

FAMSI © 2006: David Wahl

Cambio Medio Ambiental y Agricultura Prehistórica en la Cuenca El Mirador

Traducido del Inglés por Miryan McDonald



Año de Investigación: 2002

Cultura: Maya

Cronología: Preclásico a Clásico Posterior

Ubicación: Centro Norte de Petén, Guatemala

Sitio: Lago Puerto Arturo, Cuenca El Mirador

Tabla de Contenidos

[Resumen](#)

[Abstract](#)

[Introducción](#)

[Antecedentes](#)

[Métodos](#)

[Resultados y Discusión](#)

[Fase de Recuperación del Preclásico Medio \(año calendárico 540–350 a.C.\)](#)

[Fase de Recuperación del Preclásico Tardío \(año calendárico 100–255 d.C.\)](#)

[Fase de Recuperación del Clásico Tardío \(año calendárico 915 d.C.–al presente\)](#)

[Conclusión](#)

[Agradecimientos](#)

[Lista de Figuras](#)

[Referencias Citadas](#)

Resumen

Los análisis del polen, la pérdida por ignición, la susceptibilidad magnética, e isótopo de oxígeno proporcionan un registro paleo-medioambiental de alta resolución del lago Puerto Arturo, Petén, Guatemala. El control cronológico se basa en ocho determinaciones de radiocarbono AMS. Una historia larga de actividad humana en la Cuenca El Mirador se indica por 3600 años de disturbio en la cuenca, del ~2700 a.C. a ~900 d.C. Este período coincide con un clima relativamente seco en las Tierras Bajas Mayas. El polen muestra un aumento precipitado en disturbio antropogénico en el Preclásico Temprano (~1450 a.C.), coincidiendo con la evidencia arqueológica del establecimiento temprano. El registro indica por lo menos cuatro fases de disturbio agrícola, con períodos de intervención de recuperación ecológico durante los 2500 años siguientes. La última fase agrícola terminó ~900 d.C., coincidiendo con el abandono del Clásico Tardío de las Tierras Bajas Mayas. No hay evidencia de actividad humana en la región durante los 1000 años siguientes.

Abstract

Pollen, loss on ignition, magnetic susceptibility, and oxygen isotope analyses provide a high-resolution paleoenvironmental record from Lago Puerto Arturo, Petén, Guatemala. Chronologic control is based on eight AMS radiocarbon determinations. A long history of human activity in the Mirador Basin is indicated by 3600 years of watershed disturbance, from ~2700 B.C. to ~A.D. 900. This period coincides with a relatively dry climate in the southern Maya lowlands. Pollen shows an abrupt increase in anthropogenic disturbance in the Early Preclassic (~1450 B.C.), coincident with archaeological evidence of early settlement. The record indicates at least four phases of agricultural disturbance, with intervening periods of ecological recovery, during the following 2500 years. The last agricultural phase ended ~A.D. 900, coincident with the Late Classic abandonment of the southern Maya lowlands. There is no evidence for human activity in the region during the following 1000 years.

Entregado el 9 de agosto del 2005 por:

David Wahl

dwahl@socrates.Berkeley.EDU

Introducción

Durante los pasados 40 años, varios estudios paleo-ecológicos y geoquímicos se han llevado a cabo en las Tierras Bajas Mayas. Los estudios muestran que el clima en estas importantes áreas arqueológicas ha cambiado sobre una escala de tiempo variada durante los períodos Pleistoceno tardío y Holoceno (Binford, *et al.* 1987; Curtis, *et al.* 1998; Hodell, *et al.* 2001; Hodell, *et al.* 1995; Leyden, *et al.* 1993, 1994; Leyden, *et al.* 1996). Algunos archivos también indican que los impactos humanos asociados con la actividad agrícola y la urbanización han sido la causa de la significativa deforestación y la erosión de la tierra (Beach, *et al.* 2003; Binford, *et al.* 1987; Deevey, *et al.* 1979; Hansen, *et al.* 2002; Vaughan, *et al.* 1985). Sin embargo, no siempre es posible distinguir entre el cambio medioambiental natural o el inducido por el humano (Curtis, *et al.* 1998; Islebe, *et al.* 1996; Leyden 1987; Vaughan, *et al.* 1985). Esta incertidumbre ha dificultado evaluar el papel del cambio medioambiental en el declive Maya del Clásico Tardío.

La mayor parte de la investigación paleo-medioambiental en las Tierras Bajas Mayas se realizaron en los lagos más asequibles del sur de Petén (Binford, *et al.* 1987; Dunning, *et al.* 1998; Islebe, *et al.* 1996; Wiseman 1974), en las ciénagas Belicianas (B.C.S. Hansen 1990; Jacob 1995; Jacob y Hallmark 1996; Jones 1991), y los pocos lagos en la parte del norte de la Península de Yucatán (Curtis, *et al.* 1996; Leyden, *et al.* 1998; Leyden, *et al.* 1996; Whitmore, *et al.* 1996). El problema con muchos de estos sitios, es que el declive de la población del Clásico Tardío no fue tan abrupta como lo fue en otra parte en la península y en algunos sitios, la población en realidad incrementó en el Clásico Posterior (Jones 1998; Rice 1986; Willey 1986). Esto ha complicado la interpretación de algunas secuencias sedimentarias fechadas sin seguridad (Tsukada 1966; Vaughan, *et al.* 1985). Este proyecto evadió estas complicaciones porque se llevó a cabo en la Cuenca El Mirador, la que fue abandonada en el Clásico Tardío y está todavía virtualmente despoblada.

Antecedentes

La Cuenca El Mirador, localizada en la porción central del norte de Petén, Guatemala y el sur de Campeche, México, es una de las áreas más remotas de las Tierras Bajas Mayas ([Figura 1](#)). Hoy, el área comprende ciénagas extensivas estacionales (*bajos*) esparcidos con picos y cuevas relativamente bien drenadas. Su intensa estación seca, la falta de fuentes de agua perennes, y pantanos extensivos forman una barrera formidable para el asentamiento. Aún el área estuvo poblada densamente en los períodos Preclásico Medio y Tardío (1000 a.C. – 150 d.C.) y modestamente ocupada durante el Clásico Tardío (600-900 d.C.). Las investigaciones arqueológicas y ecológicas, primeramente llevadas a cabo por el Proyecto la Cuenca El Mirador revelaron una larga historia de asentamiento humano (Dahlin 1984; R.D. Hansen 1990, 1991, 1992, 1998; Howell y Copeland 1989; Matheny 1987). La evidencia más temprana de fechas de estructuras permanentes fue aproximadamente 1000 a.C. Por los años 400 a.C., había cerca de una docena de centros urbanos en el área,

incluyendo los centros grandes de Nakbé y El Mirador. La evidencia de estas grandes poblaciones ha guiado a los investigadores a examinar el escenario medioambiental durante el levantamiento de grandes centros, como también el posible papel de cambios medioambientales en sus derrumbamientos, que ocurrieron por lo menos en dos ocasiones (alrededor de 150 d.C. y 900 d.C.).

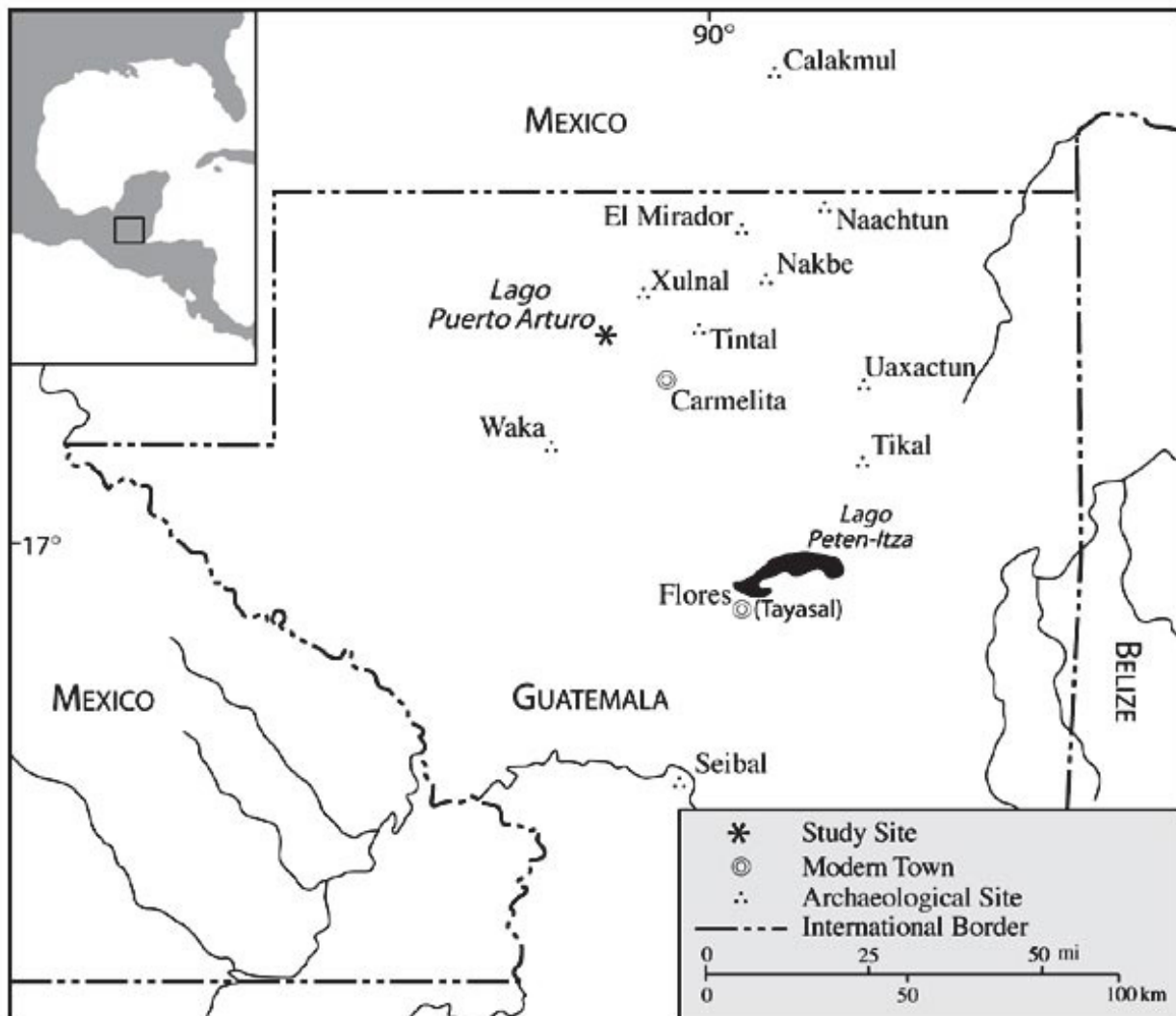


Figura 1. Mapa de Petén, Guatemala, incluye estudio del sitio (lago Puerto Arturo) y sitios arqueológicos selectos.

El trabajo paleo-medioambiental previo en la Cuenca El Mirador ha sido limitado por la falta del material central de edad suficiente para permitir un análisis comparativo de la región anterior, durante y después de los períodos de mayor ocupación Maya. Un estudio de polen inicial sobre el sedimento de aguada Zacatal, un depósito Maya cerca de Nakbé, estableció la existencia de microfósiles bien conservados (Weinstein 1993).

En 1998, se levantaron una serie de núcleos de sedimentos de aguada y se produjo un record completo (Wahl 2000). El registro, que cubre el Clásico Tardío al presente, muestra dos zonas distintas; una de trastorno ecológico y agrícola y una de regeneración forestal y estabilidad general. Un cambio dramático en el polen y espectros de carbón entre las zonas marcan el abandono del período Clásico del área (Wahl 2000).

Métodos

Se recuperó un total de 7.28 m de sedimento en el lago Puerto Arturo (17° 32' N, 90° 11' O; [Figura 1](#)), un lago en forma de media luna (~1.5 km²) localizado a 22 km al noroeste del pueblo de Carmelita en el norte de Petén. El lago ocupa una depresión extensa a lo largo del extremo de un escarpado en dirección oriente-oeste. El lago ha retenido agua desde que empezó a llenarse alrededor de los pasados 9500 años. El centro es poco profundo y está dominado por juncias emergentes. La parte norte es de ~8 metros de profundidad, por lo menos con una depresión alcanzando 12 metros cerca de la costa oriental. Una pequeña isla sobre el lago contiene las ruinas de estructuras que parecen de la fecha del Clásico Tardío, aunque no se han llevado a cabo investigaciones arqueológicas ahí. Se sacaron muestras de sedimentos de una balsa anclada usando un *Livingstone Piston Corer* (tipo de equipo específico utilizado para tomar una muestras de sedimento) de 5 cm de diámetro modificado para aceptar tubos butiratos ([Figura 2](#)). Una réplica de núcleo, verticalmente compensado por 50 cm, se tomó para asegurar la recuperación completa. La interfase del sedimento/agua se captó en un tubo PVC de 3 pulgadas de diámetro, usando un *micro-Kullenburg Gravity Corer* (obtención de especímenes de sedimento mediante un sacatestigos de gravedad). Los núcleos se almacenaron en un cuarto frío de 5°C en U.C., Berkeley.



Figura 2. Obtención de muestras de sedimentos en el lago Puerto Arturo.

Antes de probar los núcleos, se tomaron una serie completa de radiografías-x, y se determinó la susceptibilidad magnética del núcleo entero con un rollo *Bartington Magnetic Sensor MS2C*. Los núcleos se separaron y se fotografiaron usando una cámara digital Nikon. Las imágenes digitales se juntaron para crear un compuesto de alta resolución. Se usaron entonces las radiografías-x, las imágenes digitales y la susceptibilidad magnética, para correlacionar los núcleos sobrepuestos. Se determinó la densidad de los núcleos por el análisis de las imágenes escaneadas de las radiografías-x con la *NIH Image 1.63*, un programa de análisis de imagen de dominio público.

Se determinó la composición del sedimento sobre la pérdida en ignición (LOI, por sus siglas en inglés) (Heiri, *et al.* 2001). Se secaron en el horno las muestras del sedimentos de 1.25 cc en 100°C por 24 horas para determinar el volumen H₂O (% peso mojado) y se coció en 550°C por dos horas para determinar el contenido orgánico (% peso seco). Se determinó el contenido de carbonato (% peso seco) con el cocido adicional de 1000°C.

Se procesaron las muestras para el análisis del polen usando procedimientos estándares (Faegri e Iverson 1989). Se agregaron conocidas cantidades de esporas *Lycopodium* exóticas antes de la asimilación, para permitir el cálculo de concentración

de polen y los porcentajes de acumulación (Stockmarr 1971). Se contó el polen en magnificación de 625x con 1250x usado para determinar el detalle fino. Se identificaron granos de polen y esporas de helecho al nivel de la taxonomía más baja posible, usando la colección de más de 10,000 muestras modernas de polen del Museo de Paleontología de la Universidad de California (U.C.) en Berkeley, material de referencia colectada en el campo, y claves de polen publicado (Colinvaux, *et al.* 1999; B.C.S. Hansen 1990; Roubik y Moreno P. 1991). Se contó un mínimo de 350 granos en cada muestra. El polen *Zea mays* se diferenció de otros polens *Poaceae* por el tamaño (>60 μm), largo de eje/radio de poro (5-9), y el contraste de la fase mediante la microscopía de luz, (*phase contrast light microscopy*), (espacio irregular de columela intertextile) (Irwin y Barghoorn 1965; Whitehead y Langham 1965). Los granos *Zea* oscilaron entre 60-100 μm con una media de 68 μm . Para determinar la primera apariencia de *Zea* en el registro, se examinó el área entera del cubreobjetos en 125x. Se examinaron tres portaobjetos por *Zea* en cada nivel bajo 2.46 m. Se compilaron las cuentas de polen y se trazaron usando CALPALYN (Bauer, *et al.* 1991).

Se midieron las proporciones de isótopo de oxígeno en conchas de gasterópodos (*Pyrgophorus sp.*) de 136 niveles y caparazones de ostrácodos de 64 niveles. Se tomaron muestras sobre un espectrómetro de masa por GV IsoPrime, (*GV IsoPrime mass spectrometer*), en el Departamento de la Tierra y Ciencias Planetarias de la Universidad de California (U.C.) en Berkeley. Los resultados son presentados en anotaciones normales ($\delta^{18}\text{O}$) relativo a *Belemnitella Pee Dee*, (*Pee Dee Belemnite - PDB, por sus siglas en inglés*). La precisión analítica en general es $\pm 0.07\%$ (precisión interna $\pm 0.007\%$) para ^{18}O . Se seleccionó una multitud de individuos adultos para crear una muestra agregada para cada nivel.

Se tomaron doce muestras para determinaciones de edad de radiocarbono ^{14}C AMS ([Tabla 1](#)). Se obtuvo cada muestra cerniendo a través de una rejilla 100- μm y ordenando el fragmento más grande bajo un microscopio binocular. Se seleccionó carbón, fragmentos de planta microscópica, madera, y fragmentos de insectos macroscópicos. Se seleccionó sólo material de plantas terrestres o acuáticas emergentes para fechamiento, y así evadir la contaminación del "carbón viejo" (Deevey, *et al.* 1954).

Depth (cm)	Lab No.	Radiocarbon Age ¹⁴ C yr B.P.	Median Age (cal yr B.P.)	Age Range 2 Sigma (cal yr B.P.)	Calendar Year (cal yr A.D./B.C.)
97	CAMS-94187	1040 ± 80	960	786-1142	A.D. 990
133	CAMS-102122	1660 ± 45	1563	1479-1692	A.D. 387
166	CAMS-105053	2020 ± 35	1968	1881-2062	18 B.C.
167 ^a	CAMS-102123	8570 ± 40	9537	9477-9601	7587 B.C.
244	CAMS-94186	3040 ± 120	3220	2918-3472	1270 B.C.
342	CAMS-94189	4540 ± 60	5170	5029-5325	3220 B.C.
530	OS-46419	7130 ± 60	7940	7818-8035	5990 B.C.
560 ^a	CAMS-94188	8370 ± 120	9350	9085-9543	7400 B.C.
584 ^a	CAMS-102124	8560 ± 40	9533	9472-9560	7583 B.C.
632	CAMS-105054	8080 ± 60	9020	8767-9257	7070 B.C.
676	CAMS-105055	8465 ± 35	9492	9427-9532	7542 B.C.
713 ^a	CAMS-102125	>55500			

Tabla 1. Determinaciones de radiocarbono AMS para el núcleo de Puerto Arturo. Calibró series de edades y edad, se calcularon usando Calib 4.4 (Stuiver *et al.* 1998). ^aMuestras no usadas en el modelo de edad/profundidad.

Resultados y Discusión

Para propósitos de discusión, los resultados de los análisis del núcleo de Puerto Arturo se dividieron en 3 zonas y se enfocó sobre los períodos Holoceno del medio al tardío. El modelo de edad se basa sobre un ajuste polinómico de cuarto orden (edad = $0.00000003814068 \text{profundidad}^4 + -0.00008057484 \text{profundidad}^3 + 0.04855236 \text{profundidad}^2 + 6.278351 \text{profundidad} + -42.17491$) con $R^2 = 0.995$. Una fecha elemental de >55,000 años indican una pausa de deposición entre sedimento Pleistoceno y Holoceno. Se excluyeron tres fechas del modelo de edad porque parecen demasiado viejas para su posición estratigráfica.

Los resultados del núcleo estratigráfico, densidad, la pérdida en ignición (LOI, por sus siglas en inglés), susceptibilidad magnética y polen se presentan en las [Figura 3](#), y [Figura 4](#). La correlación fuerte entre las porciones coloreadas más claras del núcleo y el contenido del carbonato indican que estas capas representan marga calcárea. Es más, las capas ricas en carbonato muestran las secciones relativamente densas en las imágenes de rayos-x.

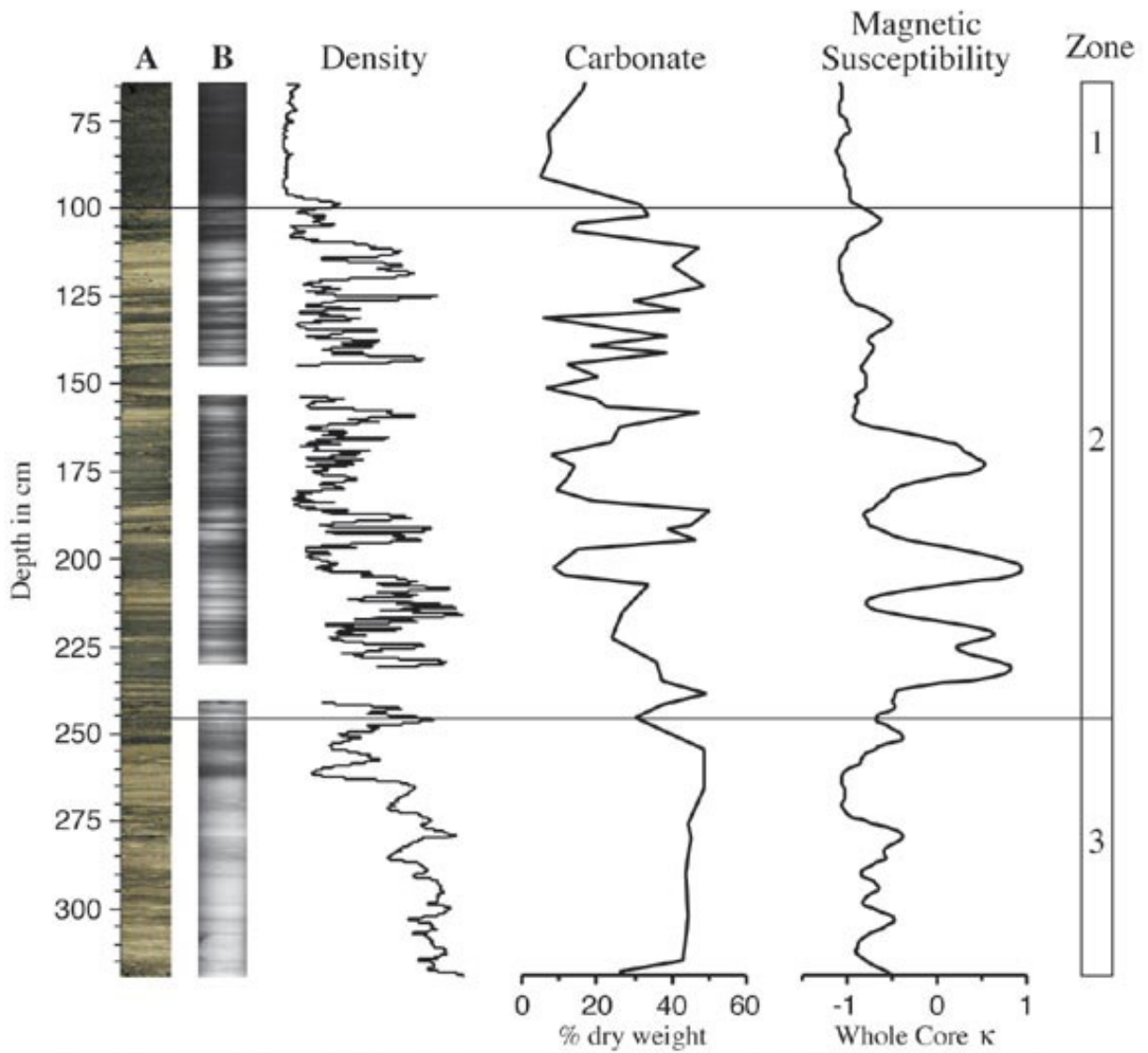


Figura 3. Estratigrafía del núcleo ((A) imaginaria digital y (B) radiografías-x) mostradas con densidad, contenido de carbonato, y susceptibilidad magnética.

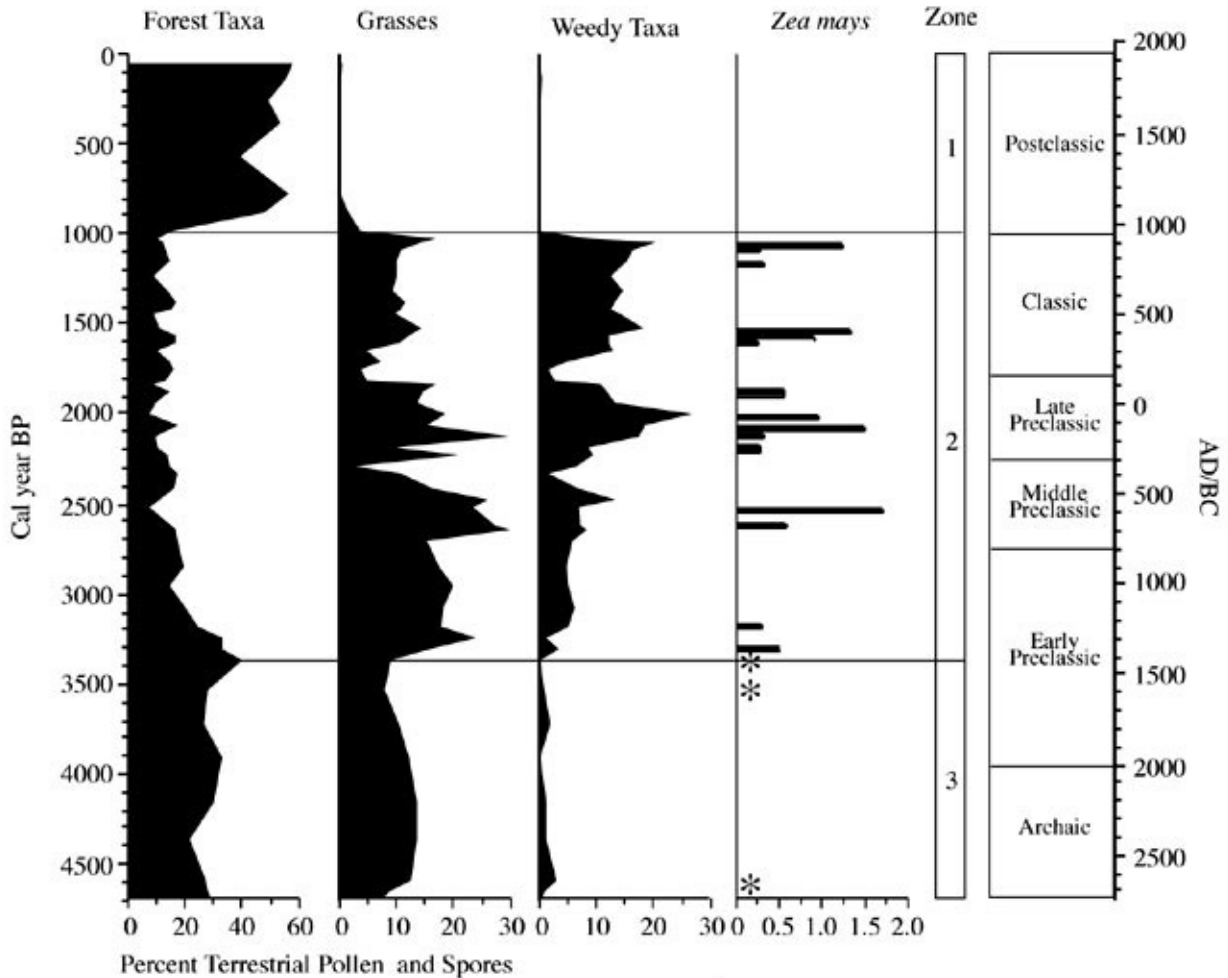


Figura 4. Diagrama del porcentaje del polen del lago Puerto Arturo. * = Zea encontrado durante el examen de baja fuerza. Los taxones forestales consiste de las familias Moraceae y Urticaceae; los taxones de malezas es la familia Asteraceae.

El sedimento en la zona 3 (3.18 a 2.46 m; ~4700-3400 año calendárico B.P.) se caracteriza por finas bandas de capas oscuras/claras y de relativamente alto contenido de carbonato (50%). Zea se presenta como un sólo grano cerca del fondo de esta zona (3.15 m), y no se presenta de nuevo hasta la parte de arriba de la zona, en 2.55 m. Los taxones herbáceos (pastos y malezas) se mantienen estables, relativamente a niveles bajos a lo largo de la zona 3.

El volumen del carbonato disminuye en la zona 2 ((2.45 a 1.00 m; ~3400-1000 año calendárico B.P.) y se vuelve más variable. Los valores de susceptibilidad magnéticos muestran tres picos grandes en la zona 2, centrados alrededor de 3100, 2600 y 2100 año calendárico B.P., respectivamente. Le siguen dos picos menores, entre 1500 y 1000 año calendárico B.P. Incremento en porcentajes de no-carbonato inorgánico en esta zona, y positivamente correlaciona a valores de susceptibilidad magnética. Estas curvas indudablemente reflejan entradas erosionales de arcilla de las regiones altas al

lago. El volumen de carbonato está fuera de la fase con susceptibilidad magnética en la zona 2. Los niveles más bajos de la zona 2 indican un incremento en los taxones herbáceos acoplada con una disminución en los taxones forestales. Alrededor de 2700 año calendárico B.P., los grupos de los taxones forestales alcanza valores relativamente estables, de alrededor de 15% de la suma de polen terrestre. El polen *Zea* está presente intermitentemente a lo largo de la zona 2.

La transición a la zona 1 (1.00 a 0.15 m; ~1000-60 año calendárico B.P.) está marcada por una caída abrupta en densidad, volumen inorgánico, y valores de susceptibilidad magnética. También exhibe un cambio dramático en frecuencias de polen. Los taxones forestales incrementa del 15% de la suma del polen en 1.0 m a 49% en 0.92 m. Los taxones herbáceos, el tipo dominante de la zona 2, cae abruptamente cerca a los valores de cero en la transición a la zona 1.

La cronología del maíz agrícola puesta más adelante en este archivo, se puede usar para clarificar los registros del polen de lagos más grandes, menos sensibilidad en Petén. Otros registros de polen de Petén que incluye el período Holoceno medio muestran un taxones forestales disminuida de alrededor de 4000-2000 a.C. (Leyden 2002). Sin evidencia agrícola concurrente, ha sido difícil aislar una causa para esta disminución. El polen *Zea* en ~2650 a.C. en el núcleo de Puerto Arturo sugiere que la deforestación por los tempranos agrónomos son los responsables de esta disminución.

Los cambios en el paisaje local corresponden al movimiento de la vida sedentaria del pueblo. La evidencia de polen muestra un levantamiento abrupto en pastos y malezas alrededor de 1450 a.C., coincidiendo con un declive acelerado en los taxones forestales. Igualmente, la susceptibilidad magnética indica el primer gran impulso de erosión alrededor de 1400 a.C. ([Figura 3](#) y [Figura 4](#)). Aunque las poblaciones debieron haber sido relativamente pequeñas en este tiempo, las prácticas del uso de sus tierras tenían un claro impacto sobre el medio ambiente. Por lo menos cuatro fases más de perturbación incrementadas alternativamente con períodos de recuperación ecológica, ocurrieron durante los siguientes 2500 años.

Las fases de perturbación se caracterizan por la presencia del polen *Zea*, picos de taxones de perturbación (pastos y malezas), y valores de susceptibilidad magnética más altos ([Figura 3](#) y [Figura 4](#)). Las fases recuperadas constan de una reversión general de esta tendencia. Las fases recuperadas/perturbadas, ocurren aproximadamente cada 500 años durante el período de asentamiento prehistórico. La fase recuperada final empezó ~1000 año calendárico B.P.

Tres de las fases recuperadas son de interés particular. Corresponden a las fases terminales del Preclásico Medio, el Preclásico Tardío, y el Clásico Tardío. Evidencia de perturbación disminuida en estos tiempos, se presenta en múltiples representantes de varios niveles de muestreo, eliminando la posibilidad de que sean artefactos estadísticos.

Fase de Recuperación del Preclásico Medio (año calendárico 540–350 a.C.)

La fase de recuperación del Preclásico Medio se caracteriza por una caída empinada en los pastos, malezas e indicadores agrícolas. Antes de este período, los taxones de perturbación y la erosión alcanzó un pico de ~700 a 540 a.C. Seguidamente, la entrada de la arcilla al lago decrece abruptamente hasta ~350 a.C. Después de 350 a.C., se reversa la tendencia; los taxones de pastos y malezas se incrementa, se presenta Zea, y se incrementa dramáticamente la entrada erosional. Esta fase de recuperación indica una disminución en la actividad humana en el área local.

Es importante el tiempo de esta fase de recuperación, porque coincide con un período de cambio cultural en las tierras bajas de Mesoamérica. Las cerámicas del Preclásico Medio tienen una gran caída dentro de la tradición Mamón. Alrededor de 300 a.C., sin embargo, hay un cambio hacia las formas tempranas que resultan de los tipos Chicanel, que caracterizan el Preclásico Tardío. La homogeneidad y la distribución de las cerámicas Chicanel en el Preclásico Tardío, a lo largo de las Tierras Bajas Mayas, han contribuido a la conclusión de que este período pudo haber constituido "el levantamiento de la primera sociedad a nivel de estado en Mesoamérica" (R.D. Hansen en la prensa). Es más, poco después de esta transición de Medio a Preclásico Tardío, muchos centros en la Cuenca El Mirador experimentaron un acelerado crecimiento. En este tiempo se construyeron las estructuras principales en El Mirador (R.D. Hansen 1990; Howell y Copeland 1989). Aunque no hay evidencia de abandono en la Cuenca El Mirador al final del Preclásico Medio, el archivo de Puerto Arturo sugiere que el declive en la población, pudo haber acompañado a la transición cultural que indicó el registro arqueológico.

Fase de Recuperación del Preclásico Tardío (año calendárico 100–255 d.C.)

La evidencia arqueológica indica un gran declive en la población de la Cuenca El Mirador al final del Preclásico Tardío (300 a.C. a 250 d.C.). El sitio más importante, El Mirador, fue abruptamente abandonado alrededor de 150 d.C. (R.D. Hansen 1990; Howell y Copeland 1989). Las excavaciones muestran que pocas de estas estructuras, si alguna, se renovaron más tarde o se ocuparon durante el milenio que le siguió. El abandono de El Mirador y el área circundante parece haber sido relativamente rápido y duradero (R.D. Hansen 1990:98-100, 216). Pequeñas poblaciones ocuparon la región durante el período Clásico Tardío (600-900 d.C.), pero no rivalizó el apogeo cultural del período Preclásico Tardío. El dato de polen de Puerto Arturo corroboró este abandono.

La evidencia paleo-medioambiental para este abandono es similar a la fase de recuperación del Preclásico Medio. Valores incrementados de taxones de pastos y malezas, incluyendo polen de maíz, alrededor de 300 a.C. a 100 d.C., marcan la intervención del período de perturbación. Después de 100 d.C., estas taxones empezaron un declive empinado y los valores mínimos persistieron de ~130-225 d.C. Así, parece que el abandono del Preclásico estaba empezando brevemente después de 100 d.C.

El disturbio antropogénico, se incrementó de nuevo en la cuenca alrededor del comienzo del período Clásico. La susceptibilidad magnética y la información de la pérdida en ignición, (LOI, por sus siglas en inglés), muestra un incremento menor en erosión durante el Clásico Temprano ([Figura 3](#)). Igualmente, el polen indica un incremento contemporáneo en los taxones de perturbación. Todos los análisis muestran que el disturbio fue mayor durante el Preclásico Tardío que el Clásico, posiblemente reflejando poblaciones del Clásico más pequeñas en la región.

Fase de Recuperación del Clásico Tardío (año calendárico 915 d.C.–al presente)

El colapso del Clásico Tardío está claramente presente en el registro de polen de Puerto Arturo. Una caída abrupta en el pasto, maleza y polen agrícola empieza alrededor de los 915 d.C. Por los 960 d.C., el polen de estos grupos, que habían dominado los registros por los años 2400, cayeron cerca al valor de cero, lo que persiste actualmente. El cambio rápido de las frecuencias de polen en este tiempo, es similar a los cambios en los registros del polen del Clásico Tardío de aguada Zacatal, cerca de Nakbé (Wahl 2000). La recuperación forestal también fue relativamente rápida; el polen de los taxones de arboreo alcanzó niveles de pre-perturbancia dentro de los 100 años.

Cambiando $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ en el carbonato biogénico de los lagos tropicales de cuencas encerradas, se pueden usar para indicar cambios en la precipitación y evaporación (Covich y Stuiver 1974; Hodell, *et al.* 1995). Las aguas del lago se enriquecen en ^{18}O (relativo a la fuente de agua) como ^{16}O , se evaporan selectivamente durante períodos de alta evaporación/baja precipitación. Cambios pasados en el agua del lago $\delta^{18}\text{O}$ son registrados en conchas de carbonato cuando se precipitan.

Los resultados $\delta^{18}\text{O}$ mostrados en la [Figura 5](#), son generalmente similar a los reportados de los sitios en el norte de Yucatán (Curtis, *et al.* 1996; Hodell, *et al.* 1995). Evidencia de condiciones áridas persistentes en los siglos tempranos del Holoceno se encuentran a través del sur de Mesoamérica (Hodell, *et al.* 1995; Islebe, *et al.* 1996; Leyden 1984; Leyden, *et al.* 1998).

Los valores $\delta^{18}\text{O}$ disminuyendo de ~8200-7900 año calendárico B.P., representan una humedad incrementada en el Holoceno temprano. Los valores bajos de 7900-4600 año calendárico B.P., indican más humedad en el Holoceno temprano a medio. Desde ~4600 a 1050 año calendárico B.P. las condiciones son relativamente secas. Un Holoceno mojado temprano a medio seguido por una fase seca Holoceno tardío se reporta del Caribe, Yucatán y América Central (Dull 2004; Hodell, *et al.* 1995; Hodell, *et al.* 1991).

Alrededor de 1050 año calendárico B.P. (900 d.C.), el valor de $\delta^{18}\text{O}$ cayó dramáticamente al valor más bajo de todo el Holoceno.

El registro de polen muestra asentamiento y actividad agrícola de ~4600-1050 año calendárico B.P., que corresponde a la fase seca Holoceno tardía. El polen *Zea* primero

aparece ~4600 año calendárico B.P., y se presenta fuera y dentro hasta ~1050 año calendárico B.P., después desaparece permanentemente. El polen de taxones de pastos y de malezas muestra un incremento abrupto y sostenido durante este período. Aunque estos incrementos pueden en parte reflejar climas más secos, la presencia concurrente de *Zea* durante este período es evidencia fuerte de impactos antropogénicos. Es más, la susceptibilidad magnética (una representación para la erosión de cuenca) muestra valores superiores correspondientes al máximo en polen de los taxones de perturbación apuntando más hacia la influencia humana. Los valores representados de perturbación más altos ocurren durante el Preclásico Tardío (300 a.C.–250 d.C.), cuando la mayor parte del área estaba ocupada (R.D. Hansen 1990, 1998).

El período seco Clásico Tardío que se identificó en las Tierras Bajas Mayas norteañas (Curtis, *et al.* 1996; Hodell, *et al.* 2001; Hodell, *et al.* 1995) se reflejó en el registro de Puerto Arturo ~1300-1050 año calendárico B.P. Las diferencias de sitio interno en el tiempo de este evento representa probablemente las incertidumbres de fechamiento de radiocarbono. Es importante notar que esta fase seca llega al final de casi 3500 años de condiciones relativamente secas, y que la evidencia de polen indica agricultura cercana en el área a lo largo del Clásico Tardío ([Figura 4](#)). La actividad agrícola aparentemente finalizó cuando se sentaron las condiciones más húmedas ~1050 año calendárico B.P. (950 d.C.). Dentro de los ~40 años, después de esta fecha, los taxones de malezas cayó cerca al valor de cero, y el polen *Zea* desaparece completamente. Desde entonces, el área no ha mantenido poblaciones grandes.

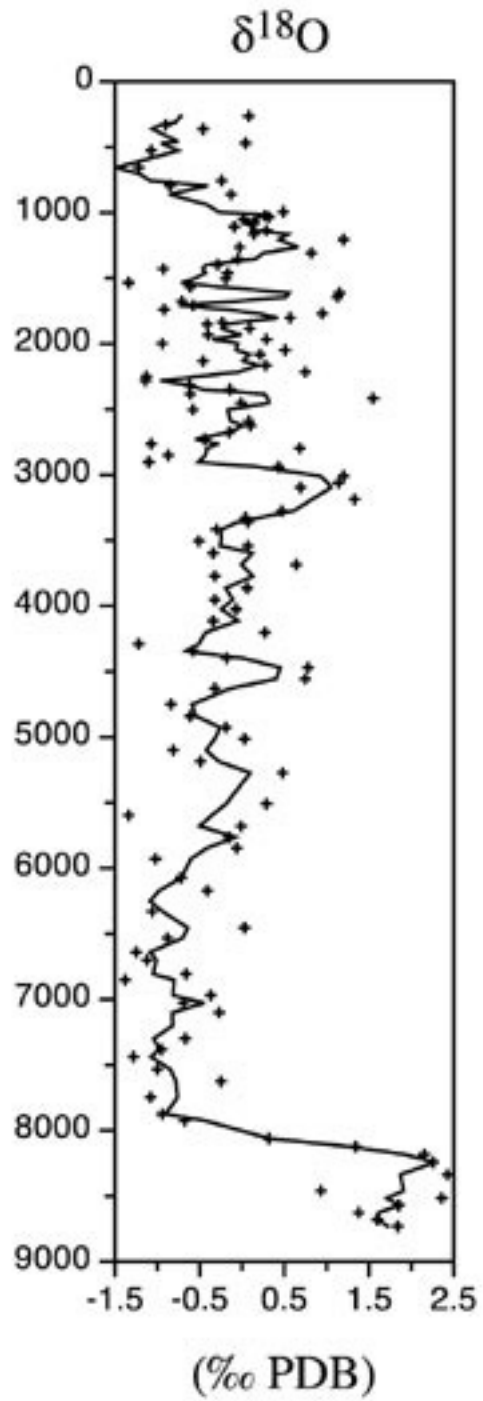


Figura 5. Resultados del análisis del oxígeno isótopo. La línea es una media de 3 pt. sucesivos.

Conclusión

Los resultados de este estudio proveen un largo registro de Holoceno, de clima y de actividad humana en las Tierras Bajas Mayas sureñas. Las condiciones húmedas del Holoceno temprano, dio camino a un clima relativamente seco desde ~4600-1000 año calendárico B.P. Este período de 3500 años coincide con asentamientos prehistóricos en el área, lo que sugiere un clima más seco lo que pudo ser óptimo para granjeros prehistóricos. El Holoceno tardío fue un período de población de alta presión en la Cuenca El Mirador. Alrededor de 3200 año calendárico B.P. la evidencia de deforestación, actividad agrícola, y erosión todo se incrementa dramáticamente. Estos resultados corroboran el registro arqueológico, que muestran el establecimiento y crecimiento de asentamientos permanentes en este tiempo. Los bosques se restringieron significativamente por todo el período de asentamiento prehistórico, del ~3200-1000 año calendárico B.P.

El registro de vegetación muestra tres períodos discretos de perturbación disminuida y/o abandono en el Holoceno tardío ~2500-2300 año calendárico B.P. (550-350 a.C.), ~1820-1725 año calendárico B.P. (130-225 d.C.), y ~1000 año calendárico B.P. (950 d.C.) –al presente. El primer período coincide con transiciones culturales en la región y es la primera evidencia de una posible disminución en la población en este tiempo. Los dos últimos períodos representan los abandonos del Preclásico Tardío y Clásico Tardío identificados en el registro arqueológico. La recuperación forestal ocurrió rápidamente cuando el área fue permanentemente abandonada alrededor de los 1000 año calendárico B.P.

Agradecimientos

Este proyecto no hubiera sido posible sin el apoyo generoso de la Fundación para el Avance de los Estudios Mesoamericanos, Inc., (FAMSI). El apoyo adicional fue proporcionado por el Proyecto Cuenca El Mirador (*Mirador Basin Project*), La Fundación Nacional de Ciencias (*National Science Foundation*), el programa de Investigación Borde Pacífico (*Pacific Rim Research program*) de la Universidad de California (U.C.), y la Fundación Stahl (*Stahl Foundation*). Apoyo cooperativo del Instituto de Antropología e Historia de Guatemala fue muy apreciado.

Lista de Figuras

[Figura 1.](#) Mapa de Petén, Guatemala, incluye estudio del sitio (lago Puerto Arturo) y sitios arqueológicos selectos.

[Figura 2.](#) Obtención de muestras de sedimentos en el lago Puerto Arturo.

[Figura 3.](#) Estratigrafía del núcleo ((**A**) imaginaria digital y (**B**) radiografías-x) mostradas con densidad, contenido de carbonato, y susceptibilidad magnética.

[Figura 4.](#) Diagrama del porcentaje del polen del lago Puerto Arturo. * = *Zea* encontrado durante el examen de baja fuerza. Los taxones forestales consisten de las familias Moraceae y Urticaceae; los taxones de malezas es la familia Asteraceae.

[Figura 5.](#) Resultados del análisis del oxígeno isótopo. La línea es una media de 3 pt. sucesivos.

[Tabla 1.](#) Determinaciones de radiocarbono AMS para el núcleo de Puerto Arturo. Calibró series de edades y edad, se calcularon usando Calib 4.4 (Stuiver *et al.* 1998).
^aMuestras no usadas en el modelo de edad/profundidad.

Referencias Citadas

Beach, Timothy, Nicholas P. Dunning, Sheryl Luzzadder-Beach, y Vernon Scarborough
2003 "Depression soils in the Lowland Tropics of Northwestern Belize: Anthropogenic and Natural Origins." En *The Lowland Maya Area: Three Millennia at the Human-Wildland Interface*, editado por A. Gomez-Pampa, M.F. Allen, S.L. Fedick y J.J. Jimenez-Osornio, págs. 139-174. Food Products Press, Binghamton, NY.

Bauer, R.L., K.H. Orvis, y E.G. Edlund
1991 *CalPalyn Pollen Diagram Program*. University of California, Berkeley Palynology and Paleobotany Laboratory.

Binford, Michael W., Mark Brenner, Thomas J. Whitmore, Antonia Higuera-Gundy, E.S. Deevey, y B.W. Leyden
1987 "Ecosystems, paleoecology and human disturbance in subtropical and tropical America." En *Quaternary Science Reviews* 6:115-128.

Colinvaux, Paul A., Paulo Eduardo de Oliveira, y Jorge Enrique Moreno Patiño
1999 *Amazon pollen manual and atlas = Manual e atlas palinológico da Amazônia*. Harwood Academic Publishers, Amsterdam.

Covich, Alan, y Minze Stuiver
1974 "Changes in Oxygen 18 as a Measure of Long-Term Fluctuations in Tropical Lake Levels and Molluscan Populations." En *Limnology and Oceanography* 19(4):682-691.

- Curtis, Jason H., Mark Brenner, David A. Hodell, Richard A. Balsler, Gerald A. Islebe, y Henry Hooghiemstra
 1998 "A multi-proxy study of Holocene environmental change in the Maya Lowlands of Petén, Guatemala." En *Journal of Paleolimnology* 19(2):139-159.
- Curtis, Jason H., David A. Hodell, y Mark Brenner
 1996 "Climate Variability on the Yucatán Peninsula (México) during the Past 3500 Years, and Implications for Maya Cultural Evolution." En *Quaternary Research* 46:37-47.
- Dahlin, Bruce H.
 1984 "A Colossus in Guatemala: The Preclassic Maya City of El Mirador." En *Archaeology* 37(Sep/Oct):18-25.
- Deevey, E.S., Don S. Rice, Prudence M. Rice, H.H. Vaughan, Mark Brenner, y M.S. Flannery
 1979 "Mayan Urbanism: Impact on a Tropical Karst Environment." En *Science* 206:298-306.
- Deevey, Edward S., M.S. Gross, G.E. Hutchinson, y H.L. Kraybill
 1954 "The Natural C-14 Contents of Materials from Hard-Water Lakes." En *Proceedings of the National Academy of Sciences* 40:285-288.
- Dull, Robert A.
 2004 "An 8000-year record of vegetation, climate, and human disturbance from the Sierra de Apaneca, El Salvador." En *Quaternary Research* 61:159-167.
- Dunning, Nicholas, David J. Rue, Timothy Beach, Alan Covich, y Alfred Traverse
 1998 "Human-Environment Interactions in a Tropical Watershed: The Paleoecology of Laguna Tamarindito, El Petén, Guatemala." En *Journal of Field Archaeology* 25:139-151.
- Faegri, K., y J. Iverson
 1989 *Textbook of pollen analysis*. 4th ed. Wiley, New York.
- Hansen, B.C.S.
 1990 "Pollen Stratigraphy of Laguna de Cocos." En *Ancient Maya Wetland Agriculture: Excavations on Albion Island, Northern Belize*, editado por M.D. Pohl, págs. 155-186. Westview Press, San Francisco.

Hansen, Richard D.

1990 *Excavations in the Tigre Complex, El Mirador, Petén, Guatemala*. El Mirador Series, Part 3. No. 62. Papers of the New World Archaeological Foundation, Provo, Utah.

1991 "The Road to Nakbé." En *Natural History* (N5):8-14.

1992 "El Proceso Cultural de Nakbé y el Area del Petén Nor-Central: Las Epocas Tempranas." Paper presented at the V Simposio de Investigaciones en Guatemala, Museo Nacional de Arqueología y Etnología.

1998 "Continuity and Disjunction: The Pre-Classic Antecedents of Classic Maya Architecture." En *Function and Meaning in Classic Maya Architecture*, editado por S.D. Houston, págs. 49-122. Dumbarton Oaks, Washington D.C.

en *Perspectives on Olmec-Maya Interaction in the Middle Formative (Preclassic)*
prensa *Period*. BAR British Series.

Hansen, Richard D., Steven Bozarth, John Jacob, David Wahl, y Thomas Schreiner

2002 "Climatic and Environmental Variability in the Rise of Maya Civilization: A preliminary perspective from the northern Petén." En *Ancient Mesoamerica* 13:273-295.

Heiri, Oliver, Andre F. Lotter, y Gerry Lemcke

2001 "Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results." En *Journal of Paleolimnology* 25:101-110.

Hodell, D.A., M. Brenner, J.H. Curtis, y T. Guilderson

2001 "Solar forcing of drought frequency in the Maya lowlands." En *Science* 292(5520):1367-1370.

Hodell, David A., Jason H. Curtis, y Mark Brenner

1995 "Possible role of climate in the collapse of Classic Maya civilization." En *Nature* 375:391-394.

Hodell, David A., Jason H. Curtis, Glenn A. Jones, Antonia Higuera-Gundy, Mark Brenner, Michael W. Binford, y Kathleen T. Dorsey

1991 "Reconstruction of Caribbean climate change over the past 10,500 years." En *Nature* 352:790-793.

Howell, Wayne K., y Denise Ranae Evans Copeland

1989 *Excavations at El Mirador, Petén, Guatemala: The Danta and Monos Complexes*. El Mirador Series, Part 2. No. 60 & 61. Papers of the New World Archaeological Foundation, Provo, Utah.

Irwin, Henry, y Elso S. Barghoorn

1965 "Identification of the Pollen of Maize, Teosinte and *Tripsacum* by Phase Contrast Microscopy." En *Botanical Museum Leaflets, Harvard University* 21(2):37-47.

Islebe, Gerald A., Henry Hooghiemstra, Mark Brenner, Jason H. Curtis, y David A. Hodell

1996 "A Holocene vegetation history from lowland Guatemala." En *The Holocene* 6(3):265-271.

Jacob, J.S.

1995 "Ancient Maya Wetland Agricultural Fields in Cobweb Swamp, Belize: Construction, Chronology, and Function." En *Journal of Field Archaeology* 22(2):175-190.

Jacob, J.S., y C.T. Hallmark

1996 "Holocene stratigraphy of Cobweb Swamp, a Maya wetland in northern Belize." En *Geological Society of America Bulletin* 108(7):883-891.

Jones, Grant D.

1998 *The conquest of the last Maya kingdom*. Stanford University Press, Stanford, Calif.

Jones, John Glendon

1991 *Pollen Evidence of Prehistoric Forest Modification and Maya Cultivation in Belize*. M.A. Thesis, Texas A&M University.

Leyden, Barbara W.

1984 "Guatemalan forest synthesis after Pleistocene aridity." En *Proceedings of the National Academy of Science* 81:4856-4859.

1987 "Man and Climate in the Maya Lowlands." En *Quaternary Research* 28:407-414.

2002 "Pollen Evidence For Climatic Variability and Cultural Disturbance in the Maya Lowlands." En *Ancient Mesoamerica* 13:85-101.

Leyden, Barbara W., Mark Brenner, y Bruce H. Dahlin

1998 "Cultural and Climatic History of Cobá, a Lowland Maya City in Quintana Roo, México." En *Quaternary Research* 49:111-122.

Leyden, Barbara W., Mark Brenner, David A. Hodell, y Jason H. Curtis

1993 "Late Pleistocene Climate in the Central American Lowlands." En *Climate Change in Continental Isotopic Records*, editado por P.K. Swart *et al.*, págs. 165-178. Geophysical Monograph 78. American Geophysical Union, Washington D.C.

1994 "Orbital and internal forcing of climate on the Yucatán Peninsula for the past ca. 36 ka." En *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology* 109:193-210.

Leyden, Barbara W., Mark Brenner, Tom Whitmore, Jason H. Curtis, Dolores R. Piperno, y Bruce H. Dahlin

1996 "A record of Long- and Short-Term Climatic Variation from Northwest Yucatán: Cenote San José Chulchacá." En *The Managed Mosaic: Ancient Maya Agriculture and Resource Use*, editado por S.L. Fedick, págs. 30-50. University of Utah Press, Salt Lake City.

Matheny, Ray T.

1987 "El Mirador: An Early Maya Metropolis Uncovered." En *National Geographic*(September):317-339.

Rice, Prudence M.

1986 "The Petén Postclassic: Perspectives from the Central Petén Lakes." En *Late Lowland Maya civilization: classic to postclassic*, editado por E.W. Andrews y J.A. Sabloff, págs. 251-299. School of American Research advanced seminar series. University of New Mexico Press, Albuquerque.

Roubik, David W., y Jorge Enrique Moreno P.

1991 *Pollen and Spores of Barro Colorado Island*. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden 36. Missouri Botanical Garden, St. Louis.

Stockmarr, J.

1971 "Tablets with spores used in absolute pollen analysis." En *Pollen et Spores* 13:615-621.

Stuiver, M., P.J. Reimer, E. Bard, J.W. Beck, G.S. Burr, K.A. Hughen, B. Kromer, G. McCormac, J. Van der Plicht, y M. Spurk

1998 "INTCAL98 radiocarbon age calibration, 24,000-0 cal BP." En *Radiocarbon* 40(3):1041-1083.

Tsukada, M.

1966 "The Pollen Sequence." In *History of Laguna de Petenxil*, editado por U.M. Cowgill, C. Goulden, G.E. Hutchinson, R. Patrick, A.A. Racek y M. Tsukada, págs. 63-66. *Memoirs of Connecticut Academy of Arts and Science*. vol. 17, New Haven.

Vaughan, Hague H., Edward S. Deevey, y S.E. Garrett-Jones

1985 "Pollen Stratigraphy of Two Cores from the Petén Lake District, with an Appendix on Two Deep-water Cores." En *Prehistoric Lowland Maya Environment and Subsistence Economy*, editado por M. Pohl, págs. 73-89. Harvard University Press, Cambridge.

Wahl, David Brent

2000 *A Stratigraphic Record of Environmental Change From a Maya Reservoir in the Northern Petén, Guatemala*. M.A., University of California, Berkeley.

Weinstein, E.

1993 "Presence/Absence of Pollen Recovered from Nakbé, Guatemala Sediment Samples." En *Investigaciones Arqueológicas en Nakbé, Petén: El Resumen de la Temporada de campo de 1993*, editado por R.D. Hansen, págs. 346-348. Instituto de Antropología e Historia de Guatemala, Monumentos Prehispanicos, Guatemala.

Whitehead, D.R., y E.J. Langham

1965 "Measurement as a Means of Identifying Fossil Maize Pollen." En *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 92:7-20.

Whitmore, Thomas J., Mark Brenner, Jason H. Curtis, Bruce H. Dahlin, y Barbara W. Leyden

1996 "Holocene climatic and human influences on lakes of the Yucatán Peninsula, México: an interdisciplinary, paleolimnological approach." En *The Holocene* 6(3):273-287.

Willey, Gordon R.

1986 "The Postclassic of the Maya Lowlands: A Preliminary Overview." En *Late Lowland Maya civilization: classic to postclassic*, editado por E.W. Andrews y J.A. Sabloff, págs. 17-51. 1st ed. School of American Research advanced seminar series. University of New Mexico Press, Albuquerque.

Wiseman, Frederick M.

1974 *Paleoecology and the Prehistoric Maya: A History of Man-Land Relationships in the Tropics*. M.A. Thesis, University of Arizona.