

Cómo las ciudades mayas han sobrevivido durante más de un milenio en medio de la selva

Ruinas de ciudades antiguas siguen apareciendo en los bosques de América. ¿Cómo han podido permanecer en pie durante más de un milenio a pesar de las lluvias tropicales, los huracanes y el crecimiento de la selva?

Cualquiera que conduzca por el asfalto áspero de la carretera 269 que divide en dos la península de Yucatán, en el sureste de México, nunca habría sabido que estaban allí.

Una espesa selva bordea ambos lados de la carretera, con algún que otro trozo despejado para el ganado. Sin embargo, después de una curva inofensiva en la carretera, cerca del pequeño asentamiento de Dos Lagunas, se ha estado escondiendo una ciudad entera.

Oculto bajo una maraña de árboles, enredaderas y otra vegetación, **los científicos han descubierto** una extensa colección de casas, plazas, pirámides de templos e incluso un campo de juego de pelota que tienen las «señales de una capital política maya clásica».

Los restos de la ciudad, a la que los investigadores han llamado **Valeriana**, se encuentran entre las 6.674 estructuras que encontraron dispersas en sitios a lo largo del estado de Campeche en el lado occidental del Yucatán.

Algunas de las construcciones más grandes **pueden incluso rivalizar con pirámides** más famosas en otros sitios mayas.

El descubrimiento, realizado mediante una técnica de escaneo láser aéreo llamada **Lidar**, ha planteado la tentadora posibilidad de que aún haya muchos más restos del antiguo mundo maya esperando ser encontrados.

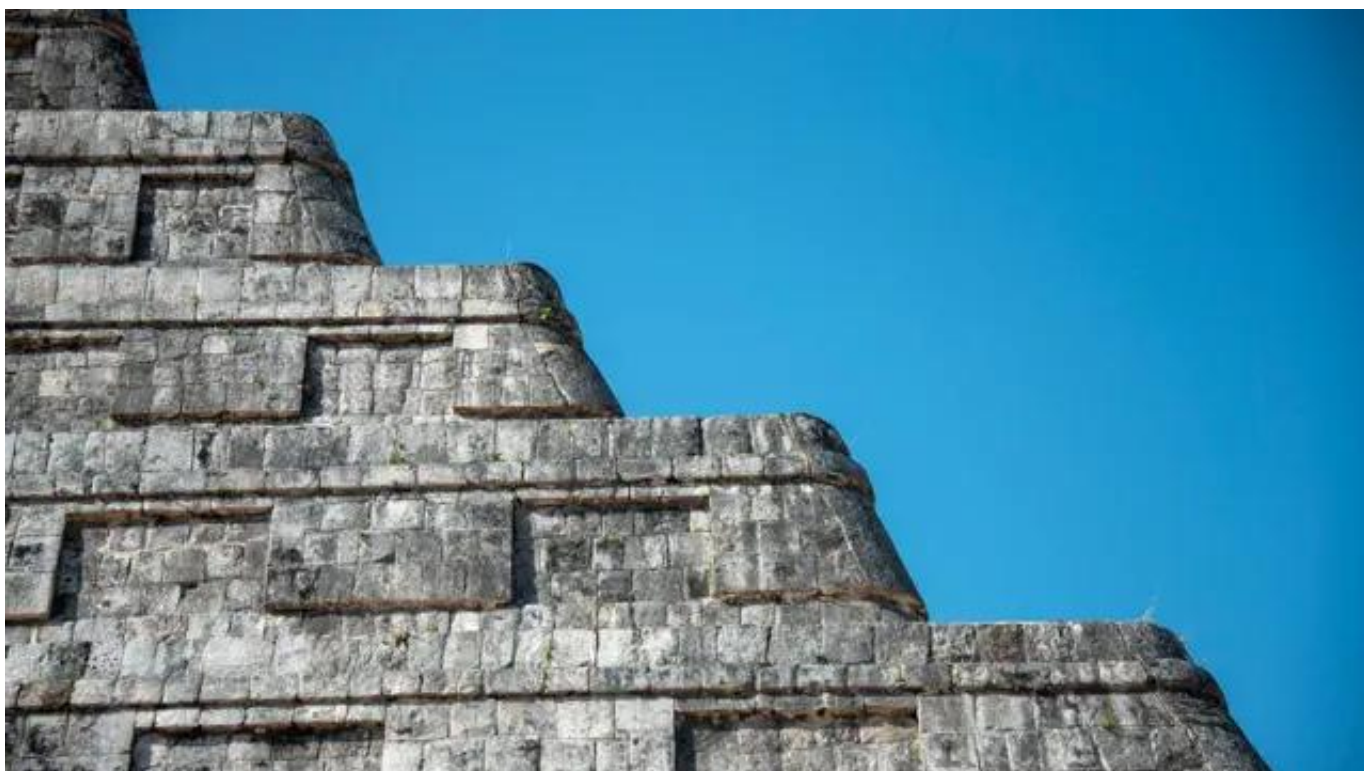
Pero también revela algo extraordinario sobre el antiguo mundo maya. A pesar del clima tropical húmedo y el abrazo envolvente de la jungla, muchos de sus edificios **siguen en pie después de 1.500 años.**

«Si se observan los modelos digitales del terreno que se producen con el sistema Lidar, se pueden ver las habitaciones individuales de los edificios en las que se han derrumbado las bóvedas», afirma Luke Auld-Thomas, arqueólogo de la Universidad

de Tulane y de la Universidad del Norte de Arizona (EE.UU.), que dirigió el equipo que hizo el último descubrimiento.

«Se pueden ver columnas a lo largo de la fachada de los edificios que se utilizaban para actividades administrativas. Por lo tanto, **están en muy buenas condiciones**. No se podía entrar en ellos, pero muchos de ellos todavía tienen paredes en pie y detalles arquitectónicos que están bastante bien conservados».

Entonces, **¿cuál era el secreto de los antiguos mayas?** ¿Cómo ha resistido su famosa arquitectura a los estragos del tiempo?



Las construcciones de los antiguos mayas estaban hechas para resistir contra los elementos de la naturaleza.

Constructores prolíficos

La antigua civilización maya surgió por primera vez en algún momento **antes del año 2000 a.C.** en un área que hoy comprende el sureste de México, Guatemala, Belice y las partes occidentales de Honduras y El Salvador.

Durante el Período Clásico de esta civilización, entre el 250 y el 900 d.C., los mayas **construyeron imponentes templos piramidales, hermosos palacios y edificios finamente decorados** con intrincadas esculturas y máscaras elaboradamente talladas.

Entre los ejemplos notables se incluyen **Chichén Itzá**, un sitio en Yucatán, México, que cuenta en su centro con una pirámide de 30 metros de altura llamada el Templo de Kukulcán.

También está el Templo IV, una pirámide de 65 metros de altura en las ruinas de la antigua ciudad maya de **Tikal**, en Guatemala.

En el pasado, **descubrir una ciudad maya implicaba atravesar una espesa jungla** y abrirse paso a machetazos entre la vegetación.

Pero ahora, tecnologías como Lidar están ayudando a revelar cuán extendidos están realmente los restos de antiguos asentamientos mayas.

Juan Carlos Fernández-Díaz, ingeniero de la Universidad de Houston, Texas, que participó en el último estudio, ha estado cartografiando áreas de Mesoamérica (incluidos México, Guatemala, El Salvador y Honduras) con Lidar durante los últimos 15 años.

Dice que casi **dondequiera que mires puedes ver arquitectura maya bien conservada.**

Entre los descubrimientos recientes se encuentra la estructura ceremonial maya más antigua y más grande, que se descubrió en el sitio arqueológico de Aguada Fénix en Tabasco, México, en 2020.

La plataforma elevada, larga y rectangular mide 1.400 metros de largo y entre 10 y 15 metros de alto. Fue construida con arcilla y tierra entre el 1.000 y el 800 a.C. y probablemente se utilizó para rituales ceremoniales.

Otro equipo utilizó el Lidar para descubrir un enorme yacimiento maya que se extiende aproximadamente 1.700 kilómetros cuadrados a lo largo del norte de Guatemala.

Los científicos detectaron 1.000 asentamientos conectados entre sí por caminos que los mayas probablemente recorrieron a pie.

«A medida que cartografiemos más y más partes de Yucatán, vemos que si arrojamos un dardo al mapa, **donde sea que caiga ese dardo habrá algún tipo de infraestructura maya**», dice Fernández-Díaz.

Parte de la razón por la que estos descubrimientos siguen en pie es porque los antiguos mayas **construían con piedra**, que no se pudre como la madera.

Pero también eran **especialmente buenos haciendo mortero** para evitar que sus estructuras de piedra se desmoronaran y se convirtieran en montones de escombros.



No hay fotografías de Valeriana, pero tenía templos piramidales similares a éste en la cercana Calakmul.

«Cemento» y yeso maya

Los estudios han demostrado que los antiguos constructores mayas utilizaban una variedad de materiales naturales, como **sangre, huevos y caucho natural** obtenido de árboles locales, para preparar el mortero.

Por ejemplo, cuando en 2018 los investigadores analizaron el mortero extraído de las piedras de la pirámide principal del sitio arqueológico de Witzinah, cerca de Yucatán, encontraron rastros de grasas saturadas típicas del caucho natural degradado.

Los expertos creen que los albañiles mayas **obtenían el caucho de árboles locales** y lo usaban como aglutinante junto con una arcilla de grano fino para crear un mortero duradero para unir la piedra.

Un estudio independiente realizado en 2014 examinó muestras de mortero del sitio arqueológico de Río Bec, en el sureste de Campeche, y encontró evidencia de que los albañiles mayas añadían ceniza volcánica al mortero para reforzarlo.

Sin embargo, quizás aún más sorprendente que sus estructuras de piedra es **la conservación de yesos** decorados que también se han descubierto en algunos lugares.

Los científicos saben desde hace tiempo que los antiguos mayas **sabían hacer yeso de cal**, que utilizaban para recubrir y proteger suelos o paredes interiores, unir piedras y cubrir y

decorar la superficie de los edificios de piedra.

En Tikal y Copán, un antiguo yacimiento maya en Honduras, todavía se pueden ver ejemplos de edificios recubiertos de yeso con una intrincada decoración.

Reproduciendo la técnica maya

En 2023, Carlos Rodríguez-Navarro, mineralogista de la Universidad de Granada (España), se propuso descubrir cómo las esculturas y templos adornados con yeso de cal de Copán se mantenían en excelente estado a pesar de haber estado **expuestos a un ambiente tropical cálido y húmedo** durante más de 1.000 años.

Como parte de su estudio, el equipo de Rodríguez-Navarro se reunió con albañiles locales de la zona y les preguntó sobre sus técnicas para hacer mortero de cal.

Los albañiles, que son descendientes directos de los antiguos mayas, dijeron que **suelen utilizar extractos de plantas** y, en particular, savia de los árboles Chucúm y Jiote (Chaká) en su mezcla.

A continuación, los investigadores analizaron el yeso antiguo del yacimiento de Honduras y prepararon una réplica del mismo.

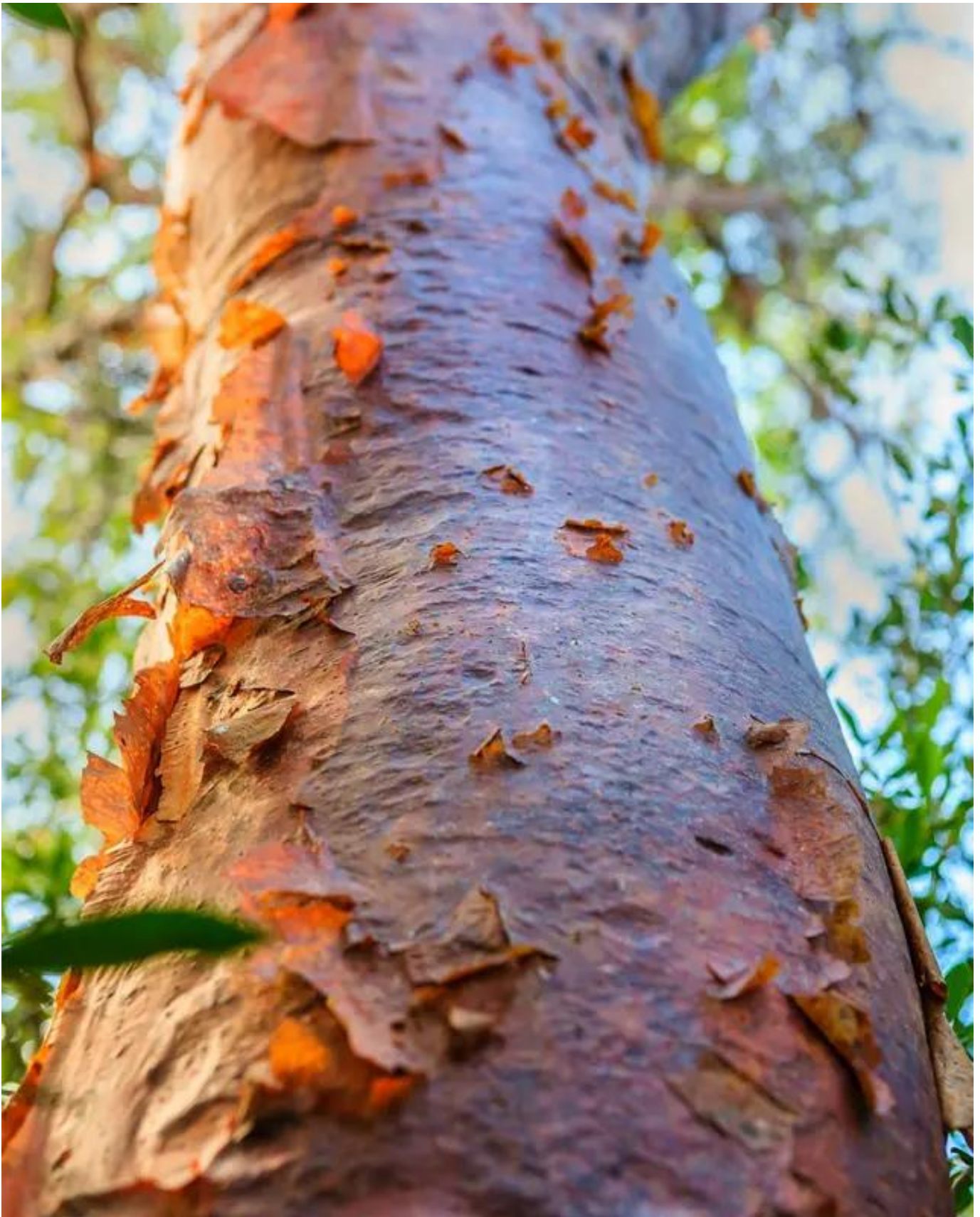
El proceso de elaboración del yeso implica hornear material de roca carbonatada, como piedra caliza, utilizando altas temperaturas, antes de añadir agua a la cal viva resultante, formando una pasta de cal que se mezcla con arena.

A medida que el material se endurece, **absorbe el dióxido de carbono del aire** y lo atrapa en el cemento de calcita.

Los investigadores también siguieron el consejo de los albañiles y agregaron jugo de la corteza de los árboles Chucúm y Jiote a la mezcla.

Descubrieron que el yeso resultante era especialmente resistente y duradero.

«**Pudimos reproducir exactamente la estructura**, la textura y las propiedades mecánicas del material antiguo», dice Rodríguez-Navarro.



Los albañiles mayas usaban la savia de árboles como el Jiote (*Bursera simaruba*) para ayudar a endurecer su mortero de cal. Los científicos analizaron el yeso original mediante difracción de rayos X de alta resolución, una técnica que les permitió **ver el material a escala atómica**.

Los resultados mostraron que las moléculas del material orgánico de la corteza se habían incorporado a la estructura molecular del yeso de cal durante el proceso de fraguado o endurecimiento.

Según Rodríguez-Navarro, **esto hace que el material sea muy duradero y resistente** a la erosión física y química.

«Es muy difícil romper el material, porque **es un compuesto entre materiales orgánicos e inorgánicos**», dice Rodríguez-Navarro.

«Por lo tanto, si intentas romper la calcita puramente inorgánica es muy fácil: es frágil, así que simplemente la golpeas y se derrumba. Pero si incorporas los átomos orgánicos de la savia del árbol, el material se vuelve más duro. Por lo tanto, la energía que tienes que gastar para romper ese material es muy, muy alta».

La incorporación de material vegetal orgánico también hace que el material sea **más insoluble**, lo que evita que se disuelva con la lluvia, una característica importante en el clima tropical que a menudo se ve azotado por huracanes que traen fuertes lluvias.

Otros estudios realizados en yacimientos como Ek'Balam, en Yucatán, también han demostrado que los extractos de otro árbol (pixoy o *Guazuma ulmifolia*) ayudan a actuar como fijador para preservar las capas de color utilizadas en el yeso de cal.

Protección natural

Por supuesto, existe otra razón por la que las ruinas de las ciudades mayas abandonadas pueden haber sobrevivido tanto tiempo: **la propia selva**.

Aunque los árboles han dificultado el hallazgo de las ruinas, también las han protegido de ser destruidas o saqueadas.

«Hay partes del mundo donde **se han demolido pirámides con excavadoras** para usarlas como relleno de carreteras o porque están en el camino de donde pasa el ganado», dice Auld-Thomas.

«Sin embargo, es difícil hacerlo cuando hay un montón de árboles en el camino».



Muchas de las ciudades construidas por los mayas tenían plazas y áreas reservadas para jugar juegos de pelota.

Los mayas también transformaron el paisaje que rodeaba sus asentamientos para protegerse de los estragos del agua.

Auld-Thomas vio evidencia de esto en el sitio de Valeriana que ayudó a descubrir.

«Se encuentra en una zona que ha sido ampliamente modificada para la agricultura», dice.

«Es bastante montañosa y, básicamente, cada superficie inclinada que está por encima del nivel de inundación estacional está esculpida, aterrazada y completamente remodelada para que la gente pudiera usarla para **cultivar alimentos y mantener sus pies secos** en la temporada de lluvias».

Lecciones mayas

Entonces, ¿podrían las sociedades modernas aprender algo de estos antiguos constructores mayas en lo que respecta a la creación de ciudades que sean **resistentes al cambio climático**?

«El caso de los mayas demuestra que es posible gestionar el paisaje de forma que pueda sobrevivir y prosperar durante un milenio, **incluso en entornos bastante extremos** en los que no llueve durante la mitad del año, pero luego llueve todos los días durante la otra mitad», afirma Auld-Thomas.

También podríamos **aprender de la elección de materiales** de los mayas. El hormigón armado que se encuentra en la mayoría de los edificios modernos es lo suficientemente fuerte como para

sostener enormes rascacielos, pero no están contruidos para durar.

La vida útil de la mayoría de los edificios de hormigón armado con acero es de unos 50 a 100 años.

Al mismo tiempo, la producción de cemento representa actualmente el **8% de las emisiones globales de carbono**, mucho más que la aviación.

Algunos investigadores están buscando alternativas al cemento **basadas en cal**.

Actualmente, la producción de cal es una fuente importante de emisiones de dióxido de carbono, pero los expertos están investigando la obtención de esta sustancia de otras fuentes, como los subproductos de la industria papelera, por ejemplo, lo que puede hacerla más sostenible.

Según Rodríguez-Navarro, inspirarse en los conocimientos de los antiguos mayas podría ayudar a que estos materiales **sean más duraderos**.

Los morteros de cal también pueden actuar como sumidero de carbono, absorbiendo el dióxido de carbono del aire a medida que se remineralizan y se endurecen formando piedra caliza.

«La cal está atrayendo mucha atención como **posible material sostenible** para la construcción moderna», afirma Rodríguez-Navarro.

«No solo absorberá el CO₂ durante la carbonatación, sino que al mismo tiempo se obtiene un material muy duradero si se añaden los aditivos orgánicos adecuados».

Con información de BBCNews