

Johnston, Kevin y Andrew Breckenridge

1999 Proyecto de Paleoecología Maya: Reconstrucción de patrones de utilización del terreno y deforestación en el periodo Clásico. En *XII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 1998* (editado por J.P. Laporte y H. L. Escobedo), pp.215-227. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

13

PROYECTO DE PALEOECOLOGÍA MAYA: RECONSTRUCCIÓN DE PATRONES DE UTILIZACIÓN DEL TERRENO Y DEFORESTACIÓN EN EL PERIODO CLÁSICO

*Kevin Johnston
Andrew Breckenridge*

¿Qué causó el dramático colapso de la civilización Maya Clásica en el siglo IX? Una de las explicaciones más influyentes y ampliamente admitidas es la llamada "teoría ecológica". De acuerdo con esta teoría, un rápido crecimiento de la población Maya tuvo como consecuencia el fuerte aumento de la agricultura y la deforestación de la selva tropical, lo que llevó a una degradación severa del medio ambiente y a una serie de cambios sociales y ecológicos que culminarían en el colapso. Existen, por supuesto, otras teorías del colapso. Sin embargo, conviene destacar que la teoría ecológica es defendida por un importante número de especialistas distinguidos, entre otros Don Rice, Patrick Culbert, David Webster, William Sanders, William Santley, Gordon Willey y Robert Sharer (Rice 1993; Rice y Deevey 1985; Culbert 1988; Sharer 1994; Webster, Sanders y van Rossum 1992; Santley, Killion y Lycett 1986; Willey 1973). Los autores de este artículo también son defensores de esta teoría. Nuestro proyecto se propone mejorar y completar el conocimiento que tenemos de la dinámica ecológica del colapso Maya.

En este artículo presentamos los resultados de dos estaciones de trabajo de campo del Proyecto Paleoecológico Maya, un esfuerzo de investigación multi-disciplinaria dirigido por Kevin Johnston. El equipo del proyecto incluye a arqueólogos, paleoecólogos, arqueo-climatólogos y geólogos de la Universidad Estatal de Ohio y de la Universidad de Minnesota. Entre las instituciones de la Universidad de Minnesota participantes en el proyecto, se encuentran el Centro de Investigaciones Limnológicas (Dr. Kerry Kelts, Director) y el Instituto de Magnetismo de Rocas (Dr. Subir Banerjee, Director).

El Proyecto Paleoecológico Maya tiene un único objetivo principal: investigar la historia del cambio climático y medio ambiental Maya con la ayuda de técnicas paleoecológicas y arqueoclimatológicas nuevas. Concretamente, deseamos examinar el impacto de los cambios medio ambientales provocados por el hombre sobre la sociedad Maya durante el periodo Clásico Tardío, así como el impacto a largo plazo de dicho cambio sobre el clima y medio ambiente de la selva tropical después del colapso. Actualmente estamos concentrando nuestro análisis en un periodo de siete siglos que abarca el florecimiento de la civilización Maya en el periodo Clásico Tardío, el colapso Maya y un periodo de varios siglos siguientes al colapso (aproximadamente 500 - 1200 DC).

Con este fin, nuestro proyecto ha extraído muestras de sedimento estratificado de varios lagos localizados cerca del río Pasión, incluyendo la laguna Itzan y la laguna Las Pozas. El geólogo Andrew Breckenridge ha analizado estas muestras durante los últimos nueve meses. Andrew Breckenridge terminará este trabajo muy próximamente. En este artículo presentamos los hallazgos realizados hasta el momento.

El artículo consta de tres secciones. En la primera hacemos una revisión crítica de la historia de la investigación paleoecológica del colapso Maya. En la segunda parte describimos las nuevas herramientas de investigación paleoecológica que estamos utilizando para reconstruir los modelos Mayas de utilización del terreno y las modificaciones del paisaje. Finalmente hacemos una valoración de la importancia arqueológica de nuestros descubrimientos.

ANTECEDENTES

Arqueólogos y paleoecólogos llevan más de 40 años trabajando juntos para resolver el misterio del colapso Maya. La mayor parte de las investigaciones llevadas a cabo ha sido de carácter limnológico, es decir, ha supuesto el análisis geológico de sedimentos estratificados presentes en el fondo de lagos. La Figura 1 resume la historia de la investigación limnológica en las Tierras Bajas Mayas. En ella vemos tres columnas: en la de la izquierda se listan los investigadores que dirigieron los diversos proyectos; la columna central contiene información acerca de los lagos en los que se llevó a cabo la investigación; por último, en la columna de la derecha se describen los métodos usados en la investigación. El contenido de la tercera columna muestra claramente que el análisis paleoecológico de las Tierras Bajas Mayas ha sido llevado a cabo preferentemente utilizando el método de análisis del polen. En efecto, el análisis del polen constituye aproximadamente el 75% del total de las investigaciones realizadas. La mayor parte del conocimiento que los arqueólogos tienen en la actualidad acerca de la ecología Maya procede del análisis del polen.

Investigador	Lugar	Tipo de Estudio
Tsukada 1966	Lago Petenxil	polen
Brenner 1978	Lago Quexil	polen, microfósiles
Deevey 1978	Lago Quexil	polen
Deevey et al. 1979	Lagos Quexil, Yaxha, Sacnab	polen, fósforo
Vaughn 1979	Lagos Quexil, Sacnab	polen
Deevey et al. 1980	Lago Petén-Itzá	polen
Binford 1983	Lago Petén-Itzá	granulometría
Brenner 1983	Lago Petén-Itzá	geoquímica
Leyden 1984	Lagos Quexil, Sacnab	polen
Rice et al. 1985	Lagos Yaxha, Sacnab	fósforo
Vaughn et al. 1985	Lagos Quexil, Sacnab	polen
Binford et al. 1987	Lago Petén-Itzá	fósforo
Leyden 1987	Lago Salpetén	polen
Brenner 1994	Lagos Quexil, Salpetén	polen, microfósiles
Leyden et al 1994	Lago Quexil	polen
Hodell et al. 1995	Laguna Chichancab	isotopo
Curtis et al. 1996	Punta Laguna	isotopo
Islebe et al. 1996	Lago Petén-Itzá	polen
Whitmore et al. 1996	Lagunas Coba, San Jose Chulchuaca, Sayaucil	isotopo
Webster et al. 1997	Laguna Petapilla	polen
Leyden et al. 1998	Laguna Coba	polen, geoquímica

Figura 1 Resumen de la historia de investigaciones limnológicas en las Tierras Bajas Mayas

¿Qué nos dice el análisis del polen acerca de la ecología del colapso? Y -no menos importante- ¿qué no nos dice?

Trabajando en el centro de Petén (Deevey 1978; Deevey *et al.* 1979), Belice (Hansen 1990), la región guatemalteca de Petexbatun (Dunning *et al.* 1997) y Copan, Honduras (Abrams y Rue 1988), los paleoecólogos han analizado el polen para reconstruir los cambios en la vegetación antigua. La mayor parte del polen ha sido hallado en sedimentos estratificados de los lagos. Los arqueólogos deducen a partir de estos cambios en la vegetación, aquellos que se debieron producir en los modelos de utilización de la tierra por los Mayas, en la deforestación y la agricultura. El análisis del polen ha sido un instrumento esencial para obtener información acerca del pasado ecológico. Así, por ejemplo, el análisis del polen nos ha permitido llegar a la conclusión de que el cultivo del maíz se introdujo en Mesoamérica alrededor del 2000 AC (Piperno 1994), muchos siglos antes de lo que puedan indicar las primeras evidencias arqueológicas de esta actividad. El análisis del polen también nos indica que durante los periodos Preclásico y Clásico, la hierba y especies de transición reemplazaron a las especies forestales en Petén, supuestamente como resultado de la tala de los bosques y el crecimiento de la agricultura (Rice 1993). Sin embargo, este método tiene limitaciones significativas como herramienta de análisis arqueológico.

El análisis del polen no nos proporciona más que una estimación aproximada e indirecta de algo que interesa mucho a los arqueólogos: las actividades humanas que produjeron los cambios ecológicos reflejados en las muestras de polen. Para que los datos paleoecológicos sean verdaderamente útiles a los arqueólogos, éstos deben informarnos tanto de los cambios ecológicos de la antigüedad, como de las modificaciones en el paisaje humano que produjeron dichos cambios. ¿Qué es exactamente lo que sabemos del pasado a través del análisis de polen? El análisis de polen permite a los investigadores reconstruir la evolución en cuanto a la frecuencia relativa de unas categorías de polen frente a otras, por ejemplo, de especies forestales frente a especies agrícolas. Muchos cambios de frecuencia indican cambios importantes en las prácticas de uso de la tierra por los Mayas, por ejemplo, la sustitución de los bosques por terreno cultivado. Aun así, es difícil y problemático llegar a conclusiones acerca del uso de la tierra a través de los datos del polen.

¿En qué consisten estas dificultades? En primer lugar, la cantidad de polen encontrada en los sedimentos de los lagos no se corresponde con la cantidad de polen que entró en el lago en la antigüedad. La conservación del polen en los sedimentos de los lagos no es necesariamente estable y gran parte del polen que entra en un lago se desintegra con el tiempo. En segundo lugar, el polen de algunas especies se conserva mejor que el de otras, con lo cual ciertas especies están sobre-representadas en las muestras de polen. Por este motivo, el análisis de la cantidad relativa de las especies halladas en las muestras de polen no nos permite sacar conclusiones acerca de la medida en que las diferentes especies vegetales estaban representadas en el paisaje cercano al lago. El análisis de polen permite determinar los cambios drásticos que se produjeron en la vegetación y, a partir de esto, se pueden también establecer los cambios más importantes en el uso de la tierra por los Mayas. Sin embargo, los datos proporcionados por el polen son un instrumento pobre a la hora de determinar las modificaciones en la utilización del terreno y en el paisaje. Por ejemplo, los datos del polen no nos pueden decir el tamaño del área cultivada por los Mayas o si la intensidad de la producción agrícola cambió con el tiempo. Para responder a estas cuestiones necesitamos utilizar otros métodos de análisis paleoecológico. Uno de los métodos que más prometen es la aplicación de técnicas paleomagnéticas, no utilizadas hasta ahora en las Tierras Bajas Mayas.

Estos métodos incluyen el análisis de susceptibilidad magnética, SIRM (*Saturation Isothermal Remanence Magnetization*) y ARM (*Anhyseric Isothermal Remanence Magnetization*). Estos son los principales métodos utilizados por el Proyecto Paleoecológico Maya.

MÉTODOS DEL PROYECTO PALEOECOLÓGICO MAYA

¿En qué consisten estas técnicas paleomagnéticas y qué es lo que miden?

En el análisis de susceptibilidad magnética, SIRM y ARM son herramientas de investigación utilizadas por los paleoecólogos para reconstruir los cambios de paisaje producidos en la antigüedad. Estos métodos con frecuencia se utilizan para medir la intensidad y duración de la erosión en la antigüedad. Como el análisis del polen, se utilizan para analizar los sedimentos estratificados de los lagos. Pasemos a describir brevemente estos métodos.

En el método de susceptibilidad magnética, SIRM y ARM miden la capacidad de las partículas de los sedimentos para conservar una carga magnética bajo una serie de condiciones (Thompson y Oldfield 1986; King y Hunt 1991; Moskowitz, Frankel y Bazylinski 1993). Estas condiciones incluyen la aplicación de un fuerte campo magnético constante (SIRM), de un fuerte campo magnético alterno (ARM) y de un fuerte campo magnético constante aplicado a muy bajas temperaturas (SIRM a bajas temperaturas). Dicha capacidad, o "susceptibilidad", varía en función de la cantidad de minerales ferromagnéticos contenidos en el sedimento. Los minerales ferromagnéticos más representados en los sedimentos de los lagos y en los suelos de Petén son dolomita, hematita, magnetita y maghemita. En otras palabras, los sedimentos con gran densidad de minerales ferromagnéticos tienen una fuerte susceptibilidad. Los materiales ferromagnéticos pueden formarse en los sedimentos del lago por medio de procesos químicos *in situ*. Pero la mayor parte de los minerales ferromagnéticos encontrados en los sedimentos de los lagos se originaron fuera del lago. La fuente principal de minerales ferromagnéticos de la selva tropical es el suelo y la fuente de minerales magnéticos en la tierra es el subsuelo y la roca madre. El contenido magnético de los suelos es mayor cuanto mayor sea la exposición del subsuelo o la roca madre. Los minerales ferromagnéticos se desplazan desde la superficie de la tierra hasta las cuencas de los lagos por medio de arroyos, el viento y, sobre todo, por aguas de escorrentía. En otras palabras, el contenido magnético de los sedimentos de los lagos viene determinado por la erosión de los suelos que rodean el lago. Los sedimentos producidos durante periodos de erosión intensa de los suelos muestran un nivel de susceptibilidad alto. Por otra parte, los sedimentos producidos cuando la tierra no está deforestada y por tanto, cuando la erosión es mínima, muestran niveles de susceptibilidad bajos. Cuando medimos la susceptibilidad magnética, lo que estamos midiendo es cuándo y con qué intensidad hubo erosión de los suelos hacia el lago en el pasado.

A diferencia del polen, el magnetismo mineral se conserva altamente estable a lo largo del tiempo. No se degrada ni se desintegra. Por su estabilidad y porque varía en intensidad en proporción con la erosión, la susceptibilidad magnética es una medida directa y fiel de la erosión antigua. Sólo dos procesos producen cambios en la susceptibilidad magnética: (1) un cambio natural del clima y (2) la modificación del paisaje por el hombre. Los datos arqueo-climatológicos indican que el clima de Petén ha permanecido básicamente estable durante los últimos miles de años. Por tanto, los cambios en la susceptibilidad detectados en los sedimentos de Petén no pueden ser atribuidos a un cambio de clima. Las selvas tropicales no modificadas por el hombre tienen suelos con niveles bajos de susceptibilidad, porque estos suelos se erosionan muy lentamente. Donde el clima es estable, el único factor que puede producir cambios significativos en la susceptibilidad es la modificación del paisaje por el hombre. En la selva de Petén el proceso de modificación más probable como explicación de las variaciones de susceptibilidad es la deforestación por la agricultura.

El análisis de la susceptibilidad magnética es un instrumento arqueológico útil porque nos puede dar cuenta del uso de la tierra, la modificación del paisaje y los procesos de erosión en la cuenca de un lago. Es superior al análisis del polen en dos sentidos. En primer lugar, puede revelar la velocidad de las modificaciones del paisaje y su intensidad. En segundo lugar, a diferencia del análisis del polen, que requiere mucho tiempo y un gran trabajo y es caro, el análisis paleomagnético puede llevarse a cabo con rapidez y sin un gran gasto, si se cuenta con el equipo apropiado. El Instituto de Magnetismo de Rocas de la Universidad de Minnesota es uno de los pocos centros del Hemisferio Occidental que posee el

equipo necesario para llevar a cabo el análisis magnético. Todos los análisis magnéticos realizados para nuestro proyecto se han hecho en este centro o en el Centro de Investigaciones Limnológicas de la Universidad de Minnesota.

Nótese que no estamos sugiriendo que el análisis de susceptibilidad magnética deba reemplazar al análisis del polen. En lugar de esto consideramos que las dos técnicas son métodos complementarios de reconstrucción del pasado ecológico. El análisis paleomagnético nos permite reconstruir los cambios en el paisaje que acompañaron a los cambios en la vegetación, mientras que el análisis del polen nos permite reconstruir los cambios fundamentales en la vegetación.

Hasta ahora, los paleoecólogos han usado las técnicas paleomagnéticas fundamentalmente para analizar los sedimentos de los océanos y de lagos de zonas templadas. Las técnicas paleomagnéticas no han sido usadas con anterioridad para determinar el uso de la tierra y los cambios en el paisaje de los trópicos americanos. El Proyecto Paleoecológico Maya está desarrollando en la actualidad una serie de procedimientos que permitirán a los investigadores usar estas técnicas para analizar los sedimentos de los lagos tropicales. A juzgar por nuestros resultados preliminares, el análisis paleomagnético promete ser un instrumento poderoso para reconstruir las prácticas de uso de la tierra y la historia de la deforestación en el periodo Maya Clásico.

RECUPERACIÓN DE LAS MUESTRAS DE LOS LAGOS

Antes de presentar los resultados de nuestro análisis describiremos brevemente cómo obtuvimos los datos sobre los que éste se basa.

En 1995, Johnston desarrolló un proyecto piloto durante el cual obtuvo 10 muestras "cortas" procedentes de siete lagunas localizadas a lo largo del río Pasión. Estas muestras cortas medían 1 m de largo o menos y todas ellas fueron obtenidas con el fin de determinar si los sedimentos de los lagos eran útiles para el análisis paleoecológico. En 1996 analizamos estas muestras e identificamos varias lagunas con sedimentos interesantes. En 1997 Johnston y Breckenridge obtuvieron muestras "largas" de tres de estas lagunas: la laguna Itzan, la laguna Las Pozas y la laguna San Juan Acul. La laguna San Juan Acul está adyacente al río Pasión, 15 km al oeste de Sayaxche. El arroyo Itzan es un arroyo de primavera a 30 km al oeste de Sayaxche. La laguna Las Pozas está situada 25 km al sur de Sayaxche. Las muestras largas medían entre 3.5 y 7 m. Las tres muestras penetraban en sedimentos que datan del periodo de la ocupación Maya. Las dos muestras más largas -una muestra de 7 m procedente de Itzan y otra de 8 m procedente de la laguna San Juan Acul- probablemente corresponden a varios milenios de años de historia ecológica.

En cada lago seguimos los procedimientos habituales para obtener las muestras. Antes de extraer las muestras exploramos rápidamente cada lago para determinar su profundidad y la topografía del fondo. Obtuvimos muestras únicamente de las áreas profundas y de topografía plana. Los sedimentos en zonas de poca profundidad o en zonas con una topografía con elevaciones no son apropiados, ya que su estratigrafía sufre transformaciones como consecuencia de las corrientes de agua o por los hundimientos. Las zonas de las que obtuvimos las muestras tenían 15 m de profundidad en la laguna San Juan Acul y 8 m en las lagunas de Itzan y Las Pozas.

Fabricamos una plataforma de perforación atando dos lanchas y construyendo entre ellas una plataforma de madera. Anclamos las lanchas firmemente para evitar que se movieran. Después introdujimos por el centro de la plataforma un tubo de plástico PVC que hicimos penetrar en los sedimentos del fondo del lago a una profundidad de aproximadamente 2 pies. Este tubo sirvió como un orificio inmóvil a través del cual bajábamos y subíamos el aparato perforador.

Para conseguir las muestras ajustamos tubos de policarbón de 2 m de longitud al aparato perforador. Los tubos son transparentes, lo que permite a los analistas examinar la estratigrafía de los sedimentos en el lugar de trabajo. Entonces atamos al aparato perforador tubos de aluminio de gran resistencia, que sirvieron como empuñadura de empuje. Finalmente insertamos las piezas a través del tubo PVC, lo hicimos descender al fondo del lago y lo introdujimos en los sedimentos. De esta manera obtuvimos sedimentos de 2 m en los que la estratigrafía permanecía inalterada e intacta. De cada uno de los lugares sacamos muestras en secuencia de sedimentos situados uno sobre otro. Esto nos permitió conseguir muestras continuas con una longitud de entre 3.50 y 8 m.

Todas las muestras fueron transportadas a la Universidad de Minnesota para ser analizadas. Aparte del análisis paleomagnético, las muestras fueron expuestas a otros tipos de análisis, entre ellos a difracción por rayos X, densitometría con rayos gamma, culometría y descripción y definición de capas y subcapas litológicas.

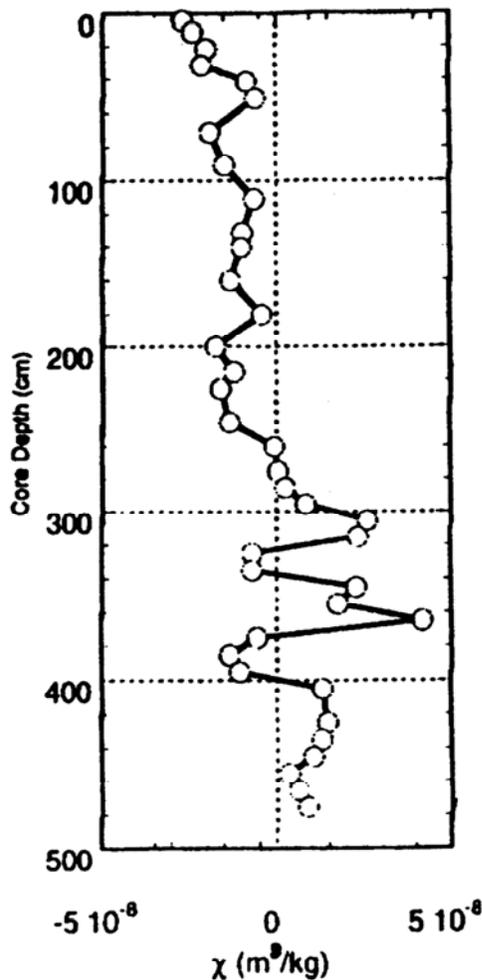
RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LABORATORIO

Cada una de las muestras fue analizada utilizando estas técnicas para determinar las propiedades paleomagnéticas y la densidad de los sedimentos. Por desgracia, la muestra de la laguna San Juan Acul no revela variación en susceptibilidad o densidad. Se trata de lodos carbonados uniformes, no estratificados, que parecen haberse mezclado por turbulencias en el fondo del lago y por tanto son inapropiados para este tipo de análisis. Decidimos no seguir analizando la muestra del lago San Juan Acul.

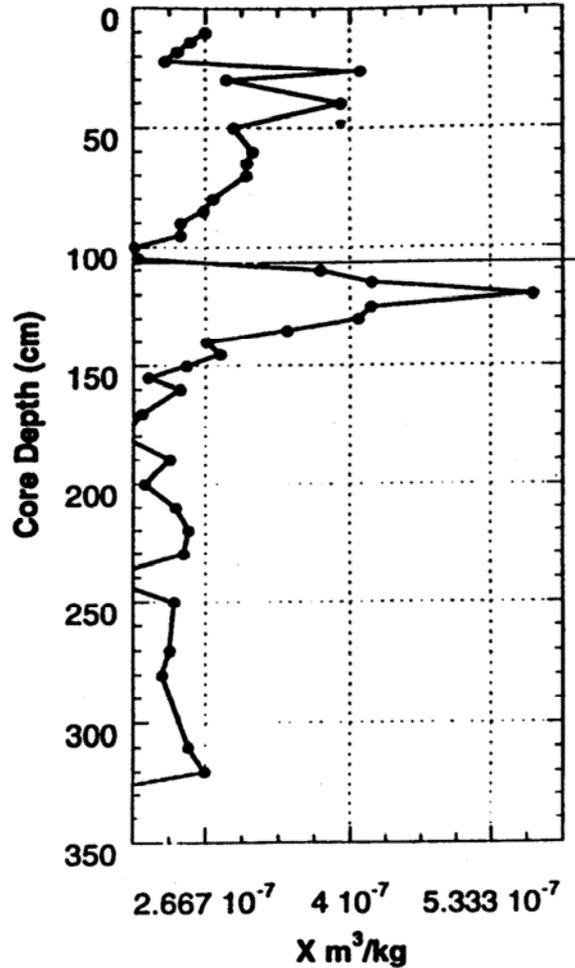
La Figura 2a muestra los índices de densidad y de susceptibilidad magnética de la muestra de Itzan. Esta muestra presenta claras variaciones en la susceptibilidad magnética, pero la señal es relativamente débil. La señal de susceptibilidad magnética de la muestra de Las Pozas, como se ve en la Figura 2b, es seis veces más fuerte que la de la muestra de Itzan. Es más, la muestra refleja un aumento brusco de la susceptibilidad a 1.30 m por debajo de la superficie. Un aumento brusco similar aparece en la muestra de Itzan a unos 2 m de la superficie. Puesto que la muestra de Las Pozas tiene un perfil de susceptibilidad claramente definido, la escogimos para realizar un análisis intenso.

El aumento brusco de la susceptibilidad en las muestras de Las Pozas e Itzan es muy interesante e intrigante. Creemos que este aumento corresponde al periodo que abarca el colapso de la sociedad Maya Clásica y sus consecuencias posteriores. El aumento brusco se produjo como consecuencia de un crecimiento dramático de la erosión en la capa superficial del terreno (producto de la deforestación por la agricultura), justo antes y durante el colapso, seguido por un descenso brusco de la erosión (reflejo de la salida de los agricultores de Petén) después del colapso.

Los sedimentos de los lagos tropicales tienen un bajo contenido en minerales ferromagnéticos y ofrecen por ello señales de susceptibilidad bajas. Al parecer, este hecho viene determinado por el bajo contenido ferromagnético de la roca madre, que es el material del que proceden los suelos tropicales. El analista se enfrenta con dos dificultades al estudiar los sedimentos de los lagos tropicales. En sedimentos con una señal paleomagnética débil, las variaciones que se producen en esa señal con el transcurso del tiempo pueden ocurrir simplemente como una función de las variaciones en el tamaño del grano del sedimento. Esto es posible porque los sedimentos con grano grande generalmente muestran señales más altas que los de grano pequeño. Sin embargo, la variación del tamaño del grano puede no tener nada que ver con la manipulación del paisaje por parte del hombre. Tanto la laguna Itzan como la laguna Las Pozas ofrecen señales paleomagnéticas relativamente bajas y por otra parte ambas muestran un cambio en el tiempo en cuanto a la intensidad de dichas señales. ¿Qué es lo que produjo el cambio en los perfiles paleomagnéticos de estas muestras? Antes de aceptar la hipótesis de que el brusco aumento de la señal magnética marca el periodo del colapso Maya, debemos descartar la posibilidad de que toda la variación de susceptibilidad reflejada en estas muestras sea simplemente un producto de la variación en el tamaño del grano.



2a. Laguna Itzán



2b. Laguna Las Pozas

Figura 2 Índices de la densidad y la susceptibilidad magnética de las muestras de la laguna Itzan y la laguna Las Pozas

Para hacer esta evaluación analizamos las propiedades magnéticas de las muestras de los lagos utilizando las técnicas SIRM y ARM. Los análisis ARM y SIRM son apropiados porque filtran las desviaciones producidas por las diferencias en el tamaño del grano. Los análisis ARM y SIRM de la muestra de Las Pozas ya se han terminado y presentamos los resultados en la Figura 3. Una vez eliminados los efectos provocados por las diferencias en el tamaño del grano obtenemos un perfil con un aumento brusco aproximadamente 1.30 m por debajo del fondo del lago. Este aumento debe corresponderse con una transformación significativa del paisaje en la antigüedad, casi con seguridad en el periodo del colapso Clásico de la sociedad Maya y en el periodo inmediatamente posterior.

Puesto que en la investigación siempre conviene realizar verificaciones adicionales de los descubrimientos, analizamos también el contenido orgánico e inorgánico de la muestra de Las Pozas. Antes de llevar a cabo el análisis formulamos una simple hipótesis. Supusimos que si el aumento brusco en el nivel de susceptibilidad había sido causado por erosión del terreno por el hombre, se vería acompañado por un aumento igualmente significativo en los niveles de carbón orgánico presente en estos mismos sedimentos. Como vemos en la Figura 4b, esto es precisamente lo que encontramos.

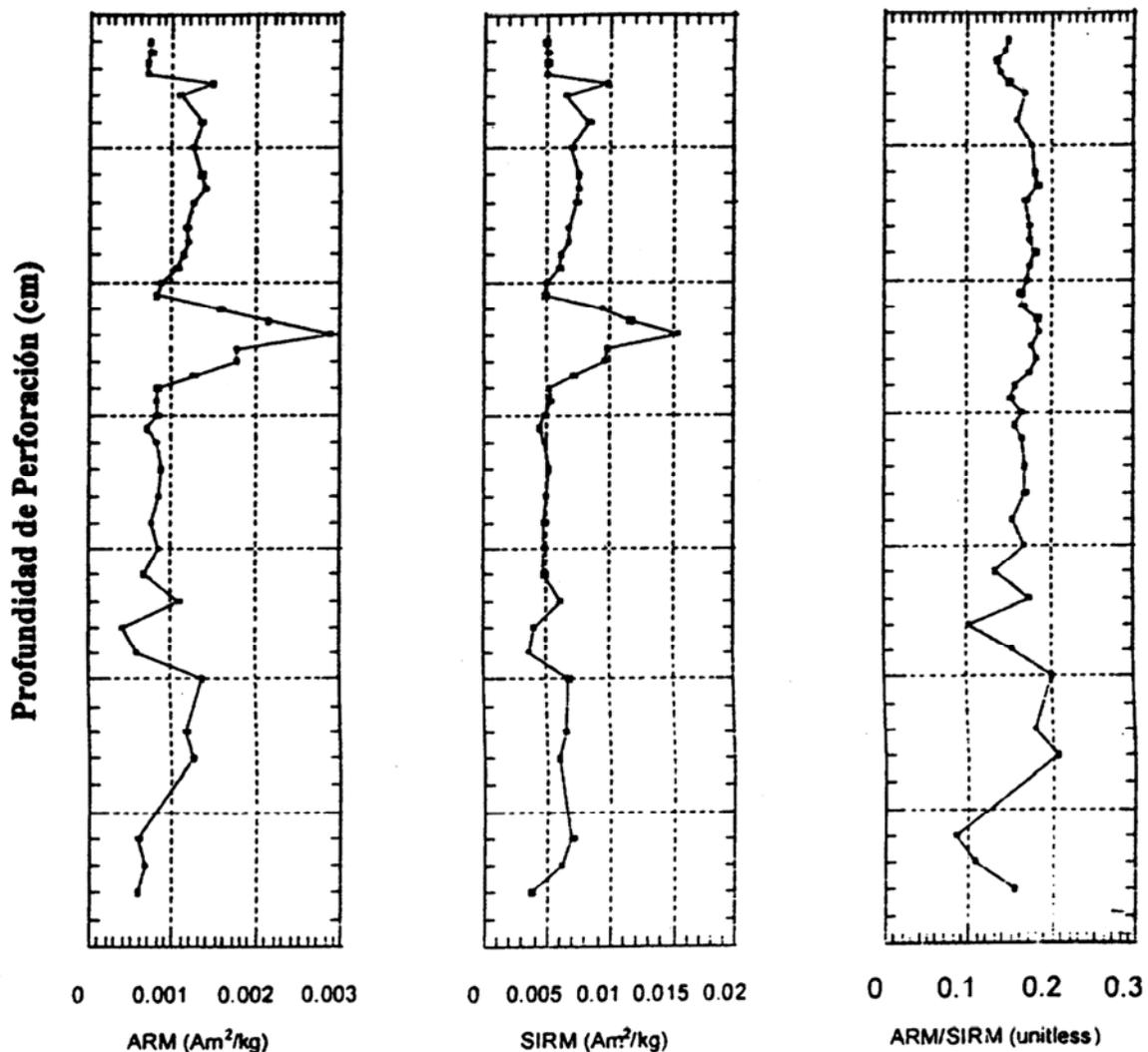


Figura 3 Los análisis ARM y SIRM de la muestra de la laguna Las Pozas

Todos los datos sugieren, por consiguiente, que en cierto momento de la antigüedad, los Mayas que ocupaban la región de la laguna Las Pozas transformaron radicalmente el medio ambiente. ¿Fue esta transformación el colapso del periodo Clásico Tardío?

Para contestar a esta pregunta datamos un fragmento de una hoja usando la técnica de datación de radiocarbono AMS (espectrometría de masa acelerada). El fragmento fue extraído del lugar en el que se obtuvo la muestra de Las Pozas, a una profundidad de aproximadamente 109 cm —la profundidad que corresponde con el final del brusco aumento en los niveles de susceptibilidad magnética (Figura 4). La muestra fue datada por el laboratorio de datación de radiocarbono del *Woods Hole Oceanographic Institute* de Massachusetts. La fecha del fragmento de hoja es $840 \text{ AP} \pm 40$ (sin calibrar), ó 1049 a 1250 DC (calibrado). Esto sugiere que el periodo de erosión causada por deforestación por la agricultura terminó en algún momento entre el fin del siglo XI y el principio del siglo XIII. Estas fechas son sorprendentemente tardías.

Para refinar nuestra cronología del proceso de erosión, estamos datando materiales orgánicos extraídos de debajo y del interior de los sedimentos que muestran el aumento brusco de susceptibilidad y de sedimentos de la época inmediatamente posterior. Las fechas proporcionadas por estos análisis AMS nos permitirán datar el principio del proceso de erosión, su punto máximo y el final. También nos permitirán determinar el nivel de sedimentación antes, durante y después del periodo representado por el aumento brusco de susceptibilidad. Nuestro objetivo es estimar la severidad e intensidad de la erosión -y por tanto la modificación del paisaje- durante la era del colapso Maya.

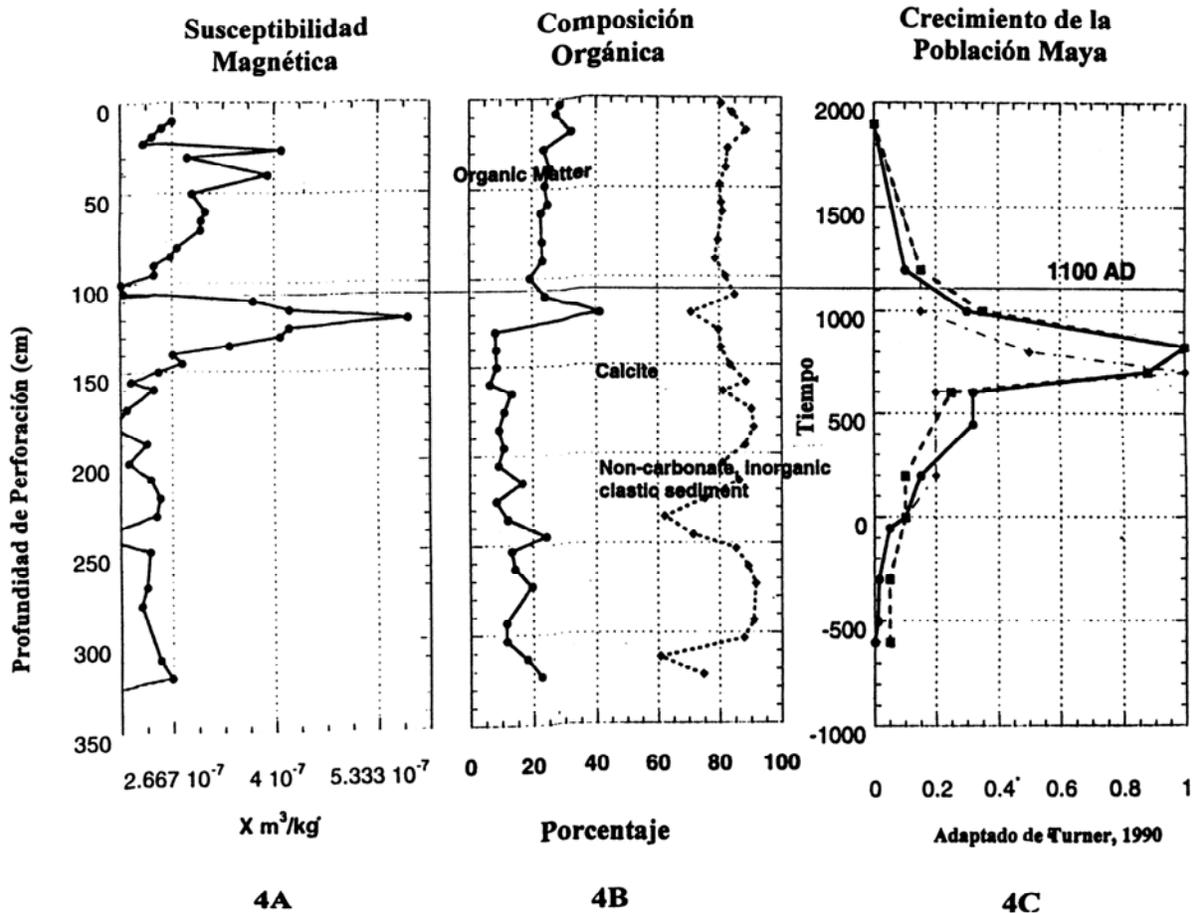


Figura 4 Índices de la muestra de la laguna Las Pozas: 4a Susceptibilidad magnética; 4b Composición orgánica; 4c Comparación del crecimiento de la población Maya del periodo Clásico Tardío (adaptado de Turner 1990) y el índice de la susceptibilidad magnética

IMPORTANCIA ARQUEOLÓGICA

¿Qué nos dicen nuestros resultados acerca del pasado de los antiguos Mayas? Mucho, ciertamente.

Como ya hemos visto, tanto la muestra de Las Pozas como la de Itzan contienen un aumento brusco en el nivel de susceptibilidad que indica un aumento en la concentración de minerales ferromagnéticos. Se trata de un aumento exponencial en la susceptibilidad seguido de una caída igualmente dramática. Esto es al parecer reflejo de los procesos de erosión asociados con el colapso del periodo Clásico Tardío. Es inequívocamente similar en forma a los perfiles de aumento y disminución de

densidad de población durante el mismo periodo (Fig.4c), lo que sugiere que el crecimiento de población y la erosión destructiva están relacionados.

La muestra de la laguna Las Pozas revela importantes facetas de la prehistoria del paisaje circundante. Los arqueólogos no saben prácticamente nada acerca de la región de la laguna Las Pozas. Ningún arqueólogo ha trabajado allí antes, a pesar de que la cuenca está localizada a apenas 20 km al sur de la región de Petexbatun. Como sabemos, la región de Petexbatun estuvo dominada por los grandes centros Mayas de Dos Pilas y Aguateca. Con simplemente tomar pruebas del lago y analizar su susceptibilidad magnética podemos hacer una reconstrucción preliminar de la historia de la ocupación de la cuenca de Las Pozas.

Como vemos en la Figura 2a, la muestra de Itzan presenta un aumento de susceptibilidad prolongado y gradual. Esto no nos sorprende, puesto que sabemos que la región de Itzan fue colonizada muy tempranamente (hacia 500 AC) y ocupada prácticamente sin interrupciones durante los 1400 años siguientes. La Figura 2b presenta la muestra de Las Pozas. Si en la muestra de Itzan la susceptibilidad aumenta gradualmente, la de Las Pozas contiene un aumento brusco. La muestra de Las Pozas sugiere que la ocupación y deforestación del terreno circundante tuvieron lugar relativamente tarde. Este hecho se puede explicar en términos de los conocimientos arqueológicos de los que ya disponemos, si bien lo que los datos sugieren es completamente sorprendente.

De acuerdo con los datos epigráficos, la dinastía real de Dos Pilas (20 km al norte de Las Pozas) fue fundada en el año 625 DC o alrededor de esta fecha por un segmento renegado de la familia real de Tikal (Houston 1993; Demarest 1997; Schele y Mathews 1998). Antes de la llegada de los inmigrantes de Tikal, el área de Petexbatun había sido un lugar culturalmente atrasado. Durante los siglos VII y VIII, la nueva dinastía de Dos Pilas amplió sus dominios por medios tanto militares como políticos (Johnston 1985; Mathews y Houston 1985; Demarest 1997). Al mismo tiempo, la población de la región creció y los agricultores ampliaron sus fronteras de colonización (Demarest 1997). En el año 760 DC, el estado de Petexbatun, que había sido dirigido primero por Dos Pilas y más tarde por Aguateca, colapsó. La desintegración del estado generó inestabilidad política en la región y un estado de guerra endémico, que continuó hasta alrededor de 830 DC (Demarest 1997). Durante la mitad del siglo IX, el colapso del Clásico Tardío arrasó la mayor parte de la región de Petexbatun y Dos Pilas, Aguateca y muchos otros centros hasta entonces importantes fueron abandonados.

A juzgar por la curva paleomagnética de Las Pozas, la colonización de esta zona comenzó poco después de la fundación de la dinastía de Dos Pilas. La deforestación y por tanto la población local, no crecieron de un modo significativo hasta quizá la mitad del siglo VIII, coincidiendo básicamente con la desintegración del estado de Petexbatun. Curiosamente, la deforestación, la erosión y por tanto, el crecimiento de población, se pronunciaron significativamente en el punto álgido del colapso -en un momento en que la mayor parte de los centros en la región estaban siendo abandonados. Otros dos centros regionales cercanos -Ceibal (Willey 1990) y Altar de Sacrificios (Willey 1973)- experimentaron expansiones políticas y de población similares en el periodo Clásico Terminal.

Los datos paleomagnéticos sugieren que los Mayas no ocuparon masivamente la región de Las Pozas hasta quizá el periodo Clásico Tardío -mucho después de que completaran la colonización de la región de Petexbatun. Un centro que no había sido registrado con anterioridad y que el Proyecto Paleoecológico Maya descubrió cerca del límite suroeste de la laguna Las Pozas puede marcar el periodo de colonización y crecimiento de población en esta cuenca. Procesos similares a los que transformaron Ceibal y Altar de Sacrificios durante el periodo Clásico Terminal, afectaron también a la región de Las Pozas.

Hay una segunda cuestión de interés en el perfil paleomagnético de Las Pozas. Nótese en la Figura 2b que a una profundidad de aproximadamente 25 cm aparece un aumento del nivel de susceptibilidad. La presencia de esta señal es intrigante, ya que se encuentra a demasiada profundidad como para corresponderse con la deforestación de fines del siglo XX, pero también demasiado superficial como para poder estar relacionada con la actividad de los Mayas del periodo Clásico. Nuestra reconstrucción de la velocidad de sedimentación indica que este aumento corresponde al siglo XVII ó XVIII. Entre el colapso de la civilización Maya en el siglo noveno y la nueva colonización de Petén a finales del siglo XX, la región del río Pasión estuvo prácticamente abandonada. ¿Quiénes fueron los causantes del aumento de deforestación del que venimos hablando? Lo más probable es que se trate de los Maya Lakandon. De acuerdo con lo demostrado por Joel Palka (1997), pequeñas comunidades Lakandon estaban repartidas por la cuenca del río Pasión durante el final del siglo XIX y quizá antes. Los arqueólogos saben muy poco acerca del tamaño, localización y antigüedad de estas comunidades. Nuestros datos paleomagnéticos indican que las comunidades de Maya Lakandon u otro grupo Maya estaban presentes en la laguna Las Pozas hace aproximadamente tres siglos.

También es interesante una disminución del nivel de susceptibilidad que aparece en el perfil paleomagnético de Itzan precediendo al aumento brusco correspondiente al colapso (Fig.2a). Si el aumento brusco indica un crecimiento pronunciado de la erosión del suelo durante el periodo Clásico Tardío, éste parece haber estado precedido por una etapa durante la que la erosión disminuyó marcadamente. La disminución puede corresponderse con la interrupción de actividad cultural del periodo Clásico Temprano en la región del río Pasión. A juzgar por los datos arqueológicos obtenidos en Itzan y en otros centros, muchos asentamientos de la cuenca del río Pasión fueron abandonados o dejaron de estar activos durante este periodo (Johnston 1994; Willey 1973; Willey 1990). Los datos paleomagnéticos pueden indicar que conforme la población de la región se redujo durante este periodo, algunas áreas -incluyendo la de Itzan- se reforestaron parcialmente. Nuestros datos pueden resultar muy relevantes para entender la ecología del periodo Clásico Temprano.

CONCLUSIONES

En conclusión, el análisis paleomagnético promete ser un instrumento importante que puede completar aquellos de los que ya disponíamos para reconstruir el medio ambiente de los Mayas Clásicos. En el futuro el uso de estas técnicas nos puede permitir investigar con rapidez y a un bajo costo la utilización de la tierra y las modificaciones del paisaje en la antigüedad. En la actualidad podemos investigar estos procesos únicamente con procedimientos caros y laboriosos. El análisis paleomagnético no sustituirá a otros métodos de reconstrucción paleoecológica, como el análisis del polen. Sin embargo, será un nuevo tipo de análisis altamente productivo, que podremos usar para entender mejor cómo usaron los Mayas la tierra y cómo transformaron, auto-destructivamente, su medio ambiente.

AGRADECIMIENTOS

La financiación del trabajo llevado a cabo por el Proyecto Paleoecológico Maya durante 1995 y 1997 provino de la Fundación Mellon, la Fundación JFM y de una beca de investigación de la Fundación Científica Nacional de los Estados Unidos de América (administrada a través del Grupo de Entrenamiento para el Análisis de los Datos de Cambios Globales de Clima, Universidad de Minnesota).

REFERENCIAS

- Abrams, Elliot M. y David J. Rue
1988 The Causes and Consequences of Deforestation Among the Prehistoric Maya. *Human Ecology* 16 (4):337-396.
- Culbert, T. Patrick
1988 The Collapse of Classic Maya Civilization. En *The Collapse of Ancient States and Civilizations* (editado por N. Yoffee y G. Cowgill):69-101. Arizona University Press, Tucson.
- Deevey, Edward S.
1978 Holocene Forests and Maya Disturbance Near Quexil Lake, Peten, Guatemala. *Polski Archiwum Hydrobiologii* 25:117-129.
- Deevey, Edward S., Don S. Rice, Prudence M. Rice, Hague H. Vaughan, Mark Brenner y Michael S. Flannery
1979 Mayan Urbanism: Impact on a Tropical Karst Environment. *Science* 206 (19):298-306.
- Demarest, Arthur A.
1997 The Vanderbilt Petexbatún Regional Archaeological Project 1989-1994: Overview, History, and Major Results of a Multidisciplinary Study of the Classic Maya Collapse. *Ancient Mesoamerica* 8 (2):209-228. Cambridge University Press, Cambridge.
- Dunning, Nicholas, Timothy Beach y David Rue
1997 The Paleoeecology and Ancient Settlement of the Petexbatun Region, Guatemala. *Ancient Mesoamerica* 8 (2): 255-266. Cambridge University Press, Cambridge.
- Hansen, Barbara C.
1990 Pollen Stratigraphy of Laguna de Cocos. En *Ancient Maya Wetland Agriculture: Excavations on Albion Island, Northern Belize* (editado por M. Pohl):155-186. Westview Press, Boulder.
- Houston, Stephen D.
1992 *Hieroglyphs and History at Dos Pilas: Dynastic Politics of the Classic Maya*. Texas University Press, Austin.
- Houston, Stephen y Peter Mathews
1985 *The Dynastic Sequence of Dos Pilas, Guatemala*. Pre-Columbian Art Research Institute, Monograph 1. San Francisco.
- Johnston, Kevin J.
1985 Maya Dynastic Territorial Expansion: Glyphic Evidence from Classic Centers of the Pasion River, Guatemala. En *Fifth Palenque Round Table* (editado por V. Fields):49-56. Pre-Columbian Art Research Institute, San Francisco.
- 1994 *The "Invisible" Maya: Late Classic Minimally-Platformed Residential Settlement at Itzán, Petén, Guatemala*. Tesis Doctoral, Yale University, New Haven.
- King, J. y C.P. Hunt
1991 Laboratory Techniques and Equipment for Rock Magnetism and Paleomagnetism. En *Handbook from the Environmental Magnetism Workshop* (editado por C. P. Hunt). Institute for Rock Magnetism and the Global Paleorecords Research Training Group, University of Minnesota.

- Moskowitz, B.M, Frankel, R.B. y D.A. Bazylinski
 1993 Rock Magnetic Criteria for the Detection of Biogenic Magnetite. *Earth and Planetary Sciences Letters* 120:283-300.
- Palka, Joel
 1997 Lacandon Maya Culture Change and Survival in the Lowland Frontier of the Expanding Guatemalan and Mexican Republics. En *Studies in Culture Contact: Interaction, Culture Change, and, Archaeology* (editado por J. Cusick). Center for Archaeological Research, University of Illinois, Carbondale.
- Piperno, Dolores
 1994 On the Emergence of Agriculture in the New World. *Current Anthropology* 35:637-639.
- Rice, Don S.
 1993 Eight-Century Physical Geography, Environment, and Natural Resources in the Maya Lowlands. En *Lowland Maya Civilization in the Eighth Century A.D.* (editado por J. Sabloff y J. Henderson):11-64. Dumbarton Oaks, Washington, D.C.
- Rice, Don S., Prudence M. Rice y Edward S. Deevey, Jr.
 1985 Paradise Lost: Classic Maya Impact on a Lacustrine Environment. En *Prehistoric Lowland Maya Environment and Subsistence Economy* (editado por M. Pohl):91-105. Papers of the Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Vol.77. Harvard University, Cambridge.
- Santley, Robert S., Thomas W. Killion y Mark T. Lycett
 1986 On the Maya Collapse. *Journal of Anthropological Research* 42 (2):123-159.
- Schele, Linda y Peter Mathews
 1998 *The Code of Kings*. Scribner.
- Sharer, Robert J.
 1994 *The Ancient Maya*. Stanford University Press, Stanford.
- Thompson, R. y F. Oldfield
 1986 *Environmental Magnetism*. Allen & Unwin Ltd., London.
- Webster, David L., William T. Sanders y Peter van Rossum
 1992 A Simulation of Copan Population History and its Implications. *Ancient Mesoamerica* 3 (1):185-198.
- Willey, Gordon R.
 1973 *The Altar de Sacrificios Excavations: General Summary and Conclusions*. Papers of the Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Vol.64, No.3. Harvard University, Cambridge.
 1990 *Excavations at Seibal, Department of Peten, Guatemala*. Memoirs of the Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, No.17. Harvard University, Cambridge.
- Willey, Gordon R. y Demitri B. Shimkin
 1973 The Maya Collapse: A Summary View. En *The Classic Maya Collapse* (editado por T. P. Culbert):457-502. School of American Research Press, Santa Fe.