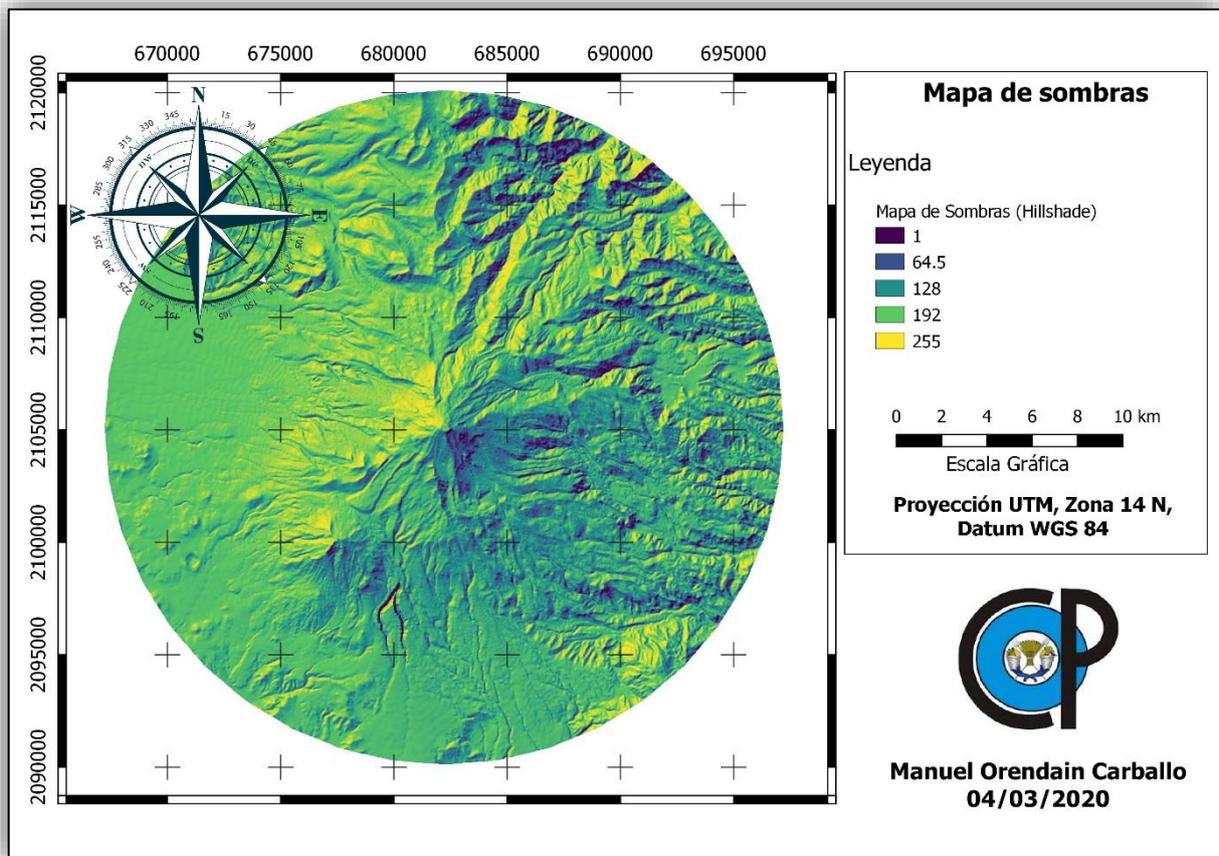


Figura 10. Mapa de sombras (La leyenda mapa de sombras, contiene los valores de claridad para cada pixel)

Fuente: Elaboración propia

Posterior a la creación del Mapa de Sombras, se generó una retícula de puntos con distancia a cada 500 m, lo cual generó un total de 2,819 puntos distribuidos sobre el área de estudio. Con esos puntos y la información de altimetría en la que cada uno coincide con los pixeles del ráster del MDE, se procedió a identificar qué puntos eran visibles o no entre sí, mediante una lógica binaria, en donde “0” correspondió a no visible y “1” a visible para cada uno de los puntos existentes generando un modelo ráster por cada uno de los 2,819 puntos de la retícula. Para este proceso se utilizó una altura del observador estándar de 1.60 m y el radio de visibilidad de 15 kilómetros ya señalado con anterioridad (Figura 11) (Franch y Cancer, 2016).

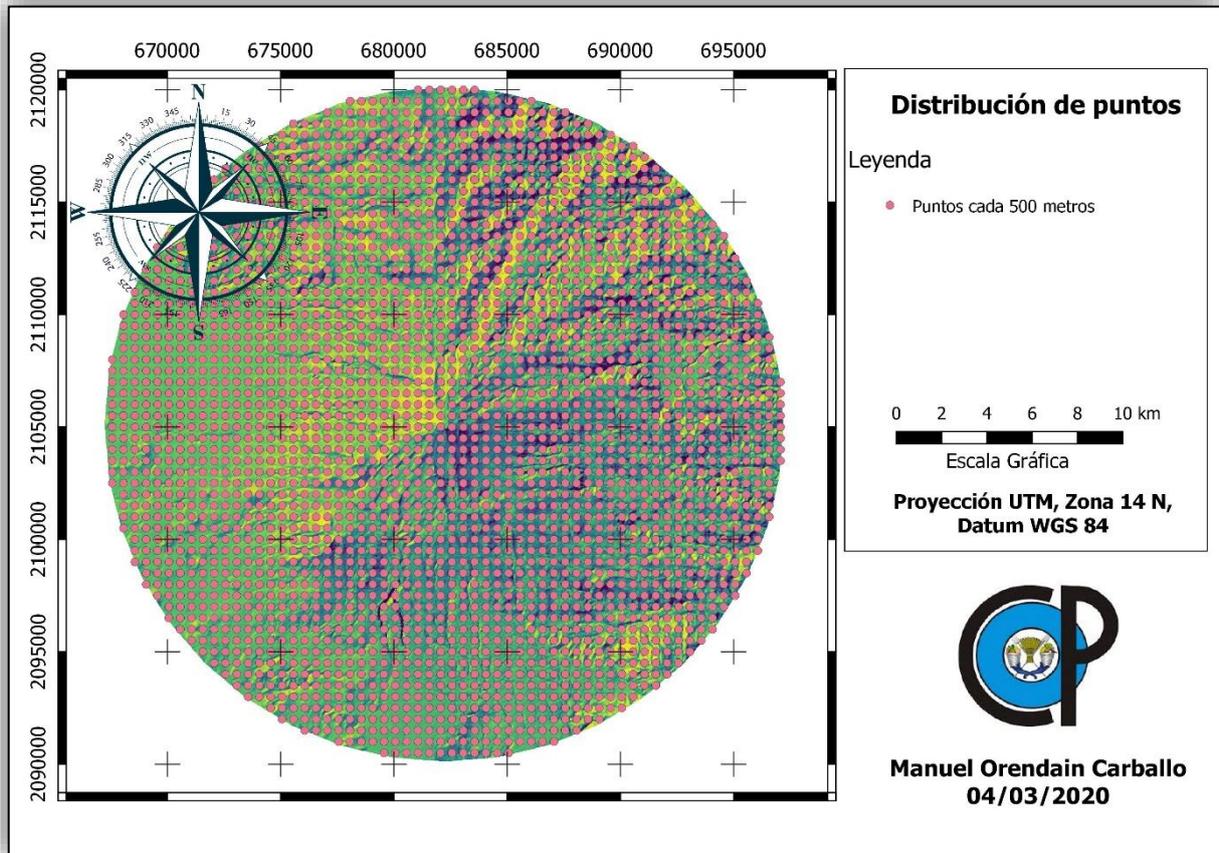


Figura 11. Distribución de puntos en el área de estudio con base en la retícula a cada 500 metros

Fuente: Elaboración propia

Para la realización del mapa de VI se generaron varios modelos con diferentes resoluciones y con diferentes distancias entre los puntos que fungían como referencias de visibilidad.

A través de un proceso de álgebra de mapas, se realizó una sumatoria de las 2,819 capas ráster, dando como resultado la creación de una capa ráster resultante de esa suma. Los píxeles resultantes, con los valores más altos, representaron los lugares con mayor VI y, por el contrario, los píxeles de esa capa que obtuvieron como resultado los valores más bajos, fueron los de menor VI (Figura 12) (Otero *et al.*, 2009).

4.3 Resultados y discusión

A continuación, se presenta el mapa de VI realizado con la resolución óptima del MDE propuesta por Dai *et al.* (2019) quien afirma mediante sus investigaciones que debe ser de 15x15 metros por pixel (Figura 12).

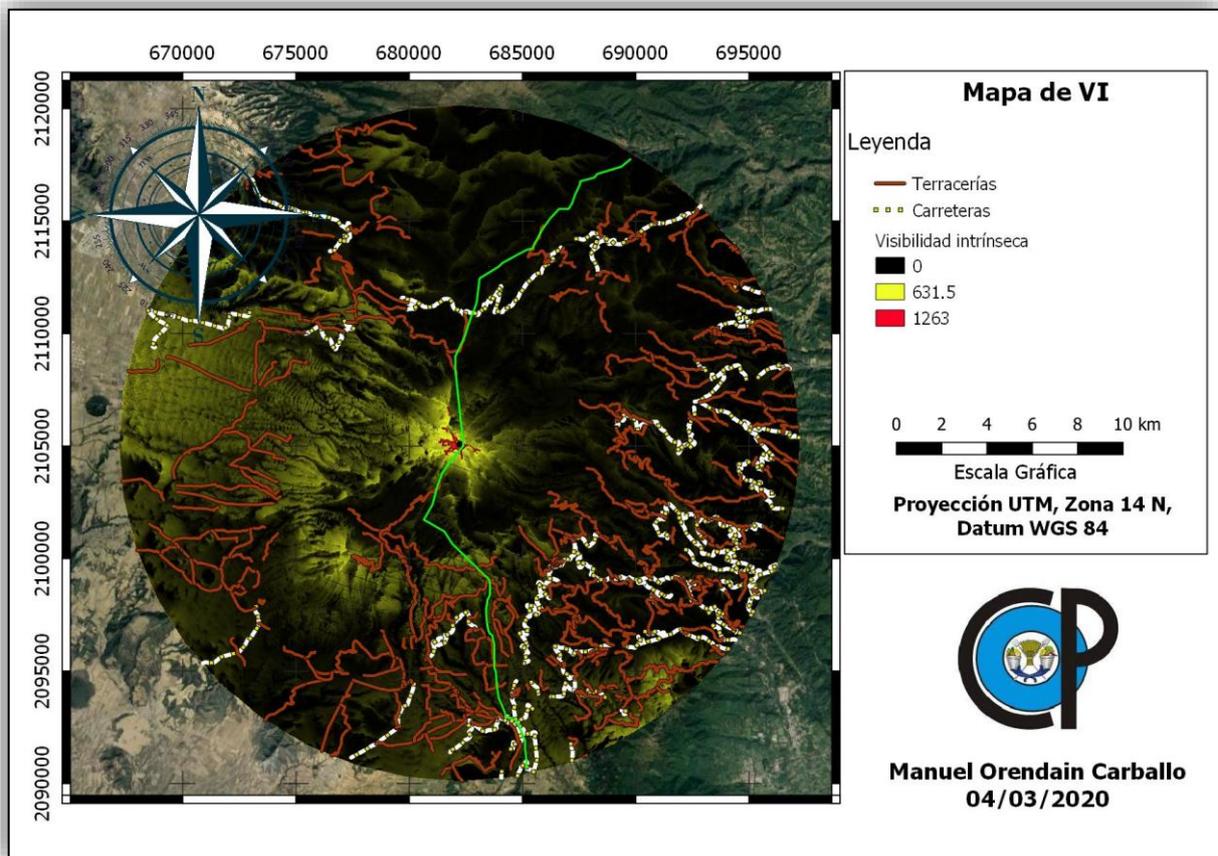


Figura 12. Mapa de VI en donde el estado de Veracruz se aprecia del lado derecho y el estado de Puebla se aprecia del lado izquierdo

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del análisis se presentaron en tres clasificaciones diferentes con base en los resultados que arrojó el análisis de VI: Zona de baja intervisibilidad (IV), zona de buena IV y zona de alta IV, las cuales se describen a continuación:

4.3.1 Zona de baja IV

Tomando como referencia las cuatro caras del volcán (Norte, Sur, Este y Oeste), se identificó una zona que muestra los valores más bajos de IV (muestran los pixeles con valores que van desde 0 hasta 630 repeticiones de visibilidad entre los pixeles del área de estudio) que posee el área de estudio a través de sus atributos de altimetría y, por lo tanto, se descarta la posibilidad del establecimiento de proyectos turísticos que tengan relación con escenas visuales que aluden al Citlaltépetl. La zona en cuestión tiene una superficie geográfica de 147,094 km² aproximadamente y se encuentra en la zona noreste del volcán.

En la Figura 13 se pueden identificar cuáles son los poblados y las vías de acceso que se excluyen del proyecto de investigación por los argumentos antes mencionados.

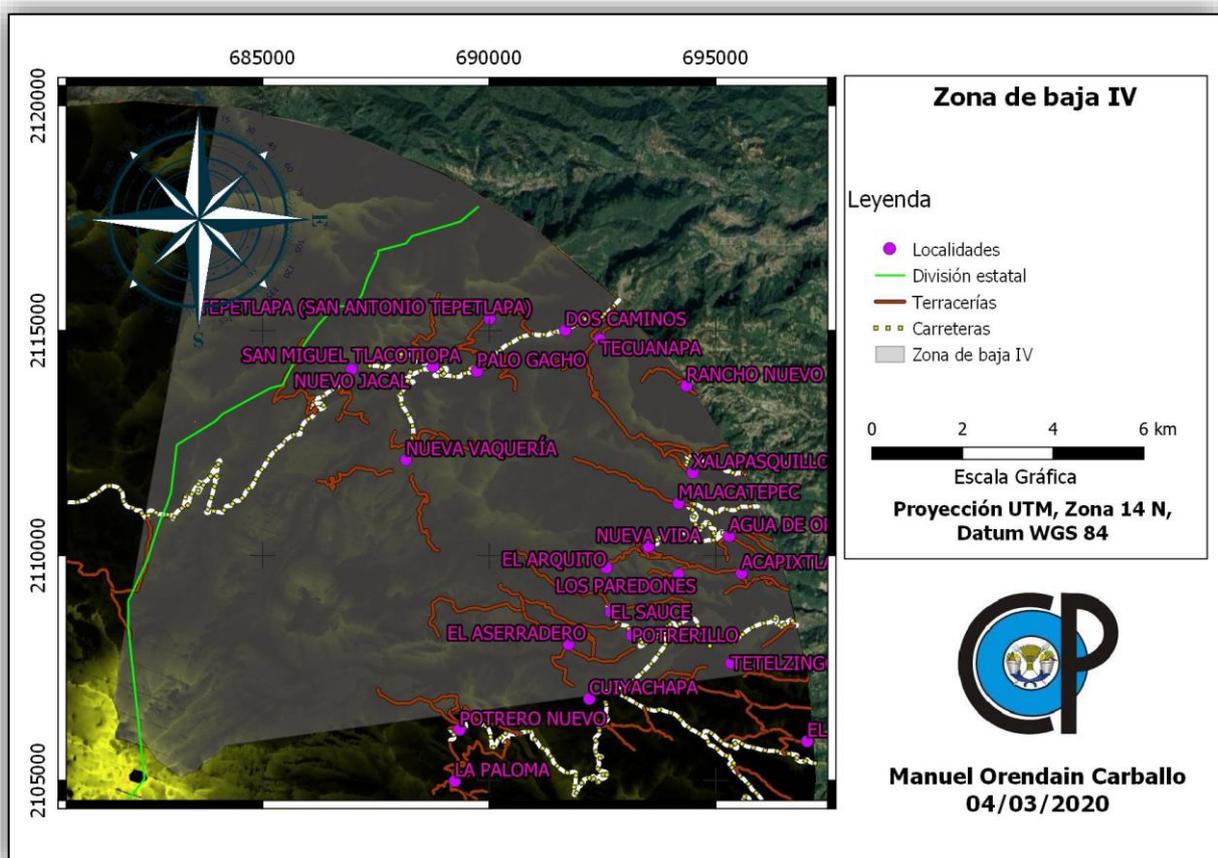


Figura 13. Zona de baja IV

Fuente: Elaboración propia

4.3.2 Zona de media IV

Los resultados del análisis de VI favorecieron el área de estudio, ya que existen siete zonas de media IV (muestran los píxeles con valores que van desde 631.5 hasta 1262 repeticiones de visibilidad entre los píxeles del área de estudio) distribuidas tanto en el estado de Veracruz, como en el estado de Puebla, sin embargo, los atributos topográficos del estado de Puebla permiten más zonas de buena IV que en el estado de Veracruz.

Otro dato de interés para este trabajo de investigación, es que casi todo el volcán, a excepción de la cara noreste, permite un alto grado de IV con las vías de acceso, lo que beneficia las oportunidades de selección de zonas para el desarrollo de puntos de establecimiento de observatorios de apreciación paisajística que fomenten el turismo en la región.

Las regiones con media IV se muestran en el Cuadro 2 y la Figura 14.

Cuadro 2. Distribución de zonas de media IV.

| Nombre | Tamaño de superficie |
|---------------------------------------|-------------------------|
| Zona Central | 13,590 km ² |
| Zona Noroeste 1 | 1,120 km ² |
| Zona Noroeste 2 | 5,537 km ² |
| Zona Oeste | 120,581 km ² |
| Zona Sur | 20,350 km ² |
| Zona Sureste | 9,668 km ² |
| Zona Suroeste | 16,658 km ² |
| Superficie total de zonas de media IV | 187,504 km ² |
| Superficie del área de estudio | 703,939 km ² |

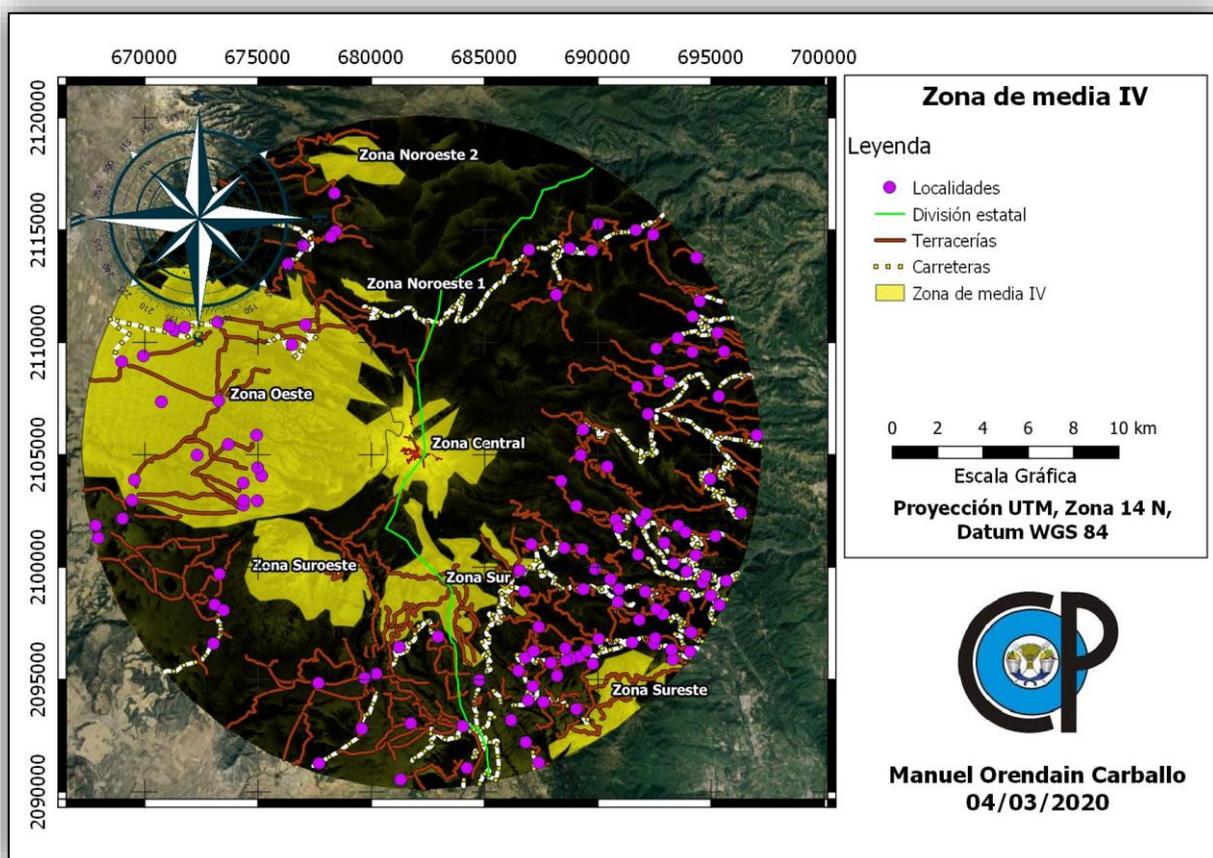


Figura 14. Zona de media IV

Fuente: Elaboración propia

4.3.3 Zona de alta IV

Los resultados del análisis de VI, revelaron que las caras Noroeste, Oeste, Sur y Sureste del perímetro del volcán, poseen los atributos físicos que más permitieron IV, lo que supone un beneficio para el establecimiento de puntos de observación sobre otros puntos que se encuentren dentro del rayo visual al perímetro del volcán.

La superficie aproximada de la zona de alta IV (muestran los pixeles con 1263 repeticiones de visibilidad entre los pixeles del área de estudio es de 292 km² (Figura 15).

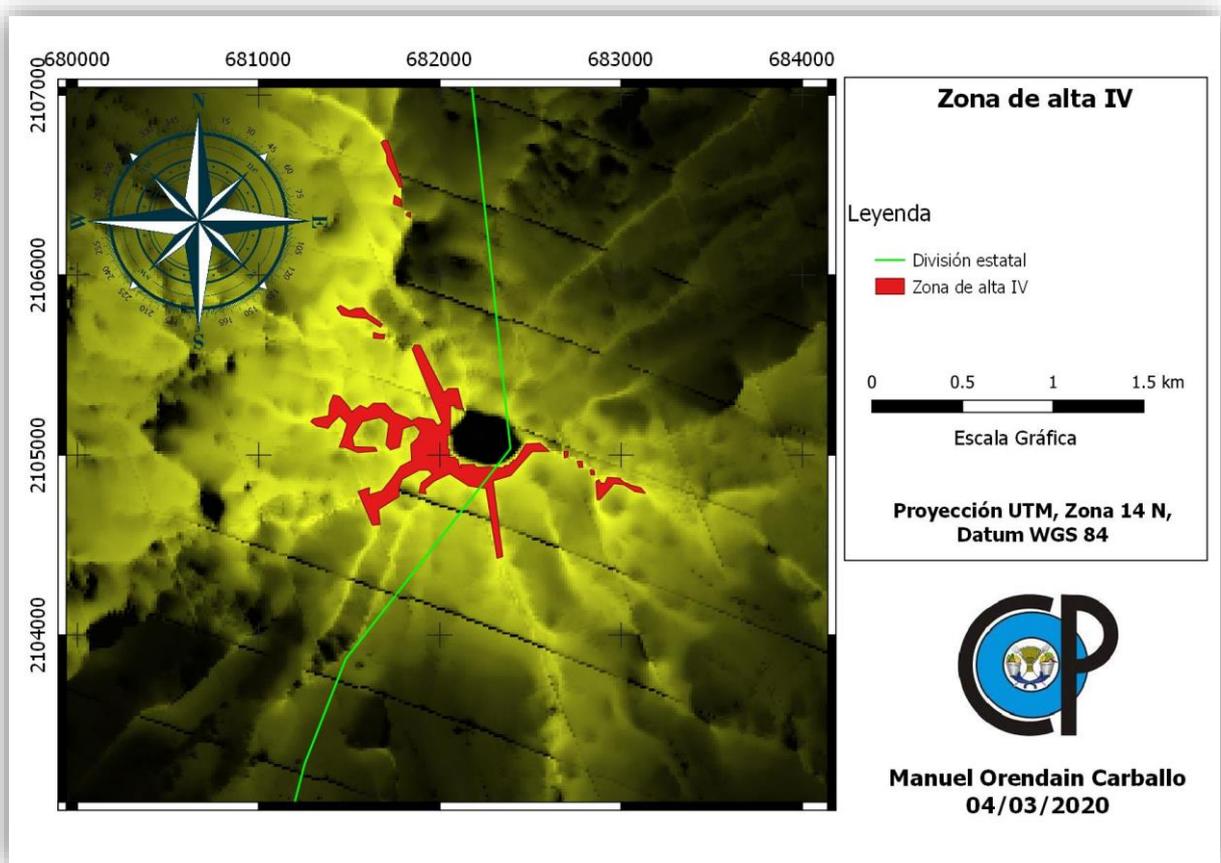


Figura 15. Zona de alta IV
Fuente: Elaboración propia

4.3.4 Zona específica de trabajo

La zona que se eligió para continuar con el proyecto de investigación es la zona sureste con relación al volcán (Figura 16).

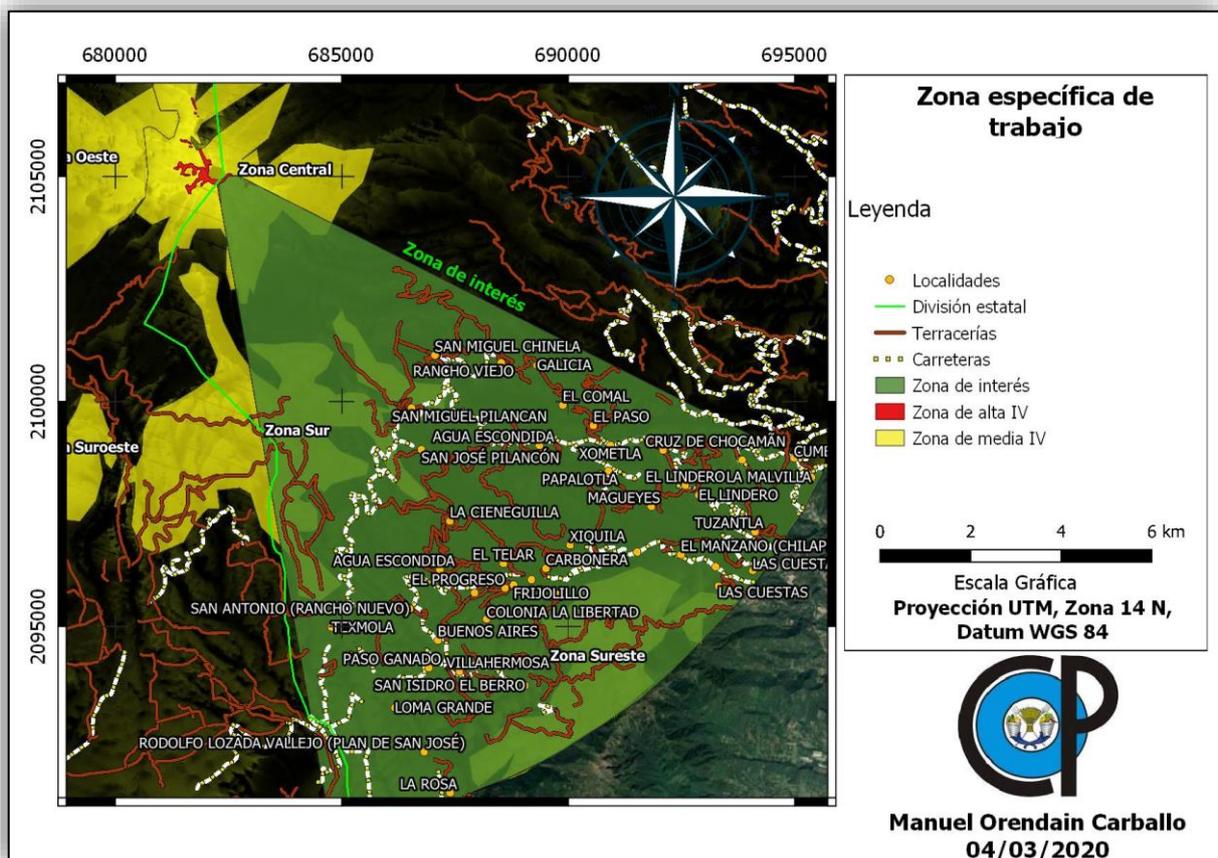


Figura 16. Zona específica de trabajo

Fuente: Elaboración propia

La zona específica de trabajo se seleccionó con la finalidad de identificar puntos visitables sobre las vías de acceso con relación a la zona de alta IV que corresponde al volcán. Para poder identificarlos debe realizarse un análisis posterior llamado Línea de Visión (LDV), que identifica las relaciones de visibilidad que existen entre dos áreas distintas (Fisher, 1993) (en este caso, dichas zonas corresponden a las vías de acceso de la zona sureste y la superficie del volcán), las relaciones antes mencionadas proporcionan resultados cuantificables sobre cada punto, lo que facilita su selección para desarrollar productos turísticos con relación a los resultados de IV. Aunque el área seleccionada, tiene menos zonas de alta IV que las zonas oeste y suroeste, se seleccionó dada la presencia de poblados y vías de acceso que las otras

zonas no mostraron. Dicha circunstancia permite generar rutas accesibles y más seguras., concordando con la metodología que propone el Ministro de Comercio Exterior y Turismo-MINCETUR (2007), para valorar atractivos y recursos turísticos.

4.3.5 Discusión

Existen diversos autores que indican que los análisis de resultado binario, como el análisis de VI, figuran como sistemas incompletos y, por ende, inexactos, para analizar la calidad visual en el paisaje por la esencia simple del algoritmo y proponen distintas metodologías experimentales como los “fuzzy viewsheds” (cuencas visuales borrosas), en donde utilizan algoritmos para valorar, además, la distancia y el volumen del elemento a observar (Fisher, 1992; Rášová, 2014).

Otras propuestas experimentales que se utilizan para mejorar los resultados de los estudios, como el de VI son: Las cuencas visuales probabilísticas (Probable viewsheds); estos análisis calculan la probabilidad de visibilidad de una celda considerando la precisión vertical de un MDE (Rášová, 2014; Fisher, 1995).

Sin embargo, los análisis de VI para fines de identificación de regiones con valores de visibilidad aceptables, son funcionales y aplicables dentro de la planificación turística, ya que no es necesaria una precisión absoluta para permitir el reconocimiento de posibles áreas de interés, por lo tanto, resulta una herramienta eficaz para delimitar el área de estudio en función de los resultados del mapa de VI, como también ha resultado eficaz para determinar estrategias en temas de monitoreo y resguardo de fauna (Camp *et al.*, 1997; Etherington y Alexander, 2008) o en la comprobación de hipótesis arqueológicas que buscan esclarecer el porqué de la construcción de edificios que fungieron como torres de vigilancia o la relación de visibilidad que tuvieron algunos monumentos entre si hace tantos años (O’Driscoll, 2017; Kay y Sly, 2001).

Por otra parte, concordando con Franc y Cancer (2016), los métodos indirectos de la clasificación que hace MLURI (2014), al ser de índole cuantitativo, permiten descartar la posibilidad de emitir apreciaciones subjetivas a través de la estimación objetivable de determinados elementos que se encuentran en el paisaje como son los valores altimétricos del territorio.

4.4 Conclusión

La utilización de un SIG en el análisis del paisaje fungió como una herramienta eficiente en el uso y el manejo del territorio para fines turísticos, ya que facilitó el correcto entendimiento del entorno, lo que podría contribuir en una toma de decisiones acertada dentro de la planificación del desarrollo de las actividades turísticas.

El uso del análisis de VI permitió una zonificación en el área de estudio a través del modelo ráster que se generó con los valores de visibilidad que existen en la región estudiada, lo que benefició la delimitación del área de estudio a través de dichos resultados. Sin embargo, todavía se requiere un estudio complementario que pueda identificar puntos individuales dentro de las zonas de visibilidad que posean un alto grado de exposición visual con relación al volcán. Lo anterior, con la finalidad de identificar puntos de alta IV que funcionen como observatorios para desarrollar actividades turísticas con relación a las escenas visuales en el paisaje.

4.5. Literatura citada

- Alhamdu E. y L. Sanusi A. 2011. Viewshed analysis of federal university of technology Yola, wireless internet network. *African Journals Online*. 17: 549–554.
- Besse J. 2006. Las 5 puertas del paisaje. In Maderuelos, J. (Comp). Paisaje y pensamiento. (ed.) A B A D A Editores, España pp: 145-170.
- Camp R, D. Sinton. y R. Knight. 1997. Viewsheds: A Complementary Management Approach to Buffer Zones. *Wildlife society*. E.U.A. 25: 612–615.
- Dai W, Y. Yang, J. Na, J. Li, D. Brus, L. Xiong, G. Tang G. y X. Huang. 2019. Effects of DEM resolution on the accuracy of gully maps in loess hilly areas. *CATENA*. 177: 114–125. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.02.010>
- Etherington R. y M. Alexander S. 2008. Using Viewsheds to Determine Area Sampled by Ground-Based Radiotelemetry. *Journal of Wildlife Management*. 72: 1043–1046. <https://doi.org/10.2193/2006-478>
- Fisher P. 1995. An Exploration of Probable Viewsheds in Landscape Planning. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*. 527–546.
- Fisher P. 1992. First experiments in viewsheds uncertainty: Simulating fuzzy viewsheds. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensitivity*. 58: 345–352.
- Franch P. y L. Cancer. 2016. El componente visual en la cartografía del paisaje. Aptitud paisajística para la protección en la cuenca del río Chiquito. Instituto de Geografía UNAM., *Investigaciones Geográficas*. 93: 19. <https://doi.org/10.14350/rig.54730>
- Higashiyama A. y K. Shimono. 1994. How accurate is size and distance perception for very far terrestrial objects? Function and causality. *Perception & Psychophysics*. 55: 429–442. <https://doi.org/10.3758/BF03205300>
- Jovanovic V. y A. Njegus A. 2008. The application of GIS and its components in tourism. *Yugoslav Journal of Operations Research*. 18: 261–272. <https://doi.org/10.2298/YJOR0802261J>

- Kay S. y T. Sly. 2001. An application of Cumulative Viewshed Analysis to a medieval archaeological study: the beacon system of the Isle of Wight, United Kingdom. *Archeologia e Calcolatori*. 12: 167–179.
- MINCETUR 2007. Manual para la formulación del inventario de recursos turísticos a nivel nacional 68.
- MLURI. 2014. Review of Existing Methods of Landscape Assessment and Evaluation [WWW Document]. Macaulay Land Use Research Institute. URL <http://macaulay.webarchive.hutton.ac.uk/ccw/task-two/evaluate.html> (accessed 3.9.19).
- Molina S., V. H. 2014. Glaciar norte del Citlaltépetl y su relevancia hidrológica para las localidades de la parte alta de la Cuenca Jamapa-Cotaxtla. Tesina de maestría en Ciencias del Ambiente. Universidad Veracruzana, México.
- O'Driscoll, J 2017. Landscape prominence: Examining the topographical position of Irish hillforts using a cumulative viewshed approach. *Journal of Archaeological Science: Reports*. 16: 73–89. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2017.09.033>
- OMT. 2007. Entender el turismo: Glosario Básico. URL <http://media.unwto.org/es/content/entender-el-turismo-glosario-basico> (Accesado 17.3.19).
- Otero I, E. Varela, S. Mancebo. y A. Ezquerro A. 2009. El análisis de visibilidad en la evaluación de impacto ambiental de nuevas construcciones. *Informes de la Construcción*. 61: 67–75. <https://doi.org/10.3989/ic.09.014>
- Pompa M. 2010. Viewshed Analysis for Improving the Effectiveness of Watchtowers, in the North of Mexico~!2010-03-06~!2010-06-14~!2010-07-26~! TOFSCIJ., *The Open Forest Science Journal México*. 3: 17–22. <https://doi.org/10.2174/1874398601003010017>
- QGIS 2008. QGIS proyect. URL <http://qgis.org/es/site/> (Accesado 17.3.19).
- Rášová A. 2014. Fuzzy viewshed, probable viewshed, and their use in the analysis of prehistoric monuments placement in Western Slovakia. *International Conference on Geographic Information Science*. 3–6.

- Rodríguez G. y J. L. Fernández T. 2015. Volcanic landforms and their morphometric modeling with Geographic Information Systems (GIS). *Enseñanza de las ciencias de la tierra.*, Fundamentos conceptuales y didácticos. 23: 40–48.
- Terry C. y T.C. Daniel. 2001. Whither scenic beauty? Visual landscape quality assessment in the 21st century. *Landscape and Urban Planning*. U.S.A. 54: 267–281. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(01\)00141-4](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(01)00141-4)
- Weathley D. 1995. Cumulative viewsheds analysis: a GIS-based method for investigating intervisibility, and its archeological application. In: Lock, G., Stancic, Z. (Eds.), *Archaeology and Geographical Information Systems: A European Perspective*. Taylor & Francis, Londres pp. 171-185.

5. DESARROLLO DE UN ANÁLISIS DE LINEA DE VISIÓN (LDV) CON RELACIÓN AL VOLCAN CITLALTÉPETL PARA SU UTILIZACIÓN EN PROPUESTAS DE DESARROLLO TURISTICO

5.1. Introducción

Uno de los inconvenientes que surgen cuando se realiza un análisis de VI, es que, al ser generado mediante una sumatoria de capas ráster, la capa resultante proporciona datos de un determinado número de veces que una celda tiene la cualidad de ser intervisible desde otras celdas. Este procedimiento permite conocer cuáles son las regiones más visibles dentro del área de estudio (Franch y Cancero, 2016), pero no permite conocer desde qué puntos específicos, son más visibles las celdas mejor calificadas, lo que dificulta la selección de puntos de observación para la generación de productos turísticos basados en escenas visuales.

De acuerdo con Fisher (1993), el algoritmo básico del análisis de línea de visión (line-of-sight [LOS]), o línea de visión (LDV) (Gonzalo, 1996), compara el ángulo vertical creado a partir de un observador hacia un objetivo específico ubicado en una locación distinta, contra el ángulo vertical que se forma en las celdas que se encuentran entre el observador y el objetivo específico, a este ángulo se le denomina como ángulo de visión. Si existe una celda intermedia que tenga un mejor ángulo de visión que el que se genera entre el observador y el objetivo, entonces, el objetivo se considerará como no visible y, por el contrario, si no existe ninguna celda que genere un mejor ángulo de visión, se le considerará como visible (Figura 17).

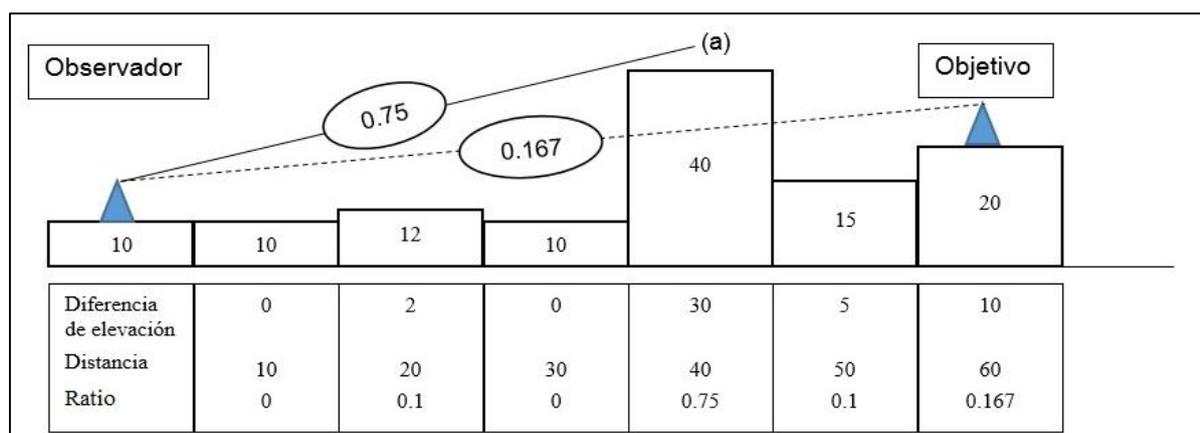


Figura 17. Aprovechamiento de LDV

Fuente: Bartie y Mackaness (2017)

En este ejemplo puede apreciarse como el ratio ([razón aritmética] es la relación cuantificada entre dos magnitudes que refleja su proporción) que existe entre el observador y el punto (a) es mejor que el ratio que existe entre el observador y el objetivo, por lo tanto, el objetivo se considera como no visible (Bartie y Mackaness, 2017).

El LDV ha sido utilizado en varios sectores académicos, entre ellos, la arqueología (Wright *et al.*, 2014) en el desarrollo de la planificación de regiones urbanas (Bartie y Mackaness, 2017; Czynska y Rubinowicz, 2017; Rod y Meer, 2009), entre otros.

Sin embargo, este procedimiento también es una forma de utilizar la información de los SIG para desarrollar estrategias que solventen las necesidades informativas (Burrough, 1994), que surgen al tratar de resolver la problemática de la búsqueda de puntos de interés turístico, tal y como mencionan Jovanovic y Njegus (2008), mediante el establecimiento de relaciones de visibilidad entre dos áreas distintas a través de un modelo vectorial generando, a su vez, una base de datos que se puede ocupar para desarrollar propuestas turísticas en torno a los puntos con mayor exposición visual identificados entre las vías de acceso y el volcán.

Por lo tanto, en este capítulo se pretendió complementar los resultados del análisis de VI con un análisis LDV, con la finalidad de identificar puntos específicos dentro de las vías de acceso donde exista una alta exposición visual del volcán Citlaltépetl, para su utilización en el desarrollo de propuestas turísticas.

5.2. Materiales y métodos

Descripción de la zona de estudio

Con base a los resultados del análisis de VI, se determinó la zona de estudio en la región sureste con relación al Citlaltépetl, en el Estado de Veracruz (Figura 18).

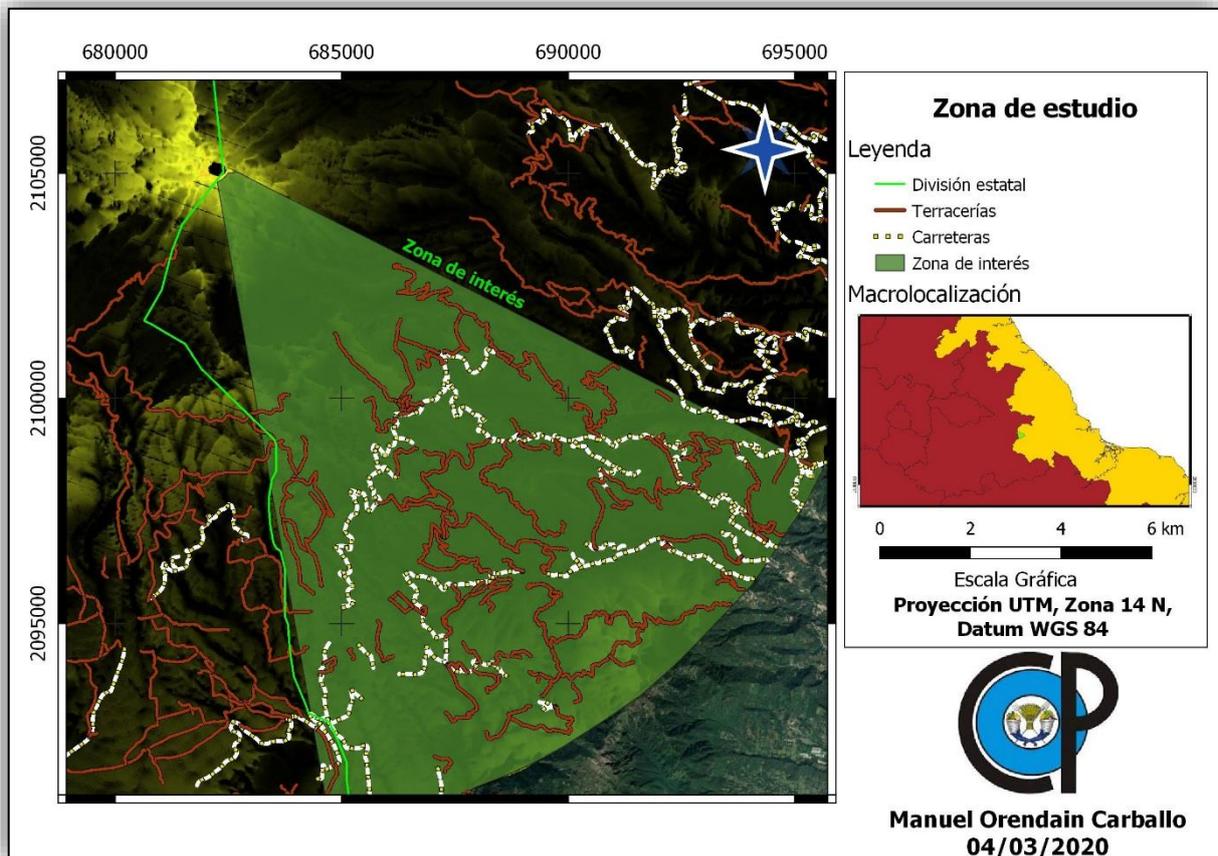


Figura 18. Zona de estudio

Fuente: Elaboración propia

Para generar el análisis LDV se utilizaron diversos equipos, tales como:

- El ordenador modelo HP G4-1283la con un procesador Intel Core i3 M370 a 2.4 GHz con 4 GB de memoria RAM.
- El software QGIS (2008).
- El ráster resultante de la unificación y el proceso de cortado de los continuos de elevaciones mexicanas de los estados de Puebla y Veracruz.
- Las capas vectoriales resultantes de la unificación y el proceso de cortado de las cuatro cartas topográficas del INEGI con denominación: E14B45, E14B46, E14B55 y E14B56 de escala 1: 50,000, de las cuales se utilizaron los mapas: "Carreteras", "Caminos" y "Localidades".
- El mapa resultante de la delimitación del territorio que se generó del análisis de VI llamado "Zona específica de trabajo".

Siguiendo con el algoritmo propuesto por Fisher (1993), (que compara el ángulo vertical creado a partir de un observador hacia un objetivo específico ubicado en una locación distinta, contra el ángulo vertical que se forma en las celdas que se encuentran entre el observador y el objetivo específico) para determinar el LDV, se utilizó la altimetría proporcionada por los continuos de elevación mexicana y gracias a que el algoritmo permite establecer relaciones de visibilidad entre dos capas de puntos, se generó una capa de puntos regulares (con una distancia de 250 m entre sí) que cubriera la superficie del volcán (dichos puntos fungieron como el objetivo del observador) y una capa de puntos que se estableció con una distancia de cada 500 metros entre punto y punto sobre las vías de acceso (esta capa de puntos simularon los sitios en los que se ubica el observador) (Figura 19).

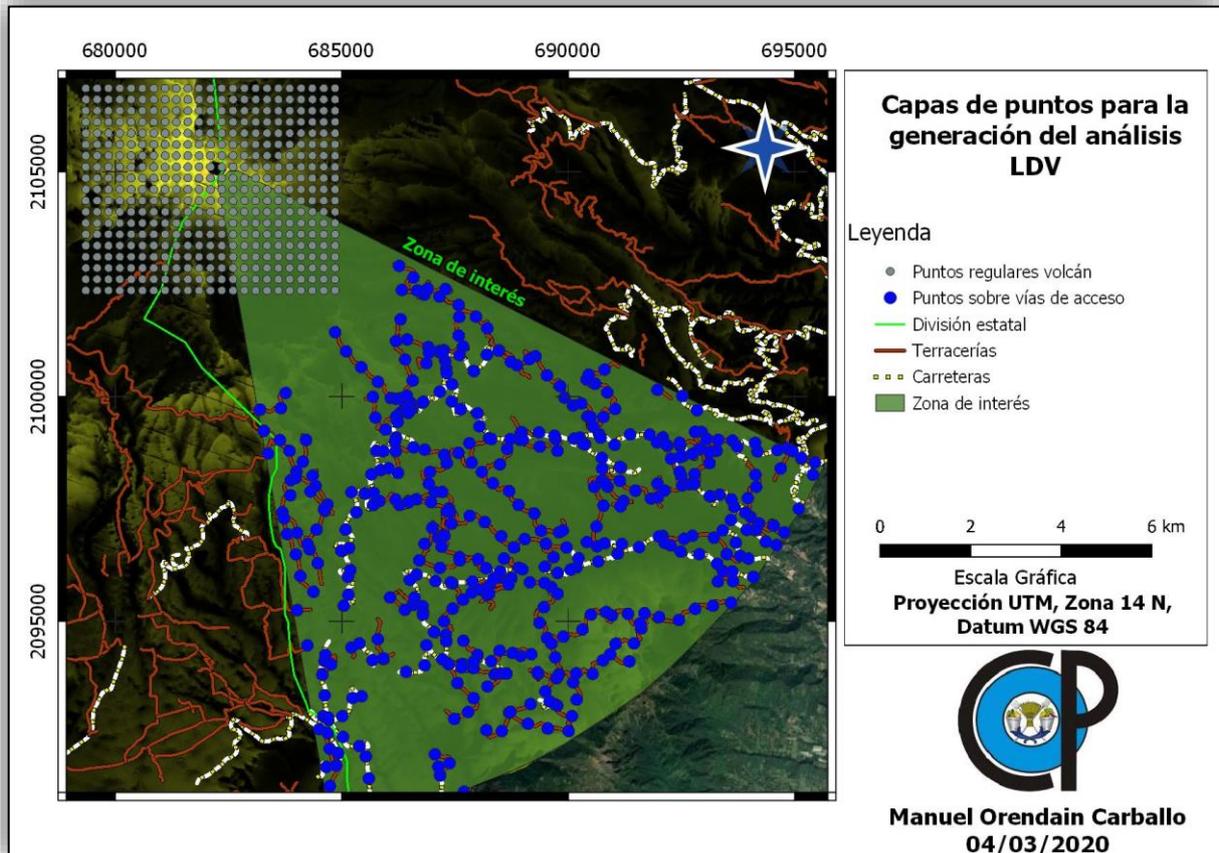


Figura 19. Capas de puntos para la generación del análisis LDV

Fuente: Elaboración propia

El procedimiento de LDV consistió en establecer relaciones visuales entre dos capas de puntos mediante rayos visuales ocupando el principio de orden booleano en donde solo se podrán obtener resultados de índole binario, en este caso, se establecen dos posibilidades, visible o no visible (Nagy, 1994), cuyo resultado creó una capa vectorial de líneas que estableció las relaciones que existen entre la capa de puntos que cubre la superficie del volcán y la capa de puntos que se generó a través de las vías de acceso en la denominada “Zona específica de trabajo”.

El algoritmo generó una línea por punto que, a su vez, genera tres tipos de datos distintos: la longitud de la línea y los dos extremos de la línea, es decir, sobre qué puntos recae cada extremo de la línea. En un extremo se obtuvo el dato del punto de las vías de acceso (observador) y del otro extremo se obtuvo el nombre del punto objetivo (punto sobre el volcán).

Para determinar cuáles fueron los puntos de mayor exposición visual, se realizó una sumatoria de las veces que se repite el dato de los puntos del volcán sobre los puntos de las vías de acceso.

Posteriormente, con los resultados obtenidos del análisis de LDV, se procedió a hacer visitas de campo a cada uno de los puntos para calibrar los resultados que se obtuvieron del SIG y con este procedimiento se determinó si los puntos realmente son accesibles y que obtuviesen una exposición visual aceptable sobre el volcán para su utilización en el desarrollo de actividades turísticas.

5.3. Resultados y discusión

Los resultados que arrojó el LDV muestra que existen 329 puntos de las vías de acceso que tienen IV con el Citlaltépetl.

Los puntos de las vías de acceso se clasificaron en cuatro cuartiles distintos con base a la frecuencia de número de veces que obtuvieron la cualidad de IV en la malla de puntos que se estableció sobre el volcán para poder determinar el grado de exposición visual de cada uno de los puntos (Figura 20).

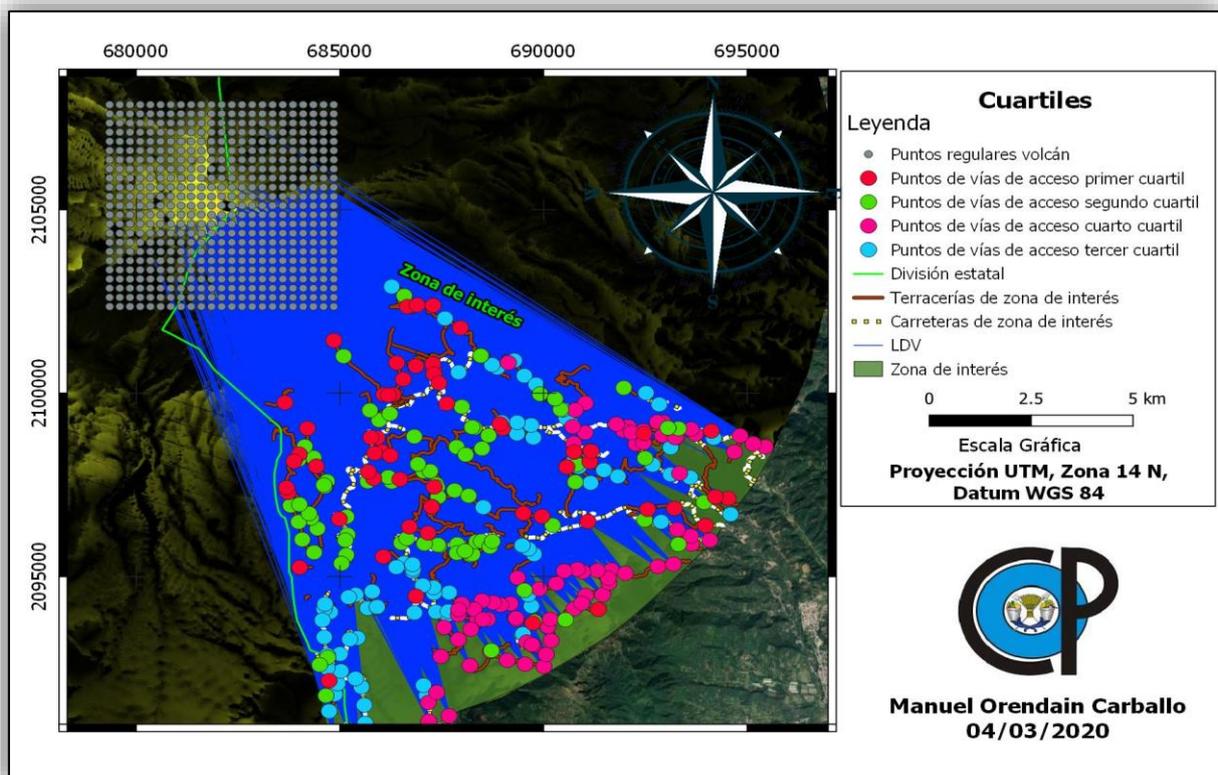


Figura 20. Cuartiles
Fuente: Elaboración propia

5.3.1 Primer cuartil

El primer cuartil es el cuartil que más bajos resultados arrojó en el análisis LDV, por lo tanto, es el primer cuartil que se descartó para su uso en proyectos turísticos basados en escenas visuales, consta de 82 puntos y se distribuyen como se muestra en el la Figura 21 y Cuadro 3.

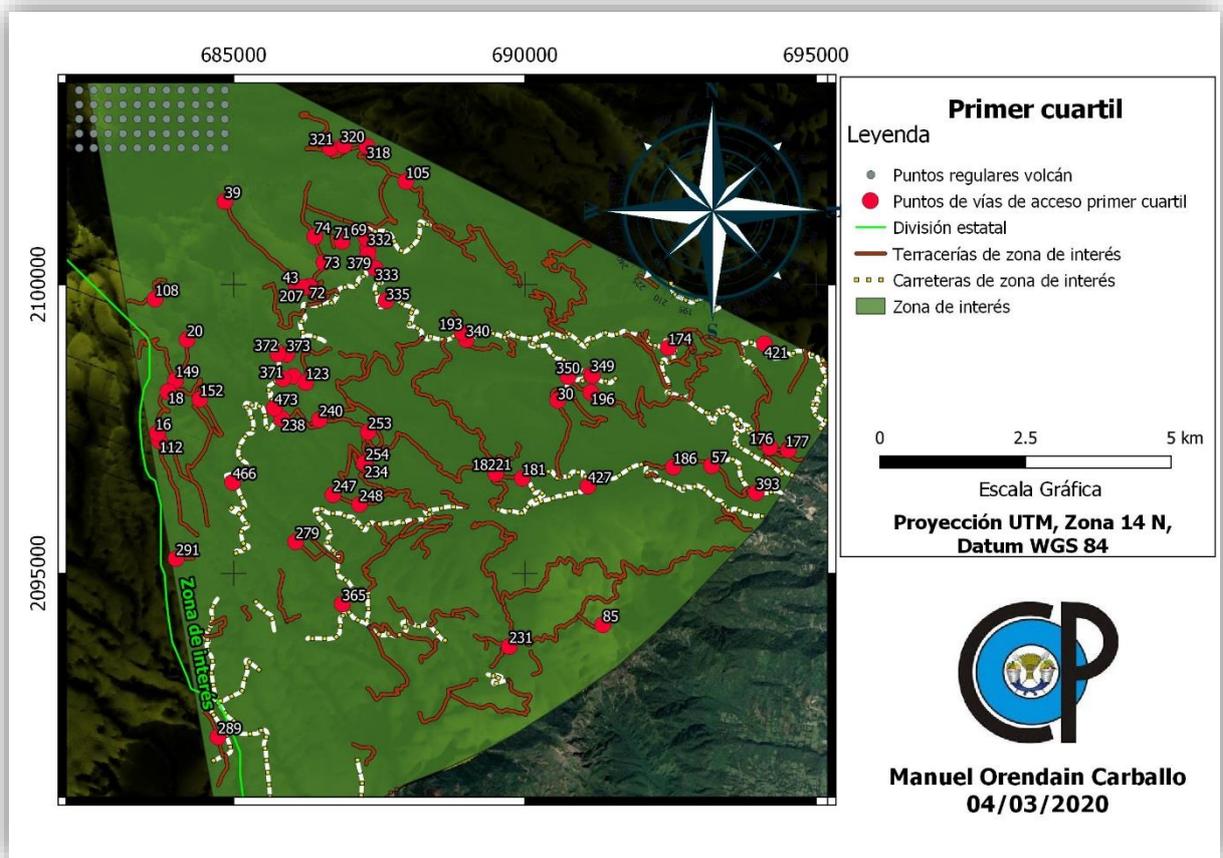


Figura 21. Primer cuartil
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3. Relación de puntos de vías de acceso del primer cuartil con los puntos del volcán

| Número de punto | Frecuencia | Número de punto | Frecuencia | Número de punto | Frecuencia |
|------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|
| 73 | 18 | 152 | 6 | 170 | 1 |
| 238 | 18 | 315 | 6 | 188 | 1 |
| 149 | 17 | 321 | 6 | 244 | 1 |
| 332 | 17 | 348 | 6 | 339 | 1 |
| 475 | 17 | 372 | 6 | 418 | 1 |
| 18 | 16 | 421 | 6 | 426 | 1 |
| 39 | 16 | 57 | 5 | 430 | 1 |
| 43 | 16 | 123 | 5 | 471 | 1 |
| 112 | 16 | 318 | 5 | | |
| 373 | 16 | 340 | 5 | | |
| 350 | 15 | 427 | 5 | | |
| 71 | 14 | 473 | 5 | | |
| 69 | 13 | 74 | 4 | | |
| 253 | 13 | 193 | 4 | | |
| 379 | 13 | 320 | 4 | | |
| 16 | 12 | 393 | 4 | | |
| 177 | 12 | 85 | 3 | | |
| 248 | 12 | 186 | 3 | | |
| 371 | 12 | 231 | 3 | | |
| 176 | 11 | 234 | 3 | | |
| 210 | 11 | 247 | 3 | | |
| 289 | 10 | 279 | 3 | | |
| 365 | 10 | 333 | 3 | | |
| 72 | 9 | 335 | 3 | | |
| 196 | 9 | 466 | 3 | | |
| 209 | 9 | 30 | 2 | | |
| 181 | 8 | 174 | 2 | | |
| 254 | 8 | 212 | 2 | | |
| 291 | 8 | 331 | 2 | | |
| 21 | 7 | 346 | 2 | | |
| 182 | 7 | 353 | 2 | | |
| 207 | 7 | 380 | 2 | | |
| 240 | 7 | 9 | 1 | | |
| 349 | 7 | 33 | 1 | | |
| 20 | 6 | 41 | 1 | | |
| 105 | 6 | 58 | 1 | | |
| 108 | 6 | 70 | 1 | | |

5.3.2 Segundo cuartil

El segundo cuartil se compone de 82 puntos distribuidos sobre el área de interés, en donde la frecuencia más alta se obtuvo en el punto 171 con 42 repeticiones y el punto más bajo se dio en el punto 25 con 18 repeticiones (Figura 22 y Cuadro 4).

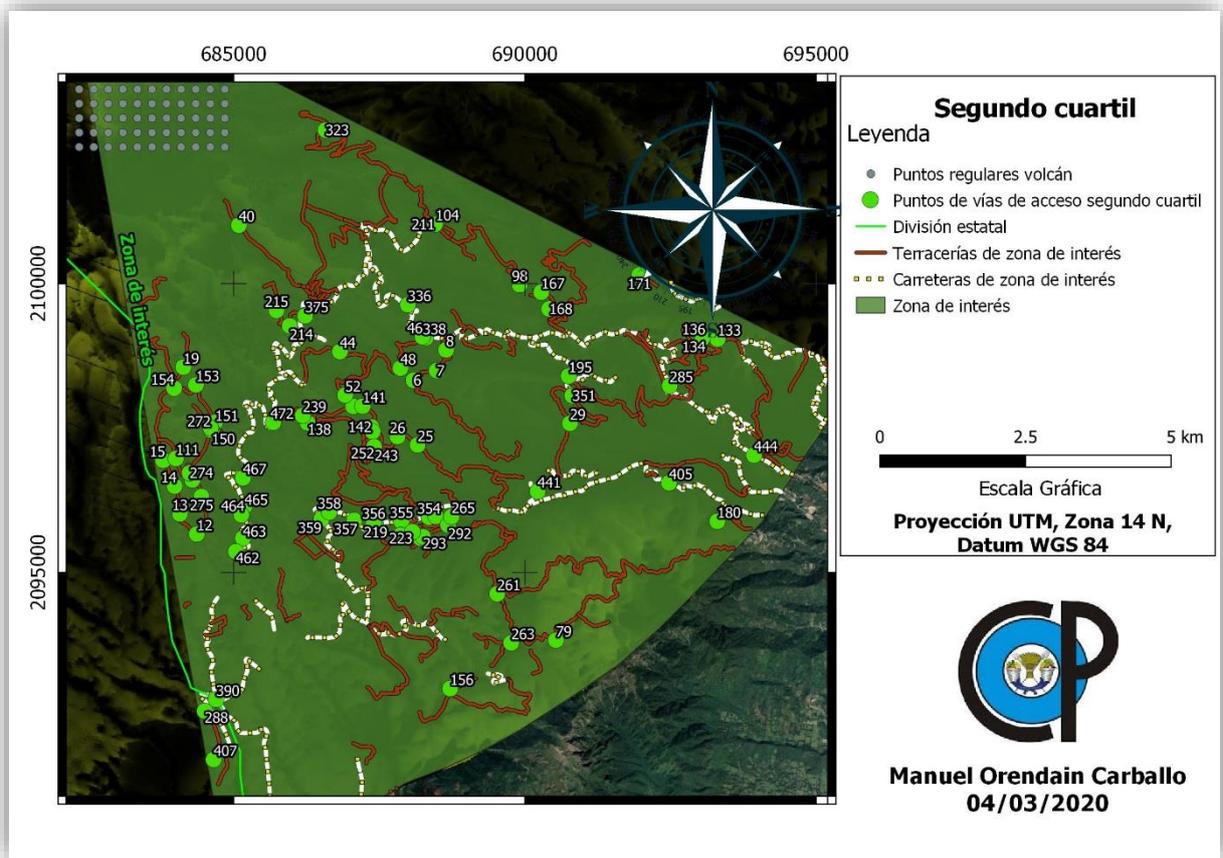


Figura 22. Segundo cuartil

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4. Relación de puntos de vías de acceso del segundo cuartil con los puntos del volcán

| Número de punto | Frecuencia | Número de punto | Frecuencia | Número de punto | Frecuencia |
|------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|
| 171 | 42 | 261 | 30 | 405 | 19 |
| 463 | 42 | 79 | 29 | 25 | 18 |
| 98 | 41 | 110 | 29 | | |
| 219 | 41 | 223 | 29 | | |
| 140 | 40 | 444 | 29 | | |
| 142 | 40 | 40 | 28 | | |
| 179 | 40 | 151 | 28 | | |
| 242 | 40 | 211 | 28 | | |
| 462 | 40 | 14 | 27 | | |
| 359 | 39 | 323 | 27 | | |
| 8 | 38 | 467 | 27 | | |
| 168 | 38 | 150 | 26 | | |
| 293 | 38 | 407 | 26 | | |
| 354 | 38 | 48 | 25 | | |
| 356 | 38 | 167 | 25 | | |
| 465 | 38 | 214 | 25 | | |
| 26 | 37 | 239 | 25 | | |
| 243 | 37 | 272 | 25 | | |
| 252 | 37 | 29 | 24 | | |
| 390 | 37 | 46 | 24 | | |
| 464 | 37 | 351 | 24 | | |
| 7 | 36 | 375 | 24 | | |
| 133 | 36 | 441 | 24 | | |
| 141 | 36 | 6 | 22 | | |
| 222 | 36 | 153 | 22 | | |
| 292 | 36 | 156 | 22 | | |
| 355 | 36 | 336 | 22 | | |
| 357 | 36 | 154 | 21 | | |
| 12 | 34 | 285 | 21 | | |
| 358 | 34 | 472 | 21 | | |
| 13 | 33 | 15 | 20 | | |
| 218 | 33 | 134 | 20 | | |
| 275 | 33 | 136 | 20 | | |
| 104 | 32 | 180 | 20 | | |
| 138 | 32 | 195 | 20 | | |
| 265 | 32 | 215 | 20 | | |
| 338 | 32 | 274 | 20 | | |
| 44 | 31 | 19 | 19 | | |
| 288 | 31 | 111 | 19 | | |
| 52 | 30 | 263 | 19 | | |

5.3.3 Tercer cuartil

El tercer cuartil se compone de 82 puntos en donde la frecuencia más alta corresponde al punto número 113 con 75 repeticiones y la frecuencia más baja corresponde al punto número 448 con 43 repeticiones y se distribuyen de la siguiente manera (Figura 23 y Cuadro 5).

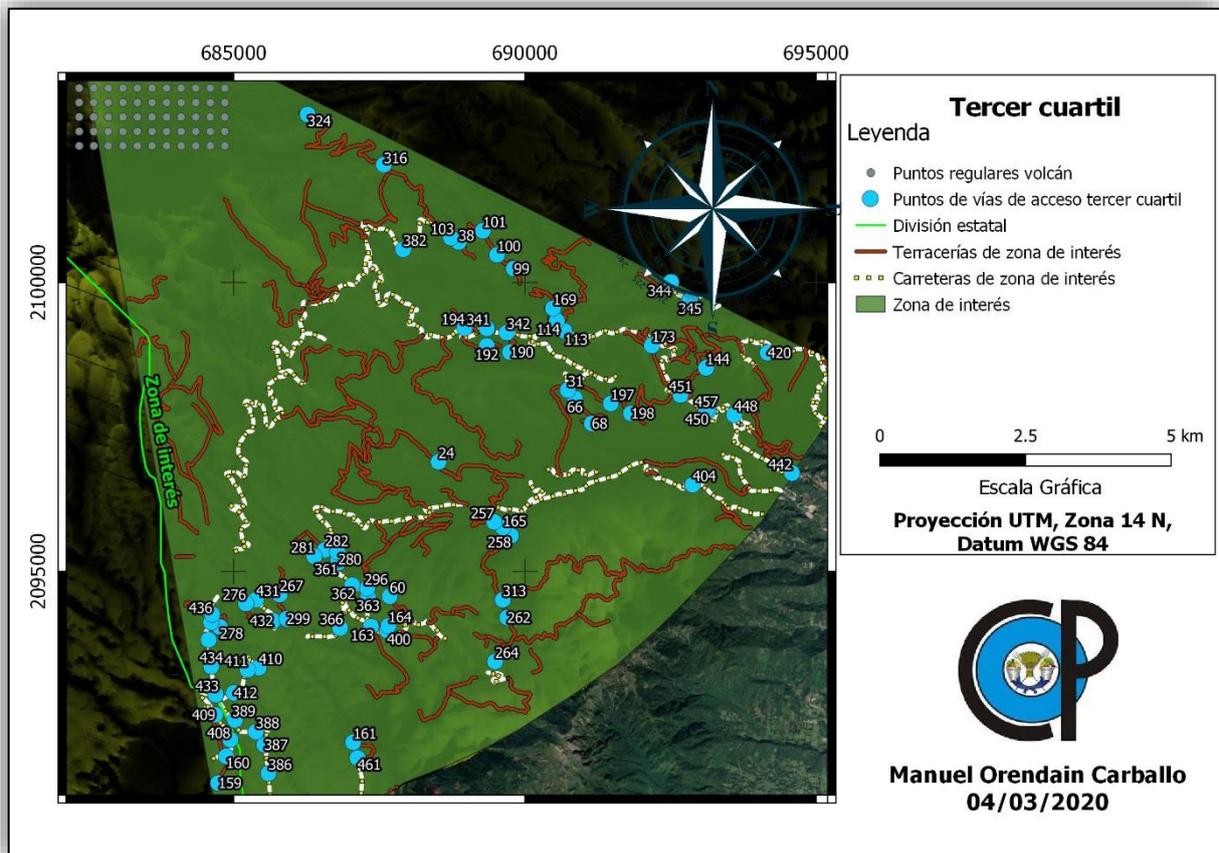


Figura 23. Tercer cuartil
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5. Relación de puntos de vías de acceso del tercer cuartil con los puntos del volcán

| Número de punto | Frecuencia | Número de punto | Frecuencia | Número de punto | Frecuencia |
|------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|
| 113 | 75 | 282 | 59 | 194 | 44 |
| 198 | 75 | 389 | 59 | 448 | 43 |
| 66 | 74 | 410 | 59 | | |
| 173 | 74 | 432 | 59 | | |
| 385 | 74 | 100 | 58 | | |
| 345 | 73 | 281 | 58 | | |
| 370 | 73 | 283 | 58 | | |
| 400 | 73 | 409 | 58 | | |
| 38 | 72 | 412 | 58 | | |
| 60 | 72 | 266 | 57 | | |
| 161 | 72 | 433 | 57 | | |
| 262 | 72 | 165 | 56 | | |
| 363 | 72 | 267 | 56 | | |
| 384 | 71 | 299 | 56 | | |
| 451 | 71 | 420 | 56 | | |
| 31 | 70 | 316 | 55 | | |
| 296 | 70 | 368 | 55 | | |
| 366 | 69 | 411 | 55 | | |
| 313 | 68 | 457 | 54 | | |
| 386 | 68 | 324 | 52 | | |
| 114 | 67 | 404 | 52 | | |
| 159 | 67 | 431 | 52 | | |
| 258 | 67 | 434 | 52 | | |
| 450 | 67 | 101 | 51 | | |
| 68 | 66 | 163 | 51 | | |
| 264 | 66 | 197 | 51 | | |
| 362 | 66 | 342 | 51 | | |
| 344 | 65 | 369 | 51 | | |
| 103 | 64 | 382 | 51 | | |
| 387 | 64 | 276 | 49 | | |
| 160 | 63 | 278 | 49 | | |
| 169 | 62 | 99 | 48 | | |
| 190 | 62 | 164 | 48 | | |
| 388 | 62 | 277 | 47 | | |
| 361 | 61 | 341 | 47 | | |
| 192 | 60 | 24 | 46 | | |
| 280 | 60 | 257 | 46 | | |
| 408 | 60 | 435 | 46 | | |
| 144 | 59 | 436 | 46 | | |
| 189 | 59 | 442 | 45 | | |

5.3.4 Cuarto cuartil.

El cuarto cuartil es el cuartil con mejor ranking en el análisis de LDV y, por lo tanto, es el cuartil que se utilizó para desarrollar la propuesta del producto turístico.

Este cuartil se compone de 83 puntos, de los cuales, se utilizaron los que tienen una frecuencia mayor a las 100 repeticiones, delimitando a 27, el número de puntos que se visitaron para establecer áreas de interés turístico.

Los puntos se distribuyen sobre el área de estudio como puede apreciarse en la Figura 24 y el Cuadro 6.

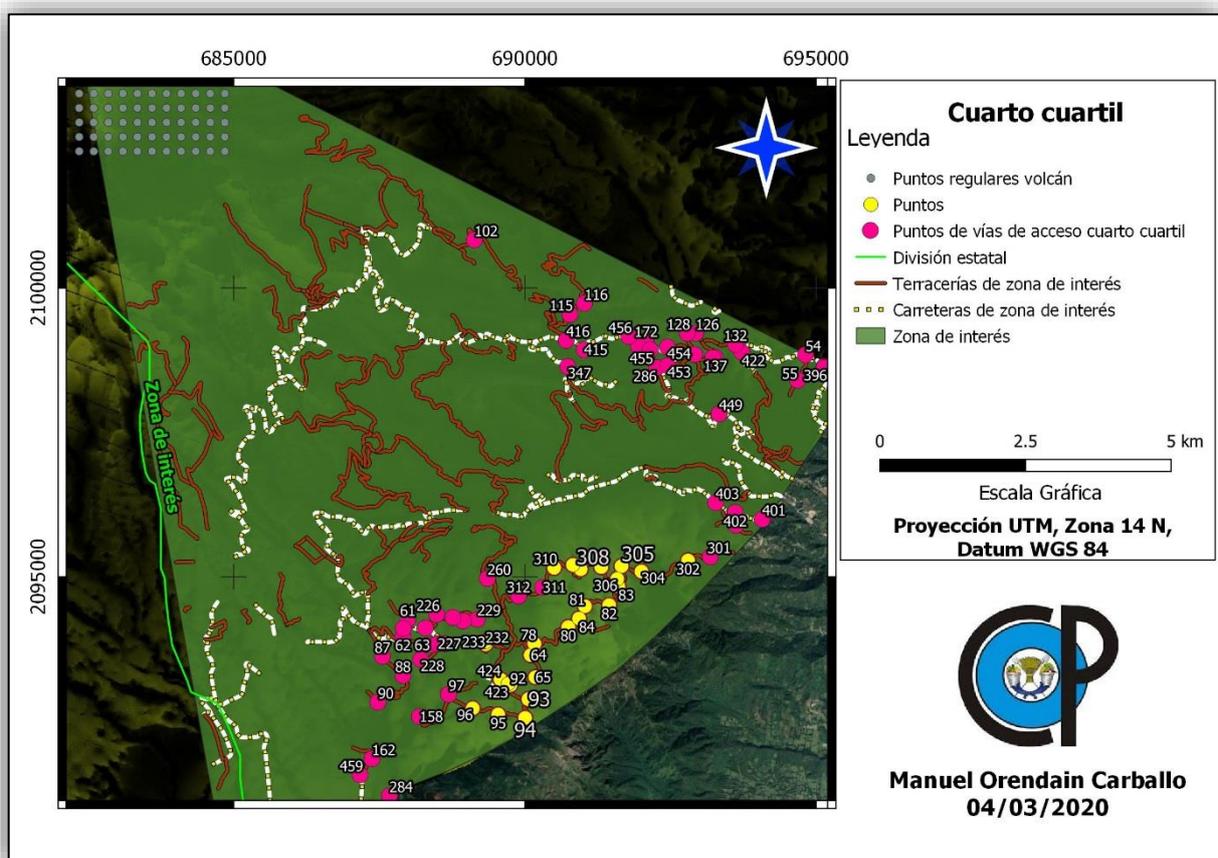


Figura 24. Cuarto cuartil
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 6. Relación de puntos de vías de acceso del cuarto cuartil con los puntos del volcán

| Número de punto | Frecuencia | Número de punto | Frecuencia | Número de punto | Frecuencia |
|------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|
| 81 | 114 | 422 | 90 | 87 | 76 |
| 82 | 114 | 132 | 89 | 102 | 76 |
| 94 | 114 | 137 | 89 | 461 | 76 |
| 80 | 113 | 172 | 89 | | |
| 84 | 113 | 228 | 89 | | |
| 95 | 111 | 287 | 89 | | |
| 83 | 110 | 455 | 89 | | |
| 305 | 110 | 456 | 89 | | |
| 306 | 110 | 127 | 88 | | |
| 93 | 109 | 270 | 88 | | |
| 304 | 108 | 126 | 87 | | |
| 92 | 107 | 53 | 86 | | |
| 307 | 107 | 398 | 86 | | |
| 91 | 106 | 402 | 86 | | |
| 302 | 106 | 403 | 86 | | |
| 308 | 106 | 128 | 85 | | |
| 423 | 106 | 284 | 85 | | |
| 424 | 106 | 401 | 85 | | |
| 96 | 105 | 453 | 85 | | |
| 309 | 104 | 88 | 84 | | |
| 65 | 103 | 97 | 84 | | |
| 310 | 103 | 414 | 84 | | |
| 64 | 102 | 415 | 84 | | |
| 78 | 102 | 449 | 82 | | |
| 232 | 101 | 90 | 81 | | |
| 233 | 101 | 116 | 81 | | |
| 229 | 99 | 135 | 81 | | |
| 311 | 99 | 347 | 81 | | |
| 312 | 97 | 460 | 81 | | |
| 394 | 97 | 61 | 79 | | |
| 225 | 96 | 158 | 79 | | |
| 397 | 94 | 301 | 79 | | |
| 55 | 93 | 416 | 79 | | |
| 230 | 93 | 115 | 78 | | |
| 396 | 93 | 459 | 78 | | |
| 54 | 92 | 62 | 77 | | |
| 454 | 91 | 162 | 77 | | |
| 63 | 90 | 227 | 77 | | |
| 226 | 90 | 260 | 77 | | |
| 286 | 90 | 399 | 77 | | |

5.3.5 Calibración de datos.

Los puntos mejor valorados en el análisis, se situaron en un poblado llamado “San Isidro El Berro” ubicado en las coordenadas UTM: 689045.075, 2093693.103.

Existen algunas vías que se digitalizaron en el portal del INEGI que ya se encuentran inhabilitadas, por lo tanto, no permiten el acceso a diversos puntos, sin embargo, se optó por buscar nuevos puntos en las veredas que no existen en el registro del INEGI pero que se encuentran dentro del rango de distancia estipulada para después comparar los resultados en un nuevo análisis de LDV y así, determinar si los nuevos puntos obtuvieron calificaciones similares a los datos obtenidos con anterioridad (Cuadro 7).

Cuadro 7. Relación de los nuevos puntos de la calibración de datos con los puntos del volcán (los números que se muestran en paréntesis, son los números que corresponden a los puntos del anterior análisis de LDV)

| Número de punto | Frecuencia | Número de punto | Frecuencia | Número de punto | Frecuencia |
|-------------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|
| 20 | 136 | 27(93) | 115 | 16 | 107 |
| 3 | 134 | 14(424) | 112 | 26 | 107 |
| 0 | 133 | 7 | 111 | 15 | 106 |
| 1 | 133 | 8 | 110 | 17(233, 232) | 104 |
| 2 | 133 | 9 | 110 | 19 | 101 |
| 30 (423,91,92) | 132 | 10 | 110 | 21 | 69 |
| 4 | 128 | 11(65) | 109 | 23 | 46 |
| 28(94) | 125 | 13 (78) | 109 | 22 | 44 |
| 29 (95) | 119 | 18 | 109 | 24 | 0 |
| 5 | 115 | 12 | 108 | | |
| 6 | 115 | 25 | 108 | | |

En este nuevo análisis se muestran puntos que incluso superan los resultados arrojados en el análisis previo, por lo tanto, se determinó que son utilizables para el desarrollo de propuestas turísticas (Figura 25).

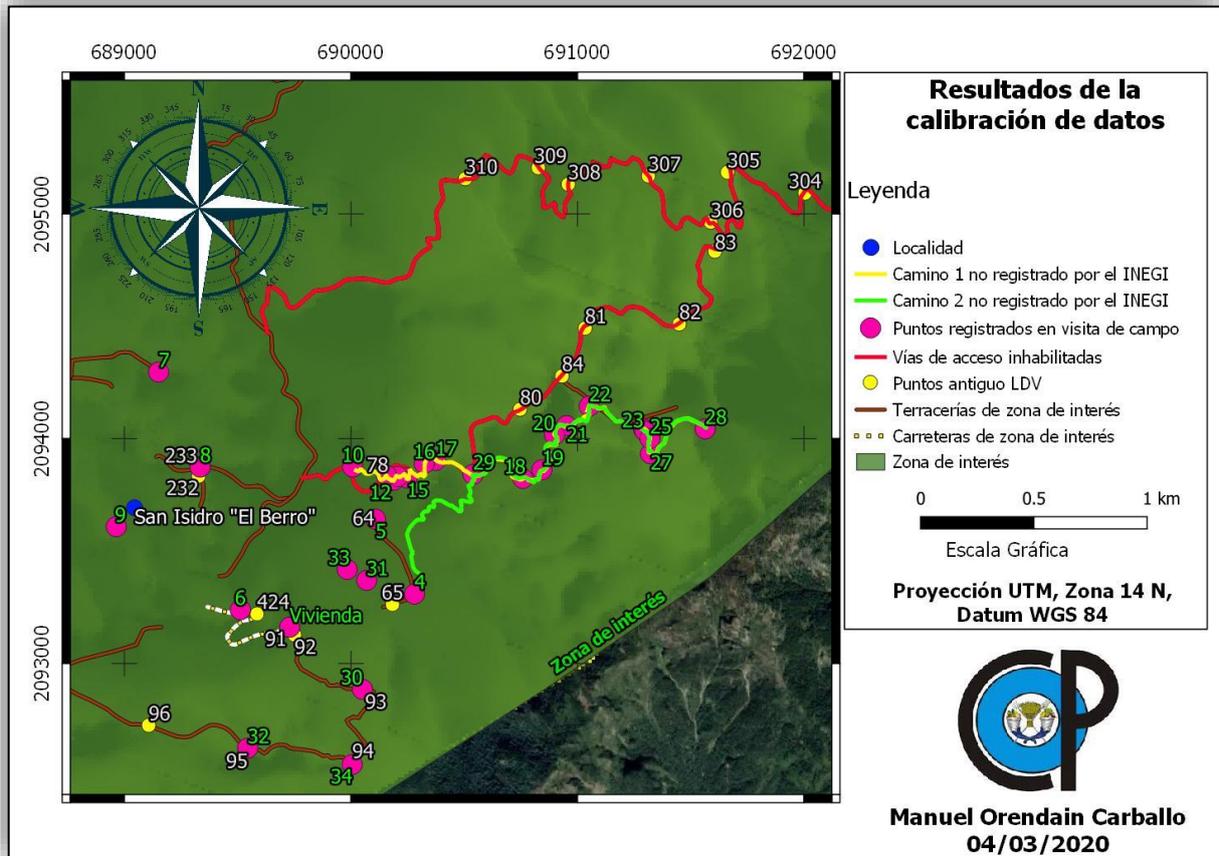


Figura 25. Resultados de la calibración de datos

Fuente: Elaboración propia

5.3.6 Discusión

Los análisis de VI son eficientes para la regionalización de un área de estudio mediante sus resultados en temas de visibilidad para fines de uso turístico, sin embargo y concordando con lo que algunos autores mencionan como Rášová, (2014) o Fisher (1992), dicho análisis necesitó complementarse para fungir como una herramienta de visibilidad aplicable para el cumplimiento del objetivo principal de este proyecto de investigación.

El complemento que se utilizó, contrastando con lo que dichos autores mencionan; fue el análisis LDV, que es otro análisis de resultados binarios, cuya aplicación permitió identificar puntos independientes y visitables que tienen la mayor exposición visual con relación al volcán para su uso en el desarrollo de actividades turísticas.

Por otra parte, existen estudios de los algoritmos que se ocupan en los análisis de visibilidad como el LDV (Nagy, 1994; Caha, 2018), incluso por mencionar de nuevo los métodos experimentales de Rášová, (2014) y Fisher (1992), o los tradicionales de resultados binarios (Liu *et al.*, 2010; Wright *et al.*, 2014; Katherine *et al.*, 2018; Tabik *et al.*, 2013), sin embargo, ninguno de estos estudios contempla las visitas de campo que bien podrían determinar si en verdad es necesario por ejemplo, establecer las resoluciones del DEM que propone Dai *et al.* (2019) como requerimiento mínimo para desarrollar los análisis de calidad visual en el paisaje, porque definitivamente y como se demuestra en este proyecto de investigación; para fines de uso en planificación turística, no fue necesario utilizar los complementos experimentales que se mencionaron, ya que los puntos de visibilidad que se identificaron después de la calibración de datos, son perfectamente utilizables para dichos fines, aunado a que, se demuestra que se pueden comparar dos áreas de gran tamaño perimetral y obtener resultados utilizables en función de su exposición visual.

5.4. Conclusión

El LDV, efectivamente, funge como un complemento para el análisis de VI al identificar los puntos con mayor exposición visual con relación a un elemento geográfico identificable como lo es el volcán Citlaltépetl.

Este procedimiento ligado, es una herramienta efectiva en estrategias que propicien la correcta utilización del paisaje en el desarrollo de actividades turísticas mediante un SIG (Niño y Danna, 2016; Jovanovic y Njegus, 2008; Indriago y Molina, 2007), sin embargo, es necesaria la calibración de datos mediante visitas de campo, sobre todo, cuando se utilizan vías de acceso de terracería para descartar las que ya se encuentran deshabilitadas por los mismos habitantes de la zona o para depurar los puntos que presentan una exposición visual favorable mediante la información de altimetría ante el objetivo establecido, pero que por la vegetación que existe entre el punto de observación y el objetivo se imposibilita el rayo de visibilidad.

También es necesario el reconocimiento de la zona para identificar los horarios y las condiciones climáticas necesarias que permiten el rayo de visión entre el observador y el objetivo de observación, puesto que existen condiciones externas al usuario que debilitan la exposición visual sobre el objetivo como pueden ser escenarios nublados, lluviosos, entre otros.

Los escenarios propicios para poder observar el volcán identificados en las visitas de campo a la localidad “San Isidro El Berro”, se identifican entre los horarios de las 7 a.m. y la 1 p.m. aproximadamente, con días preferentemente soleados.

5.5. Literatura citada

- Bartie P. y W. Mackaness. 2017. Improving the sampling strategy for point-to-point line-of-sight modeling in urban environments. *International Journal of Geographical Information Systems*. 4: 805–824.
- Burrough P. 1994. *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford Science., Information models and axiomas 1: 34.
- Caha J. 2018. Line of Sight Analyst: ArcGIS Python Toolbox for visibility analyses. *Geographia Cassoviensis* XII. 11.
- Czynska K. y P. Rubinowicz. 2017. Sky tower impact on the landscape of Wroclaw- Analisis based on the VIS method. *Architectus*. 2: 87–98.
- Dai W, Y. Yang, J. Na, J. Li, D. Brus, L. Xiong, G. Tang G. y X. Huang. 2019. Effects of DEM resolution on the accuracy of gully maps in loess hilly areas. *CATENA*. China. 177: 114–125. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.02.010>
- Fisher P. 1993. Algorithm and Implementation Uncertainty in Viewshed Analysis. *International Journal of Geographical Information Systems*. 7: 331–347.
- Fisher P. 1992. First experiments in viewsheds uncertainty: Simulating fuzzy viewsheds. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensitivity*. 58: 345–352.
- Franch P. y L. Cancer. 2016. El componente visual en la cartografía del paisaje. Aptitud paisajística para la protección en la cuenca del río Chiquito. *Investigaciones Geográficas*. 93: 19. <https://doi.org/10.14350/rig.54730>
- Gonzalo T. 1996. *La Cuenca Visual en el Análisis del Paisaje*. Harvard University., Serie Geográfica 6: 15.
- Indriago J. y N. Molina. 2007. Los SIG y el turismo. Diagnóstico de los recursos turísticos de los puertos de Altagracia, Estado Zulia. Instituto de Investigaciones de la Facultad de Arquitectura y Diseño Universidad del Zulia, Ordenamiento Territorial. 1–10.
- Jovanovic V. y A. Njegus A. 2008. The application of GIS and its components in tourism. *Yugoslav Journal of Operations Research*. 18: 261–272. <https://doi.org/10.2298/YJOR0802261J>

- Katherine A., D. White, S. Déderix, B. Mills. y K. Safi 2018. A total viewshed approach to local visibility in the Chaco World. *Antiquity*. 92: 905–921. <https://doi.org/10.15184/aqy.2018.135>
- Liu L., L. Zhang, J. Ma, L. Zhang, X. Zhang, Z. Xiao y L. Yang. 2010. An improved line-of-sight method for visibility analysis in 3D complex landscapes. *Science China Information Sciences*. 53: 2185–2194. <https://doi.org/10.1007/s11432-010-4090-x>
- Nagy G. 1994. Terrain visibility. *Computers & Graphics., Modelación y visualización de datos espaciales en GIS* 18: 763–773.
- Niño S. y J. Danna. 2016. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en Turismo como Herramienta de Desarrollo y Planificación Territorial en las Regiones Periféricas. *CCT*. 18–39. <https://doi.org/10.15847/citiescommunitiesterritories.jun2016.032.art02>
- QGIS 2008. QGIS proyect. URL <http://qgis.org/es/site/> (Accesado 17.3.19).
- Rášová A. 2014. Fuzzy viewshed, probable viewshed, and their use in the analysis of prehistoric monuments placement in Western Slovakia. *International Conference on Geographic Information Science*. 3–6.
- Rod J. y V. Meer. 2009. Visibility and dominance analysis: Assessing a high rise building project in Thronheim. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science., Planificación y diseño* 36: 698–710.
- Tabik S., E. Zapata. y L. Romero 2013. Simultaneous computation of total viewshed on large high resolution grids. *International Journal of Geographical Information Science*. 27: 804–814. <https://doi.org/10.1080/13658816.2012.677538>
- Wright D., S. MacEachern y J Lee. 2014. Analysis of feature intervisibility and cumulative visibility using GIS, Bayesian and spatial statistics: A study from the Mandara Mountains, Northern Cameroon. *Plos One*. 9: 11.

6. DESARROLLO DE PROPUESTAS TURÍSTICAS CON BASE A LOS RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE CALIDAD VISUAL EN EL PAISAJE REALIZADOS

6.1. Introducción

Es un hecho que las actividades turísticas se han posicionado dentro de las prioridades económicas a nivel mundial. México, siendo un país con vastas riquezas naturales, ha sido participe en el desarrollo de estrategias dentro del turismo desde el siglo XX (Valverde y Benavides, 2017).

El turismo convencional, es decir, el turismo de sol y playa, es el tipo de turismo que más auge ha tenido en México (Benseny, 2006), sin embargo, también ha sido el más dañino para el medio ambiente; es por eso que se ha optado por alternativas menos perjudiciales como el turismo de naturaleza, también llamado turismo alternativo, que además de causar menos alteraciones en los ecosistemas en los que se llevan a cabo dichas actividades turísticas, produce otros efectos positivos en la sociedad, como: el acercamiento de los turistas con el medio natural, el aumento de la conciencia ambiental para los pobladores o la creación de nuevos mercados que benefician las economías a nivel nacional y local (Ballesteros, 2014).

El turismo de naturaleza, acorde con las definiciones que propone la Secretaria de Turismo-SECTUR (2005), lo clasifica en tres ramos diferentes: Turismo de aventura, turismo rural y ecoturismo.

Para Martínez (2017), la percepción del medio natural a través del turismo, no solamente permite conocerlo como tal, sino que también permite conocer los rasgos culturales de la población y su implicación por conservarlo, es decir, que el paisaje, ya que es definido como el territorio percibido por la población (CDE, 2000), se encuentra de manera implícita en el desarrollo de actividades turísticas.

Por otra parte, los SIG permiten el análisis del territorio para desarrollar estrategias en la planificación del mismo, incluyendo las actividades turísticas (Jovanovic y Njegus, 2008).

En este capítulo, se establecen las estrategias aplicadas de los SIG sobre el turismo, es decir, sobre el estudio de paisaje para la construcción y el desarrollo de actividades turísticas basando lo anterior en lo mencionado por Burrough (1994), que explica que

la importancia de los SIG radica en la creación, el compartimiento y la aplicación de información útil basada en datos y en mapas.

6.2. Materiales y métodos

Descripción de la zona de estudio

Mediante los resultados del análisis LDV, se identificó la zona de estudio en una localidad llamada San Isidro “El Berro” ubicado en las coordenadas UTM:689000E, 2095000N y 691000E, 2093000N en el municipio Mariano Escobedo, en el Estado de Veracruz (Figura 26).

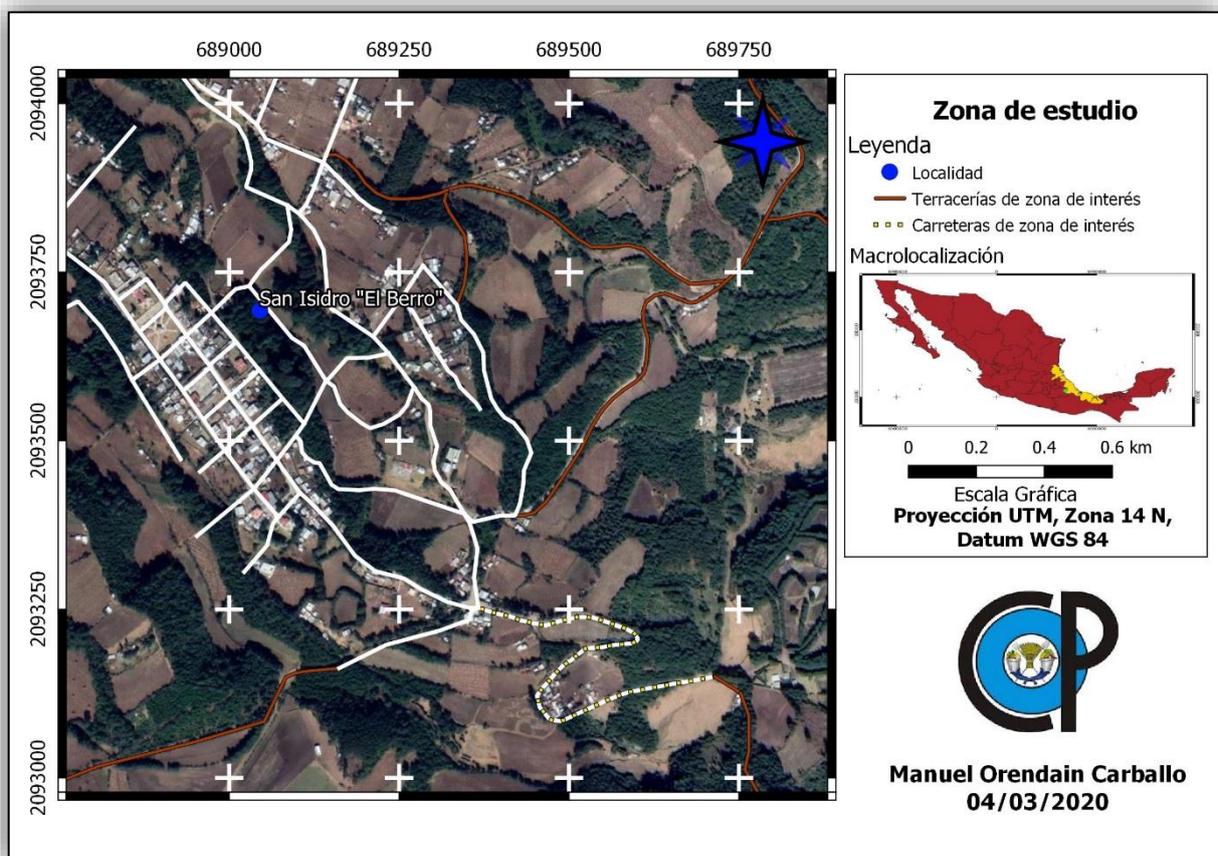


Figura 26. Zona de estudio ubicada en la localidad San Isidro “El Berro” en el municipio Mariano Escobedo, en el Estado de Veracruz

Fuente: Elaboración propia

En primera instancia, se desarrolló el análisis de VI para clasificar el área de estudio en regiones de visibilidad para posteriormente, seleccionar la zona que mejores resultados obtenga y que más vías de acceso contenga para poder establecer las

relaciones necesarias entre el territorio y las localidades aledañas para la realización de actividades turísticas.

Como segundo paso, se realizó el análisis LDV. Dicho análisis se utilizó para identificar puntos independientes con alto grado de exposición visual con relación a un elemento geográfico identificable, en este caso, el volcán Citlaltépetl.

Como tercer paso, se realizaron visitas de campo guiadas para hacer una calibración de datos, es decir, corroborar si los puntos resultantes del LDV son accesibles o si tienen la exposición visual necesaria para su utilización en actividades relacionadas al turismo; finalmente, se deben comprobar las condiciones climáticas necesarias en las que los puntos pueden ser observados.

Dentro de las visitas de campo, se identificaron a su vez, los puntos de interés turístico que no tienen relación con los puntos de visibilidad y los servicios que la localidad ofrece para anexarlos a las propuestas turísticas.

Para finalizar, se procedió a analizar los puntos y los caminos visitados e identificar los productos turísticos que se pueden desarrollar basando su construcción en manuales y guías oficiales.

En este caso se ocuparon:

1. El Manual del senderismo (Federación de Deportes de Montaña y Escalada-FEDME, 1997).
2. La guía para la clasificación de senderos en áreas protegidas (Administración de Parques Nacionales-APN, 2016).
3. La guía para el diseño y operación de rutas y circuitos de ciclismo de montaña (SECTUR, 2004).

6.3. Resultados y discusión

Después de analizar los resultados de la calibración de datos del análisis LDV y aprovechando el medio natural en el que se encuentran los puntos identificados en la comunidad San Isidro “El Berro”, se desarrollaron tres propuestas de turismo alternativo que se presentan a continuación:

6.3.1 Sendero “El rostro del volcán”

Cuadro 8. Características de sendero “El rostro del volcán”

| | |
|---|---|
| Fecha de realización | 3 de marzo 2020 |
| Tipo de uso admitido | Pedestre pero también puede circularse en bicicleta |
| Señalización | Inexistente |
| Modo de acceso | Terrestre |
| Tiempo de recorrido total | 45 minutos aproximados |
| Tipo de sendero | Circular |
| Obstáculos | No existen obstáculos |
| Tipo de ambiente a transitar | Terreno liso a irregular/ muy fácil de transitar |
| Experiencia del usuario requerida | Apto para todo el público (no requiere experiencia ni habilidades particulares) |
| Habilitado para el uso de personas con capacidades diferentes | No |
| Horario recomendado | De 7 a.m. a 1p.m |
| Distancia | 2089 m. |
| Dificultad | Baja |

Fuente: Elaboración propia basado en la Guía para la clasificación de senderos en áreas protegidas (APN ,2016)

El sendero (Figura 27), está pensado para ser transitado por toda la familia, ya que no requiere ningún tipo de habilidad especial para transitarlo; es un sendero relativamente corto en el que se encuentran todos los servicios que incluye el producto turístico, tales como: área para preparar alimentos (zona de asador) (Figura 28), área para comprar alimentos (vivienda) (Figura 29) y dos zonas de campamento (Figuras 30 y 31). Es ideal para pernoctar o para pasar un día de campo disfrutando las escenas visuales que aluden al volcán (Figura 32) y a los espacios naturales que se encuentran en San Isidro "El Berro" (Figura 33).

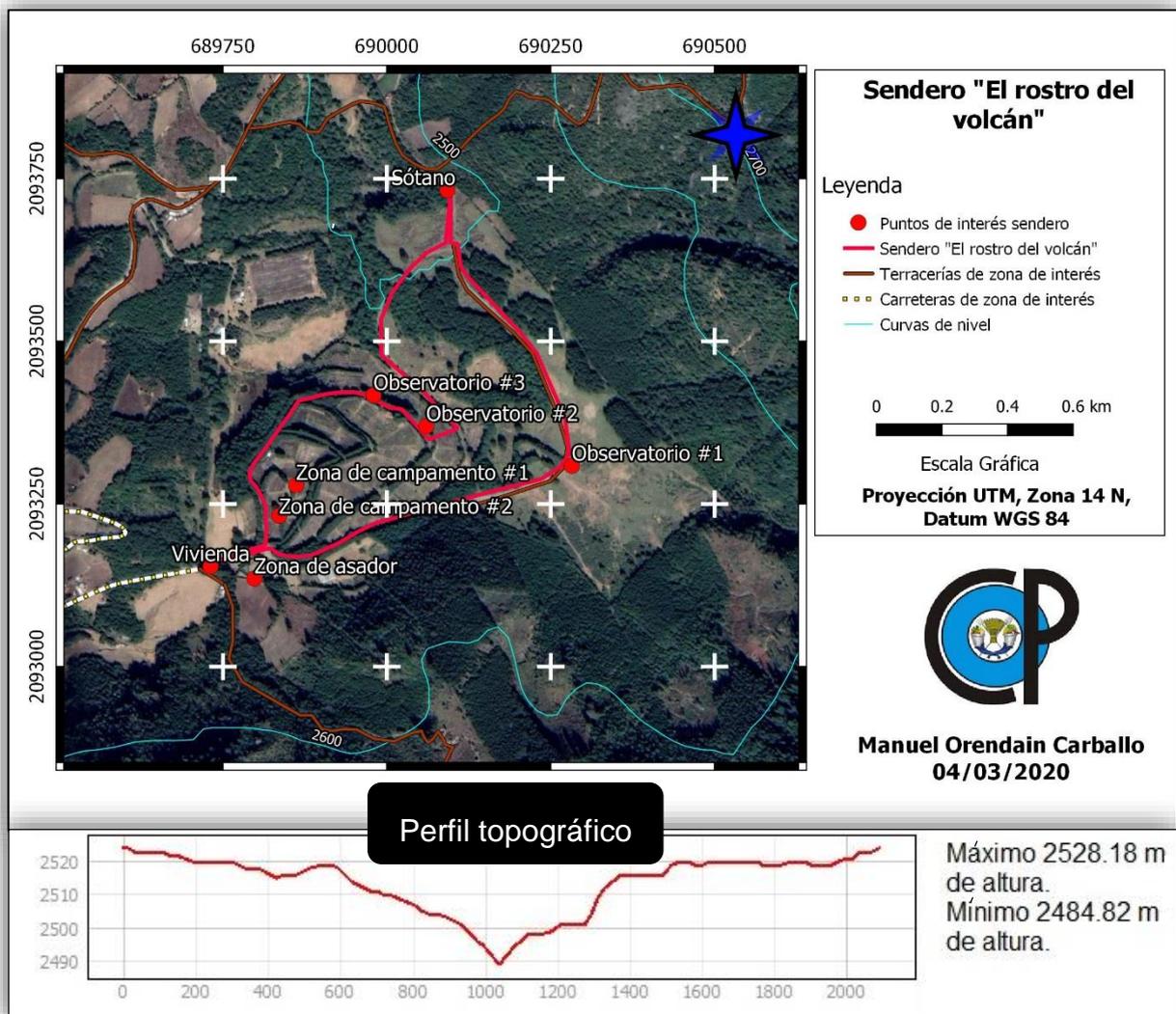


Figura 27. Sendero "El rostro del volcán" localizado en la comunidad San Isidro "El Berro"

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentan los muestran imágenes de los servicios que se incluyen en el producto turístico el producto:



Figura 28. Zona de asador



Figura 29. Vivienda



Figura 30. Zona de campamento techada para 20 personas aproximadamente



Figura 31. Zona de campamento al aire libre para 100 personas aproximadamente

A continuación, se presentan algunas escenas visuales que se pueden apreciar en el sendero:



Figura 32. Observatorio #1

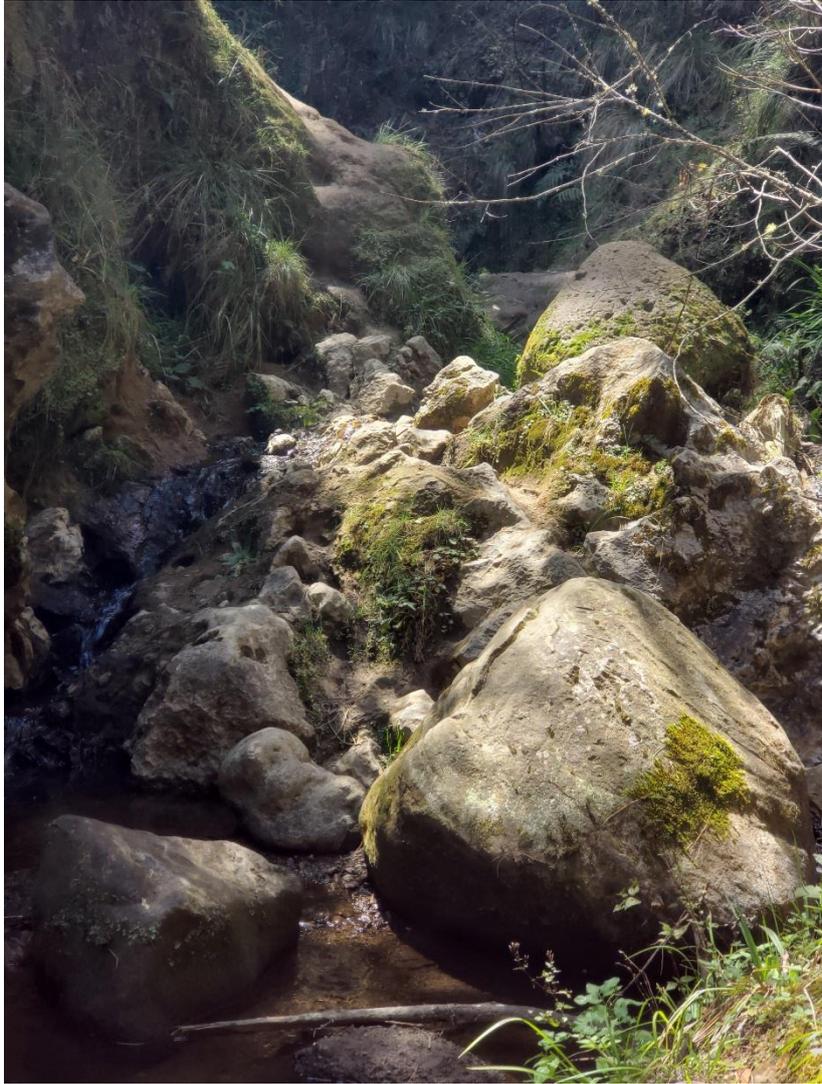


Figura 33. Sótano

6.3.2 Sendero “El cerro del Tepoz-Tépetl”

Cuadro 9. Características del sendero “El cerro del Tepoz-Tépetl”

| | |
|-----------------------------------|---|
| Fecha de realización | 3 de marzo 2020 |
| Tipo de uso admitido | Pedestre |
| Señalización | Inexistente |
| Modo de acceso | Terrestre |
| Tiempo de recorrido total | 4 horas aprox. |
| Tipo de sendero | Lineal |
| Obstáculos | No existen obstáculos |
| Tipo de ambiente a transitar | Terreno irregular (Difícil de transitar) |
| Experiencia del usuario requerida | Apto para personas experimentadas en actividades de alto rendimiento físico |
| Horario recomendado | De 7 a.m. a 10 a.m. |
| Distancia | 3,174 m. |
| Dificultad | Alta |

Fuente: Elaboración propia basado en la Guía para la clasificación de senderos en áreas protegidas (APN, 2016)

Este sendero (Figura 34), está pensado para poner a prueba el rendimiento físico de las personas que buscan la experiencia del montañismo, es un sendero difícil con pendientes muy pronunciadas que permiten la apreciación total de los elementos naturales que ofrece el cerro del Tepoztecatl, pero con el añadido de las escenas visuales que apuntan a la cara sureste del volcán Citlaltépetl y al poblado de San Isidro “El Berro”.

Recorrer el sendero es una experiencia polisensorial ya que las visuales únicas, los olores de la naturaleza y el poner al máximo el rendimiento físico logran una percepción del paisaje distinta y agradable a los sentidos.

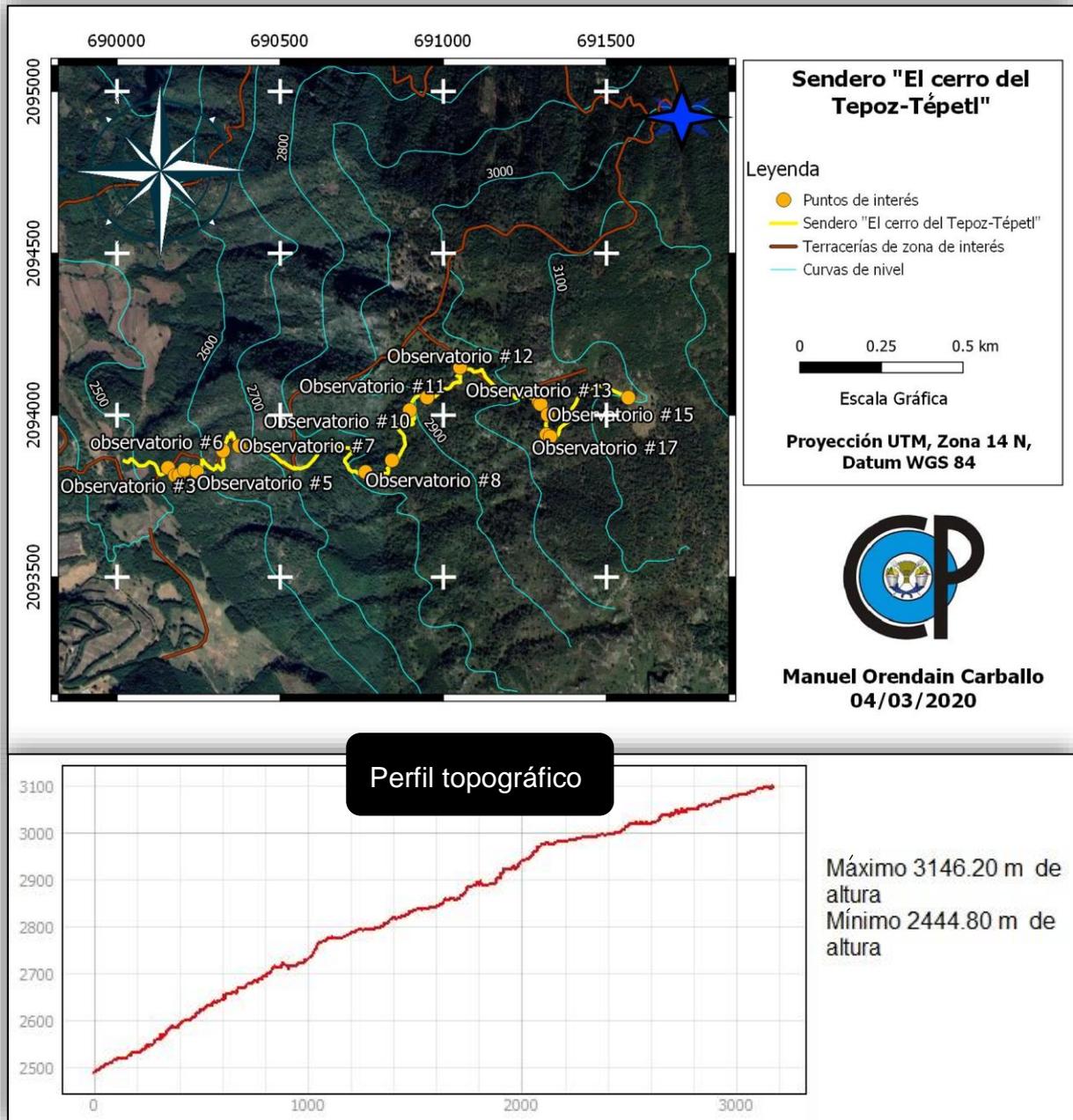


Figura 34. Sendero "El cerro del Tepoz-tépetl"

Fuente: Elaboración propia

Algunas escenas visuales del paisaje que pueden encontrarse en el recorrido del sendero se observan en las Figuras 35,36,37 y 38.



Figura 35. Observatorio #1



Figura 36. Observatorio #4



Figura 37. Observatorio #15



Figura 38. Observatorio #10

6.3.3 Ruta de ciclismo “El alma del volcán”

Cuadro 10. Características de la ruta de ciclismo "El alma del volcán"

| | |
|-----------------------------------|--|
| Fecha de realización | 3 de marzo 2020 |
| Tipo de uso admitido | Por bicicleta |
| Señalización | Inexistente |
| Modo de acceso | Terrestre |
| Tiempo de recorrido total | 2 horas aprox. |
| Tipo de sendero | Lineal |
| Obstáculos | No existen obstáculos |
| Tipo de ambiente a transitar | Terreno irregular (difícil de transitar) |
| Experiencia del usuario requerida | Apto para personas experimentadas |
| Zonas de riesgo | Existentes |
| Horario recomendado | De 7 a.m. a 11 a.m. |
| Distancia | 5,956 m. |
| Dificultad | Alta |

Fuente: Elaboración propia basado en la Guía para la clasificación de senderos en áreas protegidas (APN, 2016) y en la guía para el diseño y operación de rutas y circuitos de ciclismo de montaña (SECTUR, 2004)

Esta ruta de ciclismo está pensada para representar un reto para los ciclistas experimentados. Sus escenas visuales permiten una experiencia paisajística única, pues se puede apreciar el volcán Citlaltépetl en su máximo esplendor aunado al terreno escabroso ideal para el turismo de aventura.

A continuación, se presenta el mapa de la ruta, que es elaborado principalmente mediante las indicaciones de la guía para el diseño y operación de rutas y circuitos de ciclismo de montaña (Figura 39).

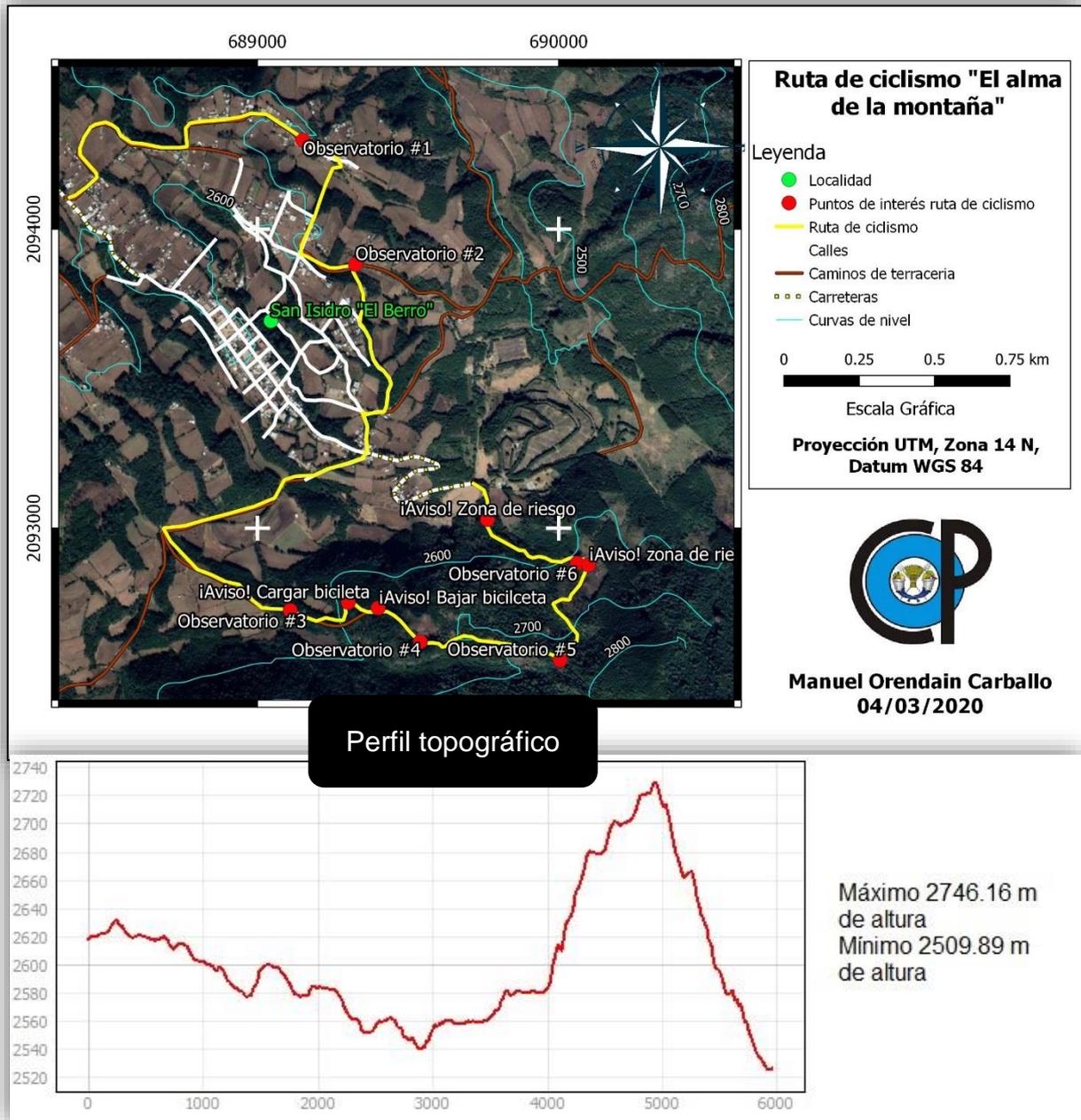


Figura 39. Ruta de ciclismo "El alma del volcán"

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentan algunas escenas visuales de la ruta de ciclismo “El alma del volcán” (Figuras 40,41 y 42).



Figura 40. Observatorio #6



Figura 41. Observatorio #3



Figura 42. Observatorio #5

6.3.4 Discusión

La utilización de un SIG, concordando por lo estipulado por Burrough (1994), permitió un correcto entendimiento del territorio por medio de las inferencias que se realizan sobre los productos generados, como los mapas.

En el ámbito turístico, el entendimiento del mismo, funge como un pilar esencial para el desarrollo de productos turísticos puesto que posibilita una utilización eficaz y eficiente de recursos que favorecieron la toma de decisiones en la generación de los mismos (Indriago y Molina, 2007).

En este proyecto de investigación se demostró que la utilización de herramientas SIG, tales como: el análisis de VI y el análisis LDV; a pesar de ser clasificadas como tradicionales, mejorables e insuficientes dentro del estudio de los análisis de calidad visual en el paisaje (Rášová, 2014; Fisher, 1992), funcionaron correctamente para identificar puntos de alta exposición visual, con relación a un elemento geográfico identificable como lo es el volcán, Citlaltépetl y, por ende, es posible utilizar los puntos resultantes como recursos turísticos.

Lo anterior demuestra que el paisaje es un elemento que debe considerarse en el desarrollo de actividades turísticas tal y como lo menciona Martínez (2017), puesto que es el medio en el que se desarrolla la humanidad y, al analizarse, es posible entender la manifestación de los procesos que tienen o tendrán lugar en el territorio (Otero *et al.*, 2006), por lo tanto, el turismo y el paisaje son dos fuentes de estudio académico que analizándose en conjunto pueden dar resultados efectivos.

6.4 Conclusión

Este proyecto permite la unión entre el estudio del paisaje y el desarrollo de actividades turísticas, lo que puede funcionar como un ejemplo de que los análisis del territorio funcionan como un delimitador dentro de la investigación priorizando y jerarquizando la información para hacer eficiente el trabajo tal y como se aprecia en el análisis de VI para posteriormente realizar la búsqueda de los puntos de interés por medio del LDV y de las visitas de campo. Es una manera de entender que, como primera instancia, debe realizarse un estudio de paisaje para posteriormente, desarrollar las demás actividades que tendrán lugar en él.

Dentro de los estudios paisajísticos, las visitas de campo deben considerarse como un elemento prioritario dentro de la investigación y más si existen softwares de por medio que analizan y dan resultados sobre el territorio, ya que esto permite un entendimiento certero de lo que sucede en el territorio. En este caso fue necesario para establecer estrategias turísticas dentro de la comunidad “El Berro”, porque había elementos que el software no pudo identificar, como las vías de acceso obsoletas, los puntos de exposición visual alta pero que no tenían rayo de visión por la vegetación del territorio o el debilitamiento del rayo visual por las condiciones climáticas.

Gracias a lo anterior mencionado, es posible establecer una relación académica favorable entre el turismo y el paisaje, ya que dentro de México, son escasas las investigaciones que utilizan el análisis del territorio como fuente para el desarrollo de actividades turísticas.

6.5 Literatura citada

- Administración de Parques Nacionales-APN. 2016. Guía para la clasificación de senderos en áreas protegidas. URL https://sib.gob.ar/archivos/GUIA_SENDEROS_APN_2017.pdf (Accesado 17.3.19).
- Ballesteros G. 2014. El turismo de naturaleza en espacios naturales. El caso del parque regional de las Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar. Cuadernos de turismo 34: 33–51.
- Benseny, G. 2006. El espacio turístico litoral. Universidad Nacional de Mar del Plata Argentina., Aportes y Transferencias 10: 102–122.
- Burrough P. 1994. Principles of Geographical Information Systems. Oxford Science., Information models and axiomas 1: 34.
- CDE 2000. Convenio Europeo del Paisaje. URL <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0670786.pdf> (Accesado 17.3.19).
- FEDME 1997. Manual de senderismo. Comité de Senderos de la Federación Española de Deportes de Montaña y Escalada.
- Fisher P. 1992. First experiments in viewsheds uncertainty: Simulating fuzzy viewsheds. Photogrammetric Engineering and Remote Sensitivity. Reino Unido. 58: 345–352.
- Indriago J. y N. Molina. 2007. Los SIG y el turismo. Diagnóstico de los recursos turísticos de los puertos de Altagracia, Estado Zulia. Instituto de Investigaciones de la Facultad de Arquitectura y Diseño Universidad de Zulia, Ordenamiento Territorial. 1–10.
- Jovanovic V. y A. Njegus A. 2008. The application of GIS and its components in tourism. Yugoslav Journal of Operations Research. 18: 261–272. <https://doi.org/10.2298/YJOR0802261J>
- Martínez V. 2017. El turismo de naturaleza: un producto turístico sostenible. Arbor 193: 14. <https://doi.org/10.3989/arbor.2017.785n3002>

- Otero I, I. Cañas, P. Esparcia, M. Navarra, C. Martín. y E. Ortega 2006. The road as an inherent component of the landscape. A tool to approach the landscape to the viewer. *Informes de la Construcción*. 58: 39–54.
<https://doi.org/10.3989/ic.2006.v58.i504.316>
- Rášová A. 2014. Fuzzy viewshed, probable viewshed, and their use in the analysis of prehistoric monuments placement in Western Slovakia. *International Conference on Geographic Information Science*. 3–6.
- SECTUR 2005. Turismo alternativo. URL
https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2009/compendio_2009/10.100.8.236_8080/ibi_apps/WFServlet43c3.html (Accesado 17.3.19).
- SECTUR 2004. Guía para el diseño y operación de rutas y circuitos de ciclismo de montaña. Fascículo 6, Turismo alternativo.
- Valverde C. y M. Benavides. 2017. El turismo en México, una visión hacia el futuro. *Planur-e* 9: 16.

7. LITERATURA CITADA

- Aguilar T. T. E. 2018. Inventario de recursos turísticos en el municipio de Amatlán de los Reyes, Veracruz. Tesina de maestría en Paisaje y Turismo Rural. Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, Veracruz, México.
- Barnes T. G. 2000. Landscape Ecology and Ecosystems Management. Servicio de extensión cooperativa, Universidad de Kentucky, Lexington KY.
- Barrasca G. S. 2013. Valoración de la calidad estética de los paisajes de La Habana (Cuba) con métodos de participación social. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Estudios Geográficos 74: 45–66.
<https://doi.org/10.3989/estgeogr.201302>
- Berque A. 1994. Paysage, milieu, histoire. AA.VV, Francia. pp: 15.
- Bolaños D. 2016. SIG aplicado al turismo. Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales, Tierra infinita 2: 133–144.
- Burrough P. 1994. Principles of Geographical Information Systems. Ciencia de Oxford, monografías y recursos del suelo., Axiomas y modelos de información 1: 34.
- Cáceres F, D. Romero, J. Guerrero, F. Gimenez, M. Ghislanzoni. y J. Moreira. 2014. Parametrización numérica de las relaciones visuales del territorio: el Sistema de Visibilidad de Andalucía. REDIAM. XVI Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica 25, 26 y 27 de Junio de 2014. Alicante., Territorio, análisis y gestión del medio SL. 1: 13.
- Ceballos L.H. 1994. Tourism, ecotourism, and protected areas: The state of nature-based tourism around the world and guidelines for its development. IUCN. Reino Unido. pp. 301
- Cengiz T. 2014. Visual Quality Method in Assessing Landscape Characteristics: Case Study of Bozcaada Island. Educación costera y fundación de investigación inc., Diario de investigaciones costeras. 30: 319–327.
<https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-11-00230.1>
- CONACULTA. 2006. Patrimonio cultural inmaterial y turismo: Salvaguardia y oportunidades. URL

http://www.cultura.gob.mx/turismocultural/documentos/pdf/pat_inmaterial
(Accesado 17.3.19).

García A. 1992. La planificación de centros turísticos de México. Editorial Limusa :
Grupo Noriega Editores, México. 101 p.

Hermes J., C. Albert. y C. Von-Haaren. 2018. Assessing the aesthetic quality of
landscapes in Germany. *Servicios del ecosistema* 31: 296–307.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.02.015>

IKvanç A., M. 2013. Visual Quality Assessment Methods in Landscape Architecture
Studies In. Murat O. (ed). *Advances in Landscape Architecture*. InTech.
<https://doi.org/10.5772/55769>

López M, I. Bisbal. e I. Pérez 2016. Interpretación de vistas fotográficas como
método de análisis del paisaje cultural: Transformaciones en el territorio
minero de Lota, Chile. *Revista de geografía Norte Grande* 63: 163–186.
<https://doi.org/10.4067/S0718-34022016000100010>

López T., L. 2015. Diccionario de geografía aplicada y profesional: terminología de
análisis, planificación y gestión del territorio In: Fernández J., E Sposito y F. D.
Trinca. *Terminología de análisis, planificación y gestión del territorio*.
Universidad de León, León pp.617.

Maderuelo J. 2005. Definición de paisaje In. Maderuelos J. *El paisaje. Génesis de
un concepto*. Abada editores, Madrid pp. 15-39.

Muñoz P., A. 2004. La evaluación del paisaje: una herramienta de gestión
ambiental. *Revista chilena de historia natural, Evaluación de paisaje* 77: 139–
156. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2004000100011>

Porteus D. 1996. *Environmental Aesthetics: Ideas, politics and planning*. Taylor &
Francis E-library, Londres y Nueva York p.22.

RAE. 2019. Diccionario de la Real Academia Española. URL <https://dle.rae.es/paisaje>
(Accesado 17.3.19).

SECTUR. 2018. México, sexto lugar del ranking mundial en arribo de turistas
internacionales, confirma OMT. URL

<https://www.gob.mx/sectur/prensa/mexico-sexto-lugar-del-ranking-mundial-en-arribo-de-turistas-internacionales-confirma-omt> (Accesado 17.3.19).

Vellas F. 2004. Economía y Política del turismo internacional. Síntesis, España p. 304.

ANEXO: MUESTRAS FOTOGRÁFICAS
Observatorios del sendero “El rostro del volcán”



Figura 43. Observatorio #1



Figura 44. Observatorio #2



Figura 45.Observatorio #3

Observatorios del sendero “El cerro del Tepoz-tépetl”



Figura 46. Observatorio #1



Figura 47. Observatorio #2



Figura 48. Observatorio #3



Figura 49. Observatorio #4



Figura 50. Observatorio #5



Figura 51. Observatorio #6



Figura 52. Observatorio #7



Figura 53. Observatorio #8



Figura 54. Observatorio #9



Figura 55. Observatorio #10



Figura 56. Observatorio #11



Figura 57. Observatorio #12



Figura 58. Observatorio #13



Figura 59. Observatorio #14



Figura 60. Observatorio #15



Figura 61. Observatorio #16



Figura 62. Observatorio #17



Figura 63. Observatorio #18



Figura 64. Cima del cerro Tepoztecatl

Observatorios de la ruta de ciclismo “El alma del volcán”



Figura 65. Observatorio #1



Figura 66. Observatorio #2



Figura 67. Observatorio #3



Figura 68. Observatorio #4



Figura 69. Observatorio #5



Figura 70. Observatorio #6