

## DETERIORO DE LOS ESTUCOS POR LA ACCION DE LA LLUVIA ACIDA O POR LOS CRECIMIENTOS ALGALES EN LA ZONA ARQUEOLOGICA DE PALENQUE

*El interés primordial del presente estudio es determinar si las costras negras de apariencia asfáltica fijadas a los estucos de la zona arqueológica de Palenque son producto de la acción de la lluvia ácida, o se debe a la formación de los crecimientos algales, así como proponer un método de control sobre cualquiera de los agentes que resulten de los análisis de las muestras de costras recolectadas.*

**L**os crecimientos algales, según conservadores y arqueólogos, son nocivos debido a que producen pérdidas parciales y hasta totales de las ornamentaciones. Para la elaboración de este trabajo se eligieron dos pilastras estucadas del Palacio (Casa "A") y del Templo de las Inscripciones, cubiertas por costras negras. Con el presente estudio se pudo constatar que sobre los edificios existen crecimientos de algas, líquenes, musgos, hepáticas, helechos, hierbas anuales y perennes, arbustos y árboles. Se encontró una mayor abundancia de los crecimientos algales que se desarrollan en forma de grandes colonias formando manchas de color azul-verde, verde olivo, costras de color negro y céspedes de color rojo y negro que cubren completamente a los muros de los interiores y los exteriores de los edificios, provocando deterioros de tipo estético, físico, mecánico y posiblemente químico sobre la pintura mural, los estucos, las alfardas, los bajorrelieves, los aplanados y sobre la superficie de la piedra.



## INTRODUCCION

En ninguna de las fuentes consultadas (Ruz, 1952,1973; Acosta, 1973,1976; García, 1982, y de los informes de Berlín, 1940; Blom, 1923 y Dubois, 1981) sobre Palenque, se encontró referencia a la lluvia ácida o a las algas como agentes destructores de las manifestaciones culturales, en cambio sí hacen referencia a los hongos, líquenes y musgos que crecen sobre los estucos, las alfardas y los bajorrelieves de los edificios.

En Guatemala, Honduras y Francia, autores como Hale (1979), y Trotet (1976) en estudios realizados en zonas arqueológicas mayas y en monumentos antiguos, citan a las algas como las responsables del deterioro que presentan los materiales arquitectónicos. El desconocimiento de los crecimientos algales, asociada con la falta de un método idóneo de limpieza de dichos crecimientos, ha dado como resultado una pérdida paulatina de los elementos decorativos, tales como los estucos, la pintura mural, la forma de los personajes y los jeroglíficos representados en los bajorrelieves y las alfardas que decoraban los edificios.

## OBJETIVOS

1. Determinar si las costras negras son producto de la acción de la lluvia ácida o de los crecimientos algales y describir los tipos de deterioro que producen.
2. Proponer un método de control sobre cualquiera de los dos agentes que

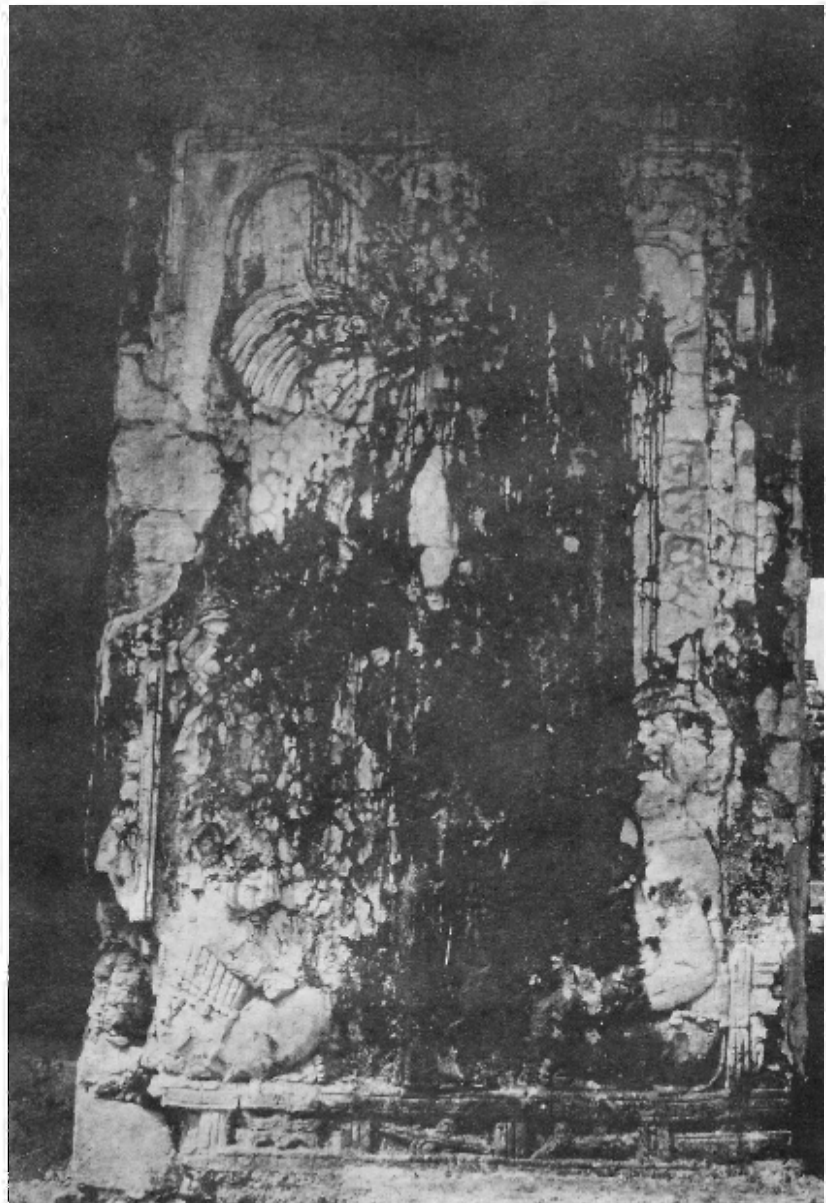


FOTO 1. EL PALACIO (CASA "A"). EL ESTUCO DE LA PILASTRA EN SU MAYOR PARTE ESTA CUBIERTO POR ALGAS DE COLOR NEGRO (*SCYTONEMA STUPOSUM* Y *SCYTONEMA MYOCHROUS*) Y ALGAS FILAMENTOSAS DE COLOR ROJO (*TRENTEPOHLIA AUREA*). (FOTO: ROBERTO PERALTA, 1981)



resulten del análisis de las muestras de costras recolectadas.

## METODOLOGIA

De las pilastras estucadas del Palacio (Casa "A") y del Templo de las Inscripciones cubiertas por costras negras, se colectó un total de 18 muestras, nueve de cada pilastra, de diferentes puntos distribuidos de la siguiente manera. En la pilastra estucada de la Casa "A" del Palacio se colectaron tres muestras de las ornamentaciones de la cabeza, tres de las ornamentaciones de la cintura del personaje principal y las tres muestras restantes se obtuvieron de las ornamentaciones de la base de la pilastra. De la pilastra estucada del Templo de las Inscripciones se colectaron tres muestras de las ornamentaciones de la cabeza, tres de las ornamentaciones de la cintura del personaje principal y las tres muestras restantes de las ornamentaciones de la base de la pilastra. La revisión de cada una de las muestras comprendió la descripción morfológica y dibujos de cada una de las especies encontradas con el auxilio de un microscopio equipado con una cámara clara, la información morfológica obtenida fue analizada consultando los siguientes autores: Geitler (1932), Desikachary (1959), Prescott (1962), Bourrelly (1970, 1972) y Starmach (1966 y 1972).

## RESULTADOS

Las costras negras que se observaron sobre la superficie de los estucos resultaron ser crecimientos algales y se presentan de dos maneras. Durante los días lluviosos, los crecimientos forman recubrimientos gruesos, mucilaginosos, de apariencia asfáltica, hidratados por el agua de lluvia absorbida y débilmente fijos al sustrato, de tal manera que su remoción con el auxilio de un brochuelo



FOTO 2. EL PALACIO (CASA "A"). EL ESTUCO DE LA PILASTRA SE OBSERVA LIMPIA Y LIBERADA DE ALGAS DESPUES DE LA LIMPIEZA EFECTUADA POR LOS RESTAURADORES. (FOTO: ROBERTO PERALTA, 1981)



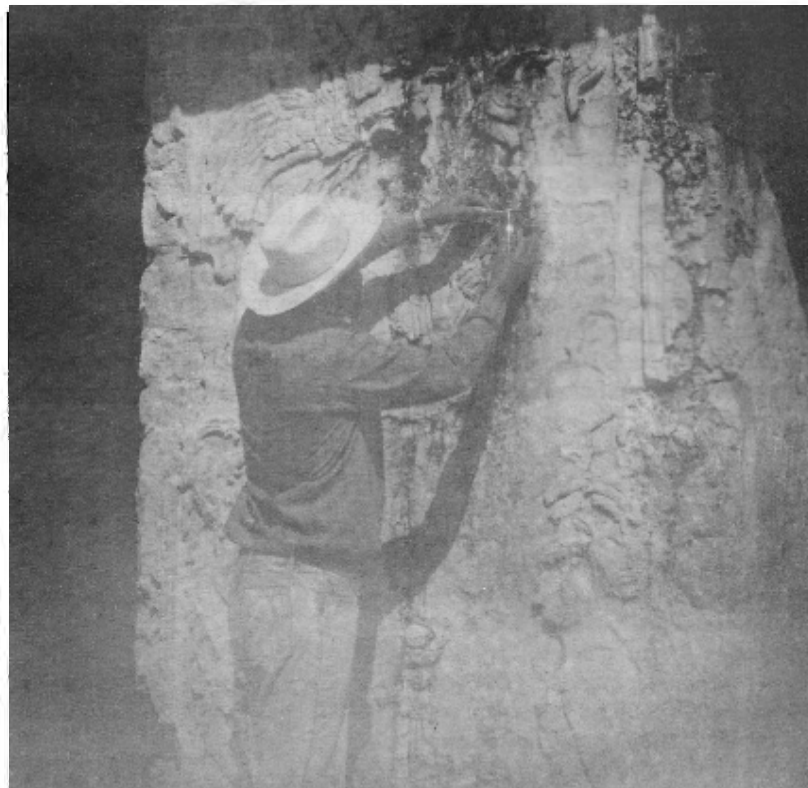


FOTO 3. EL PALACIO (CASA "A"). SOBRE LAS ORNAMENTACIONES DE LA CABEZA DEL PERSONAJE PRINCIPAL SE INICIA EL DESARROLLO DE LOS CRECIMIENTOS ALGALES DE COLOR NEGRO (*SCYTONEMA STUPOSUM* Y *SCYTONEMA MYOCHROUS*). (FOTO: ARMANDO SOTO, JUNIO DE 1990)

resulta muy fácil sin dañar al sustrato. Durante los días con lluvias escasas se forman recubrimientos coriáceos deshidratados, fijos fuertemente al sustrato con apariencia también asfáltica. Su remoción no es posible por medios manuales sin dañar el material sustentante.

De las 18 muestras colectadas y revisadas se encontraron 19 especies de algas en total, de las cuales 18 corresponden a la División Cyanophyta, y sólo *Trentepohlia aurea* a la División Chlorophyta. Las especies más abundantes que con mayor frecuencia constituyen grandes colonias en forma de costras color negro y céspedes filamentosos de color naranja fueron *Scytonema hofmanni*, *Scytonema millei*, *Scytonema mirabile*, *Scytonema myochrous*, *Scytonema schmidtii*, *Scytonema stuposum* y *Trentepohlia aurea*, fijadas directamente al sustrato o epifitas a *Chroococcus coharens*, *Chlorogloea microcystoides* o a los céspedes de musgos. Estas especies son abundantes en los ambientes abiertos y soleados.

### EL DETERIORO DE LAS DIFERENTES MANIFESTACIONES CULTURALES POR LAS ALGAS SUBAEREAS EPILITICAS

Los crecimientos de algas fijos sobre las diferentes manifestaciones culturales heredadas de la cultura maya producen tres tipos de deterioro: estético, físico y mecánico.

El deterioro estético se debe a la proliferación de costras de color negro y de manchas de color azul-verde que varían en grosor desde décimas hasta cinco milímetros y los céspedes filamentosos, afelpados, postrados y erectos de color



negro y rojo o naranja que miden generalmente de uno a tres milímetros de altura. Es bastante común observar estos dos tipos de crecimientos principalmente en las fachadas de los templos, distribuidos sobre la pintura mural, los personajes estucados de las pilastras, los bajorrelieves y las alfardas cubriéndolos completamente y en la mayoría de los casos asociadas con musgos. También se les observa invadiendo la mayor parte de la superficie de los aplanados y de las piedras de los interiores y exteriores de los edificios al grado de

ocultar el color blanco calizo de los materiales y de falsear los escasos restos de estucos y de pintura mural, causando cambios iconográficos indeseables.

El deterioro físico se produce cuando las algas absorben el agua de lluvia de las filtraciones existentes en los interiores de los templos, o del ambiente cuando se encuentra saturado. Las algas retienen el agua por un periodo más prolongado manteniendo la superficie del sustrato saturada, lo cual contribuye a la disolución de los materiales superficiales. En la mayoría de los casos las

algas cubren completamente la superficie, pero en algunos, donde la cobertura es inferior al 50% y se distribuye en forma dispersa, generan sobre la superficie de los materiales un desequilibrio en el contenido de humedad debido a que durante la evaporación se producen dos áreas; una de evaporación lenta, debido a la existencia de crecimientos y la otra rápida por estar desprovisto de crecimientos.

El deterioro mecánico es ocasionado en las estaciones de máxima y de mínima precipitación pluvial; durante el pri-



FOTO 4. EL PALACIO (CASA "A"). LOS CRECIMIENTOS ALGALES QUE SE LOCALIZABAN SOBRE LAS ORNAMENTACIONES DE LA CABEZA DEL PERSONAJE PRINCIPAL NUEVAMENTE FUERON CONTROLADAS CON EL USO DE BIOCIDAS. (FOTO: ARMANDO SOTO, JUNIO DE 1990)



mer periodo se observa que las cianofitas se hidratan y se hinchan hasta ponerse turgentes; durante la "sequía", en cambio, se deshidratan hasta contraerse y romperse en forma de escamas con capas de material de 0.5 a un milímetro de espesor adheridas en la parte inferior de la costra, deterioro que constantemente se manifiesta en forma de desgaste superficial de los materiales, de tal manera que al desprender mecánicamente la costra se le puede observar fácilmente con la ayuda de una lupa de mano. Las clorofitas filamentosas se

encuentran fuertemente adheridas al sustrato a una profundidad de 0.5 a un milímetro y no se les puede remover mecánicamente, incrementando con su sistema de fijación la porosidad de los materiales.

## DISCUSION DE RESULTADOS

Según la doctora Merle Greene, las costras negras que cubren a los estucos de las pilastras del Templo de las Inscripciones y de la Casa "A" del Palacio, son producto de la acción de la lluvia ácida (según aparece en la revista *Mundo 21*, vol. 1, núm. 2:132-137, 1990). Pero una observación cuidadosa y rigurosa de dichas costras negras distribuidas sobre la mayor parte de los personajes demuestra que son ocasionadas por algas cuyos crecimientos y mucilagos le dan esa apariencia asfáltica y coriácea, asimismo son algas filamentosas las que producen el color rojo sobre las ornamentaciones del penacho (ver foto 1). Dichas coloraciones son ocasionadas fundamentalmente por el desarrollo de 19 especies de algas asociadas en grandes colonias y registradas durante los años de 1983 a 1990; en ningún momento se han encontrado evidencias de cambios en la acidez de las lluvias. Una de las mejores evidencias es el crecimiento de las mismas algas, pues indican una condición neutra en el agua a la que tienen acceso, un cambio en esta condición produciría una ficoflora muy pobre. Es importante mencionar que mientras no se controlen las filtraciones del agua de lluvia procedente de las techumbres y que escurren sobre los estucos, dichos crecimientos serán permanentes. La Dirección de Restauración, en el año de 1981, realizó la primera intervención (ver foto 2), la superficie del estuco quedó limpia y libre de crecimientos algales durante 1981-1986. En junio de este último año, los crecimientos algales de *Scytonema myochrous* y *Scytonema stuposum* iniciaban su desarrollo en forma de escurrecimientos negros de la parte superior de la pilastra hacia las ornamentaciones sólo de la cabeza de los personajes prin-



FOTO 5. TEMPLO DE LAS INSCRIPCIONES. PILASTRA ESTUCADA DEL LADO IZQUIERDO DE LA ENTRADA PRINCIPAL LIBERADA DE LOS CRECIMIENTOS ALGALES CON LA APLICACION DE BIOCIDAS. (FOTO: ARMANDO SOTO, JUNIO DE 1990)



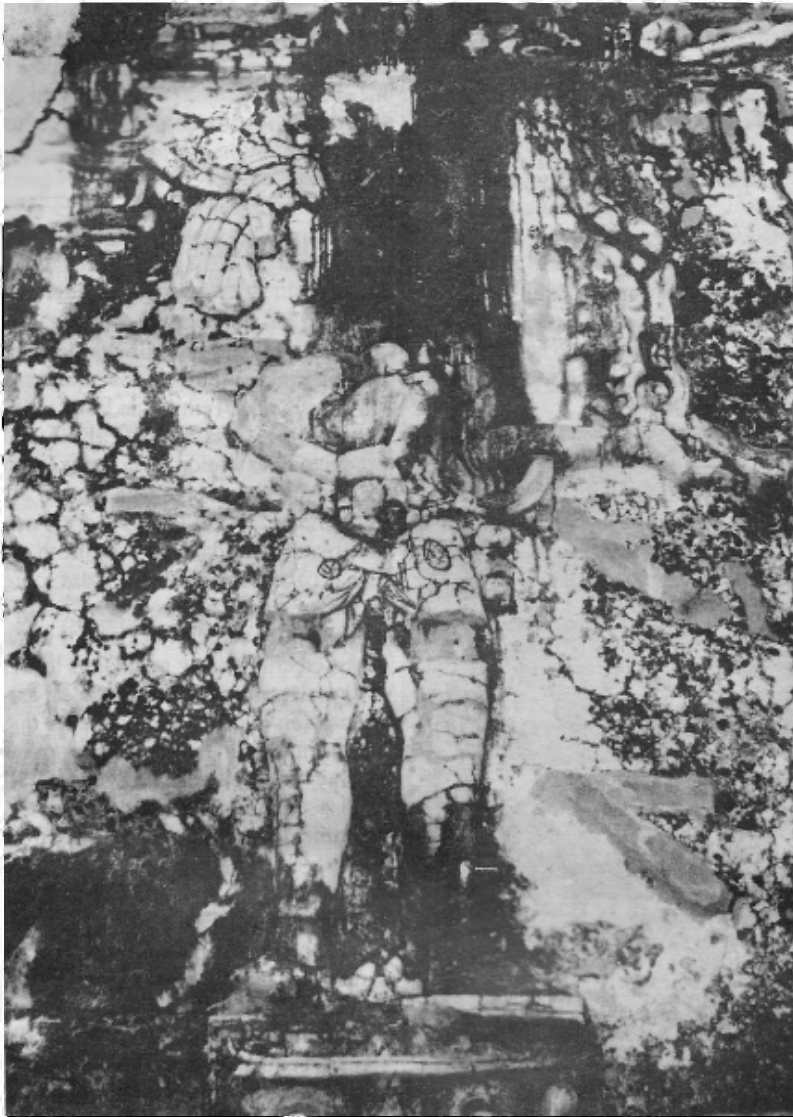


FOTO 6. TEMPLO DE LAS INSCRIPCIONES. PILASTRA ESTUCADA DEL LADO IZQUIERDO DE LA ENTRADA CUBIERTA POR COSTRAS NEGRAS. (FOTO: ROBERTO PERALTA, 1981)

cipales. Durante este mismo periodo, para detener el desarrollo de las algas se les aspergió una formulación de biocidas previamente ensayada en el laboratorio y campo con muy buenos resultados, manteniendo en esta forma a los estucos libres de crecimientos algales de 1986 a 1990. Para junio de este último año se iniciaba el mismo tipo de crecimiento (ver foto 3). Se les aplicó el biocida por el mismo método, además de efectuar cuidadosamente la remoción manual de las algas muertas con cepillos de cerdas de lechuguilla, agua aspergiada y una segunda aplica-

ción de biocidas, dejando a las pilstras del Templo de las Inscripciones y de la Casa "A" del Palacio libres de crecimientos algales (ver fotos 4 y 5).

## CONCLUSION

Las costras negras de apariencia asfáltica y coriácea son ocasionadas fundamentalmente por los crecimientos algales y no por la acción de la lluvia ácida; pueden estar formadas por 19 especies: 18 cianofitas y una clorofita o *Trentepohlia aurea*. Estas especies se encuentran asociadas formando grandes colonias.

En la actualidad, mediante revisiones constantes y la aplicación de un control permanente, se ha logrado reducir los crecimientos y el número de especies presentes sólo a *Scytonema stuposum*. Esta especie de color negro se caracteriza por tener un desarrollo rápido, relacionado con filtraciones de agua y un ambiente soleado.

Para el control de dicha especie, así como para las otras especies encontradas en los interiores y exteriores de los edificios, se propone una fórmula compuesta por la mezcla de diuron y bromacil en una proporción de 0.5 + 0.5% y de 1 + 0.5%, cada una disuelta en agua. Agregar 0.5% de detergente neutro y 0.5% de alcohol etílico y agitar la mezcla hasta que se disuelvan completamente los productos. La preparación debe ser efectuada en un sitio alejado de cuerpos de agua y de árboles. Sobre el piso se pone un plástico de por lo menos dos metros cuadrados para evitar que los posibles derrames dañen el pasto. La aplicación la debe efectuar el personal de mantenimiento de la zona, previamente capacitado por un biólogo, debido a que se requieren conocimientos básicos sobre los crecimientos algales, de algunos factores ecológicos y del manejo de los biocidas.

Para profundizar más en el tema, se recomienda la consulta del libro *La microfiora de la zona arqueológica de Palenque, Chiapas*. Dicha obra se pondrá para su publicación próximamente en el INAH.



**BIBLIOGRAFIA**

ACOSTA, Jorge R., "Exploraciones y restauraciones en Palenque", *Anales del Instituto Nacional de Antropología e Historia*, tomo III, núm. 51, INAH, México, 1973, 223 pp.

\_\_\_\_\_, "Exploraciones en Palenque", *Anales del Instituto Nacional de Antropología e Historia*, tomo V, núm. 53, INAH, México, 1976, 304 pp.

BOURRELLY, P., *Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique. III Les algues bleues et rouges*, N. Boubée et Cie., París, 1970, 512 pp.

\_\_\_\_\_, *Les algues d'eau. Initiation a la systématique. I Les algues vertes*, N. Boubée et Cie., París, 1972, 572 pp. Berlin, H., 1940. **INFORME SOBRE PALENQUE**, Chiapas, 20 pp., 6 fotos, 9 croquis. Se encuentra en el Archivo Técnico de la Dirección de Monumentos Prehispánicos del INAH.

BLOM, F., Informe de trabajo de campo. Inédito. Consta de 51 pp. y 14 fotos. Se encuentra en el Archivo Técnico de la Dirección de Monumentos Prehispánicos del INAH. Se localiza en la primera parte del tomo XIV con el número 194, México, 1923.

DESIKACHARY, T.V., *Cyanophyta*, ICAR, Monographs on algae, Indian Council of Agricultural Research, New Delhi, 1959, 686 pp.

DUBOIS, E., Informe de trabajo, Pruebas de eliminación de organismos vegetales menores e inhibición de recrecimientos con productos biocidas, 9 pp. Se encuentra en el Archivo Técnico de la Dirección de Restauración del INAH, México, 1981.

GARCIA, M. R., "Las ruinas de Palenque", INAH, México, 1982, 183 pp.

GEITLER, L., *Cyanophyceae*, en L. Rebenhorst's, *Kryptogamen-Flora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz*, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. h. Leipzig, 1932, 1196 pp.

HALE, M. E. jr., "Conservación de monumentos arqueológicos mayas en Copán, Honduras: El programa biológico", *Yaskin*, vol. III, núm. 2, Instituto Hondureño de Antropología e Historia, Tegucigalpa, 1979, 135-149 pp.

PRESCOTT, G. W., *Algae of the Western Great Lakes Area*, Revised Edition, W. M. C. Brown Company Publishers, 1962, 977 pp.

RUZ LHUILLIER, A., "Exploraciones en Palenque", *Anales del Instituto Nacional de Antropología e Historia*, tomo V, núm. 33, INAH, México, 1952, 195 pp.

\_\_\_\_\_, "Exploraciones en Palenque", *Anales del Instituto Nacional de Antropología e Historia*, tomo X, núm. 39, INAH, México, 1953-1956, 299 pp.

\_\_\_\_\_, "Exploraciones arqueológicas en Palenque", *Anales del Instituto Nacional de Antropología e Historia*, tomo XIV, núm. 53, INAH, México, 1961, 352 pp.

\_\_\_\_\_, *El Templo de las Inscripciones. Palenque*, Colección científica núm. 7, Serie Arqueología, INAH, México, 1973, 269 pp.

STARMACH, K., *Cyanophyta-Sinice. Glaucophyta-Glaukofity*, Flora Slodkowodna Polski 2, Polska Akademia Nauk, Warszawa, 1966, 807 pp.

\_\_\_\_\_, *Chlorophyta III. Zielinice nitkowate*, Flora Slodkowodna Polski, T 10, Polska Akademia Nauk, Warszawa-Kraków, 1972, 750 pp.

TROTET, G. D. P., y F. Grossin, "Protection des monuments conter les cyanophycees en milieu abrité et humide", *The conservation of stone I. Proc. of Intern. symp.*, Bolonia, Italia, 1976, 788 pp.

