Procesamiento Técnico Documental
Digital. UDI-DEGT-UNAH

YAXKIN, v. III, No. 2, diciembre - 1979
Instituto Hondureño de Antropología e Historia. Tegucigalpa.

CONSERVACION DE MONUMENTOS ARQUEOLOGICOS MAYAS EN COPAN, HONDURAS: EL PROGRAMA BIOLOGICO

Mason Hale Jr.,
Smithsonian Institution

INTRODUCCION

Uno de los informes más antiguos sobre la infestación biológica se hizo en el templo de Borobudur en Indonesia a mediados del siglo pasado. En ese tiempo se utilizaban cepillos para limpiar la superficie de las piedras, pero pronto descubrieron los arqueólogos el daño ocasionado pues se desprendían fragmentos y cristales de las rocas. Recientemente se ha introducido la aplicación de varias soluciones biócidas que no precisan acción mecánica y ultimadamente controlan la recolonización. Sin embargo hay pocas publicaciones que traten específicamente sobre este problema en las regiones tropicales, aunque los británicos se han esforzado mucho por solucionarlo en Inglaterra.

En la década de 1840 el señor John Lloyd Stephens llamó la atención de los arqueólogos hacia los monumentos de Copán. Cuando el descubrió y exploró el sitio este estaba densamente cubierto por selva tropical a juzgar por sus dibujos; y los monumentos, aunque muchos yacían derribados y las escalinatas dañadas, estaban notablemente bien conservados del crecimiento de líquenes, quizás por estar parcialmente enterrados o por la sombra del denso follaje que no permitía el crecimiento de los líquenes ni de otras plantas nocivas.

A través de los años al sitio lo fueron descombrando paulatinamente hasta que a principios de este siglo el manto forestal había sido prácticamente exterminado. Las labores finales de restauración en la década de 1930 dejaron los monumentos aún más expuestos al sol y al aire más seco, creando un ambiente perfecto para musgos y líquenes. El éxito de la propagación de estos organismos en los últimos 40 a 80 años es muy notorio en la gruesa capa de líquenes de casi todos los monumentos y estructuras con la consiguiente pérdida de detalles en la escultura.

Derechos Reservados IHAH

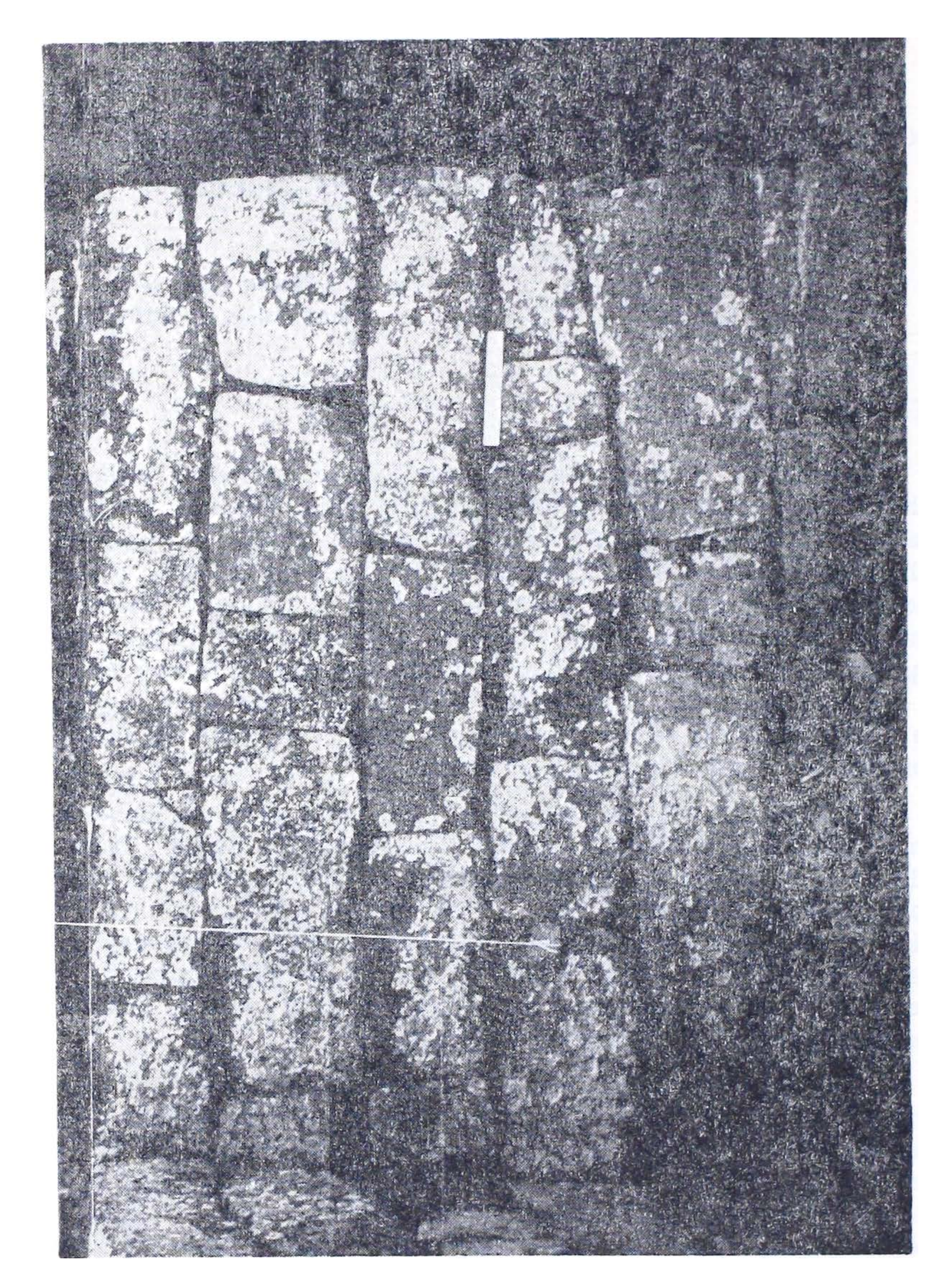

Figura 1ª Pared de la Estela I cubierta con Physcia sorediosa. Julio de 1976.

Derechos Reservados IHAH

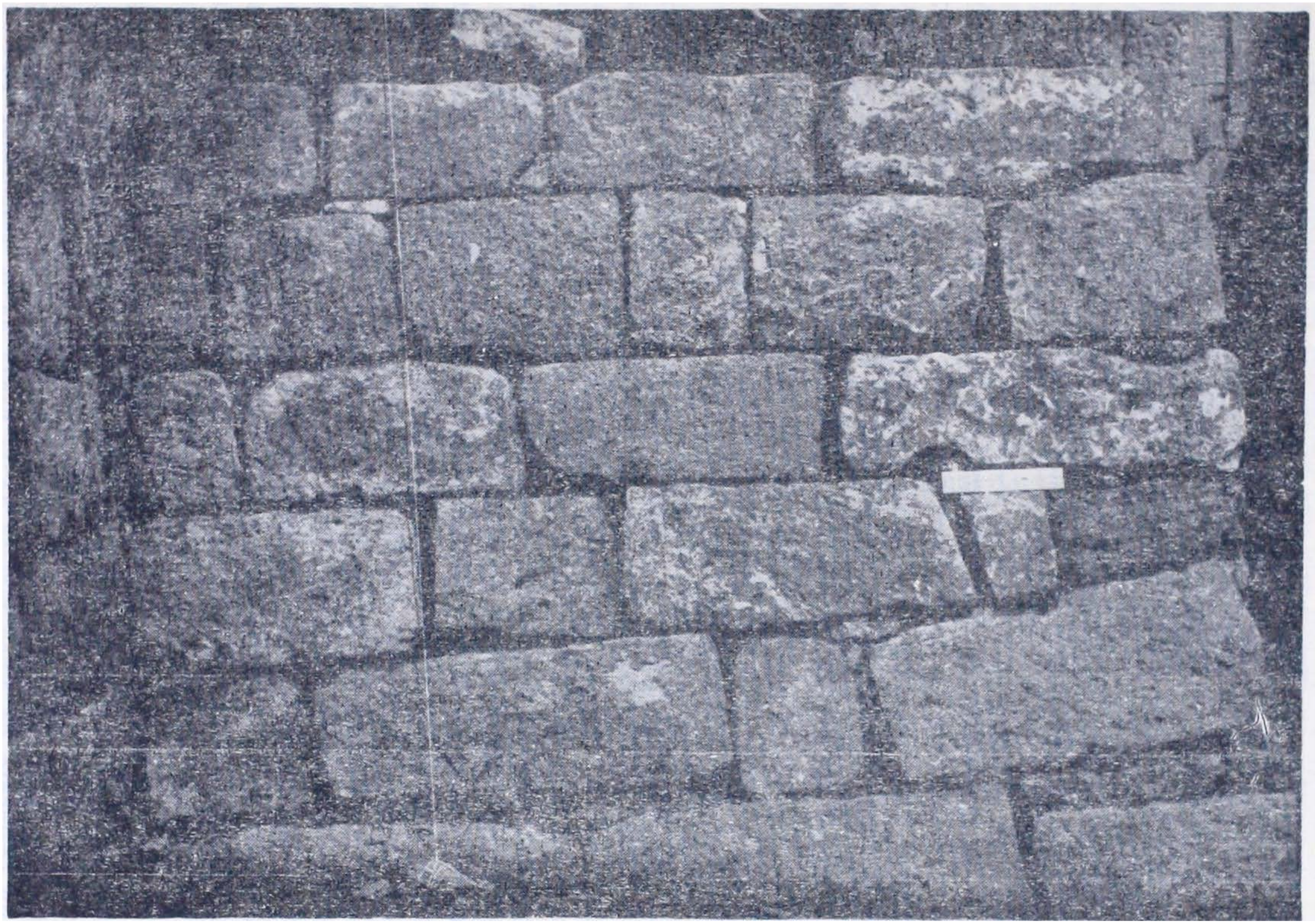

Figura 1b. Pared de la Estela I después del tratamiento. Julio de 1977.

Derechos Reservados IHAH

Procesamiento Técnico Documental
Digital. UDI-DEGT-UNAH

Procesamiento Técnico Documental
Digital. UDI-DEGT-UNAH

El control de estas poblaciones biológicas es importante por varias razones. Estos organismos atacan la superficie de la roca dejándola muy fea. Además ocultan los finos detalles de los grabados. Peor aún, pueden penetrar la superficie de la roca y poco a poco erosionarla en el transcurso de varias décadas. Los líquenes, organismos compuestos de algas y hongos, presentan dos efectos dañinos: 1) revientan los cristales de la roca al dilatarse por la lluvia y contraerse cuando se seca; y 2) desintegran los minerales de la roca mediante secreciones ácidas que pueden trastornar los átomos en la roca o atacarlos con intercambio de iones de nitrógeno. Las muestras de monumentos de piedra en Copán han demostrado daños activos ocasionados por líquenes hasta una profundidad de 1 a 2 milímetros.

Es importante considerar estos crecimientos como problema biológico y determinar su tasa de crecimiento, medios de reproducción y habilidad para repoblar la superficie de las rocas. Estos monumentos estarán siempre amenazados por la reinfestación de líquenes, por lo tanto se debe ejercer un control no sólo mecánico sino que biológico durante muchos años.

METODOS DE TRATAMIENTO

El problema parece claro: Los líquenes y otros organismos biológicos deben eliminarse de los monumentos para evitar que la desintegración prospere. Esto se ha logrado mediante la fumigación con biócidos suaves los cuales, aunque tienen un efecto lento, pueden obtenerse localmente y mezclarse y aplicarse sin complicaciones por trabajadores locales y sin equipos engorrosos. Las soluciones recomendadas por investigadores europeos son ya sea clorox, boratos o compuestos fenólicos. Son bases suaves y se sabe que no dañan ni monumentos de mármol ni de piedras calizas.

La razón más importante para utilizar soluciones biócidas es evitar el daño ocasionado por el cepillado mecánico. El efecto principal sobre los líquenes es aparentemente matar las algas verdes en el cuerpo de la planta, privándola así de su fuente de alimentación. Las briófitas se descoloran casi inmediatamente al destruirse la clorofila. En ambos casos los restos de las plantas finalmente se resquebrajan y se desprenden naturalmente.

Los siguientes monumentos se escogieron inicialmente para su tratamiento: Las Estelas y Altares C, M, N; la escalinata de la esquina Noroeste de la Estructura 11 que estaba cubierta de musgos, una orilla de la cancha de pelota, las paredes de los lados de la Estela I, y un segmento de cinco metros de la pared de la Estructura 13. Los monumentos se dividieron con cordel en parcelas de un metro cuadrado. Se tomaron fotografías a color y en blanco y negro de cada cuadrante con aproximaciones (close-ups) de la esquina superior derecha de cada

Derechos Reservados IHAH

uno (20 x 30 cms.). Tales fotografías constituyen la referencia básica para determinar el progreso y éxito de los experimentos.

Los monumentos se fumigaron con una bomba de presión de seis litros de capacidad. Aplicado a razón de 300 mililitros por metro cuadrado, una bomba llena fue suficiente para la mayoría de los monumentos. Las soluciones se aplicaron en días diferentes para lograr el máximo efecto, primero con el clorox porque pierde potencia rápidamente y con borax en el segundo día. Este clorox es la solución normal que se obtiene en el comercio y se diluye una parte de clorox en cinco de agua, la solución no diluída tiene una fuerza de 5.25% y su ingrediente activo es el hipoclorito de sodio que blanquea y mata las células verdes vivas. El borax tiene una potencia de poliborato de sodio puro al 99% que se disuelve en agua para hacer una solución al 5% (300 gramos en 6 litros).

Al tratar monumentos gravemente infestados, el clorox se consumió a razón de 300 centímetros cúbicos por metro cuadrado y el borax, que es un poco más difícil de absorber, a 500 centímetros cúbicos por metro cuadrado. Al marchitarse el manto de líquenes y musgos se necesita mucho menos solución. Bien puede tratarse en un sólo día una superficie de 200 metros cuadrados en los monumentos. Como esperábamos que se retuviera algún efecto residual no se lavaron los monumentos, especialmente al utilizar boratos o Thaltox que es un aerosol comercial hecho en Inglaterra.

INVENTARIO DE LOS ORGANISMOS PERJUDICIALES

Un gran número de líquenes, musgos hepáticos y varias algas se recogieron en el sitio. Tales especies son de hecho comunes a toda la región, generalmente se propagan espontáneamente en los sitios de bosques perturbados y en predios rocosos al descubierto. Copán, a una elevación aproximada de los 800 metros, consta en su mayoría de elementos montañosos tropicales incluyendo especies que se encuentran comunmente en los Andes sudamericanos. Como documentación se han conservado ejemplares de muchas especies en el herbario del Departamento de Botánica de la Smithsonian Institution con excepción de aquellas cuyos métodos de recolección pudieran ocasionar daño a los monumentos. Entre las especies encontradas podemos enumerar las siguientes:

ALGAS

Oscilatoria sp. (forma una costra negra en la superficie).
Trentepohlia sp. (alga roja).

BRIOFITAS

Calymperes richardii C. Mull.
Frullania riojaneiriensis (Raddi) Spruce.

Derechos Reservados IHAH

Procesamiento Técnico Documental
Digital. UDI-DEGT-UNAH

Lejeunea flava (Sw.) Nees.
Mastigolejeunea auriculata (Wils. & Hook.) Schiffn.
Neohyophila sprengelii (Schaegr.) Crum.
Papillaria nigrescens (Hedw.) Bird.
Rhacomitrium tomentosum (Hedw.) Bird.
Stereophyllum cultelliforme (Sull.) Mitt.

LIQUENES

Caloplaca sp. 1.
Caloplaca sp. 2.
Candelaria concolor (Dicks.) Stein.
Candelariella sp.
Candelina sp.
Chiodecton antillarum Vain.
Coccocarpia cronia (Tuck.) Vain.
Dirinaria confluens Awas.
Dirinaria picta (Sw.) Clem. & Scher.
Heterodermia casarettiana (Mass.) Trev.
Heterodermia leucomelaena (L.) Trev.
Heterodermia sp.
Lecanora sp. (forma costras extensas).
Lepraria sp.
Leptogium sp.
Leptotrema sp. (con isidia).
Parmelina dissecta (Nyl.) Hale.
Parmotrema crinitum (Ach.) Choisy.
Parmotrema dilatatum (Vain) Hale.
Parmotrema endosulphureum (Hillm.) Hale.
Parmotrema mordenii (Hale) Hale.
Parmotrema sancti-angelii (Lynge) Hale.
Parmotrema sulphuratum (Nees & Flot.) Hale.
Parmotrema tinctorum (Nyl.) Hale.
Physcia sorediosa Vain.
Pyxine sp.
Sticta weigelii (Ach.) Vain.
Usnea rubiginea (Michx.) Mass.
Xanthoparmelia congensis (Stizb.) Hale.

Las especies más comunes son al **Physcia sorediosa** (Fig. 1a) **y** la **Parmotrema mordenii** (Fig. 2) especialmente en áreas con sombra y **la Dirinaria confluens** junto con varias especies crustosas de lugares asoleados. Todos los musgos están en lugares sombreados.

Derechos Reservados IHAH

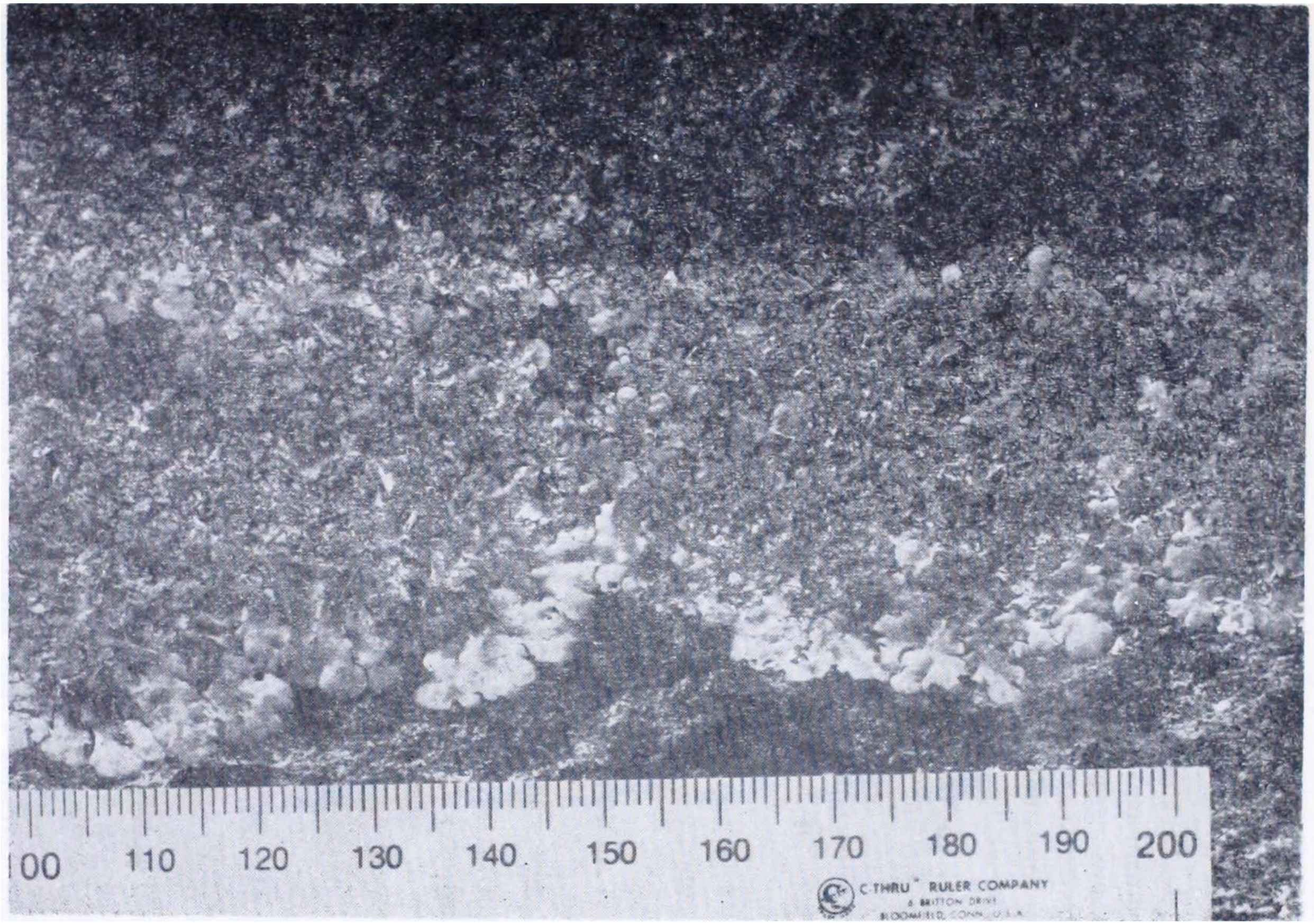

Figura 2. Parmotrema mordenii en la pared de la Estela I. Julio de 1976.

Derechos Reservados IHAH

Procesamiento Técnico Documental
Digital. UDI-DEGT-UNAH

Procesamiento Técnico Documental
Digital. UDI-DEGT-UNAH

RESULTADOS DEL TRATAMIENTO

La serie experimental inicial de monumentos fue fumigada en julio de 1976, enero y julio de 1977 y en enero de 1978. Por la eficacia comprobada en 1978 se trataron monumentos adicionales y todas las superficies esculpidas; y en 1979 se trataron todas las superficies de piedras del sitio.

Se llevaron apuntes concienzudamente sobre el tiempo que toman estos organismos perniciosos en morirse y desprenderse. Por lo general a los seis meses ya se miraban efectos positivos. Las superficies horizontales, que reciben todo el impacto de la lluvia, se limpian más rápidamente que las verticales. A continuación se expone la secuencia temporal de las principales especies:

PHYSCIA SOREDIOSA.—Después de seis meses muerta y escamando con un 20 a 50% desprendidas; después de 18 meses desaparece el 60-80% en las superficies horizontales y un 20-50% desaparece en las superficies verticales; después de 27 meses desaparece completamente en las superficies horizontales y entre un 80% a 90% en las verticales (Figs. 1a y 1b).

PARMOTREMA MORDENII.—Después de 6 meses muerte y desmoronamiento con un 50-75% desprendidas; después de 18 meses desaparece totalmente (Figs. 3a, b y c).

PARMOTREMA CRISTIFERUM.—Después de seis meses se desprende el 50-80%; después de 18 meses queda menos del 10%; después de 27 meses no queda nada.

LIQUENES CRUSTOSOS.—Ningún cambio después de seis meses; después de los 18 están claramente muertos y desprendiéndose; después de los 27 meses bien atenuados y en algunos casos desprendidos completamente.

OSCILLATORIA.—Después de 6 meses está atenuado en cerca de un 50%; después de un año desaparece cerca del 80%; después de los 18 desaparece en casi un 100% (Fig. 4).

RECOLONIZACIÓN Y TRATAMIENTO FUTURO

Los nuevos propágulos aerotransportados (soredia, isidia, fragmentos, esporas, etc.) constantemente reinvadirán los sitios tratados y caerán sobre las superficies de las piedras en donde podrán crecer si las condiciones les son favorables. Las fuentes de tales propágulos son los bosques cercanos y aún aquellos a 5-10 km. de distancia. En Copán se volvieron visibles pequeñísimos talos de **Physcia sorediosa** con menos de 1 milímetro de diámetro después de tres o cuatro años sobre monumentos que habían sido completamente limpiados en 1973 (Fig. 5). La

Derechos Reservados IHAH

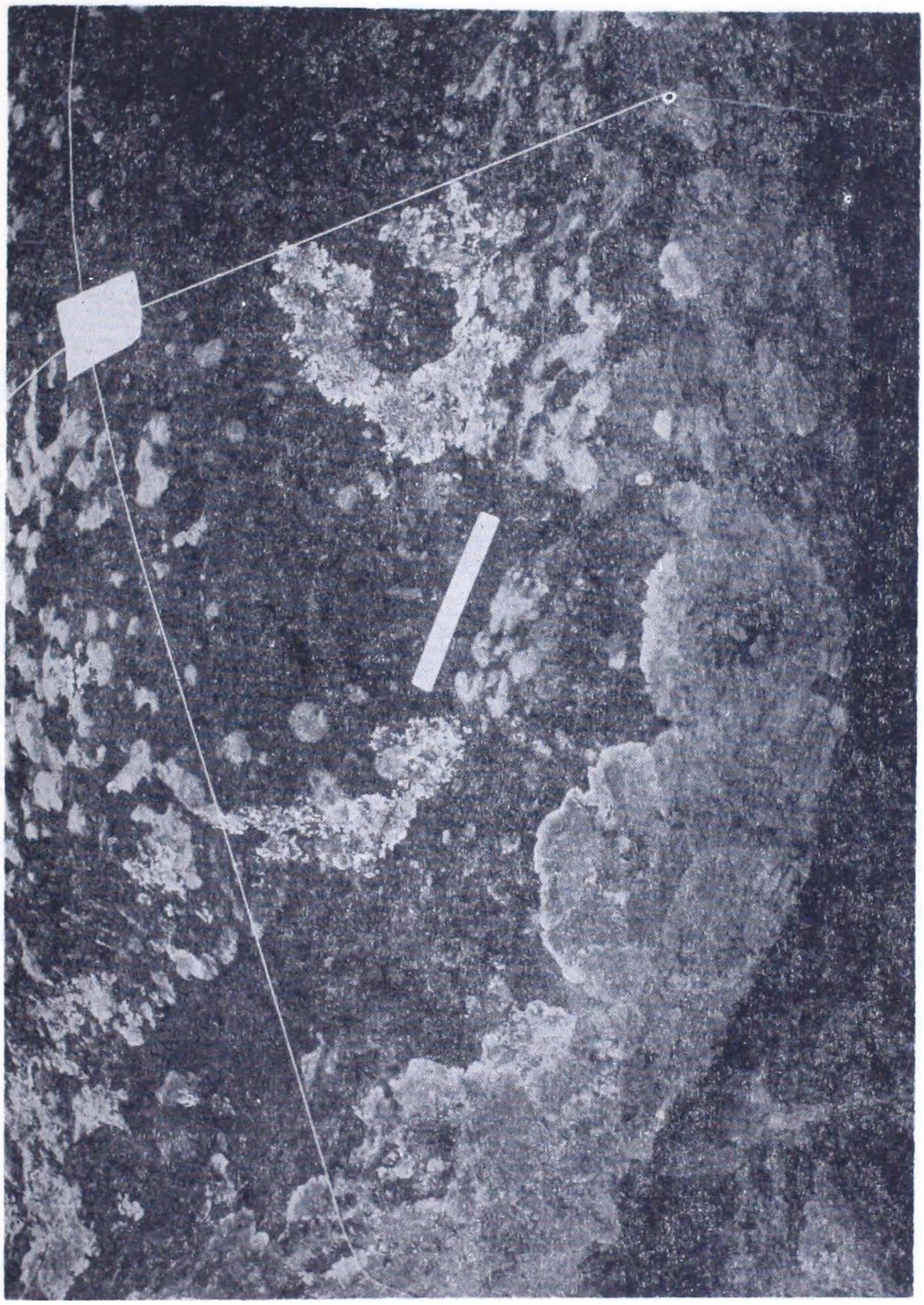

Figura 3ª Altar de la Estela C. Julio de 1976.

Derechos Reservados IHAH

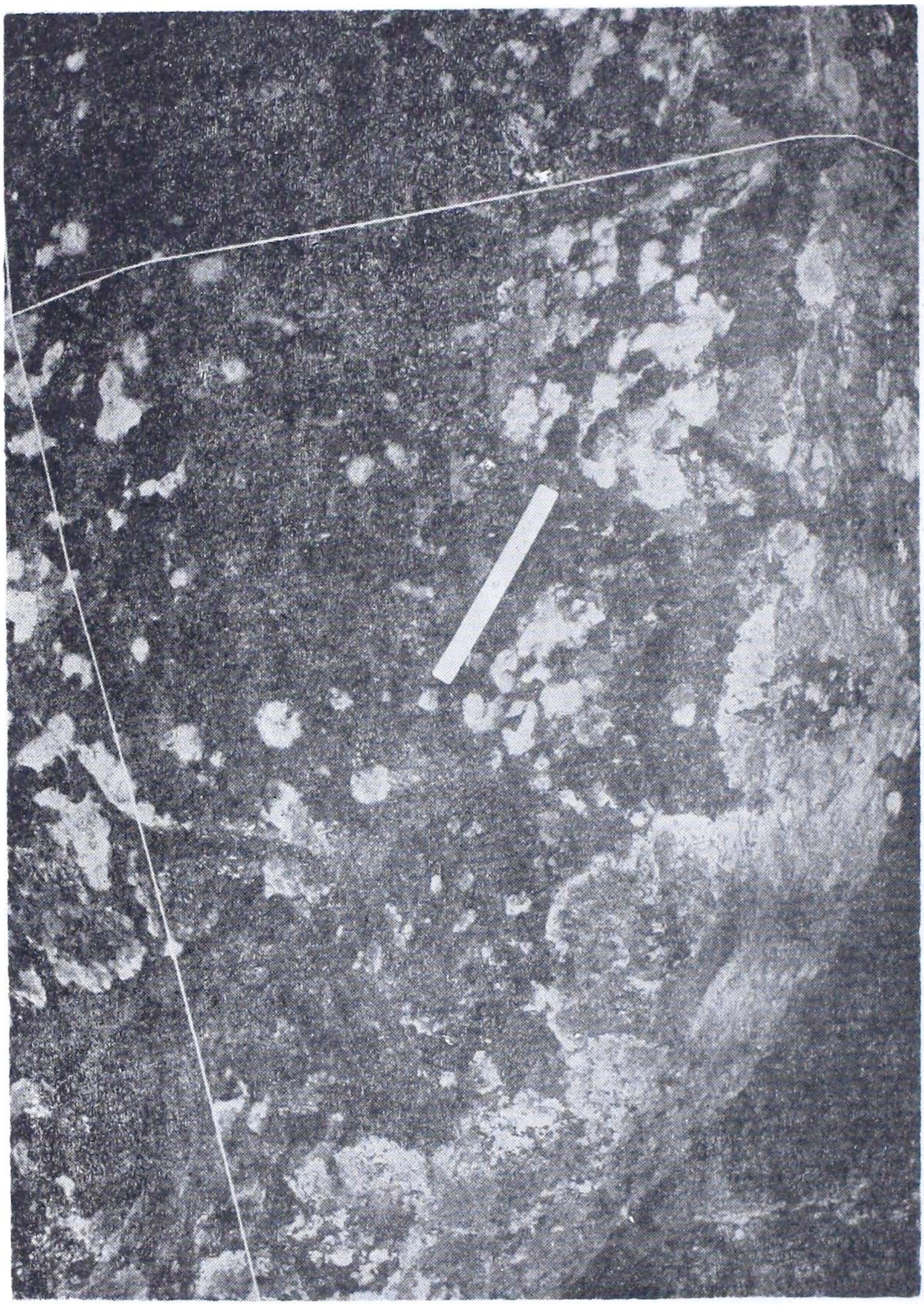

Figura 3b. Altar de la Estela C. Enero de 1977.

Derechos Reservados IHAH

Figura 3c. Altar de la Estela C. Enero de 1978.

Derechos Reservados IHAH

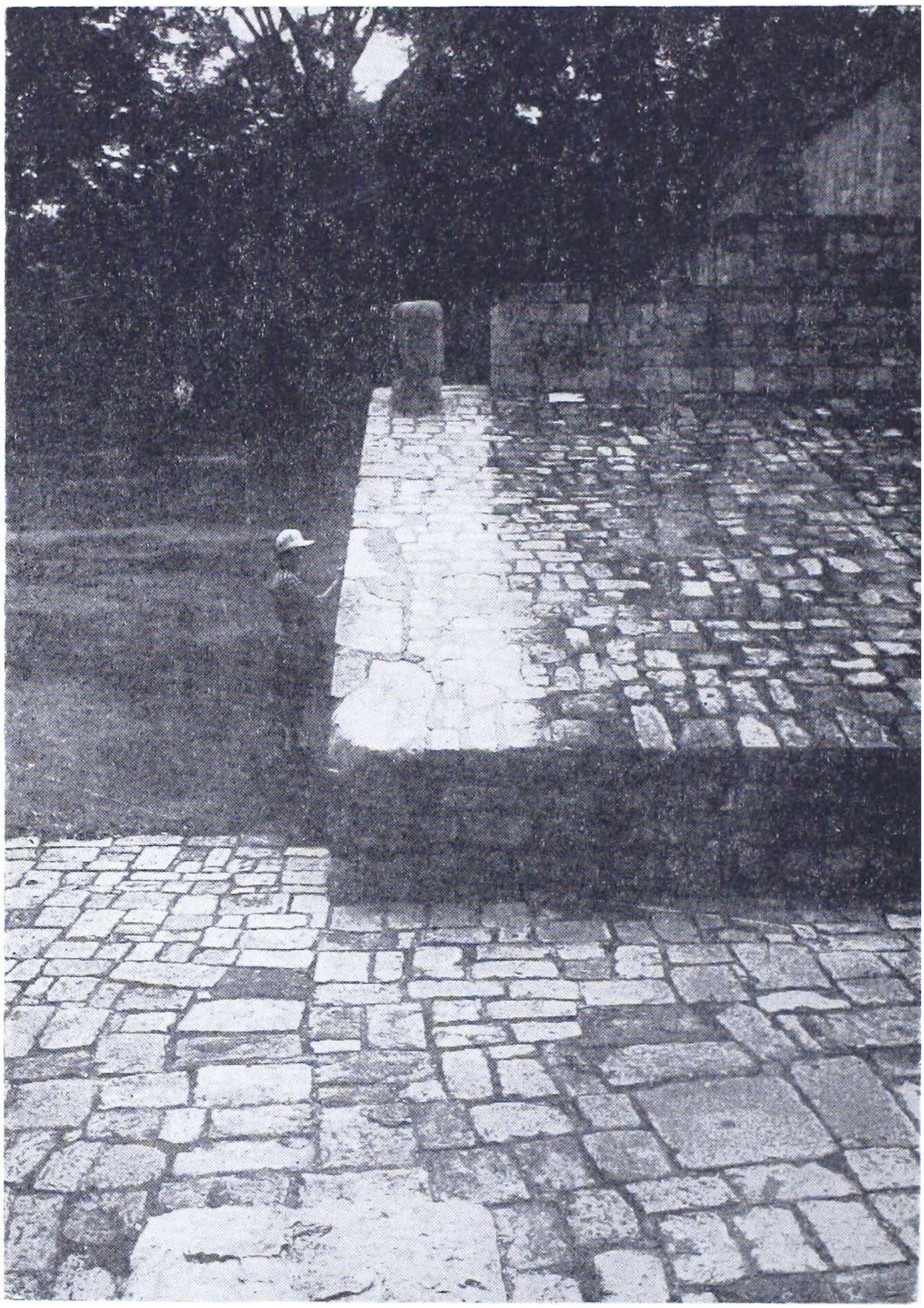

Figura 4. Franja sobre el campo de pelota después del tratamiento. Julio de 1977.

Derechos Reservados IHAH

tasa de crecimiento para esta especie, tal y como se midió por dos años, es de 4 a 6 milímetros por año lo que implica que la reinvasión y cubierta total ocurriría en menos de diez años, de no haber tratamientos posteriores. Otras tasas de crecimiento medidas durante este estudio fueron las de la **Dirinaria confluens**, con un crecimiento de 3 a 5.5 milímetros por año.

Como son imposibles de eliminar las fuentes naturales de estos propágulos microscópicos aerotransportados, el tratamiento de los monumentos debe practicarse continuamente. Puede lograrse cierto grado de control fumigando los monumentos, todas las piedras y los troncos de árbol del sitio, esencialmente esterilizando el área. En términos prácticos, un programa de refumigación con cualesquiera de las soluciones (preferiblemente Thaltox o Clorox) cada 4 u 8 años sería más que adecuado para eliminar esos minúsculos propágulos reinvasores que son muy sensitivos.

Otra forma de enfocar el problema sería hacer el ambiente menos favorable para el desarrollo de estos organismos nocivos. Por ejemplo, los monumentos en contacto con el suelo son vehículos para la capilaridad del agua que estimula el crecimiento de las plantas. Estos deben ser aislados de la tierra con bases porporcionándoles un mejor desague. Debe reducirse la sombra cortando árboles de manera selectiva. Aún con estas precauciones los monumentos continuarán sufriendo la intemperie por medio la lluvia. Un caso extremo es la exfoliación de la Escalinata de los Jeroglíficos ocasionada por los efectos combinados del crecimiento de líquenes y del agua de las lluvias. La solución final sería la instalación de toldos para proteger a los monumentos de la lluvia.

Todas las investigaciones recientes sobre consolidantes tales como silicones o epoxis indican que los efectos inmediatos de la consolidación de las superficies de piedras son más que perturbados por el deterioro o los cambios en la estructura mineral después de varios años. En Copán no debe ejecutarse ningún tratamiento de consolidación.

CONCLUSIONES

La microflora (algas, líquenes y briófitas) que perjudica las ruinas arqueológicas ejerce un efecto pernicioso al deteriorar química y mecánicamente la superficie de las piedras. Estos organismos pueden eliminarse fumigando los monumentos con soluciones diluidas de agentes biócidos tales como clorox, borax u otras preparaciones especiales como el Thaltox. Los restos de los líquenes y plantas briófitas se desmigajan y desprenden naturalmente de 6 a 24 meses después de su tratamiento dependiendo de las condiciones en el sitio y de las especies involucradas. No es necesario cepillar.

Derechos Reservados IHAH

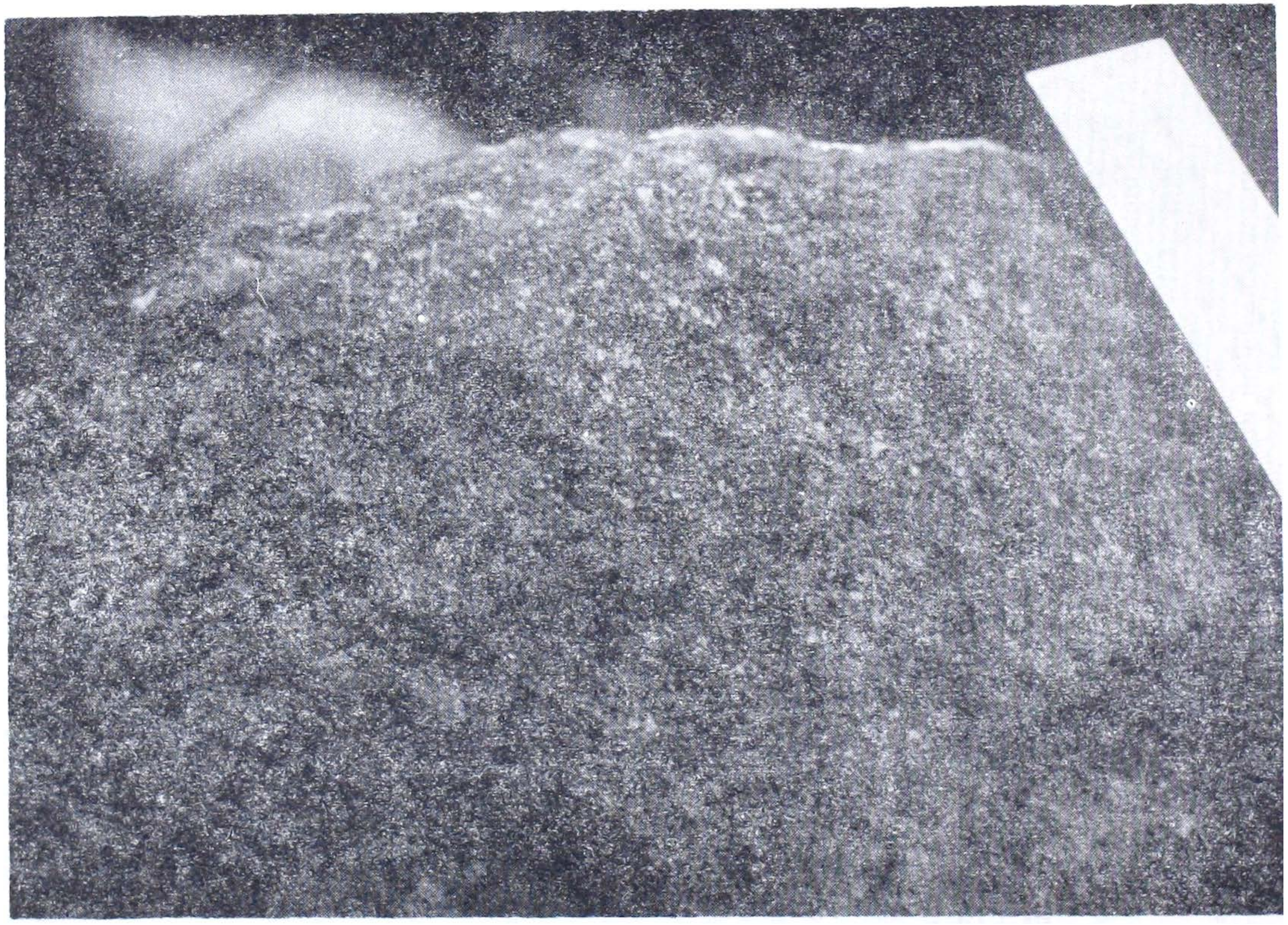

Figura 5. Pequeños propágulos de Physcia sorediosa sobre una cabeza que se encuentra en una pared cerca de la Estructura 11.

Derechos Reservados IHAH

Procesamiento Técnico Documental
Digital. UDI-DEGT-UNAH

La recolonización de la superficie de las piedras comienza tres o cuatro años después y de no continuarse el tratamiento los monumentos estarán infestados nuevamente dentro de diez años. Los monumentos afectados previamente deben ser fumigados a intervalos de cuatro u ocho años o más, dependiendo de las condiciones locales, del resultado de las observaciones y de cualquier cambio en el drenaje, sombras, etc., todo lo cual naturalmente restringe el crecimiento de organismos perniciosos.

Derechos Reservados IHAH