

SISMOS EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Zenón Jiménez J.,
Luis Quintanar R.
Jaime Yamamoto V.

La ciudad de México y su área metropolitana han sufrido desastres por temblores frecuentemente; el temblor de Michoacán del 19 de septiembre de 1985 es el más reciente. El foco de la mayoría de estos temblores se localiza en la costa del Pacífico a aproximadamente 350 km de distancia de la ciudad de México. El origen de estos temblores ha sido ampliamente estudiado y se considera que está relacionado con la subducción de la Placa de Cocos debajo de la Placa Norteamericana, proceso geotectónico que está sucediendo en la costa del occidental de México. Estos temblores, denominados de subducción, son los más frecuentes, de mayor magnitud y consecuentemente los de mayor peligro potencial.

En la parte central de México por otro lado, también se originan temblores, aunque con menos frecuencia; estos ocurren a lo largo del Eje Neovolcánico y localmente en el valle de México. Estos sismos son generalmente de pequeña magnitud, aunque ocasionalmente ocurren eventos mayores. Existe información de que daños severos en la ciudad de México y poblaciones del Estado de México fueron producidos por un temblor el 19 de noviembre de 1912 de magnitud 7.0 cuyo epicentro se localizó en las cercanías de la población de Acambay en el Estado de México, aproximadamente 125 kilómetros al norte de la ciudad de México. Este es el único temblor más grande ocurrido cerca de la ciudad de México bien documentado y del que se tiene registro instrumental. Adicionalmente, otros temblores de menor magnitud (5.3 Richter) en la misma región de Acambay ocurrieron en 1979. En esta ocasión, sin embargo, nos referiremos únicamente a los sismos locales que ocurren en el valle de México.

Sismicidad del valle de México

Los antecedentes del conocimiento de la sismicidad en la región del valle de México se remontan un poco antes de la llegada de los españoles. Se tiene conocimiento que en 1475, un temblor aparentemente de origen local causó severos daños a las construcciones en la

Gran Tenochtitlán hoy ciudad de México. Posteriormente, ya en la época de la Colonia, Orozco y Berra (1887) describe la ocurrencia de un temblor el 12 de mayo de 1776, que fue sentido en la ciudad de México con un fuerte movimiento trepidatorio corto y de gran intensidad, cuyas características sugieren también ser de fuente local.

El estudio sistemático de la sismicidad del valle de México se inicia con la fundación del Servicio Sismológico Nacional (SSN) el 5 de septiembre de 1910. Estos estudios de sismicidad del valle muestran varios sismos locales en el área metropolitana de la ciudad de México. Aquí solamente reportaremos los sismos más documentados, como el del 12 de agosto de 1959 que ocurrió en Santa Cruz Ayotuzco, Tlalnepantla, que derribó una casa de adobe y fue sentido en esa zona con intensidad máxima de IV a V en la escala de Mercalli Modificada; se reportó también que se formó una "falla" de 600 metros de largo. En el borde oriental de la cuenca de México, el 22 de enero de 1973 se sintió un temblor con intensidad de VI en prácticamente toda la ciudad de México, Texcoco y Tlalnepantla; el epicentro estuvo ubicado en la región del vaso de Texcoco y fue reportado con magnitud de 3.7. Al poniente de la ciudad de México, hay reportes frecuentes de sismos sentidos con intensidades de hasta V en las colonias de El Capulín, Belén de las Flores, Las Palmas, Observatorio, Tacubaya y San Pedro de los Pinos. Entre los sismos sentidos en esa zona destaca la secuencia ocurrida del 4 al 10 de febrero de 1981. Hacia el sur de la ciudad son frecuentes los sismos que ocurren bajo la Sierra del Ajusco, de particular importancia es el del 12 de julio de 1974, cuyo epicentro se localizó a una distancia de 4.5 km de Ciudad Universitaria y que produjo en este sitio las aceleraciones más grandes registradas hasta la fecha por un sismo local. En Juchitepec, Edo. de México, tuvo lugar un sismo el 7 de febrero de 1984 que fue sentido con una intensidad de V en los pueblos al sureste del Distrito Federal. El 19 de octubre, un mes después del terremoto de 1985, ocurrió un sismo de magnitud 4.5 cerca de la población de Tres Marías, Mor., en el borde sur del valle de México, fue fuertemente sentido en Tlalpan, Contreras, y Xochimilco, ocasionando daños moderados en el pueblo de Santa Cecilia, D.F. Más recientemente se han registrado dos sismos importantes: el 21 de enero de 1995 en la zona de Milpa Alta de magnitud 3.9 y el día 16 de octubre de 2005, en la región sur de la ciudad de México, con una magnitud de 3.1, cuyo epicentro fue localizado a 5 km al sur de Ciudad Universitaria. Cabe mencionar que estos últimos eventos fueron registrados con sismógrafos de mayor ancho de banda, que permitieron estudios más completos.

En resumen, el conocimiento actual aunque limitado, indica que la mayor parte de la actividad sísmica local se concentra en los bordes oriental, occidental y sur del valle de México, incluyendo la zona urbana de la ciudad de México, ver Figura 1.

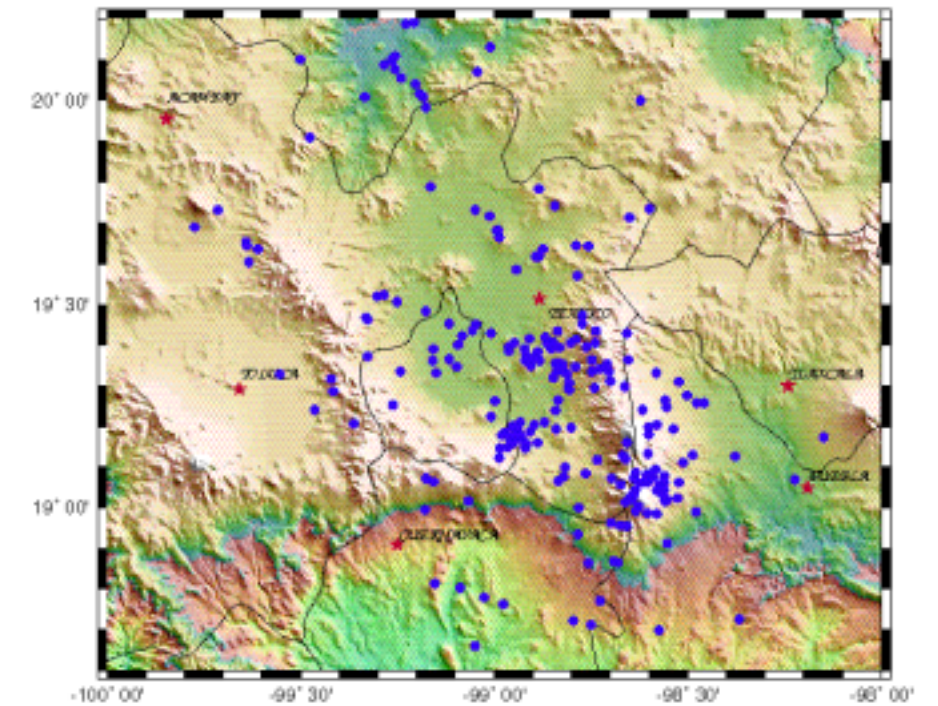


Fig. 1. Mapa de sismicidad de la cuenca de México entre 1996 y 2000. La mayor actividad sísmica se origina principalmente al oriente de la cuenca independientemente de la sismicidad asociada al proceso eruptivo del Popocatepetl. En este período, al occidente de la cuenca, así como en el área de la ciudad de México se observa poca actividad sísmica.

sigue>>>

un viStazo a los auTores

Ana María Soler

(ane@geofisica.unam.mx) estudió la preparatoria en el Colegio La Florida y en 1977 ingresó a la Licenciatura en Física, en la Facultad de Ciencias de la UNAM. Continuó con sus estudios de maestría y doctorado en Sismología y Física del Interior de la Tierra y en 1998 ingresó al departamento de Geomagnetismo y Exploración del Instituto de Geofísica donde continúa trabajando hasta la fecha en temas de arqueomagnetismo, paleomagnetismo y tectónica.

Jaime Yamamoto Victorio

Obtuvo la Licenciatura en Física en la Facultad de Ciencias de la UNAM. Posteriormente cursó la Maestría en Geofísica en la misma UNAM. Mediante una beca del Gobierno de Japón hizo estudios de Sismología en el Instituto Internacional de Sismología en Tokio, Japón. En 1978 obtuvo el doctorado en Geofísica, con la especialidad de Sismología, en la Universidad de Saint Louis Missouri, Estados Unidos. Posteriormente se incorporó como investigador al Departamento de Sismología del Instituto de Geofísica de la UNAM, donde fue jefe del Servicio Sismológico Nacional por varios años.

Luis Quintanar Robles

(luisq@ollin.igeofcu.unam.mx) egresado de la Escuela Nacional Preparatoria, plantel Gabino Barreda. Estudió la Licenciatura en Física en la Facultad de Ciencias de la UNAM donde obtuvo también el grado de Maestría en Ciencias (Geofísica). Con apoyo económico del Gobierno Francés y de la propia UNAM hizo el Doctorado en la Universidad de París. Posteriormente se incorporó como investigador en el departamento de Sismología del Instituto de Geofísica, de la UNAM, y actualmente es responsable de la Red Sísmica del Valle de México, la cual se encarga de monitorear la actividad sísmica originada dentro del propio valle.

Zenón Jiménez Jiménez

(zenon@ollin.igeofcu.unam.mx) estudió la preparatoria en la Escuela Nacional Preparatoria No. 2. Hizo la licenciatura en Física en la facultad de Ciencias de la UNAM y allí mismo realizó la Maestría en Ciencias (Geofísicas). Ha realizado labores académicas en el Instituto de Geofísica desde 1967 y ha desempeñado dos veces el cargo de Jefe del Servicio Sismológico Nacional, y precisamente tenía es cargo cuando ocurrió el terremoto del 19 de septiembre de 1985.

Charlas de divulgación

“RESIDUOS URBANOS ¿QUE GRAN PROBLEMA!”

TOMÁS GONZÁLEZ
JUNIO 8

“EL ORIGEN DE LAS ROCAS ÍGNEAS”

JUAN CARLOS MORA
JULIO 6

“PALEOCLIMATOLOGÍA, ¿CÓMO Y PORQUÉ SE ESTUDIA?”

LIGIA PÉREZ CRUZ
AGOSTO 17

“SISMOS, LO QUE LA TIERRA INTENTA DECIRNOS”

XYOLI PÉREZ CAMPOS
SEPTIEMBRE 7

INSTITUTO DE GEOFÍSICA
CIUDAD UNIVERSITARIA
AUDITORIO TLAYOLOTL 12:00HRS.
(ENTRADA LIBRE)

EDICIÓN

Dra. Margarita Caballero
Miranda
Tel. 56 22 42 33
maga@geofisica.unam.mx
Dra. Ana Ma. Soler
Tel. 56 22 42 34
anesoler@geofisica.unam.mx

los que lo hacemos

Impreso en la Unidad de Apoyo
Editorial del Instituto de
Geofísica, UNAM

DISEÑO
Alberto Centeno Cortés

La Unidad de Educación Continua y a Distancia en Ciencias de la Tierra le invita a las proyecciones que se llevarán a cabo los viernes a las 13:00 hrs. en el Auditorio Tlayolotl en el Edificio Anexo del Instituto de Geofísica de la UNAM, en Ciudad Universitaria

Entrada Libre

Paseando con animales
prehistóricos

30 Junio

Roca viva

25 Agosto

Géneisis

29 Septiembre

videocine
2006

EDICIÓN TÉCNICA
François Graffé Schmit
Freddy Godoy Olmedo

DISTRIBUCIÓN
Aída Sáenz

GEOFISICOSAS

¡HOLA!

EN ESTE NÚMERO TE PRESENTAMOS DOS ARTÍCULOS
MUY INTERESANTES:

ARQUEOMAGNETISMO

Y
SISMOS EN LA CIUDAD DE MÉXICO

NO TE OLVIDES DE VER LAS FECHAS DE LAS CHARLAS DE
DIVULGACIÓN Y DEL VIDEOCINE



INSTITUTO DE GEOFÍSICA
CIUDAD UNIVERSITARIA, CIRCUITO EXTERIOR
DELEGACIÓN COYOACÁN
C. P. 04510 TEL. 56 22 41 15

Num. 27, junio 2006

geofisica
UNAM

ARQUEOMAGNETISMO

Ana María Soler

Desde tiempos remotos los hombres han estado fascinados por el funcionamiento de los imanes. El primer reporte científico sobre el comportamiento de un imán lo hizo Thales de Mileto en el siglo VI antes de Cristo (a.C.), y en él describe que una barra de ámbar frotada previamente por una piel de gato puede atraer pequeños objetos.

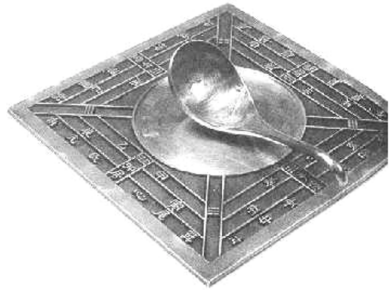


Fig. 1.- Brújula china.

Pero definitivamente un hecho que cambió la historia de la humanidad fue la introducción de la brújula en el siglo XII, desarrollada por los chinos durante la dinastía Qin (221-206 a.C.), ya que su uso permitió a los viajeros orientarse y así facilitó el descubrimiento de nuevas tierras. Entre otras cosas la brújula facilitó los viajes de Cristóbal Colón y por ende el descubrimiento de América en 1492.

En tiempos de Colón (S XV) se pensaba que el magnetismo era debido a la Estrella Polar y no a un campo magnético originado en el interior de la Tierra. La deducción de G. Mercator en 1546, de que los polos del campo magnético se encontraban en la Tierra, permitieron a W. Gilberts, en 1600 concluir que el campo magnético de la Tierra era similar al de un gran imán de barra.

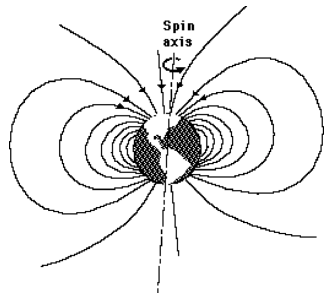


Fig. 2.- Campo magnético de la Tierra.

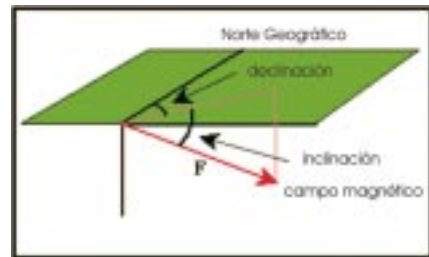


Fig. 3.- Componentes del vector del campo magnético.

Entonces, el campo magnético terrestre en un punto de su superficie es un vector (F) que se determina mediante dos ángulos: declinación e inclinación; su tamaño es la intensidad (Fig. 3). La declinación es el ángulo que forma la componente horizontal del vector con el norte geográfico, la inclinación es el ángulo que forma el vector con el plano horizontal. La intensidad normalmente se mide en gammas. Una característica del campo magnético terrestre es que la inclinación es dependiente de la latitud geográfica (distancia al Ecuador). Esta variación de la inclinación con la latitud fue corroborada con las mediciones que se hicieron en diversas partes del mundo, como las que realizó el Barón Von Humboldt en México y en Centro y Sudamérica a fines del siglo XVIII y principios del XIX. Por otro lado, las observaciones sobre la declinación de la brújula del astrónomo chino Yi-Xing en el año 720 d.C., junto con observaciones similares subsecuentes a lo largo de siglos, permitieron al matemático y astrónomo inglés Henry Gellibrand en 1634 determinar que la declinación, la inclinación y la intensidad magnética cambiaban con el tiempo (Fig. 5). A esta variabilidad en el tiempo de declinación, inclinación e intensidad del campo magnético se le denomina variación secular.

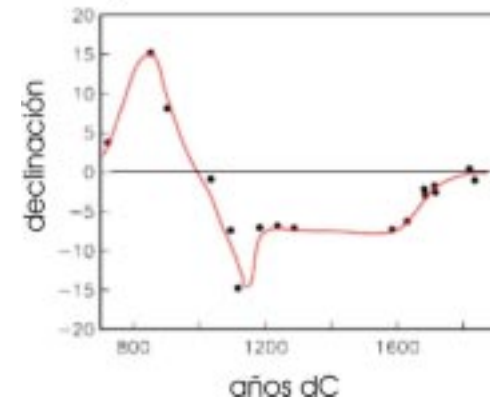


Fig. 4.- Variación de la declinación en el tiempo.

Debido a la presencia de minerales magnéticos en las rocas éstas pueden servir de registro de la intensidad, inclinación y declinación del campo magnético terrestre en el momento en que se formaron, esto es, en algún momento en el pasado. Esto se explica dado que los minerales magnéticos en las rocas a temperaturas mayores de 700 °C no pueden guardar magnetización alguna, es al momento de enfriarse por debajo de esta temperatura que "registran" la magnetización, la cual es denominada magnetización térmica remanente.

Esta propiedad de las rocas ha permitido el desarrollo del paleomagnetismo, que es el estudio del campo magnético terrestre en el pasado. El paleomagnetismo da un marco de referencia para comparar la variación de la dirección e intensidad del campo magnético terrestre en el tiempo, y puede, por lo tanto, servir como un método para conocer la edad de las rocas y otros materiales que tienen minerales magnéticos como son algunos materiales arqueológicos como hornos, fogones, comales, temazcales, pisos, techos y muros, que después de ser expuestos al fuego guardan la dirección e intensidad del campo magnético presente al momento de su última exposición, como lo ilustra la figura a continuación.



Fig. 5.- Esquema que ilustra la adquisición de magnetización de un material cerámico al calentarse.

Específicamente en el caso de la declinación magnética, para poder usarla como un método de fechamiento es necesario que se construya una curva de variación secular para cada región geográfica, pues como ya se mencionó, la dirección del campo es dependiente de la posición geográfica. La figura que se muestra a continuación es la gráfica de variación secular de la declinación magnética para Teotihuacán, elaborada por el Laboratorio de Paleomagnetismo del Instituto de Geofísica de la UNAM.

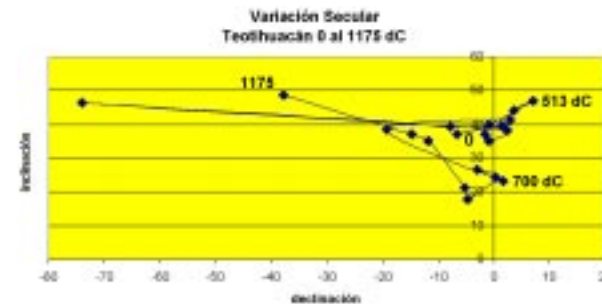


Fig. 6.- Curva de variación secular de la declinación magnética para Teotihuacán.



Fig. 7.- Aplicación del paleomagnetismo en la reconstrucción de piezas arqueológicas.

Otra aplicación en arqueología del paleomagnetismo (arqueomagnetismo) es para reconstruir piezas, ya que cada fragmento guarda la dirección del campo y como en un rompecabezas debe coincidir.

Otro método empleado en paleomagnetismo es el estudio de la variación de la intensidad del campo, por lo que un fragmento de un objeto de alfarería es desmagnetizado y expuesto a campos de diversas

intensidades, hasta obtener el valor del campo previo a la desmagnetización y de ahí inferir el valor del campo en el momento de la cocción de la pieza. También se debe contar con una curva maestra de la variación de la intensidad con el tiempo y así se puede obtener la fecha de elaboración.

Recientemente fue descrita la remanencia pictórica, esta es debida a que en la antigüedad los pigmentos se elaboraban con materiales naturales, y especialmente los pigmentos rojos se realizaban con óxidos de hierro como hematita y magnetita. Estos minerales son magnéticos y pueden orientarse con el campo magnético antes de secarse y al igual que las rocas o la cerámica guardar esta información al momento de secarse. Con esta nueva técnica hemos obtenido alentadores resultados en Cacaxtla, Cholula y El Templo Mayor. El grupo de Paleomagnetismo del Instituto de Geofísica de la UNAM ha realizado estudios de paleomagnetismo en diversas zonas arqueológicas como Teotihuacán, Teopancazco, Xalla, Templo Mayor, Tlaltelolco, Cacaxtla, Xochicalco, Chalco, Tajin, Cholula, y en la Zona Maya. Si te interesa saber más sobre estos temas, acércate al Instituto de Geofísica.



Fig. 8.- Obtención de muestras de pinturas para estudios de paleomagnetismo en Teotihuacán.

SISMOS EN LA CIUDAD DE MÉXICO

(cont.)

Origen de la sismicidad local del valle de México

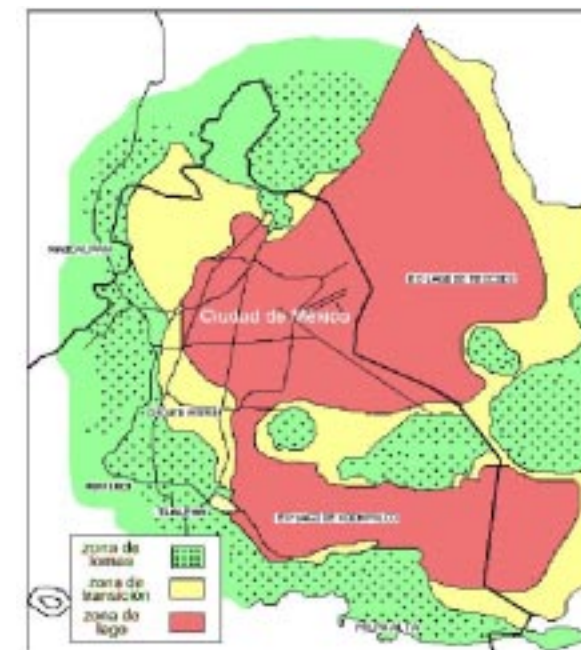
Hasta ahora, no se ha podido explicar con claridad las causas que originan estos temblores locales; aunque en algunos casos particulares, es probable que los sismos que ocurren en la ciudad de México o en sus cercanías tengan su origen en desplazamientos a lo largo de fallas antiguas, sísmicamente activas, que se originaron al formarse el valle. La intensa actividad volcánica que aún existe en ella, es una prueba de su dinamismo presente.

La dificultad en la determinación precisa de las causas que originan los temblores en el valle se debe a varios factores: primero, a la carencia de una red sísmica local con una densidad de instrumentos apropiada, segundo, a la magnitud pequeña de los sismos, generalmente menor de 3.5. Hay que recordar que el valle está cubierto por una gruesa capa de sedimentos lacustres, ver Figura 2, que dificultan las observaciones sísmicas, y además, la intensa actividad industrial de la ciudad produce un ruido de fondo que enmascara las señales sísmicas, y tercero, a la falta de una política gubernamental que fomente la investigación científica en este rubro.

En virtud de que los temblores que ocurren en la ciudad de México son de baja magnitud, la población difícilmente puede darse cuenta de su ocurrencia (a excepción de aquéllos que viven sobre la zona epicentral). Así, la única manera de detectar su ocurrencia es empleando una red local de sismógrafos instalada exprofeso para estudiar áreas particulares, como es el caso de "La Red del Valle de México" del SSN, que se ha ido desarrollando y consolidando en el curso de los últimos 10 años. Esta red fue creada para registrar y estudiar la sismicidad del valle de México, lo que ha permitido definir las zonas de mayor ocurrencia de eventos en esta región. Es así como se ha determinado que la mayor actividad sísmica se localiza al oriente del valle (Iztapalapa, Tláhuac, Ixtapaluca, Chalco, etc), zonas que coinciden con los remanentes de los ex-lagos de Xochimilco, Chalco y Texcoco.

Persisten aún muchas interrogantes acerca de las características de la sismicidad local, como es por ejemplo, el origen mismo de los sismos que ocurren al interior de la ciudad; éste es un factor de capital importancia que debe ser estudiado a detalle, ya que tiene una repercusión directa en el Reglamento de Construcción para el Distrito Federal.

Finalmente, en los últimos años ha habido un considerable esfuerzo de instituciones públicas y privadas para monitorear los movimientos fuertes del terreno generados por temblores, en distintas partes de la ciudad de México, cuya importancia debe resaltarse. Sin embargo, éste es sólo parte de una solución que debería incluir la instalación de una red muy densa de estaciones, que incluyan además de sismógrafos, otros instrumentos geofísicos que permitan adquirir la información necesaria para conocer con más detalle la estructura del subsuelo y los patrones de sismicidad de nuestra ciudad.



Si quiere saber más acerca de la Red Sísmica del Valle de México, le invitamos a consultar la página [http:// www.ssn.unam.mx/RSVM/index.html](http://www.ssn.unam.mx/RSVM/index.html)

Fig. 2. Mapa de zonificación. Los diferentes tonos muestran las diferentes características físicas del suelo de la ciudad de México.