

Los hornos de cal mayas prehispánicos y la conservación de recursos ambientales

Kenneth E. Seligson
Department of Anthropology
California State University, Dominguez Hills
Kenneth.seligson@gmail.com

Artículo traducido por Abril Jimenez (Davidson College),
Julio César López Otero (University of Houston)
y Jocelyne Ponce (Tulane University)

Aunque los orígenes de la civilización maya clásica pueden remontarse a milenios atrás, el imaginario popular sigue centrándose en la fase de transición hacia el final del periodo Clásico, conocida coloquialmente como el “colapso” maya. El objetivo principal de este trabajo es cambiar este enfoque hacia la resiliencia de la sociedad maya clásica y contribuir a la creciente atención sobre las prácticas de conservación de los recursos ambientales utilizados por los mayas prehispánicos. Desde las terrazas agrícolas (Chase et al. 2011), los elaborados sistemas de aguadas (Scarborough et al. 2012) y las cuidadosas prácticas agroforestales (Lentz et al. 2018) hasta los hornos de cal (Seligson et al. 2017a), la civilización maya del periodo Clásico sustentó a poblaciones masivas en un desafiante entorno de bosques tropicales durante más de 700 años. El desarrollo de la tecnología de los hornos de cal bajo consumo de combustible hacia el final del periodo Clásico sugiere que los habitantes de la región Puuc de las Tierras Bajas Mayas del Norte reconocieron que estaban lidiando con tensiones ambientales inducidas por la población, posiblemente exacerbadas por el cambio climático natural. El desarrollo y el uso generalizado de esta tecnología de hornos de cal es un ejemplo de adaptabilidad socioecológica para gestionar de forma comunitaria los recursos ambientales. Este artículo evalúa la conservación de los recursos del Puuc del periodo Clásico Tardío y Terminal a través de la teoría de la resiliencia y argumenta la importancia de la adaptabilidad y la voluntad de cambiar como respuesta a la variabilidad climática o ambiental, una lección que merece ser considerada por la sociedad contemporánea.

Palabras clave: Cal quemada, resiliencia, conservación, pirotecnología, colapso



La civilización maya clásica floreció durante unos 700 años (ca. 250-950 d.C.) y no fue ni uniforme ni estática durante ese periodo. Aunque sus orígenes se remontan a milenios atrás, el imaginario popular sigue centrándose en una fase de transición a la que a menudo se hace referencia como el “colapso” maya hacia el final del periodo Clásico (Figura 1). El objetivo principal de este artículo es cambiar este enfoque hacia la resistencia y longevidad de la sociedad maya clásica y contribuir al creciente número de trabajos sobre las prácticas mayas prehispánicas de conservación de recursos ambientales. Abordo este objetivo evaluando el desarrollo y el uso de hornos de cal de bajo consumo en las Tierras Bajas Mayas del Norte a través del lente de la teoría de la resiliencia (Figura 2).

Los arqueólogos han reconocido desde hace tiempo el área maya como un mosaico de variación subregional cultural y socioecológica. Los ejemplos de prácticas de gestión de los recursos ambientales de los mayas prehispánicos abundan en el corpus académico y el número de estos casos no ha hecho más que aumentar desde el inicio de la tecnología lidar. Sin embargo, en el imaginario público, los mayas prehispánicos siguen siendo vistos como una sociedad homogénea que probablemente se destruyó o “colapsó” debido a la mala gestión de sus recursos medioambientales. La consideración de los posibles efectos que el cambio climático pudo haber tenido en la sociedad maya clásica ha entrado en la mente del público últimamente debido a la preocupación por los incómodos paralelismos con el presente, pero la idea de que esta civilización premoderna sucumbió a los efectos nocivos de sus propias prácticas (y de su ignorancia) sigue teniendo atractivo para el público. Por lo tanto, aunque existe una visión más matizada dentro de la comunidad mayista, en los círculos no académicos persiste una idea equívoca de las prácticas de conservación mayas que perjudica no sólo a los mayas prehispánicos, sino también a sus descendientes que viven hoy en día en el este de Mesoamérica.

Afortunadamente, parece que la comprensión del público sobre los mayas del Clásico tiende a ser más matizada gracias a los crecientes esfuerzos de divulgación de los mayistas. Una de las formas más útiles en que los arqueólogos pueden continuar cambiando el enfoque para que la fascinación del público se aleje de la idea de “colapso” es compartiendo ejemplos específicos a menor escala de resiliencia socioecológica premoderna (Smith y Mohanty 2018:1326). Después de explicar la importancia de cambiar este enfoque hacia la resiliencia desde el “colapso”, discuto varias líneas de investigación arqueológica que han elucidado las prácticas ecológicas sostenibles y la resiliencia de la sociedad maya clásica. Este estudio más amplio sienta las bases para examinar de manera más detallada de qué manera los hornos de cal quemada representan otro claro ejemplo de conservación de los recursos mayas. Presento la evidencia de un estudio de caso sobre la producción de cal en el centro urbano de tamaño mediano de Kiuic en la región Puuc de las Tierras Bajas del Norte. El asentamiento más antiguo en el sitio se remonta a por lo menos 800 a.C. (Gallareta Negrón et al. 2014), pero al igual que muchos otros sitios Puuc, la población y el programa arquitectónico de Kiuic se expandieron dramáticamente durante los periodos Clásico Tardío y Terminal. En las cimas de las colinas que rodean el centro del sitio se construyeron recintos de élite, como Escalera al Cielo, que poseen una gran cantidad de arquitectura abovedada. Este crecimiento

General Chronology of the Maya Lowlands	
Postclassic Period	ca. 950-1520 AD
Late/Terminal Classic Period	ca. 650-950 AD
Early Classic Period	ca. 250-650 AD
Terminal Preclassic Period	ca. 100 BC - 250 AD
Late Preclassic Period	ca. 400-100 BC
Middle Preclassic Period	ca. 1000-400 BC

Figura 1. Una cronología general de las tierras bajas mayas.

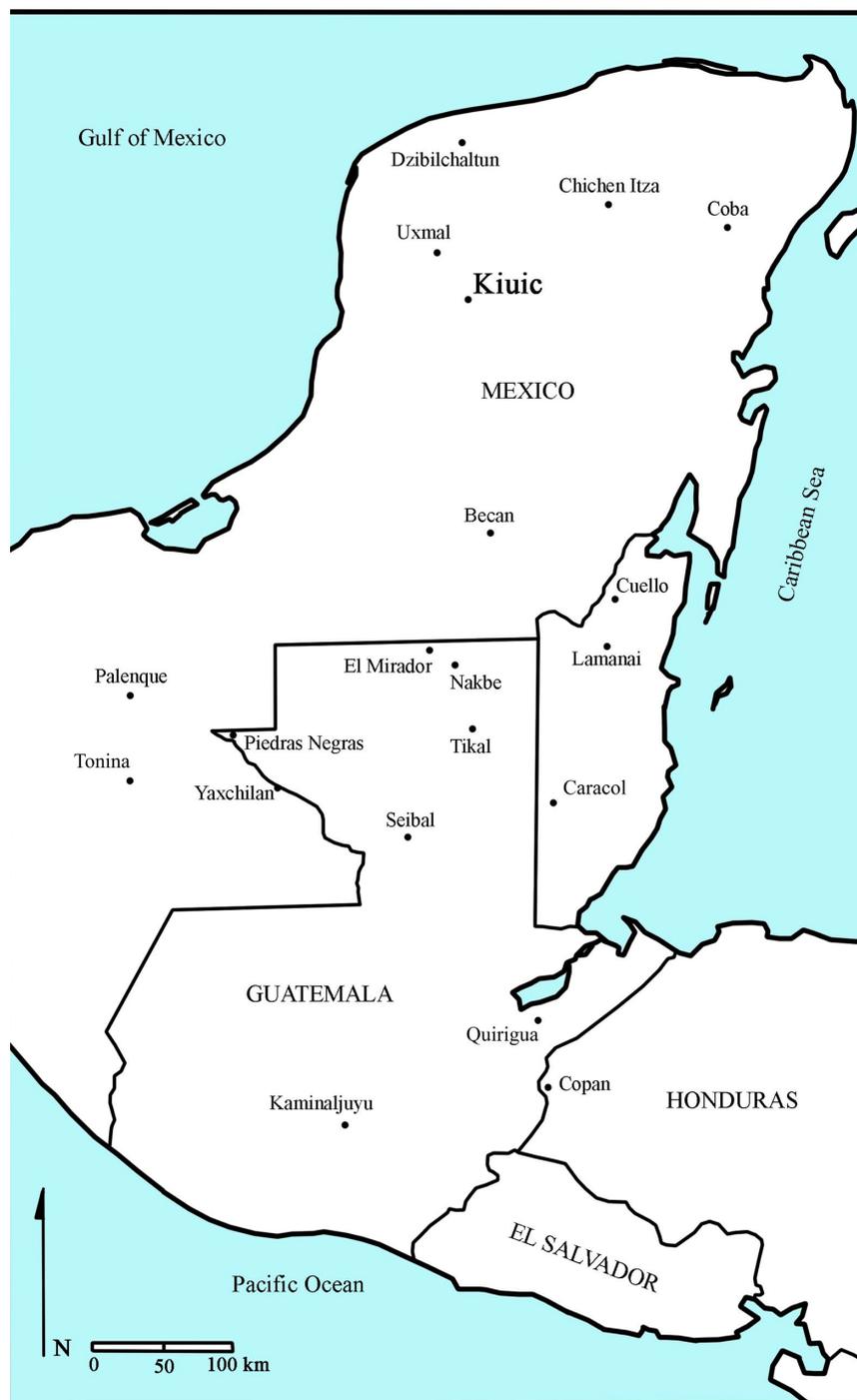


Figura 2. Un mapa de las tierras bajas mayas, mostrando la ubicación de Kiuc (adaptado de Seligson *et al.* 2017a).

puede haber presionado los recursos naturales. Algunos trabajos arqueológicos anteriores han sugerido que la producción de cal contribuyó a la degradación del medio ambiente. En este trabajo, sostengo que el desarrollo de la tecnología de producción de cal de consumo eficiente de combustible en Kiuic y en la región Puuc más ampliamente es un ejemplo de la gestión comunal de los recursos ambientales (ver la imagen frente al título para observar un episodio de producción de cal quemada usando un horno de cal).

Cambiando el enfoque de “colapso” a resiliencia

Para apreciar la importancia de cambiar el enfoque hacia las prácticas de conservación de la sociedad maya clásica, debemos primero explorar lo atractivo de estudiar la disrupción de la sociedad. La fascinación por la ruptura o el “colapso” de las sociedades complejas probablemente surgió poco después de que hubo disrupción en las primeras sociedades complejas. Cuando se utiliza en referencia a los sistemas sociopolíticos, el término “colapso” conlleva un grado de repentinidad que cultiva la curiosidad, pero que a menudo es inapropiado para el conjunto de circunstancias ocurridas (Diamond 2005; McAnany y Yoffee 2010; Middleton 2012; Tainter 1988, 2006). Aunque hay varios ejemplos de rápida fragmentación o transformación sociopolítica en el pasado, lo más frecuente es que las rupturas sociales se entiendan más bien como declives graduales. Los individuos que vivieron lo que ahora podríamos considerar como un periodo de rápida disolución puede que nunca hayan concebido su vida como si hubiera abarcado ese calamitoso declive. Por tanto, la escala de tiempo es una dimensión importante que debe tenerse en cuenta en cualquier debate sobre el colapso, especialmente cuando se centra en las relaciones entre el hombre y el medio ambiente. También es importante tomar en consideración cuestiones de escala geográfica y poblacional, ya que las tendencias sociopolíticas a nivel de comunidad local pueden diferir de las de subregiones o áreas culturales más amplias.

Uno de los factores que probablemente contribuye a nuestra fascinación contemporánea por las antiguas rupturas sociales atribuidas a causas socioecológicas es la idea superficialmente reconfortante de que hoy somos (o podemos ser) mejores en la gestión de nuestros recursos (Middleton 2012). Creemos que con nuestra comprensión científica a nivel molecular de la naturaleza y la tecnología avanzada podemos evitar las calamidades ecológicas o esquivar los desastres climáticos que condenaron a las sociedades del pasado. Incluso con las señales de advertencia que nos rodean, algunos nos sentimos reconfortados por nuestra capacidad de salvarnos a nosotros mismos. Una noción relacionada es que incluso si aceptamos la impermanencia de nuestra propia sociedad, seguramente nuestra desaparición no será tan “catastrófica” como la de las sociedades del pasado. Podemos buscar en el pasado ejemplos de desintegración social que nos permitan consolarnos con nuestro relativo éxito. Un último razonamiento en esta línea postula que nuestra fascinación por las explicaciones de la caída de las sociedades del pasado basadas en catástrofes naturales (terremotos, volcanes, cambios climáticos drásticos, etc.) puede provenir de un deseo de exculpar a la agencia humana de las rupturas sociales. Así, casi para cubrarnos las espaldas, pensamos que si no podemos o decidimos no actuar, no importa porque la “naturaleza” vencería al final de cualquier modo.

Aunque puede que la estabilidad de la sociedad no llame tanto la atención como el colapso de la sociedad, si somos capaces de apreciar la amplia escala de tiempo de la civilización maya clásica, debería asombrarnos lo mucho que fue capaz de sobrevivir este conjunto tan complejo de estructuras entrelazadas. Por ejemplo, hace 700 años, Europa se tambaleaba por la peste negra, los kanatos del Imperio Mongol prosperaban y el primer tlatoani de los mexicas estaba a punto de ser consagrado. Tanto

si se utiliza el final de la Segunda Guerra Mundial como el de la Guerra Fría como punto de referencia, nuestro actual orden mundial tiene bastante menos de 100 años.

Uno de los factores que contribuyó a la longevidad del sistema maya clásico fue la capacidad de adaptación socioecológica, un punto al que volveré en la siguiente sección. Las sociedades complejas suelen estar compuestas por varias facciones sociopolíticas y grupos socioeconómicos que difieren en el acceso a la riqueza, el poder y las oportunidades de tomar decisiones (Hornborg 2005). Los arqueólogos investigan el registro material en busca de pruebas de compromisos entre facciones (cooperación y/o acción colectiva), de la imposición de los intereses de un grupo sobre la sociedad en su conjunto o de una mezcla de ambos. A menudo es muy difícil distinguir un conjunto de circunstancias de otro. En las sociedades estrictamente jerárquicas, las facciones poderosas pueden tomar decisiones relativas a las relaciones humano-ambientales que reflejen sus propios intereses a expensas de la comunidad en general (Demeritt 2005; Middleton 2012; Tainter 2006). Los compromisos entre las facciones que compiten entre sí pueden conducir a soluciones a corto plazo que, con el tiempo, reducen los umbrales de riesgo y debilitan la posible resiliencia de las sociedades que se enfrentan a crisis ambientales o externas agudas (Butzer 2012). Esta situación es desgraciadamente visible hoy en día en la vacilación de los gobiernos contemporáneos a la hora de cambiar las políticas energéticas frente al cambio climático inducido por el hombre.



En las últimas décadas, la combinación de una mayor conciencia medioambiental y los esfuerzos de descolonización en el mundo académico han conducido a un cambio en los estudios arqueológicos sobre las relaciones socioecológicas de la sobreexplotación y la mala gestión del medio ambiente (Ford y Nigh 2009; Lentz et al. 2018; McAnany y Yoffee 2010; Scarborough et al. 2012). Sin embargo, aunque hay varios ejemplos (Erickson 1988; Morrison 2015), nosotros como arqueólogos a menudo no podemos adoptar métodos y/o tecnologías de registro arqueológico y aplicarlos directamente a la actualidad. Sin embargo, los estudios arqueológicos nos ayudan a comprender mejor el pasado y a reconocer qué aspectos de los sistemas sociopolíticos y ecológicos son adaptables o modificables para mejorar las políticas y prácticas modernas, en lugar de conceptualizar los sistemas actuales como algo tan arraigado que tiene impedimentos “incorporados” inmutables (Redman 2005; Redman et al. 2009). Las investigaciones arqueológicas sobre las respuestas a escala subregional a las cambiantes circunstancias humano-ambientales y sus resultados, como el presente estudio, contribuyen al creciente conjunto de datos que destacan la importancia de la adaptabilidad. Las lecciones de los análisis de costos hundidos de las sociedades del pasado indican que, por muy difícil que sea, las sociedades necesitan encontrar formas de cambiar los principios subyacentes de las relaciones socioecológicas antes de agotar las opciones de corrección del curso (Fisher y Feinman 2005:65; Janssen et al. 2003). En lugar de saciar el apetito malicioso del público contemporáneo, deberíamos centrarnos en promover la resiliencia socioecológica de los mayas del Clásico.

Investigaciones sobre la conservación en el periodo Maya Clásico

Un breve repaso de tres amplias áreas de investigación sobre la conservación maya demuestra que la resistencia y la proactividad socioecológicas fueron aspectos destacados de las sociedades mayas del Clásico. El primer aspecto de la conservación de los recursos ambientales mayas se refiere a las adaptaciones agrícolas. Las comunidades mayas tomaron varias medidas para gestionar sus recursos agrícolas,



Figura 3. Foto de una bóveda parcialmente derrumbada en el sitio de Kiucic que muestra la cantidad de mortero de cal que habría sido necesario para construir estos edificios (foto del autor).

incluyendo el uso de una amplia gama de métodos de construcción de terrazas (Beach et al. 2002:391; Beach et al. 2015; Dunning y Beach 1994) y la complementación de los campos de milpa con jardines domésticos (Ford y Nigh 2009; Lentz et al. 2018). Las terrazas en las laderas no solo aumentan la escala de la producción de alimentos, sino que también limitan los efectos negativos, como la erosión del suelo y la pérdida de nutrientes del mismo. Las terrazas representan la adaptación maya para alimentar a las poblaciones crecientes y sostener los recursos a lo largo del periodo Clásico (Battistel et al. 2018; Beach 1998; Dunning y Beach 1994). Los estudiosos han comenzado a dejar atrás los primeros modelos de agricultura de tala y quema (Anderson et al. 2012) y han identificado sistemas de terrazas que en algunos casos se remontan al periodo Preclásico en todas las Tierras Bajas Mayas (Arnauld et al. 2013; Beach et al. 2002; Brennan et al. 2013; Dunning et al. 2012; Canuto et al. 2018; Chase et al. 2011; Garrison et al. 2019; Golden et al. 2016; Lamoureux-St-Hilaire et al. 2015; Inomata et al. 2018:32; Neff 2012; Robin 2015; Turner y Sabloff 2012).

Asimismo, los estudios sobre la gestión del agua en las Tierras Bajas han demostrado que los mayas diseñaron intrincados sistemas para capturar y almacenar el agua. Los sistemas de gestión a nivel doméstico (Brewer 2018; Chase 2016) se complementaban con proyectos más grandes elaborados a niveles menos locales, los cuales probablemente tenían algún grado de organización central y podían soportar mejor las fluctuaciones de las precipitaciones anuales (Ertsen y Wouters 2018). Se han identificado cisternas domésticas individuales, grandes aguadas, sistemas de irrigación y agricultura de humedales en las Tierras Bajas (Brennan et al. 2013; Brewer et al. 2017, 2018; Fedick et al. 2000;

Ferrand et al. 2012; Glover 2012; Golden et al. 2016:305; Isendahl 2011; Lucero 2002; Luzzadder-Beach et al. 2016; McAnany 1990; Scarborough et al. 2012; Thompson 1897; Zralka y Kaszkul 2015).

Un tercer componente del programa de conservación de los mayas prehispánicos, directamente relacionado con la producción de cal, era la gestión forestal. Una comprensión cada vez más matizada de las funciones que los mayas prehispánicos desempeñaron en la configuración de sus hogares en los bosques tropicales está conduciendo a una mayor apreciación de la productividad y el equilibrio ecológico que fueron capaces de mantener. Las reconstrucciones paleoambientales demuestran que desde la época de los primeros asentamientos en las Tierras Bajas, los mayas comenzaron a modificar cuidadosamente el entorno natural para convertirlo en “jardines forestales” sostenibles (Ford y Nigh 2009). El ecosistema antropogénico de los mayas del Clásico demostró poder sostener a grandes poblaciones empleando no solo las prácticas agrícolas y de gestión del agua mencionadas anteriormente, sino también una mezcla de ciclos de roza y arboricultura sofisticada (Gómez-Pompa 1987; Lentz et al. 2014, 2016, 2018; Luzzadder-Beach et al. 2016; Scarborough et al. 2012; Steinberg 2005).

Producción de Cal Maya Prehispánica y Resiliencia Socioecológica

Producción de cal y conservación

La producción de cal es un factor en las discusiones sobre la conservación de los recursos mayas prehispánicos debido a la cantidad de combustible de madera que habría sido necesaria para producir cantidades masivas de cal para construcción (Figura 3), dieta y propósitos sanitarios (Seligson et al. 2017a). Los relatos históricos sobre el uso por parte de los mayas de grandes piras sobre el suelo para producir cal dieron lugar a hipótesis sobre su papel en la deforestación desde principios del siglo XX (Hansen et al. 2002; Morris et al. 1931; Schreiner 2002). Esta técnica incluye una proporción relativamente alta de combustible de madera con respecto a la cal producida y se conoce como el método “tradicional” para la producción de cal maya debido a la falta de evidencia que sugiera métodos de producción prehispánicos alternativos. Aunque se ha cuestionado con éxito la idea de que la producción de cal jugara un papel importante en la deforestación y la degradación ambiental a lo largo de las Tierras Bajas (Abrams y Rue 1988; Seligson et al. 2017a; Wernecke 2008), los métodos de producción de cal y los niveles de consumo probablemente variaban por región, sitio y periodo de tiempo (Seligson et al. 2018). Independientemente

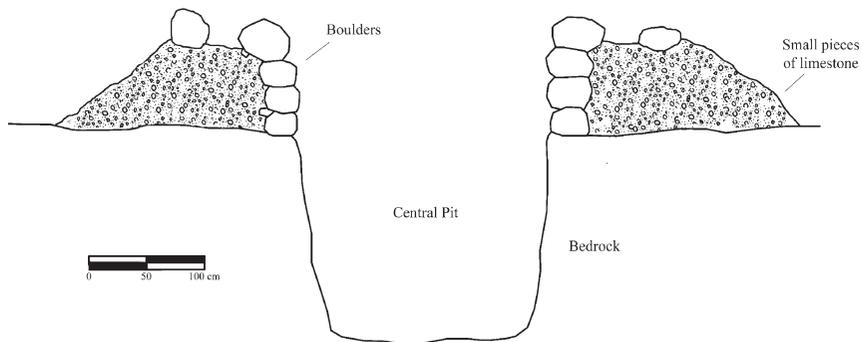


Figura 4. Representación esquemática de un corte de perfil de un horno modelado en un horno de cal excavado en Kiuic (dibujo del autor).



Figura 5. Foto de un horno de pozo antes de la excavación (foto del autor).

de si la producción de cal habría presionado severamente los recursos de combustible en las Tierras Bajas del Norte, la identificación de una tecnología distintiva de hornos de cal en esta región sugiere que los productores de cal prehispánicos estaban efectivamente preocupados por la posibilidad de que los recursos de combustible disminuyeran.

Excavaciones recientes en la región Puuc y en las llanuras costeras del noroeste de la Península de Yucatán han descubierto evidencia de una tecnología prehispánica de hornos de cal semi-subterráneos (Figuras 4, 5) que probablemente era más eficiente en cuanto a combustible que las piras “tradicionales” superficiales (Ortiz Ruiz et al. 2015; Seligson et al. 2017a. 2017b; Seligson et al. 2018). El uso de los hornos de cal en la región Puuc se volvió cada vez más común durante los periodos Clásico Tardío y Terminal (ca. 650-950 d.C.), cuando muchos sitios de la región experimentaron aumentos de población y expansión arquitectónica (Gallareta Negrón et al. 2014; Seligson et al. 2017a). Mientras que las piras sobre tierra producen cal con un rango promedio de 5:1 a 12:1 de combustible de madera a cal producida (Gallareta y May 2003; Levy y Hernández 1995; Morris et al. 1931; Russell y Dahlin 2007; Schreiner 2002;), la cocción experimental de un modelo de horno de cal cerca del sitio de Kiuic dio como resultado una relación de 3,94:1 (Figura 6) (Seligson et al. 2017a). La demostración de que el método del horno de cal podría proporcionar al menos un 20% de aumento en la eficiencia del combustible sobre el método “tradicional” puede explicar su adopción generalizada en la región Puuc y sus alrededores. Los productores de cal de la región pudieron haber reconocido los efectos potencialmente desastrosos de satisfacer la creciente demanda de cal utilizando únicamente piras sobre tierra que requerían cantidades significativas de madera, un recurso finito. Los hornos de cal pueden haber sido una de las técnicas experimentales alternativas con el objetivo de conservar los recursos limitando la cantidad de madera necesaria para producir la cal quemada utilizada para diversos fines.

La analogía etnográfica permite comprender otro posible elemento de este programa de conservación. Trabajando con colaboradores locales en las afueras de la región Puuc, Dean Arnold (véase Seligson et al. 2017b:573) demostró hasta qué punto los especialistas contemporáneos en piedra caliza eran capaces de elegir tipos específicos de piedra que maximizaran la eficiencia de la producción de cal. Tal conocimiento esotérico evita el desperdicio de combustible de madera para intentar calcinar grados de piedra caliza que nunca se transformarían independientemente de la duración o el calor del fuego. Este conocimiento especializado de la piedra caliza probablemente se transmitía de generación en generación. Así, el conocimiento detallado de las materias primas también habría contribuido a la conservación de los recursos.

La producción de cal y la teoría de la resiliencia

En las últimas décadas, la teoría de la resiliencia ha sido adaptada por los arqueólogos para abordar cuestiones de complejidad social (Blanton 2010; Bradtmoller et al. 2017; Redman et al. 2009;). En su forma más básica, el ciclo adaptativo en el corazón del modelo de resiliencia socioecológica consiste en cuatro etapas (crecimiento/expansión, conservación/almacenamiento, liberación y reorganización). La etapa de conservación/almacenamiento se caracteriza por una medida de estabilidad, mientras que la etapa de liberación se refiere a la ruptura o colapso del sistema existente. En este modelo, la resiliencia



Figura 6. Foto del horno experimental poco después de que comenzara la quema (foto del autor).

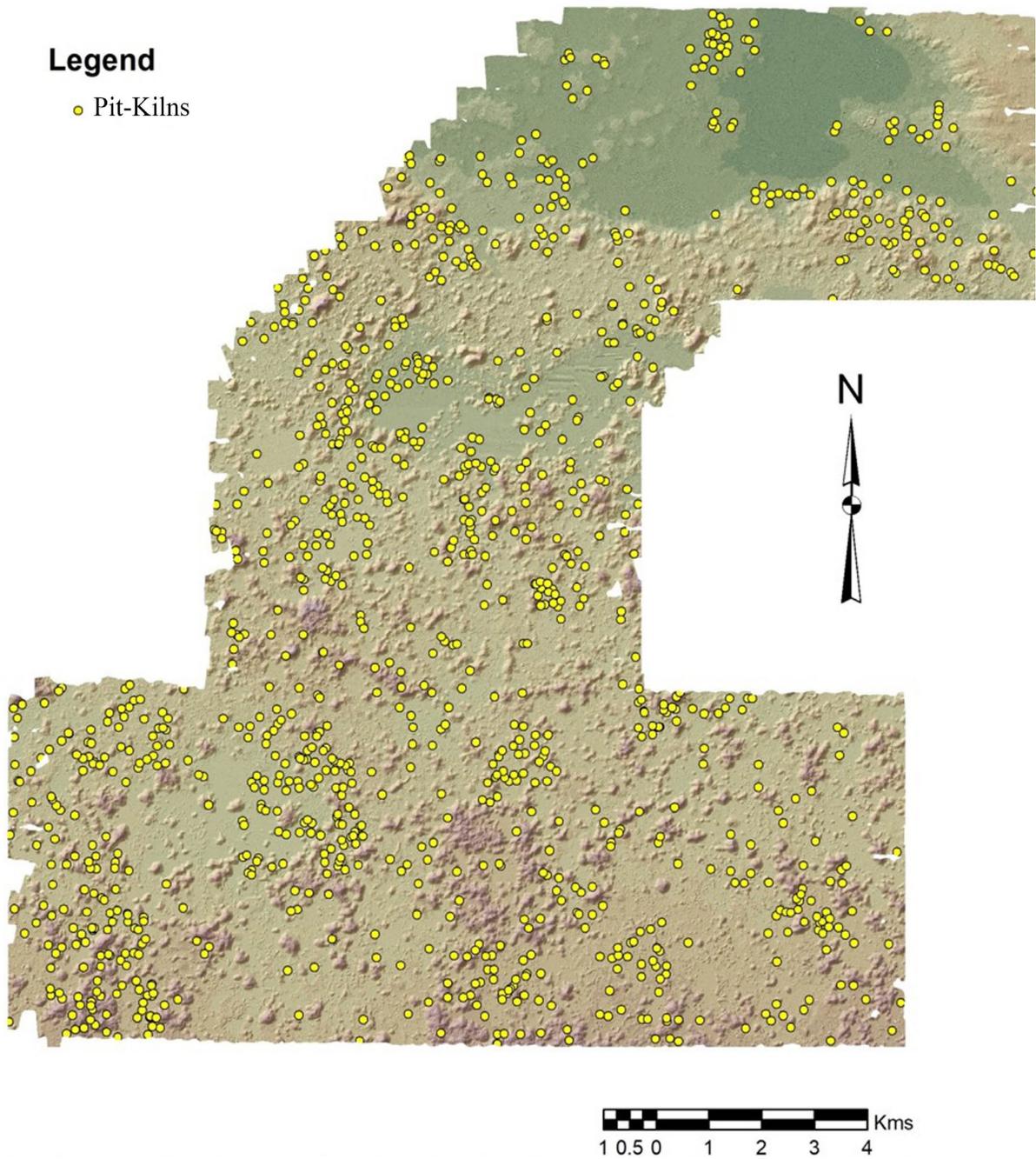


Figura 7. Un mapa de la zona de sobrevuelo lidar de 238 km² de la región Puuc oriental que destaca las ubicaciones de los hornos anulares (crédito del mapa: William Ringle).

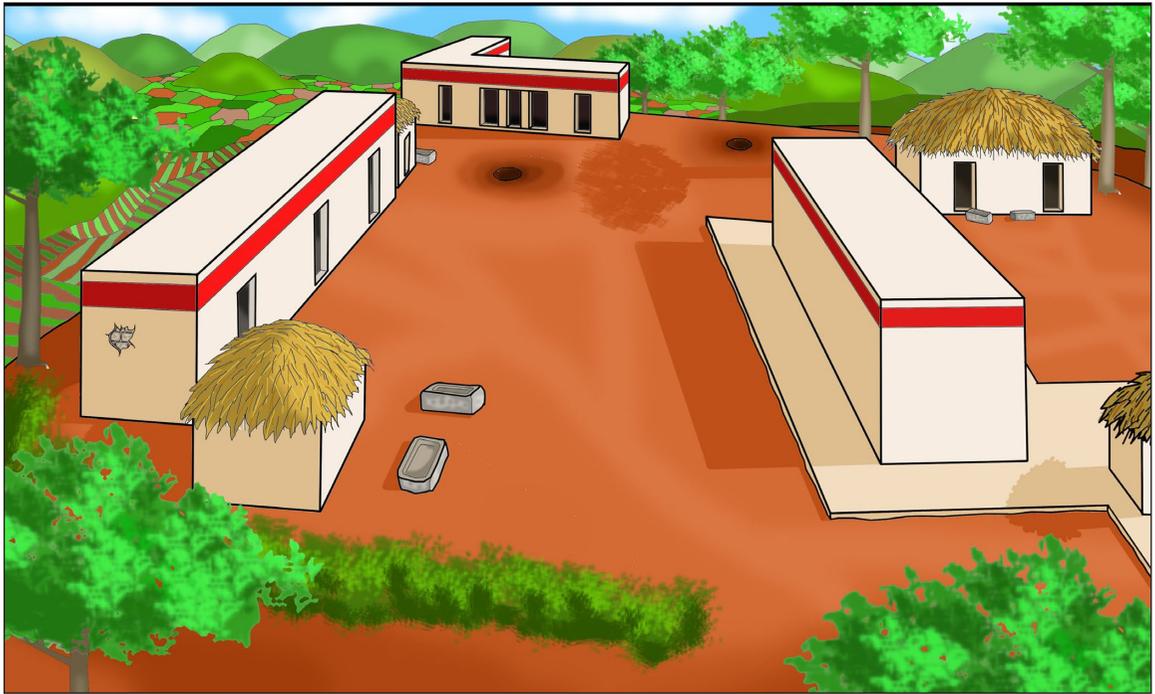


Figura 8. Representación artística del complejo de Escalera al Cielo ubicado al oeste del centro del sitio Kiuic demostrando la cantidad de cal arquitectónica utilizada en este grupo residencial (dibujo del autor).

es una medida de la capacidad de adaptación de un determinado sistema social para sobrevivir a perturbaciones imprevisibles (Blanton 2010; Holling 2001:394; Lentz et al. 2018). La fascinación por el dinamismo de los cambios de fase, principalmente de una era de estabilidad a otra de disrupción o caos, atrae a los estudiosos y al público por igual para tratar de entender los factores implicados (Blanton 2010). Yo, en cambio, quisiera llamar más la atención a los mecanismos adaptativos en juego durante la fase de conservación que apoyaron la resiliencia socioecológica de los mayas del Clásico. Aunque los marcos de resiliencia se han aplicado a las culturas arqueológicas en las escalas sociales más amplias, ha habido relativamente pocos estudios que apliquen estos modelos a la escala de análisis del sitio (Bradtmoeller et al. 2017).

El desarrollo y la adopción generalizada de la tecnología de hornos de cal en el sitio de Kiuic representa una estrategia adaptativa por parte de los mayas prehispánicos que sirve como lección de resiliencia para nosotros hoy en día. Durante los periodos Clásico Tardío y Terminal, Kiuic pasó muy rápidamente de la fase de crecimiento a la de conservación de un ciclo adaptativo, o experimentó varios ciclos superpuestos a diferentes escalas sociales. El sitio estaba experimentando un crecimiento poblacional que requería nuevas e innovadoras formas de utilizar y conservar los recursos de manera eficiente para mantener una sociedad funcional. La adopción de tecnologías de hornos de cal de bajo consumo durante esta época es coherente con la idea de que Kiuic estaba experimentando la fase de conservación del ciclo adaptativo. Un ciclo adaptativo más amplio de los mayas de las Tierras Bajas que experimentaba las fases de liberación y reorganización de su ciclo puede haber ejercido presiones externas sobre Kiuic y otros sitios en la región Puuc, pero los habitantes de la región tomaron medidas

para absorber el impacto conservando los recursos madereros. La importante expansión demográfica del Puuc comenzó en el Clásico Tardío y, sin embargo, más de doscientos años después la comunidad de Kiuic seguía siendo lo suficientemente próspera como para iniciar la construcción de nuevos complejos palaciegos (Gallareta Negrón et al. 2014; Ringle 2005). Además, el aumento de arquitectura abovedada no relacionada con reyes durante los periodos Clásico Tardío y Terminal en el área Puuc indica que las comunidades estaban prosperando. Los esfuerzos comunales de conservación ejemplificados por la adopción de la tecnología de los hornos de cal, pero probablemente extendidos más allá de esta, parecen haber sido exitosos en contribuir a gestionar la disponibilidad de combustible y deben verse como una medida de la flexibilidad de adaptación del sistema. La producción de cal puede haber sido realmente algo



insignificante en comparación con algunas otras necesidades de combustible, como para la producción de cerámica, herramientas, construcción y muebles (Farahani et al. 2017:994; Lentz et al. 2018), pero un aumento del 20% en la eficiencia del combustible para cualquier faceta del consumo de combustible habría contribuido a la resiliencia a largo plazo. Además, es muy posible que los hornos de cal, más eficientes en cuanto a combustible, se utilizaran para cocer cerámica, aunque no se descubrieron residuos ni evidencia directa de su producción. Los niveles elevados de potasio y fósforo identificados en los hornos de cal excavados sugieren que pueden haber servido también para otras funciones de combustión, como la eliminación de basura o la produc-

ción de fertilizantes, aunque se necesitan estudios futuros para confirmar todas estas posibilidades.

Una última cuestión es la del nivel organizativo del programa de conservación de los hornos de cal. Mirando más allá de Kiuic, Bill Ringle y sus colegas (2018) han identificado recientemente más de 1.000 hornos de cal en un área de 238 km² de la región del Puuc Oriental utilizando datos recogidos de un sobrevuelo lidar (Figura 5). Estas cifras indican que el Puuc Oriental en su conjunto adoptó esta tecnología, que puede ser vista como un ejemplo de acción colectiva para abordar los factores de estrés ambiental. Aunque la disponibilidad generalizada de la piedra caliza sugiere que habría sido accesible para casi todos, la alta posibilidad de agotamiento del suministro de combustible de madera probablemente habría fomentado el desarrollo de un mecanismo para regular su uso (Carballo et al. 2014). Lentz y sus colegas (2018), en su análisis de las prácticas de gestión forestal en Tikal, plantean la hipótesis de que debió existir algún tipo de control social para proteger los recursos forestales y sugieren que una autoridad central sería la base más probable para dicha gestión.

No está claro si la adopción generalizada de los hornos de cal fue el resultado de la cooperación comunitaria o de un decreto vertical, pero los beneficios para toda la comunidad resultantes de la adopción generalizada apoyan la acción colectiva de base como un escenario viable. Es probable que los miembros de la comunidad estuvieran dispuestos a adoptar una tecnología que limitara la cantidad de materias primas y mano de obra necesaria para la producción (figuras 7 y 8). En las comunidades mucho más pequeñas del Puuc Oriental, como Kiuic, es posible que hubiera sido mucho más fácil para una autoridad central ejercer el control sobre el consumo de combustible. Sin embargo, también es más probable que en una comunidad más pequeña y unida, los códigos morales y la vigilancia de los vecinos pudieran haber jugado un incentivo igual de importante para unirse a un programa que beneficiara a la comunidad en general (Blanton 2010:43; Houston e Inomata 2009:40-41; Lichbach 1996). La futura excavación de otros hornos de cal puede ayudar a aclarar esta cuestión afinando las cronologías relativas a su construcción y uso.

Conclusión

Ford y Nigh (2009) han argumentado que en lugar de considerar a los mayas del Clásico como contribuidores constantes al desastre socioecológico o a la deforestación, deberíamos apreciar las prácticas de gestión de recursos del Clásico por la sostenibilidad que aportaron a muchas subregiones durante más de 700 años. Desde las terrazas agrícolas, los elaborados sistemas de aguadas y las cuidadosas prácticas agroforestales hasta los hornos de cal, la civilización maya clásica sostuvo a poblaciones masivas en un entorno de selva tropical desafiante durante más de 700 años. Los mayas del área Puuc reconocieron que se enfrentaban a tensiones ambientales inducidas por la población, posiblemente exacerbadas por los cambios climáticos. Este documento no pretende afirmar que los mayas prehispánicos tuvieron algún tipo de conocimiento misterioso sobre cómo vivir en armonía con su entorno natural que se ha perdido a lo largo de los años, ni que lograran un equilibrio neto de carbono cero. En cambio, el propósito de este estudio de caso es destacar la importancia de la adaptabilidad, la voluntad de cambiar en respuesta a la variabilidad climática o ambiental.

Este artículo no es el primero en el que se destaca el valor que tiene para la sociedad contemporánea el examen de los procesos sociales a una escala temporal extremadamente larga por parte de los arqueólogos, pero quiero terminar con una forma concreta y factible en la que nuestro enfoque a larga escala temporal puede ayudar a subrayar la importancia de la adaptabilidad socioecológica. Debemos tratar de inculcar una apreciación del arco largo de las acciones y efectos humanos, una conciencia que la geóloga Marcia Bjornerud (2018) ha denominado recientemente “Timefulness”. Aunque el tiempo arqueológico no es tan profundo como el tiempo geológico, es útil elegir cuidadosamente cómo discutimos los declives sociopolíticos y qué aspectos de las civilizaciones premodernas elegimos enfatizar. Debemos trabajar para popularizar nuestra comprensión de los colapsos sociales premodernos como los declives atenuados que a menudo fueron. El llamado “colapso” de los mayas del Clásico abarcó un periodo de aproximadamente 250 años; como referencia, Estados Unidos está a punto de cumplir 250 años.

Podemos señalar el éxito de los esfuerzos de conservación premodernos, como la tecnología de hornos de cal de bajo consumo, como ejemplos proactivos de planificación a largo plazo por parte de sociedades que carecían de tecnología moderna. Los mayas del Puuc tomaron medidas para evitar el desmoronamiento de la sociedad mientras otras zonas de las Tierras Bajas estaban en declive, y aunque su sistema acabó sucumbiendo, su proactividad y el reconocimiento de la importancia de tomar medidas para afrontar futuras crisis pueden servirnos de modelo hoy en día. Aunque puede que no veamos los efectos positivos o negativos de nuestras acciones inmediatamente, esto no debería desanimarnos a tomar medidas colectivas ahora para ampliar nuestra adaptabilidad socioecológica con el fin de prevenir futuras crisis.

Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría agradecer a Betsy Kohut por sus invaluable comentarios y ediciones de este manuscrito. También me gustaría agradecer a Maxime Lamoureux St-Hilaire, Mat Saunders y George J. Bey III el honor de invitarme a participar en este número inaugural de *The Mayanist* y a Bill Ringle por coeditar este volumen. Evan Parker, Tomás Gallareta Negrón, Rossana May Ciau y Sol Ortiz Ruiz también han contribuido en gran medida a la formulación de este documento a través de conversaciones que invitan a la reflexión, la mentoría y el compañerismo.

Bibliografía

- Abrams, Elliot M, and David J. Rue
1988 The Causes and Consequences of Deforestation among the Prehistoric Maya. *Human Ecology* 16:4:377–395.
- Anderson, David S., Blair, Daniel A., and Richard E. Terry
2012 Soil Geochemical Analyses at the Preclassic Site of Xtobo, Yucatan, Mexico. *Ancient Mesoamerica* 23:2:365–377.
- Arnould, M. Charlotte, Michelet, Dominique, and Philippe Nondédéo
2013 Living Together in Río Bec Houses: Coresidence, Rank, and Alliance. *Ancient Mesoamerica* 24:2:469–493.
- Battistel, D., Roman, M., Marchetti, A., Kehrwald, N.M., Radaelli, M., Balliana, E., Toscano, G., and C. Barbante
2018 Anthropogenic impact in the Maya Lowlands of Petén, Guatemala, during the last 5500 years. *Journal of Quaternary Science* 33(2):166–176.
- Beach, Timothy
1998 Soil Constraints on Northwest Yucatán, Mexico: Pedoarchaeology and Maya Subsistence at Chunchucmil. *Geoarchaeology* 13(8):759–791.
- Beach, Timothy, Luzzadder-Beach, Sheryl, Dunning, Nicholas, Hageman, Jon, and Jon Lohse
2002 Upland Agriculture in the Maya Lowlands: Ancient Soil Conservation in Northwestern Belize. *Geographical Review* 92(3):372–397.
- Beach, Tim, Luzzadder-Beach, Sheryl, Cook, Duncan, Dunning, Nicholas, Kennett, Douglas J., Krause, Samantha, Terry, Richard, Trein, Debora, and Fred Valdez
2015 Ancient Maya impacts on the Earth's surface: An Early Anthropocene analog? *Quaternary Science Reviews* 124:1–30.
- Bjornerud, Marcia
2018 *Timefulness: How Thinking Like a Geologist Can Help Save the World*. Princeton University Press, Princeton.
- Blanton, Richard
2010 Collective Action and Adaptive Socioecological Cycles in Premodern States. *Cross-Cultural Research* 44(1):41–59.
- Bradtmoeller, Marcel, Grimm, Sonja, and Julien Riel-Salvatore
2017 Resilience theory in archaeological practice – An annotated review. *Quaternary International* 446:3–16.
- Brennan, Michael L., King, Eleanor M., Shaw, Leslie C., Walling, Stanley L., and Fred Valdez
2013 Preliminary geochemical assessment of limestone resources and stone use at Maya Sites in the Three Rivers Region, Belize. *Journal of Archaeological Science* 40:3178–3192.
- Brewer, Jeffrey L.
2018 Household as Water Managers: A Comparison of Domestic-Scale Water Management Practices from Two Central Maya Lowland Sites. *Ancient Mesoamerica* 29:197–217.
- Brewer, Jeffrey L., Carr, Christopher, Dunning, Nicholas P., Walker, Debra S., Anaya Hernandez, Armando, Peuramaki-Brown, Meaghan, and Kathryn Reese-Taylor
2017 Employing airborne lidar and archaeological testing to determine the role of small Depressions in water management at the ancient Maya site of Yaxnohcah, Campeche, Mexico. *Journal of Archaeological Science: Reports* 13:291–302.

Butzer, Karl W.

2012 Collapse, environment, and society. *PNAS* 109:10:3632–3639.

Canuto, Marcello A., Estrada-Belli, Francisco, Garrison, Thomas G., Houston, Stephen D., Acuña, Mary Jane, Kovac, Milan, Marken, Damien, Nondedeo, Philippe, Auld-Thomas, Luke, Castanet, Cyril, Chatelain, David, Chiriboga, Carlos R., Drapela, Tomas, Lieskovsky, Tibor, Tokovinine, Alexandre, Velasquez, Antolin, Fernandez-Diaz, Juan C., and Ramesh Shrestha

2018 Ancient lowland Maya complexity as revealed by airborne laser scanning of northern Guatemala. *Science* 361:1–17.

Carballo, David M., Roscoe, Paul, and Gary M. Feinman

2014 Cooperation and Collective Action in the Cultural Evolution of Complex Societies. *Journal of Archaeological Method and Theory* 21:98–133.

Chase, Adrian S.Z.

2016 Beyond elite control: residential reservoirs at Caracol, Belize. *WIREs Water* 3(6):885–897.

Chase, Arlen E., Chase, Diane Z., Weishampel, John F., Drake, Jason B., Shrestha, Ramesh L., Slatton, K. Clint, Awe, Jaime J., and William E. Carter

2011 Airborne LiDAR archaeology, and the ancient Maya landscape at Caracol, Belize. *Journal of Archaeological Science* 38:387–398.

Demeritt, David

2005 Comment. Perspectives on Diamond's Collapse: How Societies Choose to Fail or Succeed." Current Anthropology Forum on Anthropology in Public. *Current Anthropology* 46:S5:S92–S94.

Diamond, Jared

2005 *Collapse: How Societies Choose to Fail or Succeed*. Penguin Books, New York.

Dunning, Nicholas P., and Timothy Beach

1994 Soil Erosion, Slope Management, and Ancient Terracing in the Maya Lowlands. *Latin American Antiquity* 5(1):51–69.

Dunning, Nicholas P., Beach, Timothy P., and Sheryl Luzzadder-Beach

2012 Kax and kol: Collapse and resilience in lowland Maya civilization. *PNAS* 109(10): 3652–3657.

Erickson, Clark L.

1988 Raised Field Agriculture in the Lake Titicaca Basin: Putting Ancient Agriculture Back to Work. *Expedition* 30:3:8–16.

Ertsen, Maurits W., and Kyra Wouters

2017 The drop that makes a vase overflow: Understanding Maya society through daily Water management *WIREs Water* 5(3):e1281.

Farahani, Alan, Chiou, Katherine L., Harkey, Anna, Hastorf, Christine A., Lentz, David L., and Payson Sheets

2017 Identifying 'plantscapes' at the Classic Maya village of Joya de Cerén, El Salvador. *Antiquity* 91:980–997.

- Fedick, Scott L., Morrison, Bethany A., Juhl Andersen, Bente, Boucher, Sylviane, Ceja Acosta, Jorge, and Jennifer P. Mathews
2000 Wetland Manipulation in the Yalahau Region of the Northern Maya Lowlands. *Journal of Field Archaeology* 27(2):131–152.
- Ferrand, Ezgi Akpinar, Dunning, Nicholas P., Lentz, David L., and John G. Jones
2012 Use of Aguadas as Water Management Sources in Two Southern Maya Lowland Sites. *Ancient Mesoamerica* 23(1):85–101.
- Fisher, Christopher T., and Gary M. Feinman
2005 Introduction to 'Landscapes over Time'. *American Anthropologist* 107:1:62–69.
- Ford, Anabel, and Ronald Nigh
2009 Origins of the Maya Forest Garden: Maya Resource Management. *Journal of Ethnobiology* 29(2):213–236.
- Garrison, Thomas G., Houston, Stephen, and Omar Alcover Firpi
2019 Recentring the rural: Lidar and articulated landscapes among the Maya. *Journal of Anthropological Archaeology* 53:133–146.
- Gallareta Negrón, Tomás, and Rossana May Ciau
2003 Investigaciones Arqueológicas y Restauración Arquitectónica en Labná, Yucatán, Mexico: La Temporada de Campo de 2002. Merida, Centro Yucatán del INAH.
- Gallareta, Tomas, George J. Bey III, and William Ringle
2014 Investigaciones Arqueológicas en las Ruinas de Kiuic y la zona Labná-Kiuic, Distrito de Bolonchén, Yucatán, México. Informe técnico al Consejo de Arqueología de INAH, Temporada 2013.
- Glover, Jeffery B.
2012 The Yalahau Region: A Study of Ancient Maya Sociopolitical Organization. *Ancient Mesoamerica* 23(2):271–295.
- Golden, Charles, Murtha, Timothy, Cook, Bruce, Shaffer, Derek S., Schroder, Whittaker, Hermitt, Elijah J., Alcover Firpi, Omar, and Andrew K. Scherer
2016 Reanalyzing environmental lidar data for archaeology: Mesoamerican applications And implications. *Journal of Archaeological Science Reports* 9:293–308.
- Gómez-Pompa, Arturo
1987 On Maya Silviculture. *Mexican Studies/Estudios Mexicanos* 3(1):1–17.
- Gunderson, L., and C.S. Holling
2001 *Panarchy: understanding transformations in human and natural systems*. Island Press, Washington, D.C.
- Hansen, Richard, Bozarth, Steven, Jacob, John, Wahl, David, and Thomas Schreiner
2002 Climatic and Environmental Variability in the Rise of Maya Civilization: A Preliminary perspective from northern Peten. *Ancient Mesoamerica* 13(2):273–295.
- Holling, C.S.
2001 Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems. *Ecosystems* 4(5):390–405.

Hornborg, Al

2005 Comment. Perspectives on Diamond's Collapse: How Societies Choose to Fail or Succeed. *Current Anthropology Forum on Anthropology in Public*. *Current Anthropology* 46:S5:S94–S95.

Houston, Stephen D., and Takeshi Inomata

2009 *The Classic Maya*. Cambridge University Press, Cambridge.

Inomata, Takeshi, Triadan, Daniela, Pinzon, Flory, Burham, Melissa, Ranchos, Jose Luis, Aoyama, Kazuo, and Tsuyoshi Haraguchi

2018 Archaeological application of airborne LiDAR to examine social changes in the Ceibal region of the Maya lowlands. *PLOS One* 13(2):0191619.

Isendahl, Christian

2011 The Weight of Water: A New Look at Pre-Hispanic Puuc Maya Water Reservoirs. *Ancient Mesoamerica* 22(1):185–197.

Janssen, Marco A., Timothy A. Kohler, and Marten Scheffer

2003 Sunk-Cost Effects and Vulnerability to Collapse in Ancient Societies. *Current Anthropology* 44:5:722–728.

Lamoureux-St-Hilaire, Maxime, Macrae, Scott, McCane, Carmen A., Parker, Evan A., and Gyles Iannone

2015 The Last Groups Standing: Living Abandonment at the Ancient Maya Center of Minanha, Belize. *Latin American Antiquity* 26(4):550–569.

Lentz, David L., Dunning, Nicholas P., Scarborough, Vernon L., Magee, Kevin S., Thompson, Kim M., Weaver, Eric, Carr, Christopher, Terry, Richard E., Islebe, Gerald, Tankersley, Kenneth B., Grazioso Sierra, Liwy, Jones, John G., Buttles, Palma, Valdez, Fred, and Carmen E. Ramos Hernandez

2014 Forests, fields, and the edge of sustainability at the ancient Maya city of Tikal. *PNAS* 111(52):18513–18518.

Lentz, David L., Graham, Elizabeth, Vinaja, Xochitl, Slotten, Venicia, and Rupal Jain

2016 Agroforestry and ritual at the ancient Maya center of Lamanai. *Journal of Archaeological Science: Reports* 8:284–294.

Lentz, David L., Dunning, Nicholas P., Scarborough, Vernon L., and Liwy Grazioso

2018 Imperial resource management at the ancient Maya city of Tikal: A resilience model of sustainability and collapse. *Journal of Anthropological Archaeology* 52:113–122.

Levy Tacher, Samuel, and Efrain Hernandez-Xolocotzi

1995 Aprovechamiento forestal tradicional de los Hubches en Yucatan. In *La milpa en Yucatan: Un sistema de producción agrícola tradicional*. Vol. 1, edited by Efrain Hernandez-Xolocotzi, Eduardo Bello Baltazar, and Samuel Levy Tacher, pp. 247-270. Colegio de Postgraduados, Mexico City.

Lichbach, M.I.

1996 *The cooperator's dilemma*. University of Michigan Press, Ann Arbor.

Lucero, Lisa J.

2002 The Collapse of the Classic Maya: A Case for the Role of Water Control. *American Anthropologist* 104(3):814–826.

Luzzadder-Beach, Sheryl, Beach, Timothy, Hutson, Scott, and Samantha Krause

2016 Sky-earth, lake-sea: climate and water in Maya history and landscape. *Antiquity* 90:426–442.

McAnany, Patricia A.

1990 Water Storage in the Puuc Region of the Northern Maya Lowlands: A Key to Population Estimates and Architectural Variability. In *Precolumbian Population History in the Maya Lowlands*, edited by T.P. Culbert and Don S. Rice, pp. 263-284. University of New Mexico Press, Albuquerque.

McAnany, Patricia A., and Norman Yoffee

2010 *Questioning Collapse: Human Resilience, Ecological Vulnerability, and the Aftermath of Empire*. Cambridge University Press, Cambridge.

Middleton, Guy D.

2012 Nothing Lasts Forever: Environmental Discourses on the Collapse of Past Societies. *Journal of Archaeological Research* 20:257-307.

Morris, E.H., Jean Charlot, and Ann Axtell Morris

1931 *The Temple of the Warriors*. Charles Scribner's Sons, New York.

Morrison, Kathleen D.

2015 Archaeologies of Flow: Water and the landscapes of Southern India past, present, and future. *Journal of Field Archaeology* 40(5):560-580.

Neff, L. Theodore

2012 Late Classic Period Terrace Agriculture in the Lowland Maya Area. In *Ancient Households of the Americas*, edited by John G. Douglass and Nancy Gonlin, pp. 299-321. University of Colorado Press, Fort Collins.

Oritz Ruiz, Soledad, Goguitchaichvili, Avto, and Juan Morales

2015 Sobre la Edad de Los Hornos de Cal en el Area Maya. *Arqueologia Mexicana* 28:9-15.

Redman, Charles L.

2005 Resilience Theory in Archaeology. *American Anthropologist* 107:1:70-77.

Redman, Charles L., Margaret C. Nelson, and Ann P. Kinzig

2009 The Resilience of Socioecological Landscapes: Lessons from the Hohokam. In *The Archaeology of Environmental Change: Socionatural Legacies of Degradation And Resilience*, edited by C. T. Fisher, J.B. Hill, and G.M. Feinman, pp. 15-39. University of Arizona Press, Tucson.

Ringle, William M.

2005 The 2001 Field Season of the Labna-Kiuc Archaeological Project. famsi.org/www.famsi.org/reports/00019/index.html.

Ringle, William M, Gallareta Negrón, Tomás, Seligson, Kenneth, and David Vlcek

2018 Hidden in the Hills No Longer: LiDAR-aided Survey in the Puuc Region of Yucatan, Mexico. Paper presented at the 83rd Annual Meeting of the Society for American Archaeology, Washington, D.C.

Robin, Cynthia

2015 Of Earth and Stone: The Materiality of Maya Farmers' Everyday Lives at Chan, Belize. *Archaeological Papers of the American Anthropological Association* 26:40-52.

Russell, Bradley, and Bruce Dahlin

2007 Traditional Burnt-Lime Production at Mayapán, Mexico. *Journal of Field Archaeology* 32(4):407-423.

Scarborough, Vernon L., Dunning, Nicholas P., Tankersley, Kenneth B., Carr, Christopher, Weaver, Eric, Grazioso, Liwy, Lane, Brian, Jones, John G., Buttles, Palma, Valdez, Fred, and David L. Lentz
2012 Water and sustainable land use at the ancient tropical city of Tikal, Guatemala. *PNAS* 109(31):12408–12413.

Schreiner, Thomas Paul

2002 Traditional Maya Lime Production: Environmental and Cultural Implications of a Native American Technology. PhD Dissertation, University of California, Berkeley.

Seligson, Kenneth, Gallareta Negrón, Tomás, May Ciau, Rossana, and George J. Bey III

2017a Lime Powder Production in the Maya Puuc Region (A.D. 600–950): An Experimental Pit-Kiln. *Journal of Field Archaeology* 42(2):129–141.

Seligson, Kenneth E., Gallareta Negrón, Tomás, May Ciau, Rossana, and George J. Bey III

2017b Using Multiple Lines of Evidence to Identify Prehispanic Maya Burnt-Lime Kilns in The Northern Yucatan Peninsula. *Latin American Antiquity* 28(4):558–576.

Seligson, Kenneth E., Ortiz Ruiz, Soledad, and Luis Barba Pingarrón

2018 Prehispanic Maya Burnt Lime Industries: Previous Studies and Future Directions. *Ancient Mesoamerica* June 2018:1-21.

Smith, Monica L., and Rabindra Kumar Mohanty

2018 Monsoons, rice production, and urban growth: The microscale management of ‘too much’ water. *The Holocene* 28(8):1325–1333.

Steinberg, Michael K.

2005 Mahogany (*Swietenia macrophylla*) in the Maya Lowlands: Implications for Past Land Use and Environmental Change? *Journal of Latin American Geography* 4(1):127–134.

Tainter, Joseph A.

1988 *The Collapse of Complex Societies*. Cambridge University Press, Cambridge.

2006 Archaeology of Overshoot and Collapse. *Annual Review of Anthropology* 35:59–74.

Thompson, Edward H.

1897 *Los Chultunes of Labná, Yucatan*. Memoirs of the Peabody Museum of American Archaeology and Ethnology, Vol. 1, No. 3. Harvard University, Cambridge.

Turner, B.L., and Jeremy A. Sabloff

2012 Classic Period collapse of the Central Maya Lowlands: Insights about human-Environment relationships for sustainability. *PNAS* 109(35):13908–13914.

Wernecke, David C.

2008 A Burning Question: Maya Lime Technology and the Maya Forest. *Journal of Ethnobiology* 28:2:200–210.

Zralka, Jaroslaw, and Wieslaw Koszkuł

2015 Archaeological evidence for ancient Maya water management: the case of Nakum, Petén, Guatemala. *Antiquity* 89:397–416.