

Jacobo, Álvaro L.

1993 Aplicación de técnicas de prospección química de suelos en Ixtutz, Petén. *En VI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 1992* (editado por J.P. Laporte, H. Escobedo y S. Villagrán de Brady), pp.250-261. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

## 19

# APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE PROSPECCIÓN QUÍMICA DE SUELOS EN IXTUTZ, PETÉN

*Álvaro L. Jacobo*

Es evidente que siendo la excavación la técnica que permite definir el contexto arqueológico, su aplicación a la vez destruye el objeto de estudio. A fin de minimizar esto, la aplicabilidad de las técnicas de prospección química se hace cada vez más necesarias desde el punto de vista científico y económico.

El enriquecimiento del suelo puede ser detectado en el campo y a nivel de laboratorio, dependiendo de la naturaleza de retención o fijación de los elementos químicos involucrados y su acumulación a través del tiempo. A nivel de asentamiento, los suelos presentan anomalías en su Ph e incrementos de concentración de diferentes compuestos de calcio, nitrógeno, carbono, fósforo y ciertos metales traza.

El análisis de fosfatos inorgánicos del suelo reviste gran importancia ya que las alteraciones del contenido químico del suelo producidas por las actividades humanas, producen cambios que pueden ser medidos en términos cualitativos y cuantitativos.

La presente investigación pretende definir una metodología de campo y laboratorio para el análisis cualitativo y cuantitativo de antrosols en áreas de actividad bajo las condiciones bioclimáticas, botánicas y edáficas del ecosistema donde se localiza el sitio arqueológico de Ixtutz.

El entendimiento de los parámetros climáticos y su efecto sobre los sistemas bióticos del sitio permitió realizar el levantamiento topográfico del polígono y diseñar la retícula de la unidad de análisis. El análisis físico y químico de suelos generó una base interpretativa de datos para relacionar los rasgos antropogénicos con las isolíneas de concentración de fosfatos, comparados con datos dentro del área boscosa sujeta a investigación y fuera de ella en áreas de cultivo actuales.

## ASPECTOS TEÓRICOS DEL ANÁLISIS DE FOSFATOS

El muestreo de suelos con fines arqueológicos ha surgido como un auxiliar para definir la alteración del contenido químico del suelo debido a procesos de actividad humana. Esta alteración depende de las características climáticas, geomorfológicas y el tipo de actividades.

Eidt (1984) se refiere al término *antrosol* para indicar la diferencia entre suelos nativos y los tipos afectados por el ser humano. Divide los antrosols en dos grupos: antropogénicos o intencionalmente alterados y antrópicos o no intencionalmente alterados.

El grado de alteración puede relacionarse con la posición, forma y estructura del asentamiento, así como la distribución, la función, intensidad y duración del mismo.

La diversidad de los agregados, así como sus cantidades, son directamente proporcionales al tipo de materiales utilizados en las actividades, así como el tiempo de exposición.

La detección de altos valores de concentración de fosfatos que contrasten con su contexto y su comparación con información de áreas no afectadas, permite obtener un diagnóstico confiable para maximizar la eficiencia en la excavación de forma puntual y dirigida, lo que reduce los costos de trabajo arqueológico y recursos.

El fosfato es parte de la estructura de los ácidos nucleicos y también está presente en los fosfolípidos, sustancias grasas en materiales estructurales, reservas alimenticias y es un componente de algunas proteínas (Limbrey 1975).

En los animales vertebrados el fósforo es utilizado en la mayor cantidad en la formación de huesos, cuyo mineral componente es el fosfato de calcio hidroxapatita (Limbrey 1975).

El fósforo en el componente suelo se origina de rocas meteorizadas, siendo los tipos ígneos los que aportan las mayores cantidades de fosfatos específicamente la familia de las apatitas (Eidt 1984).

En cuanto a las actividades humanas, la adición de fosfatos al suelo es una resultante directa de su dinámica, por productos de desecho corporal que entran al suelo, cadáveres, desechos normales y productos manufacturados. Los procesos de aporte de fosfatos por actividades humanas son relativamente intensivos y variados, estimándose una producción de 2.5 gramos de fósforo elemental por adulto\ día, el 60-80% a través de la orina y el 20-40% por medio de las heces (Eidt 1984).

Es importante señalar que debido a la gran afinidad del fósforo con el oxígeno, las formas del fósforo en el suelo pueden ser las formas radicales ortofosfato: ácido fosfórico y anhídrido fosfórico que están presentes en el suelo en forma disponible o soluble ya que poseen bajas valencias y por consiguiente menor energía de ligazón. Mientras que el radical fosfato está en forma no disponible, es decir, es la forma más comúnmente asociada con fosfatos de áreas de actividad. Para propósitos prácticos casi todo el fosfato del suelo puede considerarse ligado al aluminio, hierro y calcio con una alta cantidad de kilocalorías de energía que no puede ser desligado del punto de aplicación ya sea por lixiviación u otro fenómeno

La forma apropiada de la determinación del fosfato depende del correcto entendimiento de la forma del fosfato en el suelo (Eidt 1977).

## **EVOLUCIÓN HISTÓRICA Y APLICACIONES ACTUALES DEL MÉTODO**

Históricamente el inicio de la metodología de análisis de fosfatos en su aplicación de campo se debe a Olof Arrhenius, ingeniero agrónomo sueco que en 1926 realiza investigaciones dirigidas a determinar el contenido de algunos nutrientes en suelos antrópicos. Este autor descubre la correlación entre fosfato disponible en suelos relacionados con áreas habitacionales.

Hacia 1930, el sistema de Arrhenius demuestra su eficacia en Europa y Asia. Autores como Lorch (1940), Lutz (1951), Solecki (1951), Dietz (1956), Eddy y Dregne (1964) y Abt (1968; citados por Woods 1977), han diseñado técnicas agronómicas para definir concentraciones de fosfato disponible.

Las bases químicas para el desarrollo de un método rápido de campo para análisis de fosfatos fue realizado en 1950 por F. Feigl (Eidt 1984), quien publica un método de extracción basado en una solución de molibdato de amonio mezclada con ácido nítrico. El material de extracción es tratado con un compuesto reductor.

En 1961 J. Gundlach utiliza el reactivo de extracción, cambiando el reactivo reductor a ácido ascórbico. G.T. Scharz en Suiza (1967) utiliza el método de Gundlach y P. Abt en 1968 reporta otro método en el que utiliza el Lactato de Calcio.

Eidt (1984) introduce algunas modificaciones a manera de poder utilizar el método en suelos de todo el mundo. Uno de los cambios incluye el uso de ácido clorhídrico en vez de ácido nítrico debido a que produce mejores reacciones de color y correlaciones con químicos utilizados en procedimientos de

laboratorio para el fraccionamiento secuencial de fosfatos en suelos. Desarrolla un sistema más detallado para describir el tiempo, extensión e intensidad del anillo de manera que los resultados fuesen más exactamente comparados. Finalmente, diseña un nuevo método a base de una solución de citrato de sodio para detener la reacción instantáneamente en el papel filtro, lo que permite almacenar los resultados en una base permanente.

En cuanto a las aplicaciones del método, Barba (1980) se refiere a que las primeras experiencias realizadas en México fueron efectuadas por Joaquín García Bárcenas y Kenneth Hirth, quienes aplicaron el análisis de fosfatos como herramienta de delimitación de áreas de actividad humana y como medio de prospección antes de realizar programa de excavación.

Investigaciones efectuadas por Eidt (1984) en los valles de El Dorado y San Jorge, en Colombia, notan que los niveles totales de fosfato en antrosoles de campos elevados fueron mayores cerca de las áreas residenciales probablemente debido a deposiciones de basura orgánica.

Barba (1986) alude a la localización de concentraciones de carbonatos y fosfatos en pisos de unidades habitacionales en estudios etnoarqueológicos en casas recientemente abandonadas en Tlaxcala, a manera de comprobar categóricamente que las actividades humanas dejan una alteración química en el piso.

Por otra parte, investigaciones realizadas en Coba (Manzanilla 1987), por éste mismo autor, detectaron áreas de altas concentraciones de fosfatos y carbonatos en unidades habitacionales, un ejemplo claro de la utilidad del análisis químico en prospecciones de superficie de antrosoles en un área bajo condiciones tropicales y en un suelo rico en materia orgánica.

Investigaciones realizadas por Lippi (1988) en el sitio de Nambillo, en la provincia norteña de Pichincha, Ecuador, hacen mención sobre la utilización sistemática de técnicas de muestreo para análisis de fosfatos bajo condiciones de Bosque Lluvioso Subtropical y Tropical. Esta metodología permitió definir mapas paleotopográficos, tipos de actividad humana e interpretar la naturaleza del patrón de asentamiento como una guía inferencial para la formulación de una estrategia racional para subsecuentes investigaciones.

Por su parte, Dunning *et al* (1991) se refiere a que el depósito intencional de basura orgánica en áreas de jardines puede producir suelos agrícolas con altos niveles de fosfatos; este es el mejor y más estable indicador químico de actividades humanas en contextos arqueológicos. Este autor (1991), ha documentado áreas de jardinería en sitios investigados en la Zona Agrícola Superior de la zona de Petexbatun, específicamente en el asentamiento de Quim Chi Hílam que presenta un enriquecimiento de fosfatos en un área intensiva de jardinería interior.

## **DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE EN DONDE SE ENCUENTRA IXTUTZ**

El sureste de Petén está comprendido dentro del sistema de provincias fisiográficas conocido por Cinturón Plegado del Lacandón. Su geomorfología ha originado una serie de pequeños cerros redondeados con una estratigrafía conformada de material calizo y dolomitas sobre los cuales se desarrolla una topografía típica del Karst (URL 1984).

De acuerdo a la clasificación climática de Thorntwaite (URL 1984), el sistema comprende clima cálido con invierno benigno y temperaturas que promedian arriba de los 25 °C, húmedo con vegetación natural tipo bosque y sin estación seca bien definida.

La zona de vida es el Bosque Húmedo Subtropical (cálido), la cual es la más extensa de Guatemala (40,700 km<sup>2</sup>), abarca el área de Petén, Sayaxche, San Luis, Poptun y Dolores (De La Cruz 1982).

La precipitación pluvial indica valores de 1,587 a 2,066 mm anuales relacionados con biotemperaturas que van de 25 a 35° (De la Cruz 1982).

En cuanto a la vegetación natural, su composición florística es muy variada, pudiéndose destacar las siguientes especies indicadoras: Corozo (*Orbignya cohune*); Canxan; Naranja (*Terminalia amazonia*); Ramón Blanco (*Brosimum alicastrum*); Machiche, Palo Gusano (*Lonchocarpus* spp.); Palo Sangre (*Viola* spp.); Guarumo (*Cecropia* spp.); Ceiba (*Ceiba pentandra*); San Juan (*Vochysia hondurensis*) y Pino de Petén (*Pinus caribaea*).

En cuanto a aspectos edáficos, el sureste de Petén presenta características correspondientes al Grupo de Suelos de las Sabanas, es decir, son suelos pobres en cuanto al contenido de materia orgánica y nutriente, de textura arcillosa, fuertemente lavados y con valores de Ph ácido (Simmons *et al* 1959).

Las características hidrológicas del área corresponden a la vertiente oeste de las Montañas Mayas. El drenaje natural se dirige a la cuenca del río Usumacinta a través de las subcuencas de los ríos Machaquila, San Juan y Poxte; éste último recibe directamente el drenaje de la subcuenca correspondiente al sitio arqueológico de Ixtutz (Laporte, 1986; INSIVUMEH, 1981).

## **APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE PROSPECCIÓN QUÍMICA DE ANTROSOLES EN IXTUTZ**

El sitio arqueológico de Ixtutz está ubicado en el municipio de Dolores a 10 km al sureste de la cabecera. La comunicación únicamente es posible por una vereda que parte desde la aldea de Boca del Monte en el paraje conocido como La Borrachera (Figura 1). El valle de Ixtutz se encuentra a 400 m SNM, consiste de varias colinas y pequeñas planicies intermedias con cultivos de maíz, frijol y pastos (Graham 1980:171; Coe, Snow y Benson 1986:231; Laporte y Torres 1987:13, citados por Escobedo 1991).

El patrón de asentamiento está definido por cinco grupos: el Grupo A donde se localiza la Plaza Principal; el Grupo B ubicado al Noreste forma un recinto cerrado de forma rectangular con piso estucado; el Grupo C localizado sobre una elevación caliza de 45 m de altura hacia el oeste y se comunica con la Plaza Principal por medio de la Calzada Acrópolis. Los Grupos D al suroeste; E al noroeste y F al noreste contienen estructuras bajas que fueron objeto de un replanteamiento durante la temporada 1992 (Figura 2).

Declarado como área protegida en 1987, el sitio ha sido poco investigado y no cuenta con una protección permanente por parte del IDAEH, por lo que el mantenimiento que recibe es poco. A pesar de esto, no muestra evidencia de saqueo (Escobedo 1991:37).

Chase y Chase (1983) han sugerido que el área investigada pudo haber sido utilizada como un sistema intensivo de huertos o arboricultura, basados en analogías con sistemas de cultivo actuales en el área de Campeche (Lundell 1933 citado por Chase y Chase 1983). Estos sistemas se utilizan para el cultivo de plantas empleadas en ceremonias de primera cosecha y divinatorias, estando ubicados en áreas centrales de asentamientos Mayas.

Investigaciones realizadas hasta la fecha por éstos autores (Chase y Chase 1983), han definido una serie de alineamientos de rocas cortadas que forman estructuras geométricas y líneas paralelas; han propuesto que las estructuras en cuestión podrían ser resultado de actividades con fines de producción agrícola en forma extensiva o bien un área dedicada al cultivo de productos seleccionados a la jerarquía Maya.

Durante los años de 1971, 1972 y 1978 Ian Graham acompañado por Von Euw, realizan planos del sitio, dibujos y fotografías de todos los monumentos; la Estela 4 y algunos bloques del Panel 1 fueron transportados al Museo Nacional de Arqueología y Etnología de Guatemala (Greene 1972; Greene, Rands y Graham 1972; J. Graham, 1972, 1973, citado por Escobedo 1991:10).

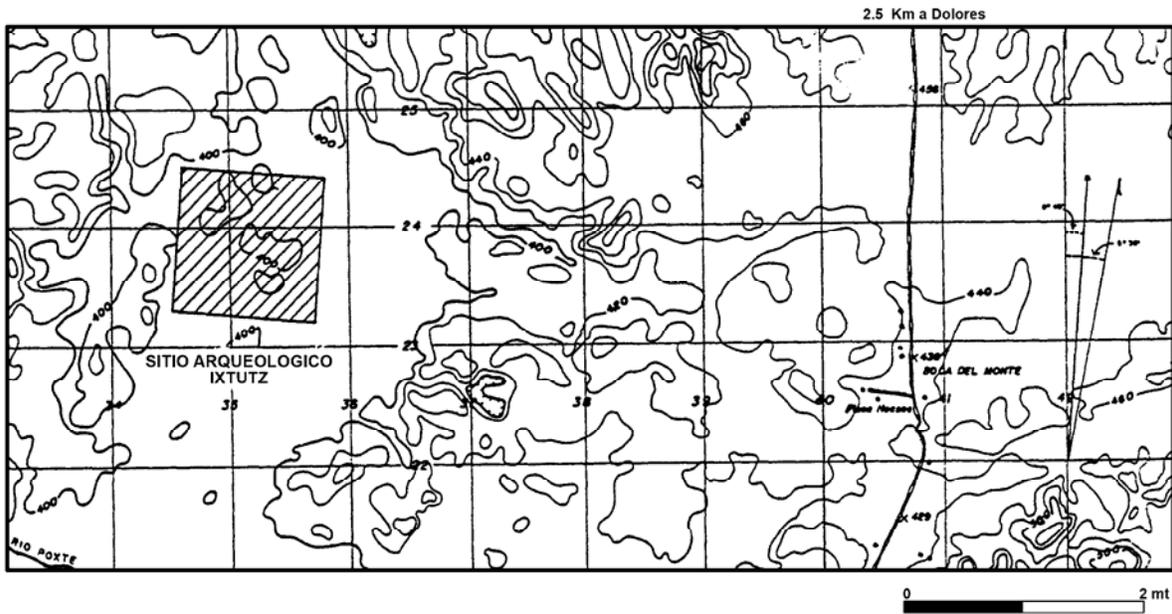


Figura 1 Ubicación de Ixtutz, Petén

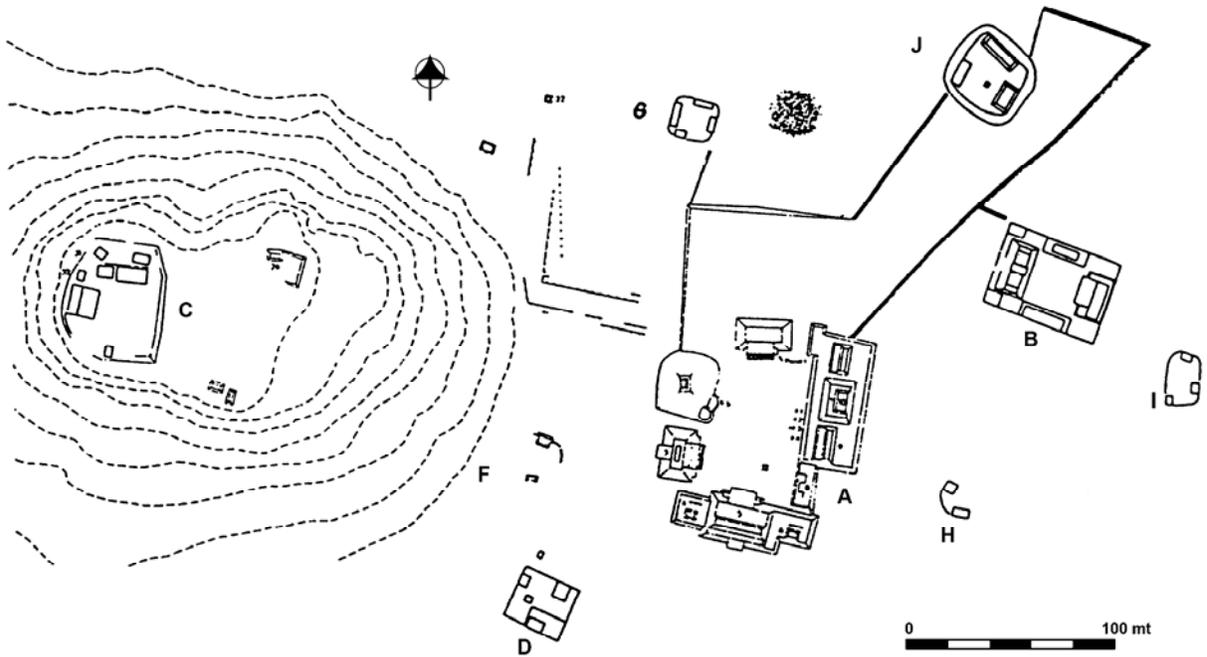


Figura 2 Plano de Ixtutz, Petén, sector central

Como parte de las actividades del Proyecto Nacional Tikal, se hace un reconocimiento y excavaciones menores en la Plaza Principal y áreas adyacentes (Torres y Laporte 1986). El Proyecto Atlas Arqueológico de Guatemala (1988) realiza un reconocimiento de área, lleva a cabo levantamientos, excavaciones de sondeo, un nuevo registro y documentación de los monumentos presentes en el sitio (Laporte y Torres 1987, 1988; Laporte *et al* 1989a, 1989b, 1990, citados por Escobedo 1991:11).

La temporada de campo de 1990 se realizó bajo los auspicios del Proyecto Atlas Arqueológico y comprendió la realización de reconocimientos preliminares en un área de aproximadamente 6,000 m localizada al oeste de la Plaza Principal. El área investigada se caracteriza por estar circunscrita por una sección de la plataforma nivelada que sostiene al Grupo A; la calzada Acrópolis y una serie de alineamientos de rocas que probablemente son calzadas menores hacia el oeste y norte.

Las actividades realizadas tanto en el campo como en el laboratorio se llevaron a cabo en las siguientes fases:

### **FASE I:**

Esta fase comprendió la revisión de hojas cartográficas (Santo Toribio 2265 I; Concoma 2265 II; Machaquila 2365 y Dolores 2365 IV) escala 1:50,000 y recopilación de la información general del área. El reconocimiento preliminar permitió hacer el levantamiento topográfico y el trazo del polígono del área bajo estudio. La unidad de análisis para el muestreo de suelos consistió de una retícula con cuadrantes de 10 x 10 m donde se tomaron las muestras de pequeños pozos de 40 x 40 x 40 cm en caminamientos al azar (Figura 3). Como dato comparativo, se tomaron muestras de sectores no perturbados dentro del área boscosa y en áreas de cultivo actual fuera del sitio. El sondeo edafológico se basó en cuatro pozos de 1 x 1 m, tomándose muestras de cada uno de los estratos naturales (Figura 3).

### **FASE II:**

Esta fase comprendió el análisis de las muestras a nivel de laboratorio. El análisis físico se realizó en el Laboratorio de Suelos y Aguas de la Dirección de Riego y Avenamiento (DIRYA) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, mientras que el análisis químico se efectuó en el Laboratorio del Departamento de Físico-Química de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos.

El análisis físico-químico permitió determinar los siguientes parámetros: Textura; % de Materia Orgánica; Potencial de Hidrógeno (Ph); Color y Análisis de Fosfatos.

El análisis de fosfatos se basa en el Método Colorimétrico de Anillos desarrollado por F. Feigl (1950) y modificado por R.C. Eidt (1973). Es un método cualitativo que consiste en la utilización de un reactivo A extractor basado en una solución de Molibdato de Amonio y ácido clorhídrico y un reactivo B reductor en una solución de ácido ascórbico.

La utilización de éstos reactivos produce un anillo de coloración azul en papel filtro libre de cenizas cuyos rasgos y proporciones indican la presencia de fosfato.

A los datos se les dan valores relativos y se clasifican según la intensidad obtenida representándose por medio de cotas de frecuencias para obtener mapas de las curvas isóneas para definir la variabilidad del contenido de fosfatos en las muestras recuperadas en el campo.

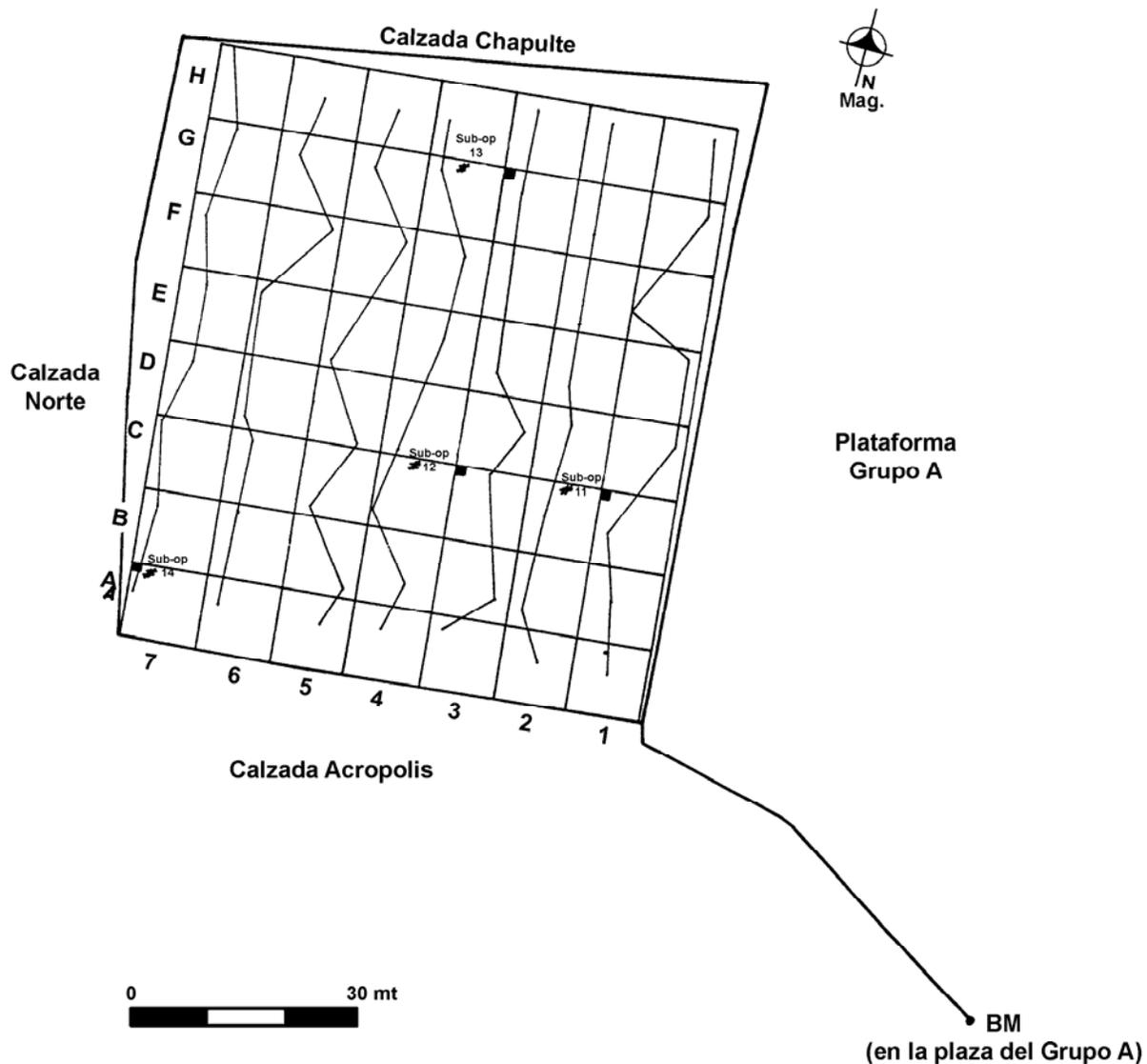


Figura 3 Área de Actividad, puntos de muestreo para análisis químico y físico, Operación 6

El análisis cuantitativo se basa en la reacción de la forma ortofosfato con el ácido molíbdico para producir un ion fosfomolibdato que al reaccionar con agentes reductores forma un complejo de molibdeno de intenso color azul. El resto de formas del fosfato no reaccionan por lo que para determinarlas deben ser primero convertidas a el ion ortofostato (OP).

Los fosfatos orgánicos complejos se revierten muy despacio a un Ph neutro y temperatura normal. A través de altas temperaturas y un ácido fuerte se completa la reversión en corto tiempo (30 minutos). El resultado de analizar ésta solución revertida para el fosfato es una combinación de formas complejas orto e inorgánicas conocida como Fosfato Total Inorgánico (FTI). La utilización de agentes oxidantes para destruir los grupos funcionales orgánicos ligados al ion. Bajo éstas condiciones, las formas complejas también se revierten al ion ortofosfato. Por ésta razón la prueba se conoce como Fosfato Total (FT).

Para la determinación se han diseñado métodos como el Método Ortofosfato Fotométrico, el Método de Fosfato Total Inorgánico Fotométrico y el Método de Fosfato Total Fotométrico.

El cálculo de los resultados se obtiene en partes por millón (ppm) referida a una curva de calibración establecida mediante estándares de ortofosfato.

### **FASE III:**

A partir de las curvas isolíneas de fosfatos y su correlación con el plano del área se hizo la interpretación de las zonas de alta concentración de fosfatos y los rasgos antropogénicos superficiales.

## **CONSIDERACIONES GENERALES**

Los resultados de las investigaciones preliminares realizadas comprendieron las suboperaciones de excavación (11-14) realizadas en 1990, 1991 y 1992 (Figura 4). Estas permitieron hacer una caracterización estratigráfica que define en general una capa de humus y gravas entre 0 y 20 cm con un contenido muy alto de materia orgánica (14%) y Ph neutro. El siguiente estrato se caracteriza por ser un relleno artificial de rocas calizas de diferentes diámetros (entre 20 y 80 cm) colocadas sin cementante. Debajo de éste, se localizan estratos de material franco arcilloso originado por procesos de meteorización y lixiviación del relleno artificial con un bajo contenido de materia orgánica (1%) y un Ph ligeramente alcalino (7.5-8).

El último estrato se caracteriza por su alto contenido de arcillas (80%) con bajo contenido de materia orgánica (entre 0 y 1%) y un Ph ligeramente alcalino (8), conformando una unidad impermeable. Dadas las altas precipitaciones que caracterizan a la zona y debido a que el sentido de la pendiente es hacia el norte, se considera que el área estaba artificialmente acondicionada para lograr un manejo hidráulico de los excesos de agua para dirigirlos hacia un zanjón natural ubicado al norte del área. La operación 6-13 presenta un rasgo importante que se define como un piso de material franco muy compactado debajo del relleno artificial. Este piso presenta características diferentes de los materiales edáficos locales por lo que se considera que pudo haber sido transportado desde otro lugar fuera del sitio (Figura 5).

Los resultados de la aplicación del Método Colorimétrico de anillos indican que en los estratos superiores de las suboperaciones 6-11 y 6-13, hay una reacción bastante fuerte de coloración azul que tiende a descender en los estratos inferiores. Esto podría correlacionarse con el contenido alto de materia orgánica presente y el Ph ligeramente alcalino a alcalino. La suboperación 6-11 no presentó reacción alguna en las muestras recuperadas directamente del relleno. En las suboperaciones 6-13 y 6-14, los valores de concentración se incrementan, ocurre lo mismo con el Ph alcalino y alto porcentaje de arcillas (75-80%). La suboperación 6-13 presenta altas concentraciones asociadas al piso localizado debajo del relleno de rocas.

En general puede afirmarse que los resultados preliminares obtenidos evidencian la correlación existente entre las altas concentraciones de fosfatos y los rasgos antropogénicos existentes a nivel superficial (Figura 6). Por otra parte se comprueba la utilidad del método para definir áreas de actividad. Esto se complementará con los análisis que se efectúan para determinar los valores de Fósforo Inorgánico Total y la asociación con rasgos antropogénicos localizados en la superficie del área investigada.

Las investigaciones realizadas comprueban la opción para futuros estudios que demuestren que con los recursos físicos y humanos existentes en nuestro país, podrá perfeccionarse la investigación arqueológica guatemalteca.

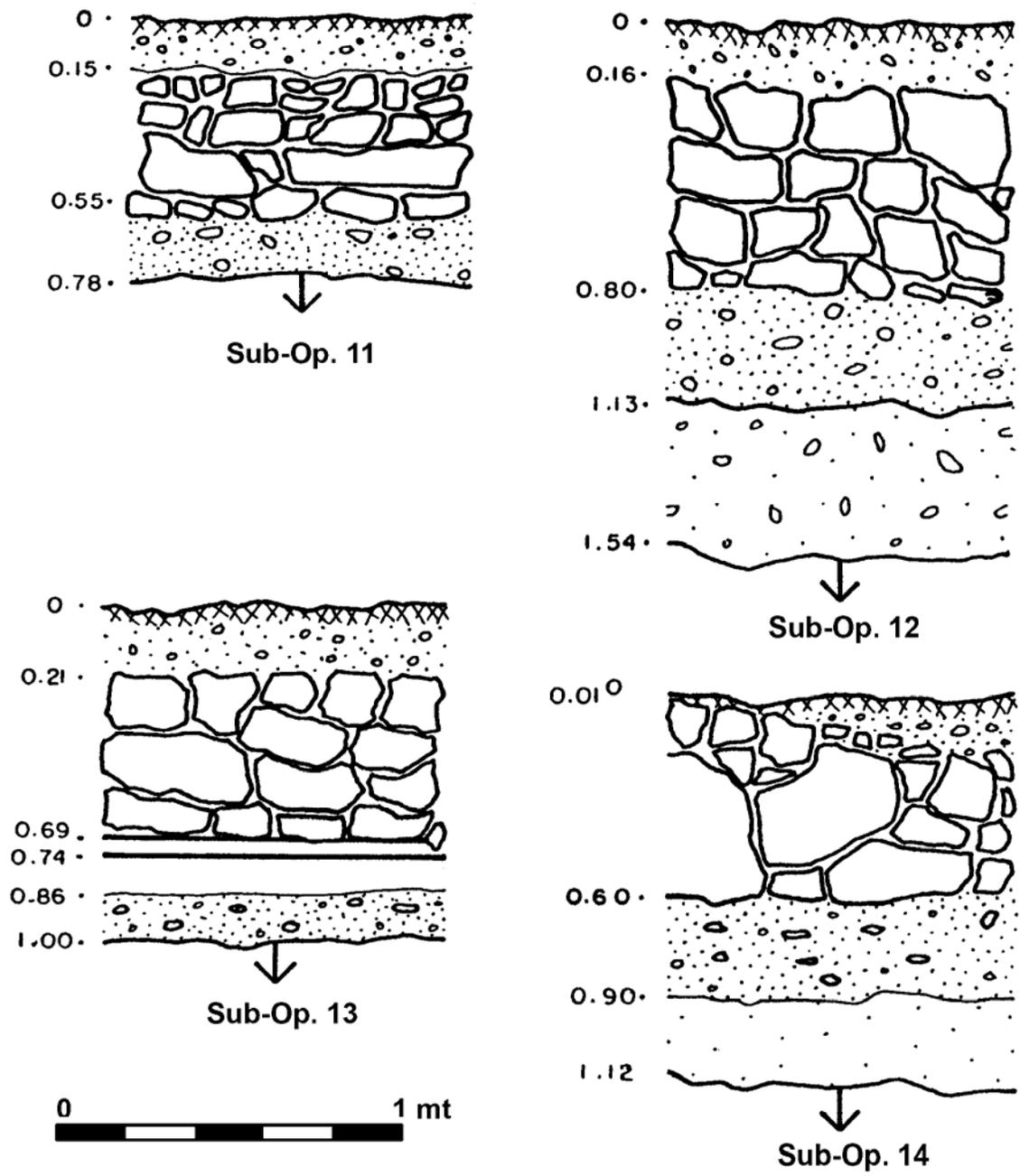


Figura 4 Perfiles de los pozos de sondeo en el Área de Actividad, Operación 6

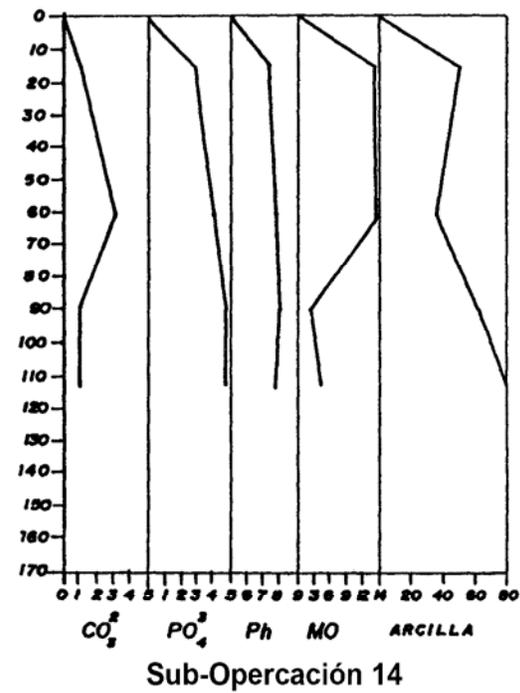
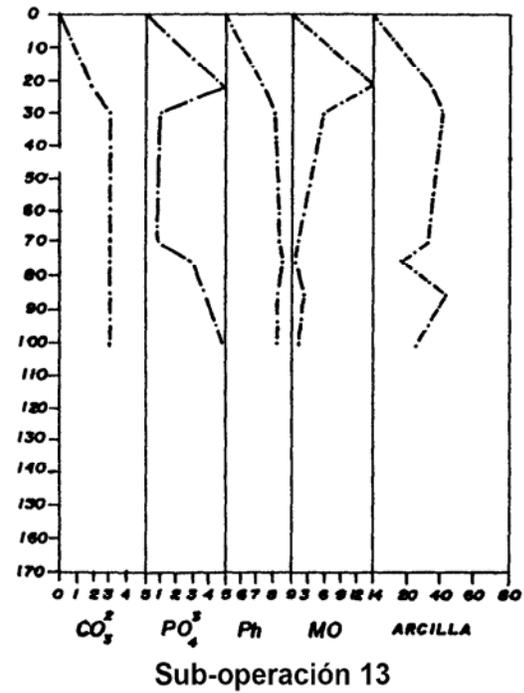
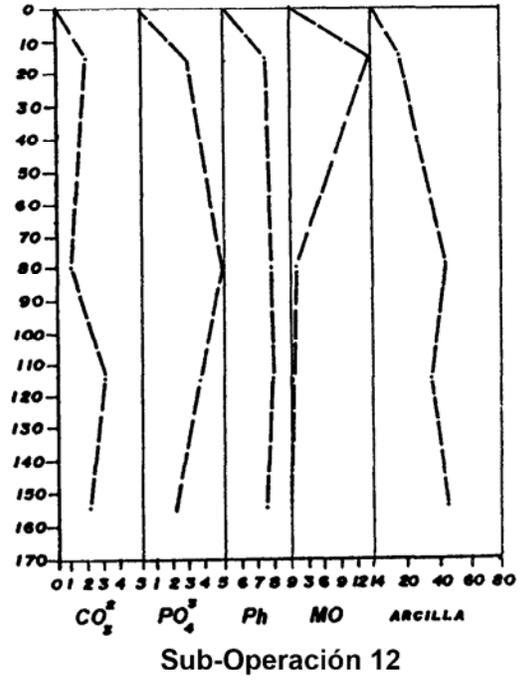
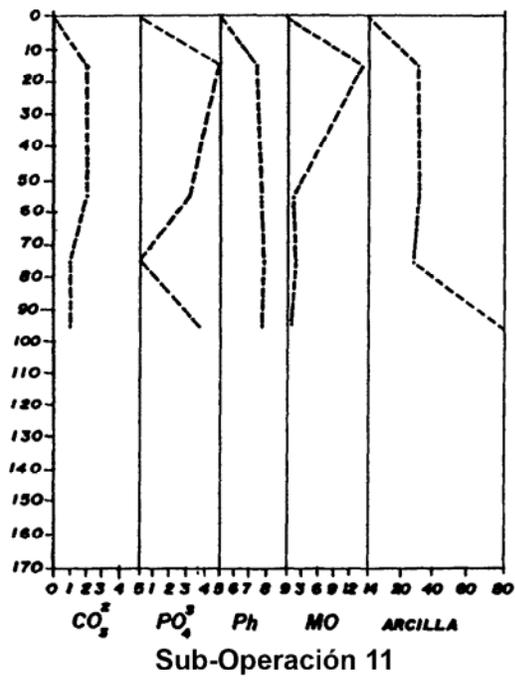


Figura 5 Variables físico-químicas de perfiles estratigráficos, Operación 6

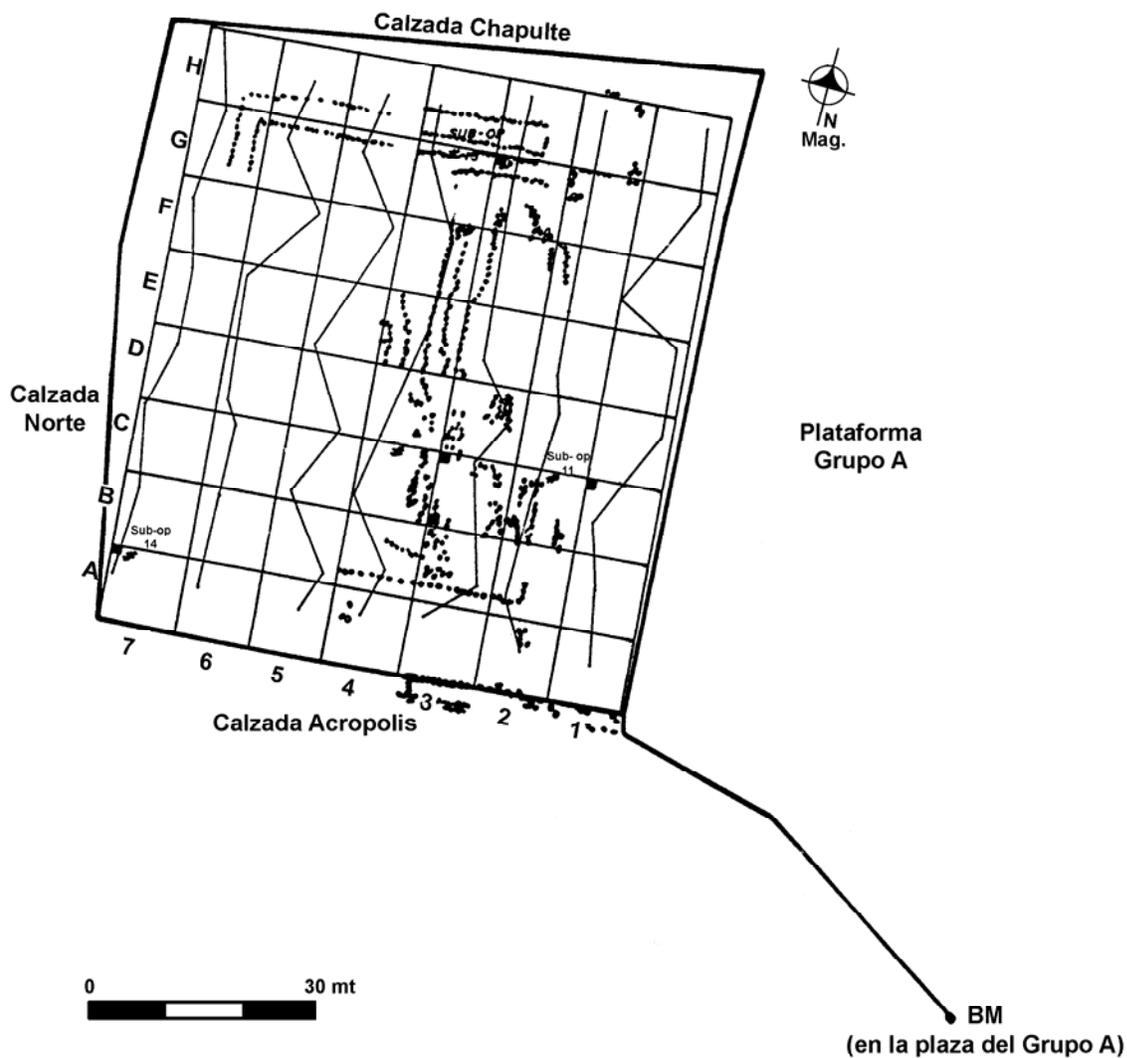


Figura 6: Área de Actividad, puntos de muestreo para análisis químico y físico, Operación 6

## REFERENCIAS

- Barba, Luis  
 1986 La Aplicación de Métodos Geofísicos, Químicos y Sedimentológicos al Estudio de Sitios Arqueológicos. *Revista Mexicana de Estudios de Antropología* 32.
- Chase, Arlen F. y Diane Z. Chase  
 1983 Intensive Gardening Among the Late Classic Maya: A Possible Example at Ixtutz, Guatemala. *Expedition* 25 (3):2-11. University Museum, University of Pennsylvania, Philadelphia.
- De La Cruz, J. R.  
 1982 *Clasificación de las Zonas de Vida de Guatemala a Nivel de Reconocimiento*. Ministerio de Ganadería y Alimentación, Guatemala.

- Dunning, Nicholas P., Lori E. Wright, Katherine Emery, Estuardo Secaira, David Lentz, Timothy Beach y David Rue  
 1991 Ecología, Agricultura y Nutrición en los Siglos 7 y 8 en la Región Petexbatun. En *V Simposio de Arqueología Guatemalteca, 1991* (editado por J.P. Laporte, H. Escobedo y S.V. de Brady):163-171. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.
- Eidt, R. C.  
 1984 *Advances In Settlement Analysis: Application to Prehistoric Anthrosols in Colombia, South America*. The Center for Latin America, University of Wisconsin, Milwaukee.  
 1977 Detection and Examination of Anthrosols by Phosphate Analysis. *Science* 197.  
 1973 A Rapid Chemical Field Test for Archaeological Site Surveying. *American Antiquity* 38 (2).
- Escobedo A., Héctor L.  
 1991 Epigrafía e Historia Política de los Sitios del Noroeste de las Montañas Mayas Durante el Clásico Tardío. Tesis de Licenciatura, Área de Arqueología, Escuela de Historia, Universidad de San Carlos, Guatemala.
- Graham, Ian  
 1980 *Corpus of Maya Hieroglyphic Inscriptions: Volume 2 Part 3: Ixkun, Ucanal, Ixtutz, Naranja*. Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Harvard University, Cambridge.
- Greene Robertson, Merle  
 1972 Notes on the Ruins of Ixtutz, Southeastern Peten. *Contributions of the University of California Archaeological Research Facility* 16:89-104. Berkeley.
- INSIVUMEH  
 1981 Boletín Hidrológico. Manuscrito, INSIVUMEH, Guatemala.
- Limbrey, S.  
 1975 *Soil Science and Archaeology*. Academic Press/University of Birmingham, England.
- Lippi, R. D.  
 1988 Paleotopography and Phosphate Analysis of a Buried Jungle Site in Ecuador. *Journal of Field Archaeology* 15 (1).
- Manzanilla, Linda  
 1987 *Coba, Quintana Roo: Análisis de dos Unidades Habitacionales Mayas del Horizonte Clásico*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Simmons, C. S., J. M. Táramo, J. H. Pinto.  
 1959 *Clasificación de Reconocimiento de los Suelos de Guatemala*. Instituto Agropecuario Nacional, Editorial "José de Pineda Ibarra", Guatemala.
- Torres, Rolando y Juan Pedro Laporte  
 1986 El Sureste de Petén: Una Prospección Arqueológica. Informe, Proyecto Nacional Tikal, Guatemala.
- Woods, W. I.  
 1977 The Quantitative Analysis of Soil Phosphate. *American Antiquity* 42 (2).