

¿Sabes qué es un Tlatel?

Alejandra Arciniega

En muchas partes alrededor del mundo, en Europa, Asia y América, los antiguos pobladores de diferentes culturas construyeron montículos mediante la acumulación de rocas, escombros, frecuentemente pedacería de cerámica y lodo, formando prominencias sobre el nivel de la superficie. Los montículos presentan las características distintivas de cada región y del grupo que los habitaba, convirtiéndolos en sitios ideales para estudios arqueológicos. Los rastros de cerámica y las diferentes capas de relleno que forman un montículo son los principales elementos que se usan para determinar las características, el patrón de asentamiento, la forma de vida, etc. de los antiguos pobladores de una región. En general los montículos son nombrados según el uso que se les daba, que fundamentalmente era para defensa, como centros ceremoniales, como tumbas, para casas habitación o como zonas de cultivo. En Europa el uso más extendido de los montículos fue como tumbas, conocidas como tumuli (del latín *tumulus* tumba, plural tumuli), que se construyeron de variadas formas desde la Edad de Piedra hasta la Edad Media (Fig. 1). A los montículos construidos en Asia, desde Pakistán hasta Europa central, se les denomina Tells, estos abarcan desde el Neolítico hasta la edad de Bronce. Los nativos americanos desde Chile hasta Canadá, también construyeron una gran variedad de montículos representativos de cada región, algunos con características de pequeñas pirámides, como el montículo del Monje ubicado en la zona del río Mississippi (Fig. 2). Algunos montículos famosos construidos básicamente de arena y lodo asemejan la forma de animales, tal es el caso de un montículo en forma de serpiente, en Ohio, considerado el montículo más largo del mundo (Fig. 3).



Fig. 1. Montículos mortuorios o Tumuli.



Fig. 2. Montículo del Monje (Monks mound) ubicado en la zona del río Mississippi, Estados Unidos.

En la región del lago de Texcoco los Tlateles fueron sitios de ocupación temporal de diferentes grupos humanos. Aquí se han identificado más de 400 montículos de los que se han obtenido evidencias de ocupación temporal o permanente desde el Formativo (unos 2000 años antes de Cristo). La altura de los Tlateles era determinada predominantemente por las variaciones del nivel del agua del lago y los más altos alcanzaban hasta 8 m; muy probablemente fueron centros ceremoniales.

La identificación y estudio de estos montículos es importante porque proveen de información arqueológica que permite reconstruir los patrones de asentamiento y el modo de vida de los antiguos pobladores del Valle de México. Su estudio también es útil para entender el comportamiento del suelo sobre el que se está edificando la moderna zona metropolitana de la Ciudad de México. Sin embargo, su identificación y excavación suele ser un arduo y largo trabajo debido al crecimiento de las zonas urbanas, a la erosión y a las actividades de agricultura que se han desarrollado en los

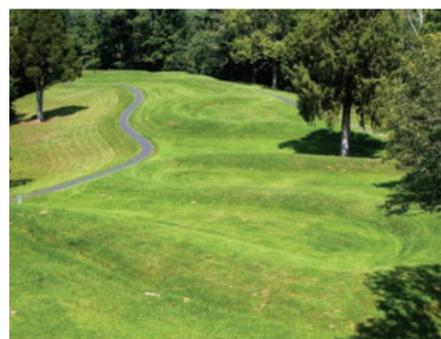


Fig. 3. Montículo en forma de serpiente, considerado el más largo del mundo, en Ohio, Estados Unidos.

En Mesoamérica (centro y sur de México y parte de Centro América) la máxima expresión de los montículos son por supuesto las pirámides, pero también se construyeron muchos otros tipos de montículos más pequeños. En el Valle de México, antes de la llegada de los españoles, la técnica de construcción dominante para vivienda, centros ceremoniales y zonas de cultivo (como las chinampas) se basaba en la construcción de montículos, denominados Tlateles. Tlatel es una palabra de origen náhuatl cuya raíz es *tlatelli*, sustantivo que alude a altura, montículo, elevación y/o cerro (Fig. 4).



Fig. 4. Aspecto de un Tlatel en la región de Texcoco, Edo. México.

En la actualidad los métodos geofísicos son de gran ayuda en la prospección arqueológica. Estos métodos miden las propiedades físicas de los suelos y las rocas (conductividad, densidad, propiedades elásticas y magnéticas, resistividad, porosidad, etc.) de tal manera que es posible definir el contraste de propiedades entre los diferentes materiales. Estos contrastes permiten la identificación de estructuras y facilita su excavación (Fig. 5). Los datos obtenidos son procesados mediante la aplicación de programas de cómputo especializados que permiten evaluar los espesores de diferentes capas, la existencia de cuerpos enterrados y estimar sus características como tamaño, profundidad y geometría, etc. lo cual ayuda a optimizar el trabajo arqueológico. Ésta información también es muy útil para mejorar la planeación del crecimiento de las zonas urbanas, así como determinar el tipo de construcciones que son adecuadas dadas las características del suelo y el subsuelo. Los métodos geofísicos de exploración como sísmica de refracción, magnetometría y radar de penetración terrestre están siendo empleados en el área de Texcoco, donde hemos encontrado varios montículos. Por ejemplo, la técnica de tomografía sísmica permite delimitar la geometría de las estructuras (Fig. 5). Estos estudios son necesarios para desarrollar mejores políticas de preservación del entorno y del patrimonio prehispánico así como para comprender el comportamiento de los depósitos lacustres en la cuenca de México.

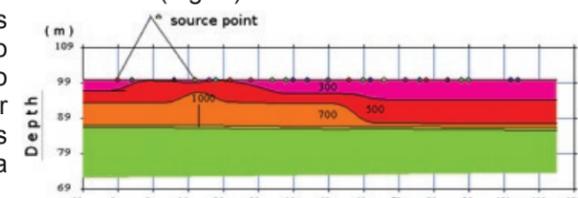


Fig. 5. Sección de tomografía sísmica de un Tlatel enterrado localizado debajo de una cancha de fútbol en el poblado de San Miguel Tocuila, en Texcoco, Edo. México.

un viStazo a los auTores

Alejandra Arciniega Ceballos
maac@geofisica.unam.mx

Realizó sus estudios de bachillerato en la ENP No. 6 "Antonio Caso". Siguió sus estudios con la carrera de Ingeniería Geofísica en la Facultad de Ingeniería de la UNAM (1989), posteriormente con la maestría (1997) y el doctorado (2002) en Ciencias, ambos con especialidad en sismología, en el Posgrado de Ciencias de la Tierra, con sede en el Instituto de Geofísica de la UNAM. También ha realizado varias estancias de investigación, incluyendo una estancia posdoctoral, en el Servicio Geológico de los Estados Unidos en Menlo Park California, donde se especializó en sismología volcánica. En el 2004 se incorporó como investigadora de tiempo completo al Instituto de Geofísica de la UNAM en donde ha desarrollado trabajos en las áreas de sismología volcánica y de exploración sísmica somera. También ha dado clases en la Facultad de Ciencias.

Diego Melgar Moctezuma
diegom@ollin.igeofcu.unam.mx
Estudió la preparatoria en el colegio Green-gates en el Estado de México y en 2006 ingresó a la licenciatura en Ingeniería Geofísica en la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Actualmente cursa el 9º semestre de la carrera y dedica su tiempo libre a fungir como ayudante de investigador en el Departamento de Sismología del Instituto de Geofísica.

Xyoli Pérez Campos
xyoli@ollin.igeofcu.unam.mx

Estudió la preparatoria en la ENP No. 5 "José Vasconcelos". En 1991 ingresó a la carrera de Ingeniería Geofísica en la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Continuó en 1996 con sus estudios de Maestría y Doctorado en Geofísica y Maestría en Estadística en la Universidad de Stanford; de ahí, en el 2002 se fue al Instituto Tecnológico de California para realizar un postdoctorado. En el 2003 regresó a México a trabajar como Profesora en la Facultad de Ingeniería pero en el 2005 se mudó al Instituto de Geofísica de la UNAM, donde actualmente labora como Investigadora en el Departamento de Sismología, dedicándose principalmente al estudio de la estructura de las placas tectónicas en el centro y sur de México. Puedes visitar su página y contactarla en: <http://tlacaelel.igeofcu.unam.mx/~xyoli/main.html>

Arturo Iglesias
amg@ollin.igeofcu.unam.mx
Estudió la preparatoria en la ENP No. 6 "Antonio Caso". Adquirió su formación profesional como Ingeniero Geofísico en la Facultad de Ingeniería de la misma universidad. Posteriormente obtuvo el grado de Maestro y Doctor en Sismología en el Posgrado en ciencias de la Tierra de la propia UNAM. Actualmente labora en el Instituto de Geofísica, como investigador de tiempo completo. Puedes visitar su página y contactarlo en: <http://tlacaelel.igeofcu.unam.mx/~amg>

charlas de divulgación

"MÉXICO UNA CIUDAD QUE SE HUNDE"
ENRIQUE CABRAL
OCTUBRE 9

"EL CLIMA
Y LOS ANILLOS DE LOS ARBOLES"
LAURA BERAMENDI
NOVIEMBRE 6

"ESTALLIDO DE RADIO SOLARES"
ERNESTO AGUILAR
DICIEMBRE 4

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 Tlayoatl del Edificio Anexo del Instituto de Geofísica de la UNAM, Ciudad Universitaria

Entrada Libre

Presente violento
26 Septiembre

La roca viviente
31 Octubre

videocine
2008

EDICIÓN TÉCNICA
Silvia Zueck G.
Freddy Godoy Olmedo
UNIDAD DE APOYO EDITORIAL

DISTRIBUCIÓN
Aída Sáenz



GEOFISICAS

¡HOLA!

EN ESTE NÚMERO TE PRESENTAMOS DOS ARTÍCULOS

MUY INTERESANTES:

¿SABES QUÉ ES UN TLA TEL?

Y

PUMAGRAMA:

EL REGISTRO SÍSMICO DE LOS PUMAS DE LA UNAM

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE MÉXICO

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

Num. 36, septiembre 2008



Pumagrama: El registro sísmico de los Pumas de la UNAM

Diego Melgar Moctezuma¹, Xyoli Pérez Campos², Arturo Iglesias²
¹Departamento de Ingeniería Geofísica, DICT, Facultad de Ingeniería,
²Departamento de Sismología, Instituto de Geofísica,
 Universidad Nacional Autónoma de México

¿Alguna vez has estado cerca de un estadio mientras se celebraba un partido, o un concierto? Te habrás dado cuenta que cuando 50,000 personas gritan y se emocionan, se puede escuchar su rugido a una distancia considerable. Esto sucede porque el sonido que se genera viaja hasta tus oídos a través del aire en forma de vibraciones u ondas.

Pero, ¿estas ondas sólo están en el aire? Seguramente también te habrás dado cuenta que adentro del estadio, cuando la gente brinca en las tribunas, puedes sentir vibraciones debajo de tus pies. Pues estas vibraciones, que ahora llamaremos ondas, se propagan a través del suelo alrededor del estadio, sólo que, conforme nos alejamos de la estructura, se hacen más y más tenues hasta que inclusive a unos cuantos metros ya no las podemos sentir.

¿Cómo es esto posible?

Imagina un bloque de gelatina del tamaño de un ladrillo. Si lo golpeas con tu dedo, verás que el bloque se mueve fácilmente. Ahora, intenta lo mismo con un bloque de hule, éste se moverá pero menos que la gelatina. Si ahora lo haces con un bloque de esa roca negra que está por toda Ciudad Universitaria (CU) que se llama *basalto*, parecerá que éste no se mueve en absoluto; sin embargo, sí lo hace. El golpe produce vibraciones, ondas, muy pequeñas e imperceptibles para nosotros. Para *ver* estas ondas el ser humano, en su infinita capacidad creativa, ha inventado unos equipos que nos permiten *sentir* estas minúsculas vibraciones ahí donde nuestros sentidos ya no nos alcanzan, son los *sismómetros*. Estos instrumentos miden el movimiento del suelo no importa cuán minúsculo nos parezca.

Ahora imagina 50,000 personas en el estadio de CU brincando todos al son de “Cómo no te voy a querer”; seguro que generan vibraciones en el suelo.

Ondas superficiales

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) opera toda una red de estaciones sismológicas en el país, una de ellas, llamada CUIG que se encuentra dentro de CU. Las vibraciones observadas en ella durante un partido de los Pumas son lo que en sismología se llaman *ondas superficiales*. Es un nombre muy rimbombante, pero en realidad, si pudiéramos hacer un acercamiento al suelo, veríamos que cuando hay partido en CU, la gente emocionada, gritando, brincando y bailando producen vibraciones en el estadio que se ven más o menos como la Fig. 1.

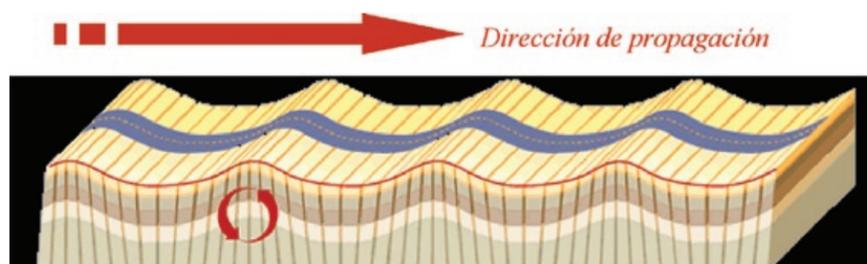


Fig.1. Esquema de una onda superficial de Rayleigh. Nota el movimiento elíptico similar al de una ola en el mar. Modificada de <http://www.exo.net>.

¿Qué pasa durante los partidos?

Para estudiar estas ondas en detalle en la estación CUIG analizamos los *sismogramas* que se registraron en un día con partido y en un día sin partido (Fig. 2), Estos sismogramas representan la *velocidad vertical* del suelo en la estación CUIG. Es decir, durante el partido, el suelo debajo de CU se mueve verticalmente a una velocidad máxima de aproximadamente 1×10^{-8} m/s, ¡lo que equivale a tan sólo 0.000000036 km/hr! Sin embargo, aunque esta velocidad parece muy pequeña, es fácilmente detectable por los sismómetros y es un claro indicio de que algo pasa durante los partidos de los Pumas.

Se puede hacer un análisis más detallado utilizando una herramienta matemática conocida como *transformada de Fourier*, la cual nos ayuda a construir unas gráficas llamadas *espectrogramas*. Piensa en una canción de rock, ésta tendrá, probablemente, un bajo, una batería, una guitarra y un vocalista. Cada instrumento tiene un sonido particular, la guitarra es alta y aguda (frecuencia alta), mientras que el bajo es grave y melancólico (frecuencia baja); sin embargo, cuando todos tocan al unísono se puede volver complicado separar el sonido de un instrumento del otro. El espectrograma nos ayuda a separar la guitarra, el bajo, la batería y las voces, esto es, nos dice qué frecuencias o tonos contribuyen más a la canción. Entonces, de la misma forma como algunas canciones tienen diversos instrumentos, las vibraciones en la Tierra tienen también diferentes tonos y podemos desmenuzarlos con ayuda del espectrograma. Los espectrogramas sirven a los sismólogos para descubrir los secretos que traen consigo los sismos, como por ejemplo, calcular la energía que liberan; el espectrograma de sismos asociados a la actividad de un volcán (como el Popo) permite separar señales sísmicas que están relacionadas con el flujo de magma, con la liberación de gases o con el rompimiento de rocas en su interior, proporcionando información muy valiosa y que puede ayudar a salvar muchas vidas.

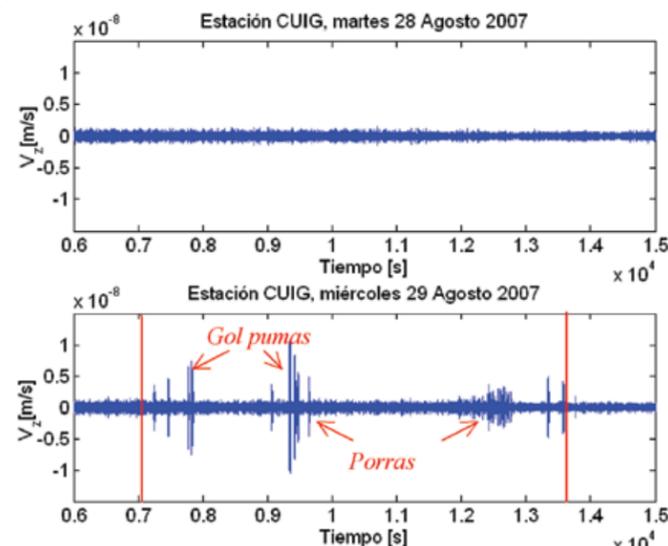


Fig. 2. Sismogramas de la estación CUIG a exactamente la misma hora del día para dos días distintos. El sismograma inferior corresponde a un día donde se celebraba un partido Pumas vs. Puebla en el Estadio Olímpico Universitario. Las barras verticales indican la hora de comienzo y final del partido.

El espectrograma de la Fig. 3 muestra el *ruido sísmico* registrado en CUIG, en qué frecuencias se distribuye y qué tan intenso es, de tal suerte que las partes más oscuras indican una mayor intensidad. Podemos observar varias cosas aquí: la primera, que durante el día hay mucho más ruido sísmico que durante la noche, producto de la actividad humana en CU; y la segunda, que durante un partido de los Pumas aparece un manchón entre los 2 y 3 Hz. Esto significa que en el estadio se producen vibraciones con un ritmo de 2 a 3 pulsaciones cada segundo en el transcurso del partido, lo cual parece un buen ritmo para un “Goya” o un “Cómo no te voy a querer”.

En la Fig. 2 podemos observar varios picos en el sismograma del partido; si ahora contamos el número de picos y a cada pico le llamamos evento, podemos, de cierta forma, medir la emoción de cada partido.

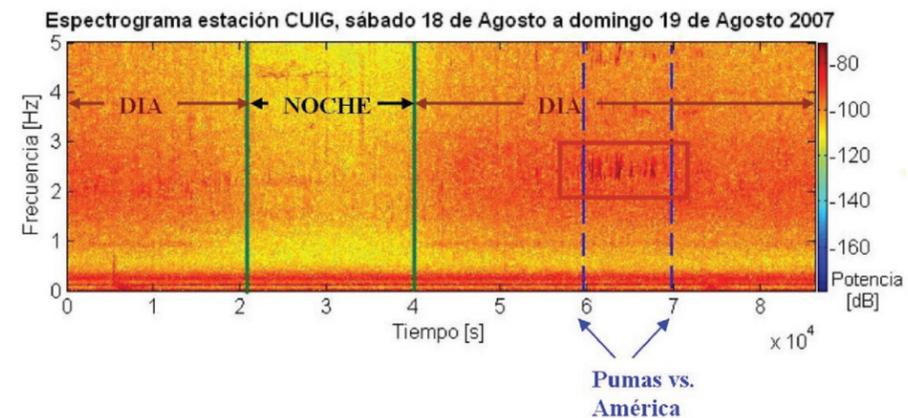


Fig. 3. Espectrograma de 24 hrs en la estación CUIG. La escala de grises indica la potencia o volumen de cada frecuencia, es decir, mientras más oscuro, más alto es el nivel de ruido sísmico. Las barras indican la división entre día y noche, las barras punteadas ubican un partido de los Pumas. El rectángulo muestra los eventos entre 2 y 3 Hz generados por las porras en el Estadio Olímpico Universitario, ubicado a 1500 m de la estación.

En la Fig. 4 podemos observar algunas cosas interesantes sobre la temporada que tuvieron los Pumas en el campeonato de Apertura 2007. Una es que una asistencia numerosa al estadio no significa necesariamente que se producirán más eventos o que sean más potentes. Esto habla de que por más que la *Rebel* meta gente al estadio, si el partido no es emocionante, la gente no celebra con tanto entusiasmo. Esto lo podemos ver por ejemplo en el partido de liguilla, y de hecho en la final contra el Atlante, aunque ya no cabía un alma en el estadio, el monótono 0-0 produjo sólo el 4º partido con más eventos y el 7º partido de actividad más intensa, si el partido está de bostezos, la gente no ovaciona tanto. Por otro lado, un partido como el del Atlas del 30 de septiembre, que tuvo una de las asistencias más bajas de la temporada, fue capaz de ofrecer el 3er partido con más eventos y el 4º partido más estrepitoso, esto gracias a un juego dinámico, de buen fútbol, que tuvo muchos goles.

Es también interesante notar como el Pumas-América sigue generando intensos niveles de ruido sísmico, esto es por supuesto a causa de las notables contribuciones acústicas de la *Rebel* de Pumas y de la Monumental del América.

Así que la próxima vez que no puedas ver un partido de los Pumas, consulta el sismograma del partido y sabrás qué tanta acción te perdiste.

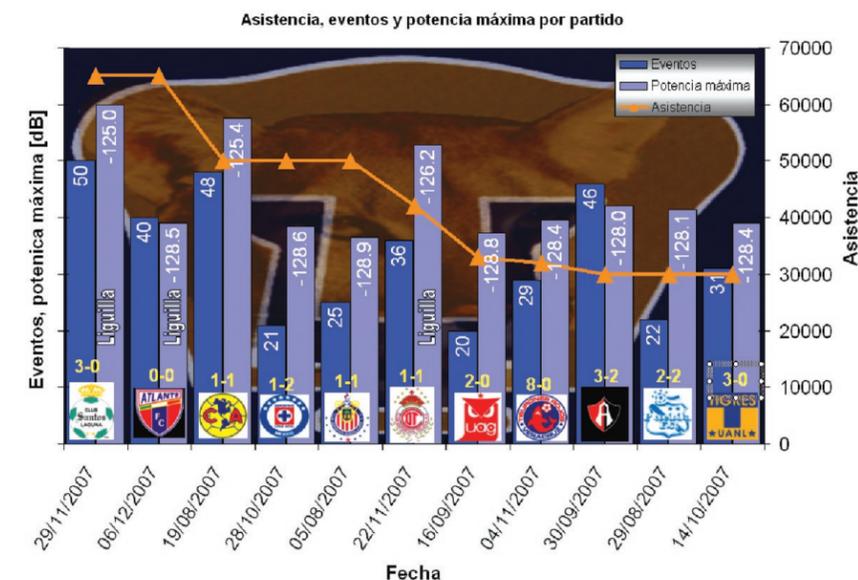


Fig. 4. Comparación entre la asistencia al estadio, el número de eventos y la potencia o nivel de ruido sísmico máximo de cada partido.