

Capítulo 6

6 Métodos y Materiales

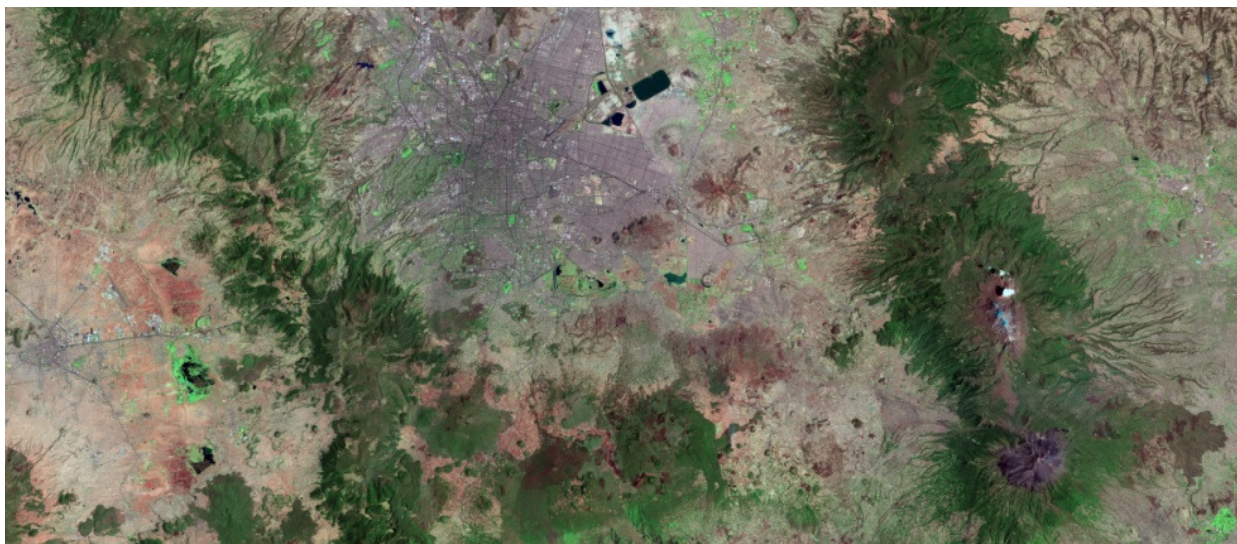


Ilustración 1 Composición RGB (7, 4,2) del valle de México

El Valle de México o Valle de Anáhuac (Ilustración 52) es una cuenca endorreica cerrada pues no cuenta con drenaje natural a las vertientes oceánicas. Está situada en el tramo central de Eje Neo volcánico Transmexicano, que atraviesa el territorio nacional a lo largo del paralelo 19° norte, desde el Golfo de México hasta el Océano Pacífico.

La cuenca del Valle de México se caracteriza por tener un fondo raso, formado por un relleno de depósitos aluviales y lacustres. El perímetro irregular del valle delimita una superficie de 8000 km² aproximadamente. Las montañas circundantes se cubren de bosques hasta los 4000 msnm y sus elevaciones, con casquetes nevados, superan los 5000 metros sobre el nivel del mar.

El clima se caracteriza por inviernos secos y temperaturas bajas en las noches y veranos húmedos y temperaturas templadas. La precipitación pluvial varía notablemente y el 80% ocurre en los meses de junio a octubre. Debido a la accidentada geografía y las variaciones en

la altura, pendiente, suelos y precipitaciones, el Valle de México alberga una amplia gama de zonas ambientales.

En el Valle de México se localiza la Ciudad de México, cuya plaza principal, El Zócalo, se encuentra en las coordenadas 19° 25' 58.53" N, 99° 07' 59.57" O .

La geografía del valle se halla dominada por los volcanes Popocatepetl e Iztacíhuatl, los cuales desde tiempos inmemoriales han sido reverenciados y temidos por los habitantes del valle de México. Por todas estas características, se seleccionó como zona de estudio el Valle de México. La imagen empleada es multiespectral Landsat TM (Ilustración 52).

Ya que la imagen es muy grande y comprende varias zonas, para aplicar el algoritmo y observar su comportamiento, se seleccionaron solamente tres, entre las cuales encontramos áreas urbanas, áreas de cultivo, áreas que contienen cuerpos de agua, áreas en donde están presentes diferentes formas de relieve. Estas tres zonas son:

- 1.- Aeropuerto de la Ciudad de México y Texcoco (Ilustración 53)
- 2.- Sur del Valle de México que comprende las delegaciones de Xochimilco y Tláhuac
- 3.- Volcanes Popocatepetl e Iztacíhuatl

Debido a que entre bandas contiguas existe redundancia de información como primer paso se realizó la descomposición en componentes principales (DCP), ésta se aplicó simultáneamente a todas las bandas que componen la imagen multiespectral del valle de México y obtuvimos a la salida otra imagen multiespectral.

Gracias a la DCP obtuvimos un conjunto de bandas decorrelacionadas que nos formaron una nueva imagen con dimensionalidad menor a la original la cual eliminó la redundancia, y en la cual entre las primeras tres componentes de salida se encuentra concentrada la información significativa; en las imágenes restantes tenemos muy poca información quedando en estas últimas el ruido contenido en la imagen. Con la DCP realizamos un realce global a la imagen. Por lo tanto para el análisis del comportamiento del algoritmo ocupamos las componentes principales de la imagen original.

Posteriormente a las componentes principales de la imagen original se les aplicó la modificación del algoritmo Lbp, obteniendo como resultado otra imagen multiespectral, en la cual se observan con claridad los bordes y la textura de la imagen. En los resultados que se presentan se puede observar la primera componente principal ya que como se mencionó

anteriormente es ésta la que presenta la mayor cantidad de información significativa de la imagen (82.33420% de información significativa).

Para obtener mejores resultados en cuanto al análisis de textura aplicamos el operador divergencia a la primera componente principal con bordes y también aplicamos el operador divergencia a la primera componente principal pero sin bordes para observar las diferencias.

El operador divergencia mide el flujo de un campo vectorial, el flujo es la intensidad de líneas de campo que pasan a través de un área unitaria, y puede ser positivo, negativo o cero. Si el flujo tiene un valor de cero quiere decir que no hay flujo neto y por lo tanto el cambio en la densidad de las líneas de flujo también es cero.

Una región con textura se encuentra formada por píxeles que al ser representados en un campo vectorial están agrupados en nubes espectrales.

Un valor de la divergencia corresponderá entonces a un rasgo de textura suave cuando se esté atravesando una nube espectral con densidad homogénea. De lo anterior que la densidad de la nube espectral es un parámetro de rugosidad en la imagen de textura y nos indica que tan fina o que tan burda es la textura en la imagen analizada.

Cambios grandes en la densidad de la nube espectral son asociados con textura rugosa mientras que cambios significativamente pequeños son asociados con texturas suaves. Por lo tanto, los niveles en la intensidad de gris en el mapa de textura son directamente proporcionales a la densidad de la nube espectral.

Al visualizar el mapa de textura que resulta de aplicar el algoritmo del operador divergencia observaremos en tonos gris oscuro con valores de los píxeles tendiendo a cero áreas que representaran texturas suaves, y en tonos de gris claros con valores de los píxeles tendiendo a 256 a las áreas que representan texturas rugosas.

Por lo anterior aplicar el operador divergencia a la imagen que obtuvimos de bordes nos ayudará a obtener mejores resultados en cuanto a la textura en las imágenes que analizaremos. Los resultados se muestran a continuación.

6.1 Aeropuerto de la Ciudad de México



Ilustración 2 Composición RGB (7, 4,2) del Aeropuerto de la Ciudad de México

Localizado en el norte del Valle de México el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México "Benito Juárez" (Ilustración 53) fue construido cerca del Antiguo Aeródromo Militar de Balbuena. Se ubica en la delegación [Venustiano Carranza](#) y es el primer aeropuerto civil de [México](#). Es el principal puerto aéreo nacional e internacional del país. Se decidió analizar esta área debido a que contiene un gran área urbana que es Ciudad Netzahualcóyotl y Chimalhuacán, también presenta cuerpos de agua pertenecientes al sistema de aguas de la Ciudad de México. Dentro de esta zona podemos observar el comportamiento del algoritmo:

- a) Bordes bien definidos para cuerpos de agua
- b) Delimitación del área urbana y visualización de carreteras

Primera Componente Principal sin bordes



Ilustración 3 Primera Componente Principal sin bordes del aeropuerto de la Ciudad de México

Primera Componente Principal con bordes

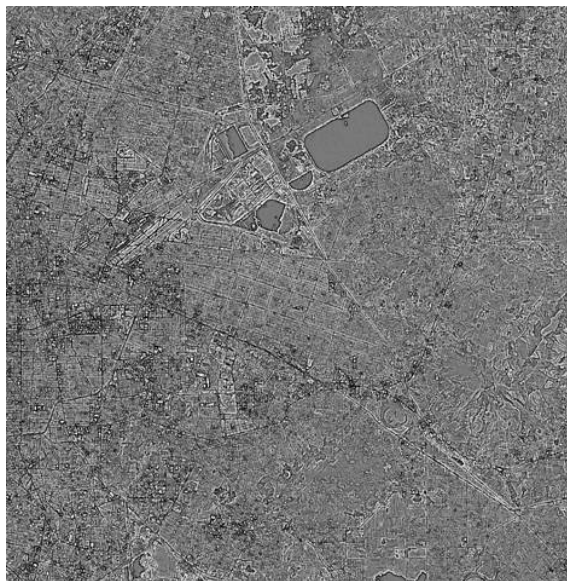


Ilustración 4 Primera Componente Principal con bordes del aeropuerto de la Ciudad de México

Divergencia a la Primera Componente Principal sin bordes



Ilustración 5 Divergencia de la Primera Componente Principal sin bordes del aeropuerto de la Ciudad de México

Divergencia a la Primera Componente Principal con bordes



Ilustración 6 Divergencia de la Primera Componente Principal con bordes del aeropuerto de la Ciudad de México



Ilustración 7 Mapa del área de Texcoco



Ilustración 8 Primera componente principal del área de Texcoco sin bordes

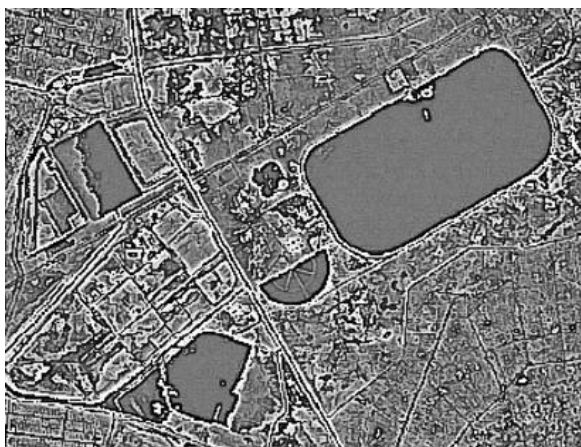


Ilustración 9 Primera componente principal del área de Texcoco con bordes

En las imágenes de la izquierda observamos los cuerpos de agua, como estos cuerpos de agua son artificiales se aprecia de mejor manera sus límites, bien definidos y regulares. En la imagen correspondiente a la primera componente principal sin bordes (Ilustración 59), se observa bien definido lo descrito anteriormente; para la imagen con bordes (Ilustración 60), de igual manera se observa con buena calidad los bordes y además se notan los sedimentos que tiene el vaso regulador “Cola de pato” que es parte del sistema de drenaje de la ciudad de México.

En la Ilustración 60 observamos en base a su textura y color cuerpos de agua e infraestructura (carreteras y avenidas) de color gris oscuro. Mientras que el color gris claro nos representa áreas construidas y de vegetación con actividad agrícola.



Ilustración 10 Divergencia de la Primera componente principal del área de Texcoco sin bordes

En la imagen correspondiente a la divergencia de la primera componente principal sin bordes (Imagen 61) observamos de color gris oscuro tendiendo al negro las texturas suaves.



Ilustración 11 Divergencia de la Primera componente principal del área de Texcoco con bordes

En la imagen correspondiente a la divergencia de la primera componente principal con bordes (Ilustración 62) observamos de mejor calidad la textura, en color gris claro tendiendo al blanco para texturas rugosas como son los edificios y en un tono gris oscuro tendiendo al negro para texturas suaves como son las carreteras que se pueden ver, en esta imagen podemos observar la manera en que los bordes se ven con claridad.



Ilustración 12 Mapa de Ciudad Netzahualcóyotl

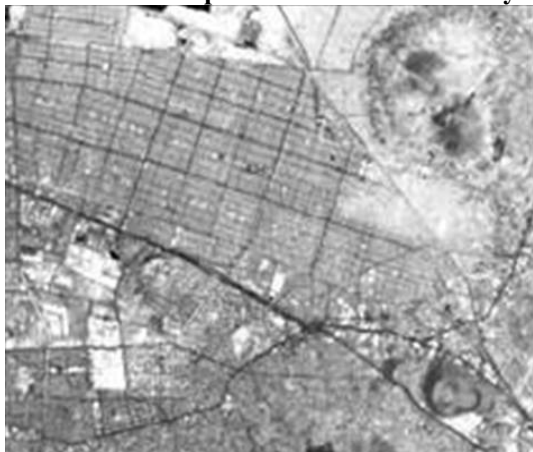


Ilustración 13 Primera Componente Principal del área de Netzahualcóyotl sin bordes

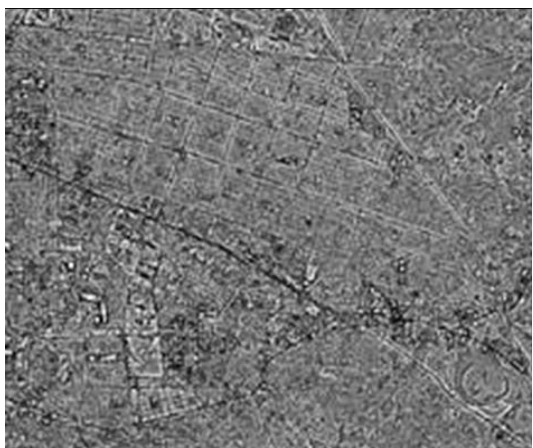


Ilustración 14 Primera Componente Principal del área de Netzahualcóyotl con bordes

Las tres imágenes de la izquierda corresponden a Ciudad Netzahualcóyotl y los Reyes Acaquilpan (Ilustración 63). Podemos observar también una parte de Chimalhuacán y el relleno sanitario de Santa Catarina, además de la carretera México-Puebla

En la imagen que corresponde a la primera componente principal sin bordes (Ilustración 64) se observan con claridad las áreas anteriormente descritas

En la tercera imagen, en la cual se aplicó el algoritmo Lbp (Ilustración 65), observamos de un color gris claro la textura que nos da la ubicación de una gran área urbana así mismo se observa el trazo de calles y avenidas con esa misma textura pero en color más oscuro, aunque se pierde la calidad en los edificios, ello se puede deber a la resolución de la imagen.



Ilustración 15 Divergencia de la Primera Componente Principal del área de Netzahualcóyotl sin bordes



Ilustración 16 Divergencia de la Primera Componente Principal del área de Netzahualcóyotl con bordes

En la imagen correspondiente a la divergencia de la primera componente principal sin bordes (Imagen 66) observamos de color gris oscuro tendiendo al negro con valores pequeños en los pixeles las texturas suaves como son las carreteras, observamos que se pueden ver con claridad la delimitación de las manzanas .

En la imagen correspondiente a la divergencia de la primera componente principal con bordes (Ilustración 67) observamos con una mejor calidad la textura de la imagen. En color gris oscuro para objetos que presentan textura suave como las carreteras y de color gris claro para objetos con textura rugosa, observamos claramente el relleno sanitario de santa Catarina en color gris claro tendiendo al blanco al igual que la zona de Chimalhuacán por ser zonas con relieve no homogéneo.

6.2 Sur del Distrito Federal Xochimilco, Tláhuac

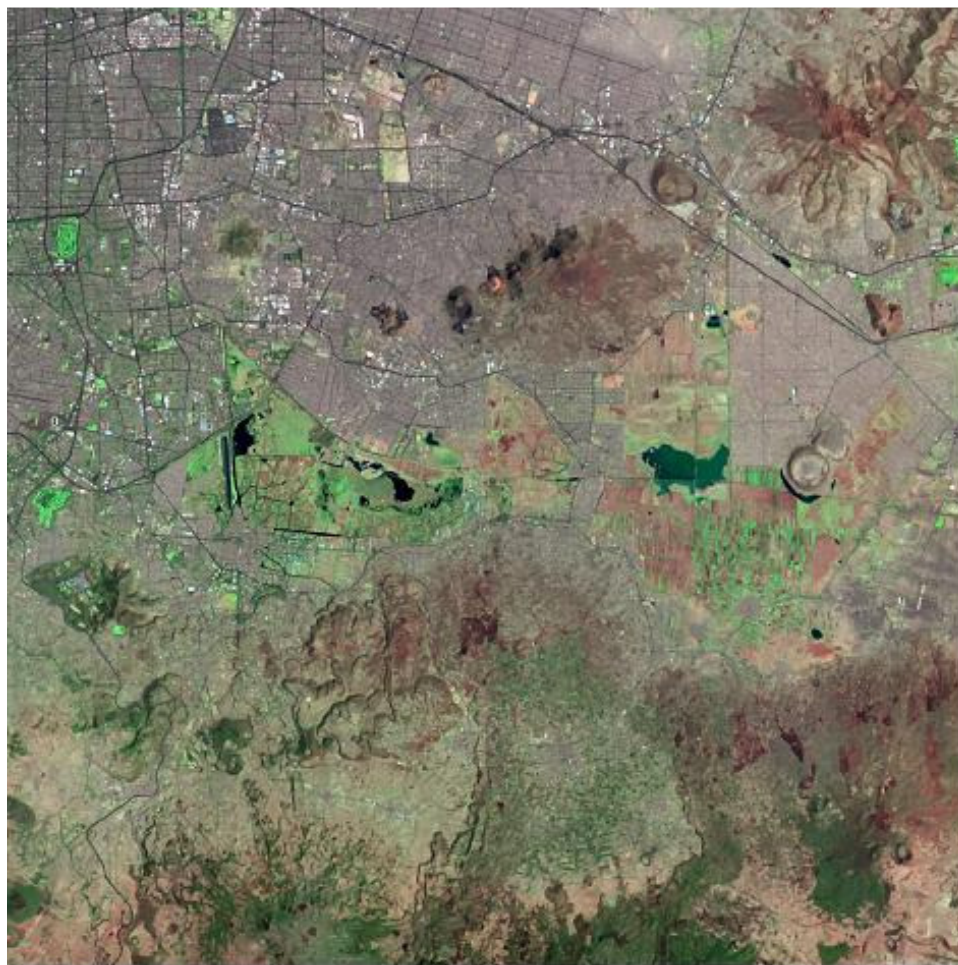
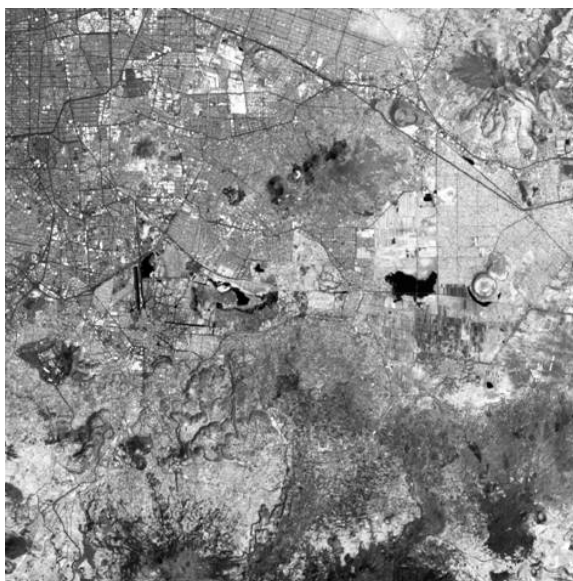


Ilustración 17 Composición RGB (7, 4,2) de la zona de Xochimilco y Tláhuac

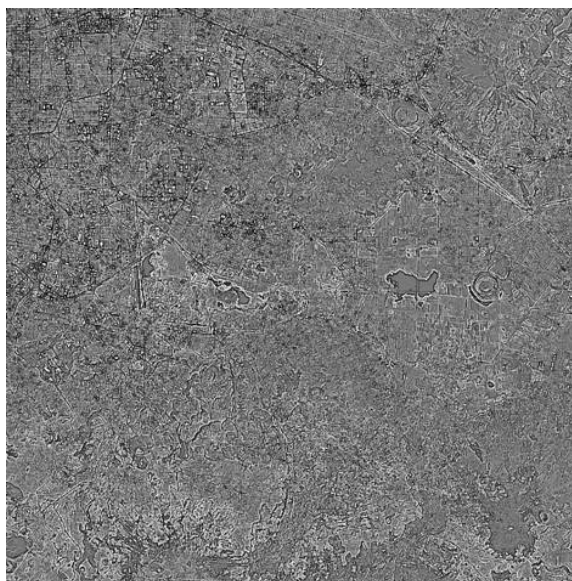
Localizadas al sur del Valle de México se encuentran las delegaciones de Xochimilco y Tláhuac (Ilustración 68), se realizó el análisis de esta zona para ver de qué manera se comporta el algoritmo para las zonas de cultivo que aún estando en el distrito federal conservan su origen rural, además de ser un gran pulmón de aire para la Ciudad de México. En esta imagen podemos observar en la parte del centro los ejidos de Xochimilco y San Gregorio, en la parte derecha observamos el valle de Chalco, observamos también zonas de cultivo y cuerpos de agua. Dentro de esta zona podemos observar el comportamiento del algoritmo:

- a) Bordes bien definidos para Cuerpos de agua, relieve y áreas de cultivo.
- b) Caminos, carreteras y zona urbana bien definida

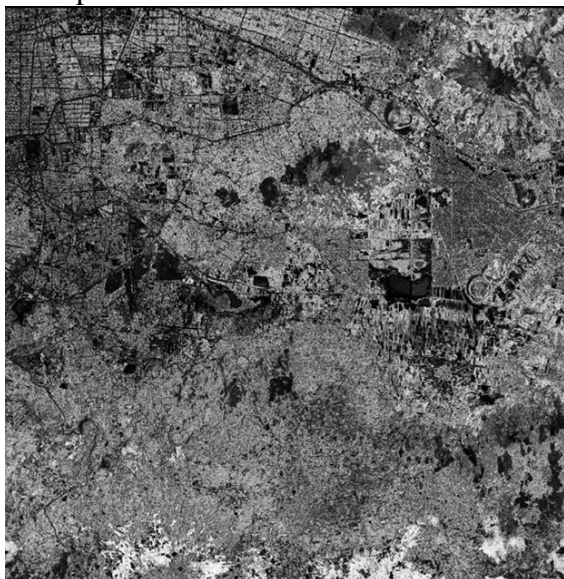
Primera Componente Principal sin bordes

**Ilustración 18** Primera componente del sur del Valle de México sin bordes

Primera Componente Principal con bordes

**Ilustración 19** Primera componente del sur del Valle de México con bordes

Divergencia a la Primera Componente Principal sin bordes

**Ilustración 20** Divergencia de la Primera componente del sur del Valle de México sin bordes

Divergencia a la Primera Componente Principal con bordes

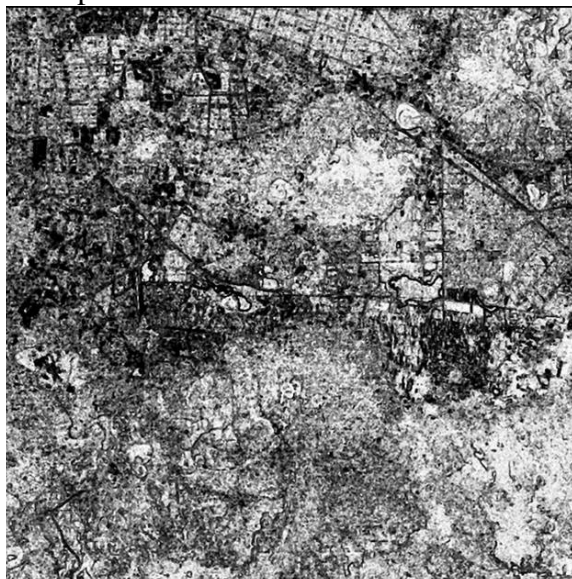
**Ilustración 21** Divergencia de la Primera componente del sur del Valle de México con bordes



Ilustración 22 Mapa de la zona de Chalco

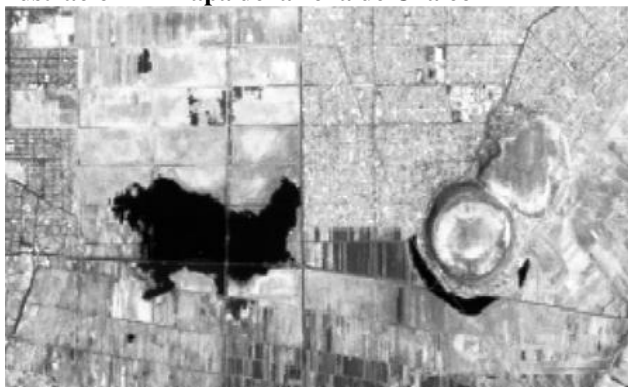


Ilustración 23 Primera Componente Principal de la zona de Chalco sin bordes



Ilustración 24 Primera Componente Principal de la zona de Chalco con bordes

En las imágenes de la izquierda observamos el área de Chalco, en la imagen correspondiente a la primera componente principal sin bordes (Ilustración 74) observamos claramente la laguna de Chalco, áreas de cultivo, avenidas principales y el cerro de Xico.

En la imagen que corresponde a la primera componente principal con bordes (Ilustración 75) observamos que la textura fina color gris nos representa aéreas de vegetación definida así mismo se observa cuerpos de agua con el contorno más oscuro donde su textura es homogénea.

También se observa la textura fina de color más claro que representa áreas de construcción e infraestructura.

Existe otro elemento que se distingue de acuerdo a su textura la cual corresponde a una pequeña elevación que representa el cráter del cerro de Xico

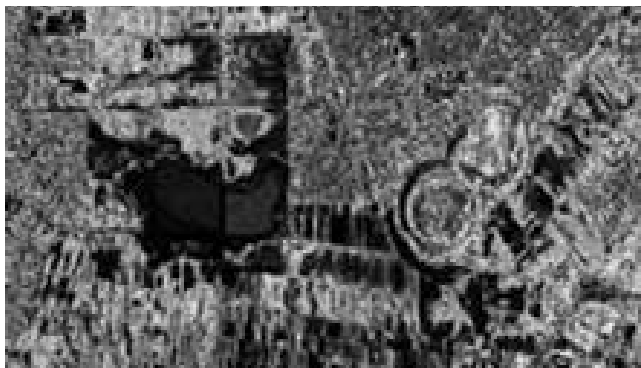


Ilustración 25 Divergencia de la Primera Componente Principal de la zona de Chalco sin bordes

En la imagen correspondiente a la divergencia de la primera componente principal sin bordes (Ilustración 76) observamos en color gris oscuro casi negro zonas con textura suave como son los cuerpos de agua y en tono gris claro tendiendo al blanco áreas que presentan textura rugosa, como son las áreas de cultivo y el relieve.



Ilustración 26 Divergencia de la Primera Componente Principal de la zona de Chalco con bordes

En la imagen correspondiente a la divergencia de la primera componente principal con bordes (Ilustración 77) observamos con mejor claridad los bordes del lago de Chalco y los canales, también observamos con claridad en tono gris claro las zonas que presentan una textura rugosa como en cerro de Xico.



Ilustración 27 Mapa del área de Xochimilco



Ilustración 28 Primera componente principal del área de Xochimilco sin bordes



Ilustración 29 Primera componente principal del área de Xochimilco con bordes

Las imágenes de la izquierda corresponden al área de Xochimilco, en la imagen correspondiente a la primera componente principal sin bordes (Ilustración 79) observamos con claridad el área urbana, las carreteras y avenidas principales, los cuerpos de agua, la zona chinampera y la red de canales.

En la imagen correspondiente a la primera componente principal con bordes (Ilustración 80) los elementos más representativos en base a su textura y color son; cuerpos de agua, áreas de cultivo, red de canales de la zona chinampera, infraestructura y construcciones.

Para la zona chinampera y el área de cultivo la textura es fina de color gris claro.

Para los cuerpos de agua la textura es fina, homogénea y de color gris oscuro así como para la red de canales.

Para la zona de infraestructura y construcciones la textura es fina y de color gris claro.



Ilustración 30 Divergencia de la Primera componente principal del área de Xochimilco sin bordes

En la imagen que muestra la divergencia de la primera componente principal sin bordes (Ilustración 81) se observan con claridad los cuerpos de agua como son las la laguna de Xochimilco y la pista de canotaje de Cuemanco, estos se observan en tono gris oscuro ya que estamos hablando de áreas que presentan textura suave, también se observa en un tono gris claro las áreas de cultivo.



Ilustración 31 Divergencia de la Primera componente principal del área de Xochimilco con bordes

En la imagen que muestra la divergencia de la primera componente principal con bordes (Ilustración 82) observamos con mayor claridad las áreas de textura rugosa que presentan valores de pixeles que tienden a 256 y presentan un tono gris claro como son las áreas de cultivo o chinampas, observamos en tono gris oscuro los bordes de los cuerpos de agua y la carretera presente en la imagen

6.3 Volcán Popocatépetl e Iztacíhuatl

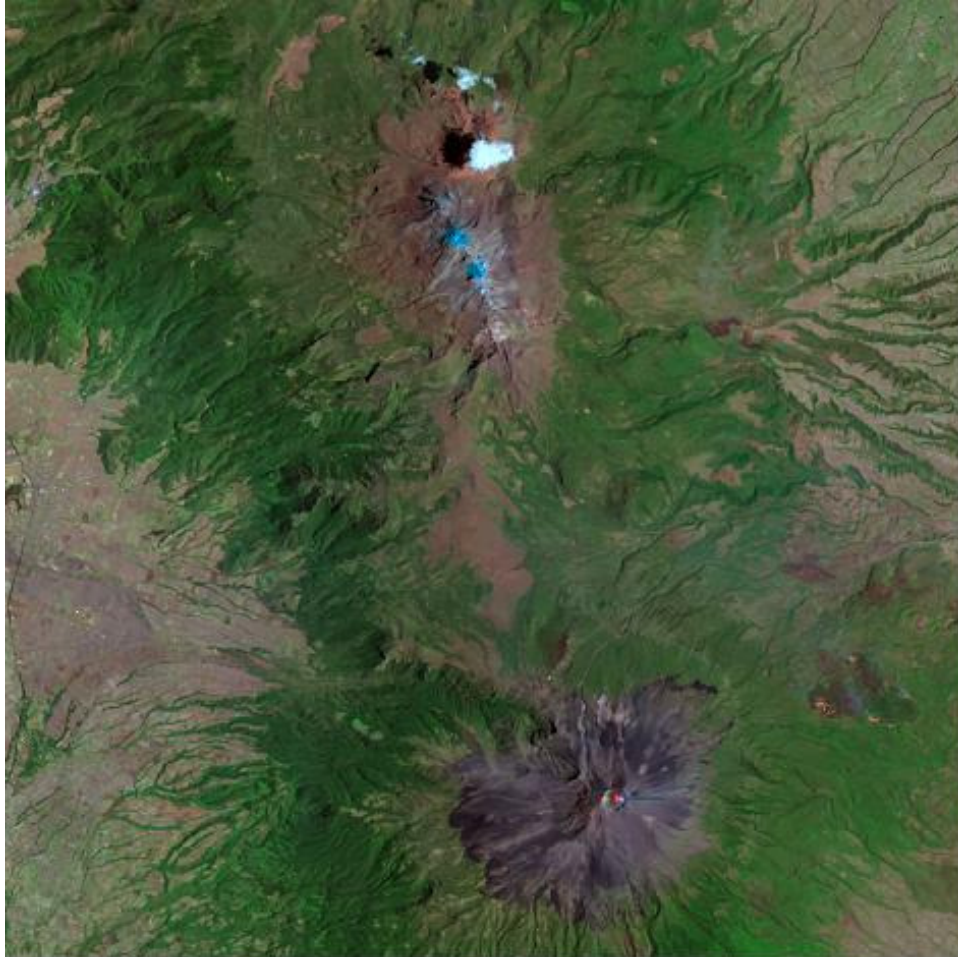
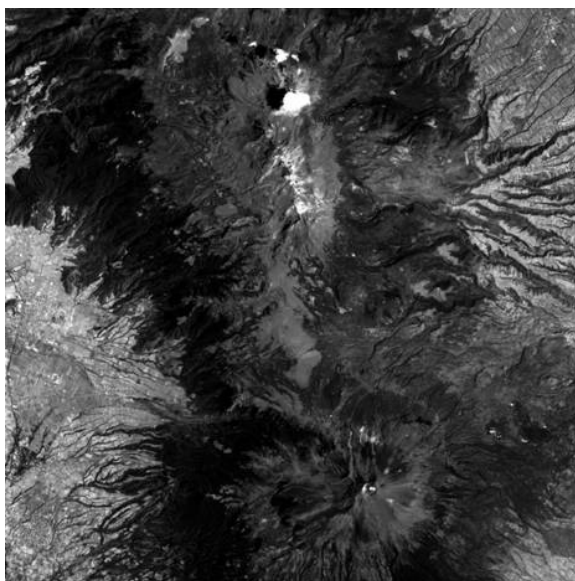


Ilustración 32 Composición RGB (7, 4,2) de los volcanes Popocatépetl e Iztacíhuatl

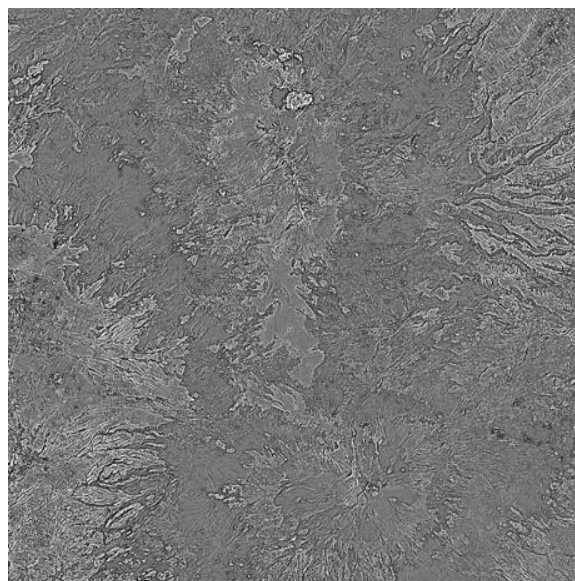
Los volcanes Popocatépetl e Iztacíhuatl (Ilustración 83) se encuentran localizados entre los límites territoriales de los estados de Morelos, Puebla y México. Se localizan a unos 55 Km del sureste de la Ciudad de México. El Popocatépetl es un volcán de forma cónica simétrica; está unido por la parte norte con el Iztacíhuatl mediante un paso montañoso conocido como Paso de Cortes. En la Ilustración 83 observamos podemos distinguir las zonas boscosas con algunas zonas de cultivo además de las faldas de los volcanes. Además, de manera curiosa observamos una nube sobre el volcán Iztacíhuatl. Dentro de esta zona podemos observar el comportamiento del algoritmo:

- a) Relieve bien definido
- b) Áreas verdes y áreas deforestadas bien definidas

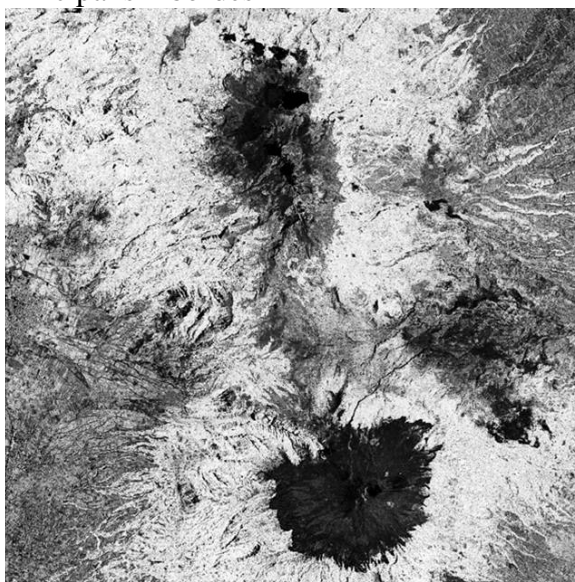
Primera Componente Principal sin bordes

**Ilustración 33** Primera componente principal de los volcanes Popocatépetl e Iztacihuatl sin bordes

Primera Componente Principal con bordes

**Ilustración 34** Primera componente principal de los volcanes Popocatépetl e Iztacihuatl con bordes

Divergencia a la Primera Componente Principal sin bordes

**Ilustración 35** Divergencia de la Primera componente principal de los volcanes Popocatépetl e Iztacihuatl sin bordes

Divergencia a la Primera Componente Principal con bordes

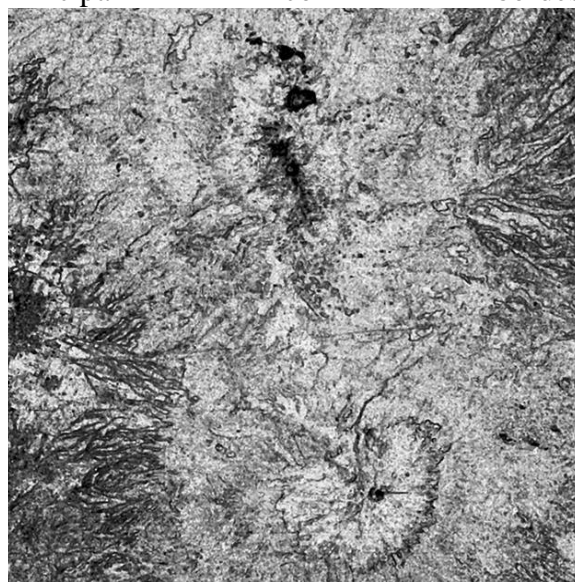
**Ilustración 36** Divergencia de la Primera componente principal de los volcanes Popocatépetl e Iztacihuatl con bordes



Ilustración 37 Imagen del volcán Popocatépetl

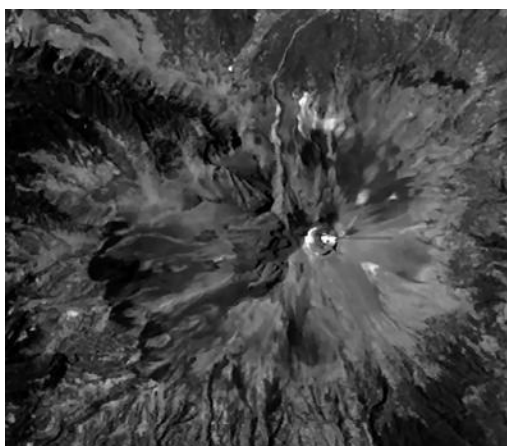


Ilustración 38 Primera componente principal del volcán Popocatépetl sin bordes

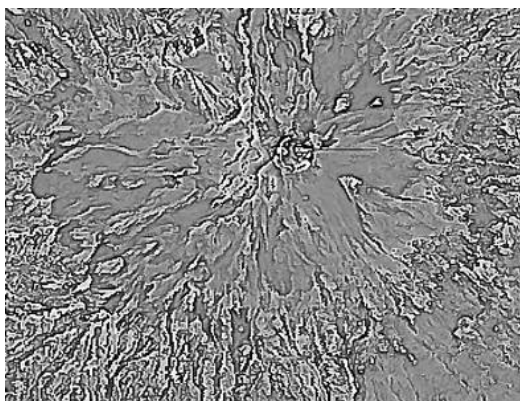


Ilustración 39 Primera componente principal del volcán Popocatépetl con bordes

En las imágenes de la izquierda observamos el relieve correspondiente al volcán Popocatépetl y áreas aledañas, apreciándose en el primer caso (Ilustración 88) el cráter y su edificio volcánico. En la imagen correspondiente a la primera componente principal sin bordes (Ilustración 89), se observa con mayor detalle las pendientes del cono. También se aprecian las áreas correspondientes a las formaciones rocosas formadas por las diferentes erupciones que fueron formando el cono volcánico. En la imagen correspondiente a la primera componente principal con bordes (Ilustración 90) se observa textura fina de color gris claro que representa las aéreas desprovistas de vegetación, estas no son uniformes debido a que son pendientes de ladera del volcán Popocatépetl. También se observa un gris con textura fina granular la cual representa pequeñas aéreas con vegetación de bosque y matorral, estas se ubican en ladera media del volcán Popocatépetl. Por último se observa esta misma textura pero de color gris oscuro que representan pequeñas depresiones tales como barrancas y cañadas.

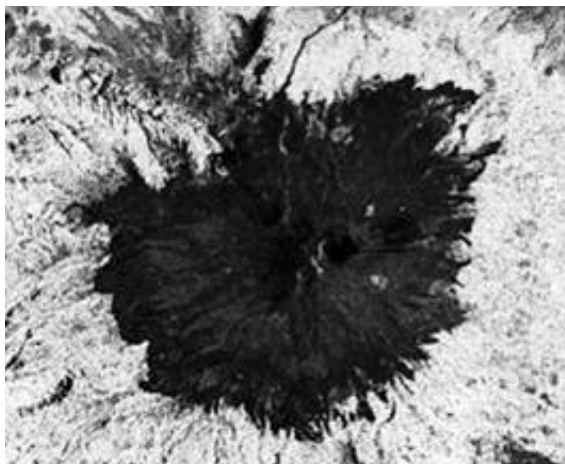


Ilustración 40 Divergencia de la Primera componente principal del volcán Popocatépetl sin bordes

En la imagen que corresponde a la divergencia de la primera componente principal sin bordes (Ilustración 91) observamos en tonos gris oscuros las aéreas desprovistas de vegetación, y en tono gris claro las áreas que presentan vegetación en la ladera media del volcán observamos en tono gris oscuro un camino al norte de la imagen.

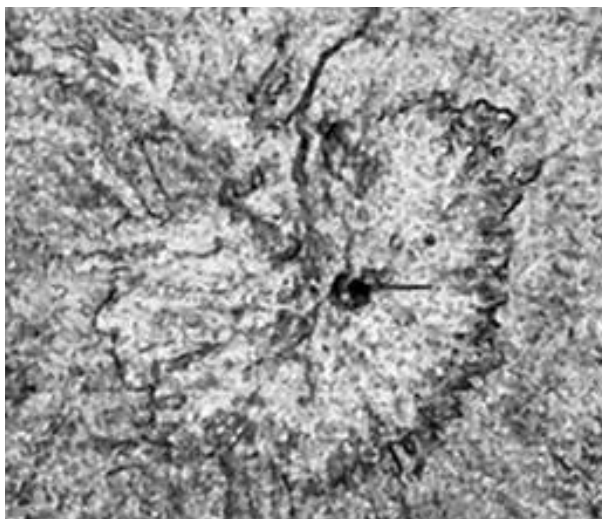


Ilustración 41 Divergencia de la Primera componente principal del volcán Popocatépetl con bordes

En la imagen correspondiente a la divergencia de la primera componente principal con bordes (Ilustración 82) observamos en tonos gris claros las áreas con textura rugosa y en tono gris oscuro los bordes de los límites entre el área que contiene vegetación y el área que carece de ella en el Volcán



Ilustración 42 Imagen del volcán Iztacíhuatl

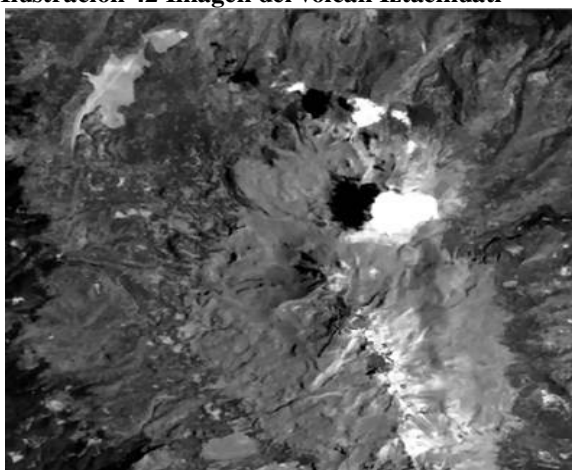


Ilustración 43 Primera componente principal del volcán Iztacíhuatl sin bordes

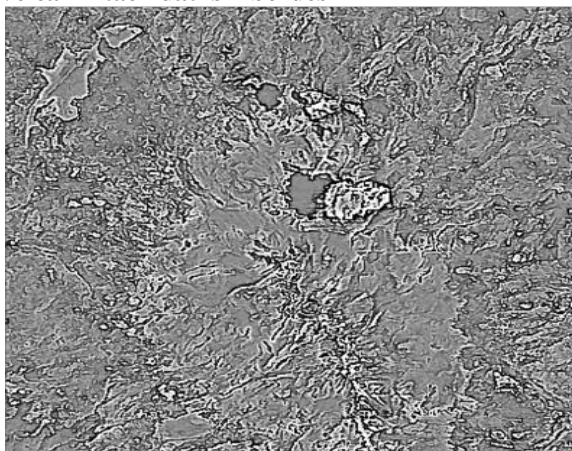


Ilustración 44 Primera componente principal del volcán Iztacíhuatl con bordes

En las imágenes de la izquierda observamos el volcán Iztacíhuatl (Ilustración 93), en la imagen correspondiente a la primera componente principal sin bordes (Ilustración 94) observamos las pendientes del volcán y el relieve. En la imagen correspondiente a la primera componente principal con bordes (Ilustración 95) observamos un gris con textura fina la cual representa pequeñas aéreas con vegetación y una textura fina de color gris claro y homogénea para zonas desprovistas de vegetación, así mismo observamos de color gris un poco más oscuro depresiones

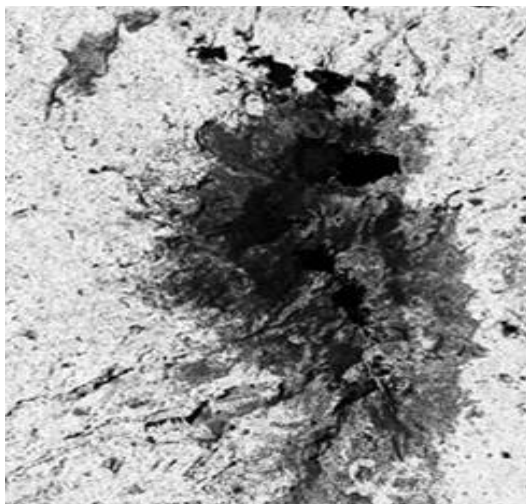


Ilustración 45 Divergencia de la Primera componente principal del volcán Iztacíhuatl sin bordes

En la imagen que corresponde a la divergencia de la primera componente principal sin bordes (Ilustración 96) observamos en color gris claro la zona que presenta vegetación y por lo tanto es una zona que presenta textura rugosa. En color gris oscuro observamos las áreas carentes de vegetación y que presentan caminos, cañadas, laderas o las depresiones del volcán.

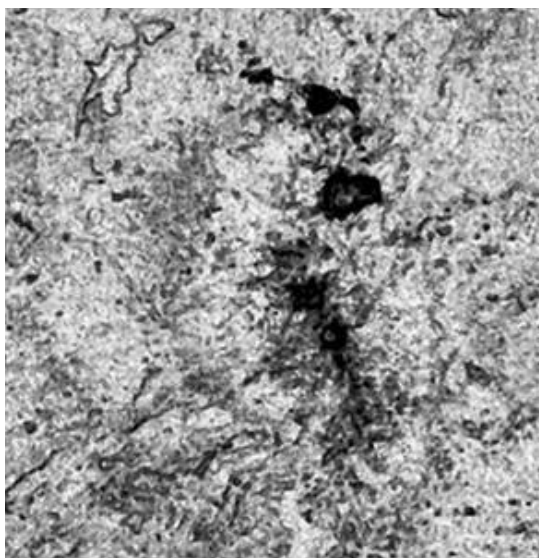


Ilustración 46 Divergencia de la Primera componente principal del volcán Iztacíhuatl con bordes

En la imagen que corresponde a la divergencia de la primera componente principal con bordes (Ilustración 97) observamos en color gris claro el área rugosa que presenta vegetación y en tono oscuro observamos el área que presenta más sinuosidades en el terreno del volcán Iztacíhuatl además observamos con claridad el borde que presenta un área que se encuentra deforestada en la parte superior izquierda de la imagen