



<http://aquaworld.com.mx/que-son-los-cenotes/>

¿Sólo hay cenotes en la Península de Yucatán?

Ana Velázquez Olivera

¿Quién le puso cenote al *ts'ono'*?

Como buenos mexicanos adoptamos un montón de palabras de las lenguas indígenas que existen en nuestro país y las castellanizamos. La palabra cenote deriva de la palabra maya *t'sonot* o *t'sonóot*, que significa cosa honda, abismo o profundidad. Hasta donde sabemos para los antiguos mayas las cuevas y cenotes eran de gran importancia porque los conectaban con el inframundo, el lugar mítico donde moraban los dioses, los antepasados y demás seres sobrenaturales, el *Xibalba*. En las cuevas y cenotes nacía la vida porque contenían agua virgen o *suhuy ha'*, agua filtrada en las cuevas.

Actualmente en muchos diccionarios la palabra cenote se refiere a cualquier espacio subterráneo con agua, con la única condición de que esté abierto al exterior en algún grado.

Pero espera, no cualquier hondonada con agua es un cenote, ésas son puras mentiras, olvidan mencionar que los cenotes sólo pueden estar en un tipo especial de relieve terrestre, el karst. Si ya sé que esa palabra no te suena, pero ya ves, la humanidad es una mezcla de culturas o más bien una suma de choques culturales. La palabra karst nos llegó del viejo continente, fue acuñada en 1893 por Jovan Cvijić, un geógrafo serbio especializado en geomorfología (estudio de las formas del relieve) en su libro *Das Karstphänomen*. El karst es un relieve generado por el proceso de desintegración de rocas carbonatadas, donde además el material que se disuelve puede formar después otras estructuras. Y sí, adivinaste, en Europa hay grandes áreas donde existe este tipo de relieve y cuando tuvo lugar la conquista española, la mayoría de nombres acuñados por los mayas fueron sustituidos por nombres traídos del viejo continente.

Das Karstphänomen

¿Cómo son estas rocas raras del *Karstphänomen*?, pues son vulgares rocas pero con dos particularidades muy importantes: se componen de más de 50% de minerales carbonatados $[(CO_3)_2]$ y estos minerales se pueden disolver gracias al dióxido de carbono que transporta el agua. Los principales minerales de los carbonatos son la calcita ($CaCO_3$), el componente fundamental de las conchas y esqueletos de muchos organismos como los moluscos y corales, y la dolomita $[CaMg(CO_3)_2]$, el componente mayoritario de las rocas calizas y de las dolomitas.



Imagen 1. Aquí te presento los minerales carbonatados más comunes, a la izquierda la calcita (CaCO_3) y a la derecha la dolomita [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$] con estructura iónica cristalina hexagonal o trigonal. Como sabes los minerales son los componentes básicos de las rocas y pueden ser cualquier sólido inorgánico con una estructura cristalina ordenada y composición química bien definida. La mayoría de las rocas se componen de al menos dos minerales. Imágenes tomadas de www.regmurcia.com y www.mindat.org/arphotos/342h322-0259775001146426259.jpg

Corre que viene la lluvia

Si fuéramos rocas carbonatadas nos daría miedo que nos cayera el agua de lluvia porque empezarían a salirnos hoyitos. ¿Te imaginas? tu madre no se cansaría de gritarte: “no salgas a la lluvia porque te deshaces”. Claro que las pobres rocas carbonatadas no pueden quitarse cuando les grita su mamá, así que al llover su única alternativa es disolverse. Es como si le agregaras agua a una pastilla de alka seltzer, sólo que las rocas carbonatadas no se deshacen por completo (o a veces sí, pero no en minutos, en miles o millones de años) y dejan residuos que después vuelven a formar parte de la roca o de otros organismos.



En esta fórmula química puedes ver cómo el carbonato de calcio (CaCO_3 o calcita) cuando le agregas dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O) puede disolverse formando calcio (Ca^{2+}) y ácido carbónico (2HCO_3^-). El ácido carbónico es muy efectivo para disolver las rocas. Claro que como la roca tiene más minerales también se liberan otros elementos químicos aparte del

calcio, como el magnesio y bicarbonato; todos ellos se encuentran en muchos suelos y son llevados por los ríos y otras corrientes de agua hasta el océano, donde se depositan. En el océano los organismos utilizan estos elementos para formar estructuras de carbonato cálcico, como las conchas de los moluscos. Y cuando los organismos mueren las conchas caen al fondo, donde se van comprimiendo hasta formar una roca compuesta de carbonato de calcio llamada caliza.



Imagen 2. Coral formando parte de una roca caliza, como viste los corales se componen principalmente de calcita, uno de los minerales principales de las rocas calizas. Foto tomada en Akumal, Quintana Roo.

Hoyos por todas partes, ¿qué le pasa a la península de Yucatán?

La península de Yucatán es una gran plataforma de rocas calizas de centenares de metros de grosor que se empezaron a depositar hace más de 165 millones de años. Y hace aproximadamente cinco millones de años se inició su emersión paulatina casi cerrando el Golfo de México por el oriente y separándolo del Mar Caribe. Al emerger esta plataforma, el agua de lluvia empezó a filtrarse y filtrarse disolviendo en algún grado todas las rocas que encontró a su paso. Así se formó un relieve kárstico muy desarrollado que

parece un verdadero queso gruyere: en él puedes encontrar desde cenotes de cientos de metros de ancho, hasta hoyitos milimétricos.

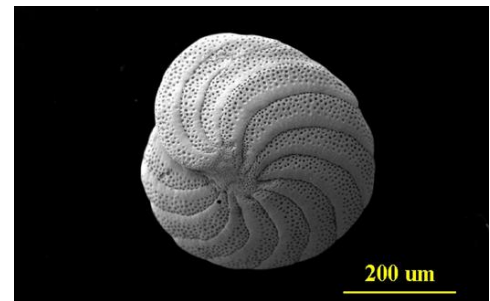
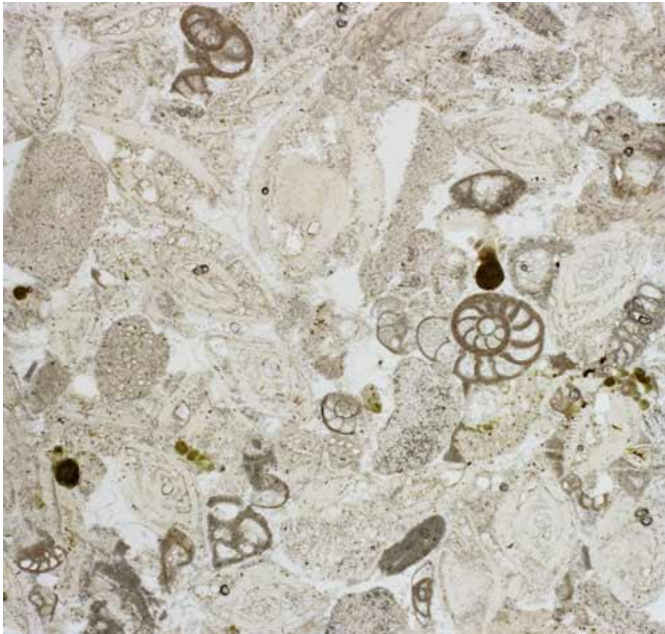


Imagen 3. Las rocas calizas de la península de Yucatán tienen presencia de foraminíferos (izquierda) --orden de microfósiles marinos-- como el *Archaia angulatus* (derecha), que vivía en aguas bajas y muy claras de las plataformas continentales del planeta. Imágenes tomadas de <http://www.ecoosfera.com/2014/01/radiografia-del-encanto-de-la-roca-caliza/> y de http://www.marine.usf.edu/reefslab/foramcd/html_files/sbm.htm



Imagen 4. Micro cavidades en roca caliza (milimétricas a la izquierda, y de entre 10 y 20 cm a la derecha). Imágenes tomadas de <http://es.dreamstime.com/imagen-de-archivo-piedra-caliza-de-coquinoide-image27720111> y de <http://caminosdelsur5.blogspot.mx>.

Formas kársticas

Hay una gran cantidad de formas generadas por la disolución de las rocas carbonatadas, a cada una de ellas se le ha asignado un nombre y están tanto en la superficie como en el subsuelo, por ello el relieve kárstico se ha tenido que dividir en dos zonas, el endokarst y el exokarst. Cuando la disolución se lleva a cabo en el subsuelo las formas encontradas se llaman endokársticas, como las cuevas y los espeleotemas (estalactitas, estalagmitas, etc.) que se forman dentro de ellas. En la zona superficial las formas se llaman exokársticas y una de las más conocidas son las dolinas. Su nombre proviene del eslavo *doline* que significa depresión y su equivalente en maya son los cenotes; claro, siempre que tengan agua.

Se hacen chiquitas y grandotas

Las dolinas son depresiones cerradas con contornos casi circulares, miden desde metros hasta un kilómetro de diámetro (dolinas gigantes –Tiankengs-). La inclinación de sus paredes a veces es más suave al inicio de su formación, pero una vez que se han abierto es casi vertical, Se forman en las intersecciones de varias fracturas y muchas veces están cubiertas de suelo, lo que impide verlas –*cryptodolinas*–, a menos que haya cortes en el terreno, como en las carreteras.

El origen de las dolinas es variado, pero en general todas empiezan con la disolución de la roca. Aquí juega un papel muy importante qué tan soluble sea la roca, la cantidad de agua que pase por ella y sus conexiones con alguna cavidad que reciba los elementos disueltos. Hay varios tipos de estructuras generadas por el paso del agua en las dolinas: las de punto de recarga, las llamadas de depresión y las de nacimiento. Como puedes ver en la figura 5, todas estas dolinas empiezan simplemente cuando una red de drenaje de agua se concentra en un punto ocasionado generalmente por la geología, por las fallas, por las grietas más grandes, por la roca más soluble, etc.

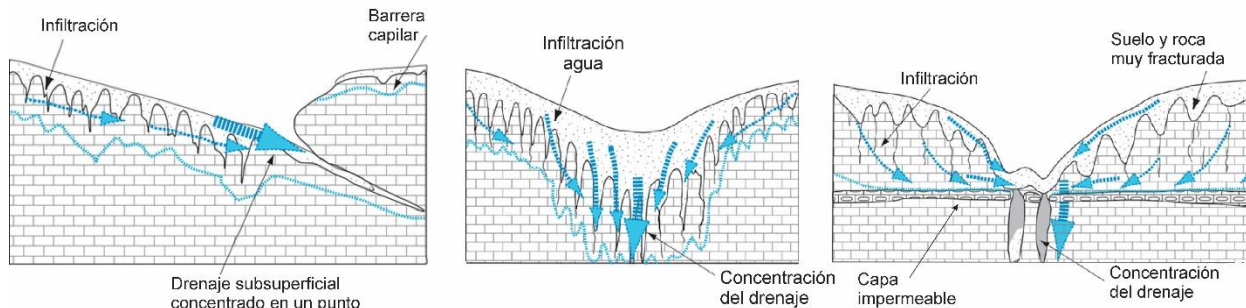


Imagen 5. De izquierda a derecha puedes observar las dolinas de punto de recarga, las de depresión y las de nacimiento. Imágenes modificadas de <http://sgi1.isprambiente.it/sinkhole/publicazioni/sauro.pdf>

Una vez que el agua se concentra en un punto simplemente lo disuelve a mayor velocidad, y si ese punto se conecta con algún canal, éste se puede llevar el material disuelto generando una depresión. Existen además las dolinas de colapso, que son resultado del colapso de cuevas. Su morfología y tamaño depende del sistema kárstico que colapse. Si el colapso de una dolina permite la entrada a un sistema subterráneo de cuevas, entonces lleva el nombre de “ventana kárstica”.

Como ves, las dolinas se clasifican para identificar los procesos que las formaron, aunque en realidad la complejidad de los procesos kársticos hace que la mayoría de las dolinas se originen por una combinación de todos ellos; los geólogos solamente toman la clasificación como referencia para indicar qué proceso predominó.

Nadando en las dolinas yucatecas

La mayoría de las dolinas o “cenotes” de la Península de Yucatán son dolinas de colapso. Estas se iniciaron como galerías en sistemas de cuevas subterráneas y conforme el agua de lluvia enriquecida con dióxido de carbono fue disolviendo más material, se fueron ensanchando; después el material que sostenía sus techos cayó por gravedad y se formó un hueco. Claro que al mismo tiempo el techo también sufrió disolución, por lo que se fue debilitando. Cuando el techo de la dolina quedó muy delgado también colapsó y pasó a convertirse en un maravilloso cenote.

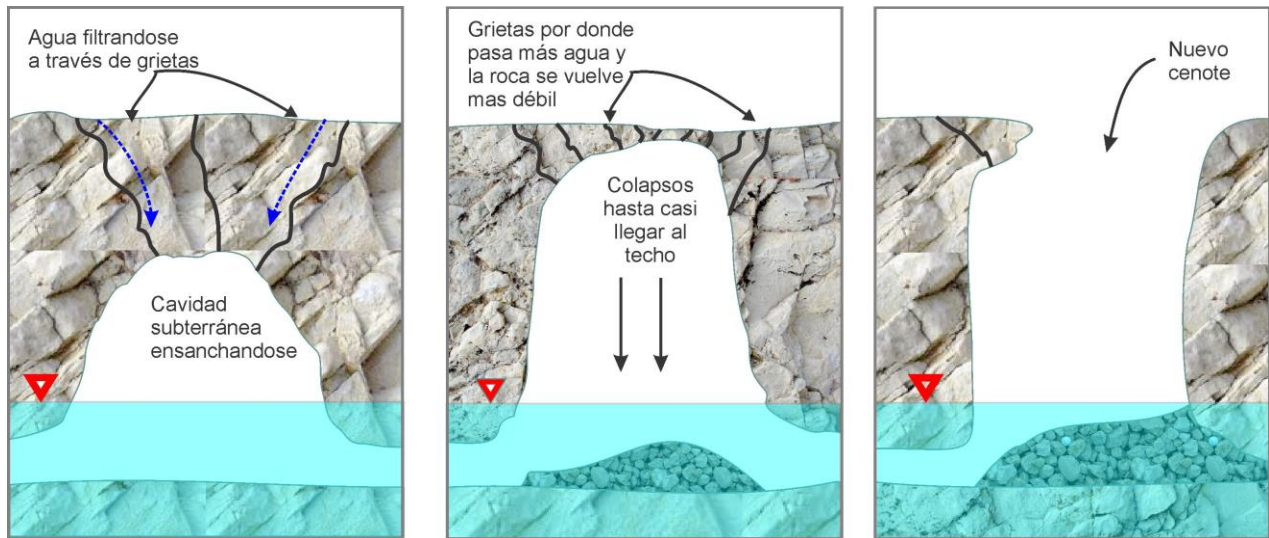


Imagen 6. De izquierda a derecha se ve cómo el agua va ensanchando cada vez más la cueva por efecto de disolución –siempre tendremos lugares más susceptibles a disolverse que otros, debido a la pureza del carbonato de calcio del sustrato rocoso-. Después el material empezó a caer por gravedad e irse por un conducto. Finalmente cuando los techos de las dolinas son muy delgados, colapsan y dejan un hermoso cenote; claro que el agua que se infiltra por el techo también lo vuelve más frágil, por eso te dije que ahí hay un proceso predominante, pero los otros también ayudan. El triángulo significa nivel freático –nivel hasta donde el agua-.

Pero además de esto, los cenotes tienen otra particularidad que hace que los amemos: siempre contienen agua. Pero ¿por qué? Esto se debe a que el nivel freático está muy cerca de la superficie topográfica. Como las rocas carbonatadas son muy solubles, el agua de lluvia en lugar de fluir como río, se infiltra completamente en el subsuelo hasta encontrar una barrera que ya no la deja pasar, y se acumula a partir de ese momento; el nivel freático es el límite superior de esta acumulación de agua y su símbolo es un triángulo invertido (imagen 6 y 7).

Agua dulce y salada

¿Y qué hace de barrera en la península de Yucatán? Bueno, como la península es de relieve muy plano y está pegada al mar, el agua marina invade el continente más de 100 kilómetros y es sobre esta agua que empezó a acumularse el agua dulce. ¿Entonces el agua que hay en los cenotes es una

mezcla de agua salada y dulce?: la respuesta es no porque el agua salada es más densa que el agua dulce por la cantidad de minerales disueltos en ella, y queda en el fondo dejando que el agua dulce proveniente de las lluvias flote sobre ella en forma de un hermoso lente. Por lo que si vas a nadar a un cenote, no temas, saldrás fresco como una lechuga.



Imagen 7. En esta figura puedes apreciar el agua dulce sobre el agua salada, el triángulo invertido marca el nivel freático. Se puede ver una dolina a la que aún no se le cae el techo (izquierda) y otra abierta (derecha) en la que si pudieras nadar lo suficientemente profundo alcanzarías el agua salada.

No todas las dolinas son cenotes, pero todos los cenotes son dolinas

¿Pero sólo hay cenotes en la península de Yucatán? Como viste la palabra cenote es una palabra adaptada al español del maya y se usa hoy en día en forma extendida para referirnos a las dolinas con agua. Y como son muchas las vueltas que da la vida y también las palabras, la palabra cenote hoy en día es más conocida que nunca. Los cenotes de la península de Yucatán se han vuelto tan famosos a nivel mundial que esta palabra sobreviviente del maya ahora es usada ampliamente en otras partes del mundo. Por tanto puedes

encontrar cenotes en Florida, Cuba y Australia, claro que no todos tendrán el agua tan tibia y cristalina como la de los cenotes de la Península de Yucatán. Por eso si vas a este lugar, no olvides visitar uno. Y recuerda: no todas las dolinas son cenotes, pero todos los cenotes son dolinas.

Bibliografía

- Beddows Patricia, Paul Blanchon, Elva Escobar, Olmo Torres-Talamante, “Los cenotes de la península de Yucatán“, *Revista Arqueología Mexicana*, núm. 83, enero-febrero. México, 2007.
- Caballero Miranda, Cecilia, “Rocas sedimentarias. Productos sedimentarios: Rocas, texturas y estructuras”. Asignatura de Ciencias de la Tierra, Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM. México, 2014.
- Cifuentes Lemus, J. L., María del Pilar Torres García y Marcela Frías M., *El océano y sus recursos II. Las ciencias del mar: oceanografía geológica y oceanografía química*, Fondo de Cultura Económica, México, D.F, 1997.
- Estrada-Medina, H., S. Valdez A., Zanatta A., S. R. Casolco, *Análisis de compresión en rocas calizas de Yucatán*, Memorias del 14 congreso internacional anual de la SOMIM, 17 al 19 de septiembre, Puebla, México, 2008.
- Galán, Carlos, *Disolución y génesis del karst en rocas carbonáticas y rocas silíceas: un estudio comparado*, Sociedad de Ciencias Aranzadi, Sección Karstología, Museo de San Telmo, España, 1991.
- López Martínez, R. A., *Karstología. Exokarst*, Asignatura del Posgrado de Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, UNAM. México, 2014.
- Morales, Juan José, *La península que surgió del mar*. Secretaría de Educación del Gobierno del Estado de Yucatán, 2011.
- <http://www.seduma.yucatan.gob.mx/cenotes-grutas/documentos/el-inframundo-parte1.pdf>