

Análisis del deterioro de los elementos labrados del Edificio 33 de Yaxchilán, Chiapas: un estudio representativo del intemperismo de las rocas calizas de la región del Usumacinta

Haydeé Orea Magaña
Jimena Palacios Uribe

La Zona Arqueológica de Yaxchilán se encuentra dentro del grupo de ciudades mayas de la cuenca del Usumacinta, en el denominado *Monumento Natural Yaxchilán*, en la selva Lacandona, municipio de Ocosingo, estado de Chiapas, México.¹ Desde su descubrimiento ha cautivado a los que la visitan por el estilo, calidad y cantidad de elementos decorativos labrados en roca caliza, así como por haber sido edificada junto al caudaloso río Usumacinta, inmerso en la selva, debido a lo cual es poseedora de una gran biodiversidad.

En este complejo se conserva el Edificio 33² (Figura 1), ubicado en la Gran Acrópolis, considerado como uno de los edificios de mayor relevancia en la arquitectura maya del periodo Clásico. Entre otros aspectos, se caracteriza por la importancia del discurso iconográfico de sus elementos decorativos, entre los que se encuentran los elementos referencia de este estudio: tres dinteles y una escalinata jeroglífica, conformada por 13 escalones que muestran información detallada del gobernante Pájaro Jaguar IV, así como de sus predecesores y ascendientes.

¹ El asentamiento, formado a inicios del periodo Clásico (200-900 d.C.), encontró su apogeo hasta años posteriores a 800 d.C. Su ubicación, junto al Usumacinta, fue determinante en la historia de la región, por ser un punto de control estratégico (García Moll 2003:15). Hoy en día, por encontrarse en la división territorial entre México y Guatemala, en este lugar inciden condiciones sociopolíticas, económicas y culturales de ambos países como el saqueo tanto de bienes culturales como de plantas y animales de la región.

² El edificio fue erigido por el gobernante Pájaro Jaguar IV (709-768 d.C.) como un suceso de autoafirmación tras un interregno (742-752 d.C.) durante el que su posición como gobernante legítimo de Yaxchilán era insegura. Por consiguiente, este edificio integra un discurso escultórico y pictórico que señala a este soberano como el descendiente meritorio de Escudo Jaguar II, su antecesor, para gobernar la ciudad (Tate 1993: 5-48).



FIGURA 1. Vista frontal del Edificio 33 (Fotografía cortesía: INAH).

Los elementos arquitectónicos y decorativos del Edificio 33 de Yaxchilán integran un discurso esculto-pictórico que señala a este personaje como descendiente de su antecesor, Escudo Jaguar, y legítimo heredero en el puesto de gobernante de la ciudad, posición que ocuparía en la época de mayor apogeo del sitio (Schele y Freidel 1990:283). Desde que se realizaron los primeros registros formales de su estado de conservación, en 1989, estos elementos presentaban deterioros relacionados con sus usos y contexto; sin embargo, no fue sino hasta la temporada de conservación y mantenimiento del año 2003 cuando se registraron nuevas y alarmantes alteraciones en los tres dinteles y la escalinata jeroglífica, tales como velos y concreciones salinas, manchas, formación de escamas, más la aparición de microorganismos debajo de éstas.

Por ello, se planteó una metodología de investigación en la que se analizaron las posibles causas y mecanismos de alteración de estos elementos, con el fin de comprender la dinámica de su deterioro y, a futuro, formular las vías para su conservación. Dicha metodología integró el análisis de la naturaleza de los materiales pétreos que los conforman, y un estudio de su tecnología y de los procesos de desenterramiento y conservación, así como de los factores de intemperismo relacionados con el medio ambiente.

Antecedentes

Yaxchilán fue eventualmente abandonada en el año 900 d.C. (García Moll, 2003:33), lo cual causó que la vegetación cubriera por completo la mayor parte de las edificaciones. En el Edificio 33, la deposición de sedimentos y las plantas superiores cubrieron totalmente la escalinata jeroglífica e invadieron parcialmente el paramento y la techumbre, incluidos los tres dinteles, lo cual

restó resistencia a la estructura y promovió el desarrollo de microorganismos, plantas superiores y árboles de dimensiones considerables.³

En 1975 el equipo de investigación arqueológica del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), dirigido por el maestro Roberto García Moll, realizó procesos de limpieza y consolidación en el edificio, y se liberó la escalinata jeroglífica. A partir de 1989 se consideró indispensable la conformación de un equipo especializado en la conservación, registro, documentación, mantenimiento y restauración del sitio.⁴

Los inmuebles presentaban los deterioros propios de un contexto dinámico, como es el de la selva tropical. Sin embargo, durante

la temporada de conservación y mantenimiento del año 2003 se observaron tanto alteraciones abruptas en los elementos labrados del Edificio 33: manchas de distintas dimensiones y colores en los dinteles (Figura 2), halos y velos blanquecinos en su superficie (Figura 3), así como presencia de escamas localizadas en los relieves de los escalones centrales –VI, VII y VIII– de la escalinata jeroglífica (Figura 3), y de microorganismos.

Si bien en términos de conservación estas transformaciones se han caracterizado como deterioros, debido a que van en detrimento de los valores reconocidos en los elementos labrados, en términos geológicos se definen como intemperismo.

Metodología

Para comprender la dinámica de alteración de los elementos labrados, se definió que debían analizarse las condiciones del contexto; la naturaleza de las rocas: elementos constitutivos y procesos de formación; la tecnología de construcción o elaboración de las piezas, y las intervenciones de conservación, a partir de lo cual se formuló una metodología, que se sintetiza en el siguiente esquema (Figura 4).

³ Para la descripción del Edificio 33, véase García Moll (2003:198-214).

⁴ En ese año, el equipo estuvo conformado por las restauradoras Luz de Lourdes Herbert y Haydeé Orea Magaña, coordinadas por la restauradora Gabriela García Lascuráin, todas ellas adscritas al INAH. A partir de 1992, la restauradora Haydeé Orea asumió la coordinación del área de conservación del sitio. De 1989 a 2005 la Zona Arqueológica de Yaxchilán contó con al menos una temporada de conservación anual, pero después de esa última fecha no ha vuelto a otorgarse ningún recurso para efectuar una temporada formal de conservación de todo el sitio.



FIGURA 2. Manchas de color en el Dintel 3 del Edificio 33 (Fotografía: Jimena Palacios Uribe, 2003).



FIGURA 3. Formación de escamas y velos blancuecinos en el escalón VII, de la escalera jeroglífica núm. 2 (Fotografía: Jimena Palacios Uribe, 2003).

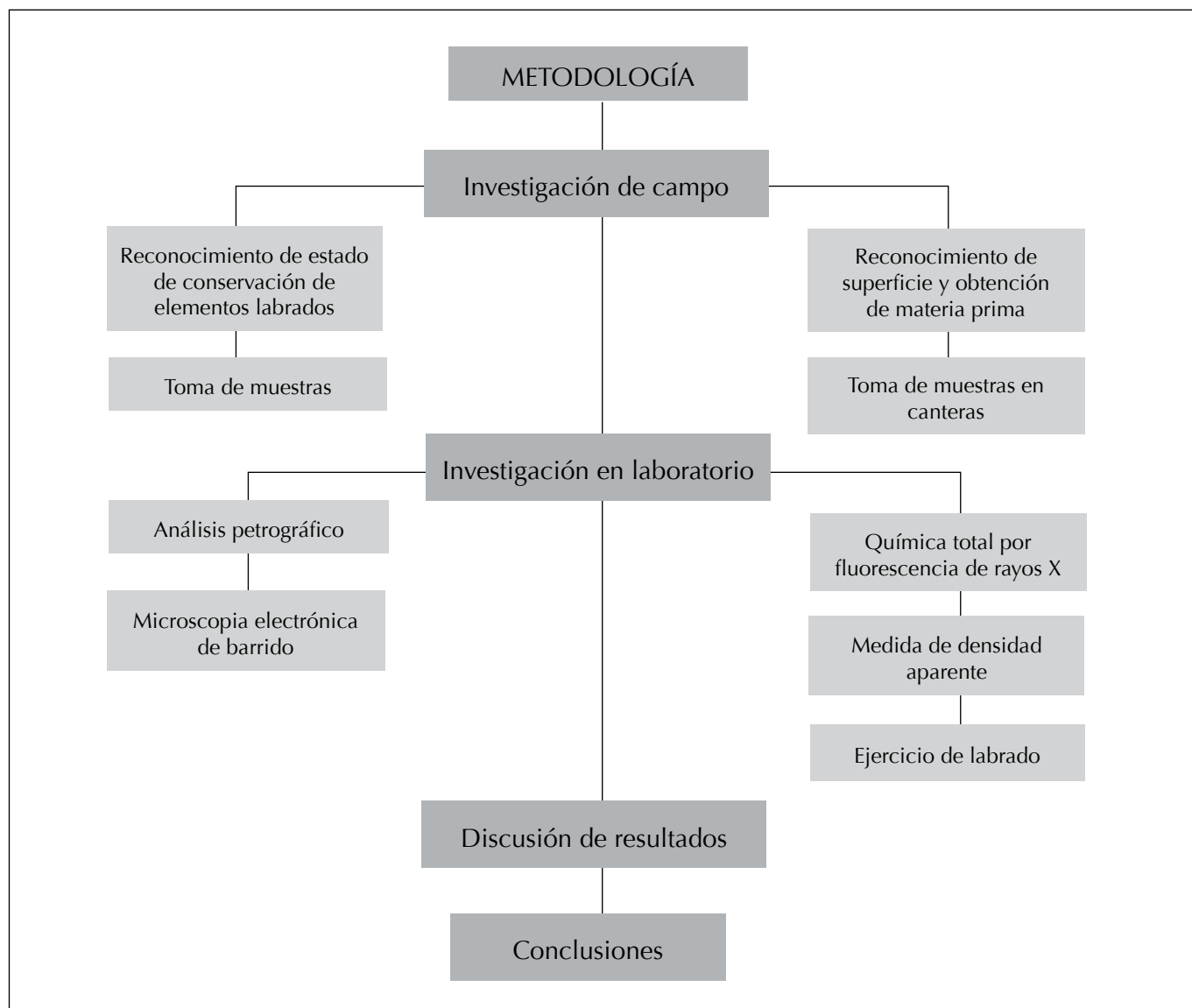


FIGURA 4. Metodología de caracterización (Haydeé Orea Magaña, Jimena Palacios Uribe, 2012).

Discusión de resultados

Con base en la realización de los estudios planteados por la metodología,⁵ se concluyó que los efectos de deterioro que manifiestan tanto los dinteles como la escalinata jeroglífica se deben a una dinámica multifactorial, en la que destacan cuatro variables: la primera, los velos y concreciones blanquecinas; la segunda, el desprendimiento de sustrato rocoso en escamas; la tercera, las manchas locales de distintos colores en los dinteles, y, la cuarta, los microorganismos por debajo de zonas con escamas.

Los velos y concreciones blanquecinas

Los resultados mineralógicos obtenidos por difracción de rayos X (DFX) de las muestras tomadas de los tres dinteles y los tres escalones centrales de la escalinata jeroglífica, mostraron que las rocas que los conforman son dolomías, las cuales se constituyen principalmente de carbonato de calcio y magnesio — $\text{Ca/Mg}(\text{CO}_3)_2$ — y algunos elementos secundarios, como arcillas, que con el tiempo se han alojado en la matriz rocosa.

Como los dinteles y la escalinata se encuentran a la intemperie, dichos componentes mineralógicos han reaccionado con los agentes del medio ambiente, y generado productos de alteración que se manifiestan como velos y concreciones blanquecinas, los que se observaron por medio de microscopia electrónica de barrido (MEB) en las muestras obtenidas de cada dintel y de los tres escalones descritos.

Los velos y las concreciones se producen como resultado de un mismo proceso: el ácido carbónico que se genera a partir de la reacción entre el agua (de lluvia, por la humedad ambiental o la condensación) y el dióxido de carbono del medio ambiente penetra en la dolomía y disocia el carbonato de calcio, convirtiéndolo en bicarbonato en disolución. Cuando, durante el proceso de evaporación, la roca libera esta solución, que también contiene las arcillas y el material alóctono⁶ alojado en los intersticios de la matriz rocosa, el agua regresa a la atmósfera, y los demás elementos depositados en la superficie de manera regular (en forma de velos) o irregular (formando concreciones) se solidifican al contacto con el dióxido de carbono del medio.

Es de notar que tanto los velos como las concreciones son ahora más evidentes en las superficies de dinteles y escalones, lo cual puede adjudicarse a que en los últimos años la temperatura en el sitio se ha incrementado, mientras que la cantidad de humedad relativa ambiental ha disminuido durante periodos más largos, lo cual genera lapsos de sequedad prolongados y, por lo tanto, la eva-

poración de las rocas es más abrupta, lo que provoca un incremento en la liberación de agua y en la disolución de elementos constitutivos.

El material depositado en la superficie de la roca tiene un aspecto “pulverulento” a causa de que su arreglo cristalino es de orden esparítico; es decir, los cristales son de mayor tamaño y su ordenamiento es irregular, en comparación con el correspondiente al de la matriz rocosa con arreglo micrítico, caracterizado por cristales pequeños cristalinos ordenados de forma regular. Adicionalmente, las microfisuras y los poros originados durante la formación de la roca y el proceso de labrado permiten que la solución de ácido carbónico fluya con mayor facilidad hacia la superficie —concretamente hacia el relieve—. No obstante, ya que dichas microfisuras no tienen un patrón regular, la deposición del material en superficie no se desarrolla de forma homogénea. Estas características se corroboraron en el ejercicio sobre técnica de factura, el cual consistió en replicar el labrado por golpe y por talla en una roca con propiedades físicas: dureza, porosidad y grado de intemperismo, similares a la de los dinteles y la escalinata. La muestra se obtuvo de una cantera empleada como fuente de material pétreo para este estudio (Palacios Uribe 2009:87), cuyo labrado se llevó a cabo con una piedra de obsidiana. La observación en el microscopio reportó que la textura de microfisuras y poros obtenida en los patrones de la muestra era similar a la superficie de los casos de estudio prehispánicos.

Otro factor que contribuye a la formación de velos y concreciones es el medio ambiente, particularmente la humedad. Desde el momento de su construcción, el Edificio 33 en su totalidad: techumbre, paramentos (en cuyo elemento frontal se ubican los dinteles) y basamento, ha experimentado tanto la exposición a la intemperie de un clima tropical húmedo como la acción de la precipitación pluvial constante, por lo que las rocas que lo componen han sufrido de la continua absorción y liberación de líquido, por el principio de saturación de material poroso de orden micrítico que caracteriza a las dolomías estudiadas.

Como evidencia de ello, los estudios petrográficos de las muestras correspondientes a los dinteles y los tres escalones centrales mostraron que el material calizo dolomítico se ha alterado a causa de la liberación de agua, ya que el ácido carbónico generado a partir de la combinación de ésta con el dióxido de carbono del ambiente ha disuelto material y lo ha precipitado en la superficie.⁷ El comportamiento de las rocas constitutivas de los elementos labrados ante la disolución se relaciona con la disminución de resistencia mecánica y dureza, así como

⁵ Una descripción detallada del desarrollo de la metodología de este trabajo puede consultarse en Palacios Uribe (2009:65-98).

⁶ Se define como *material alóctono* aquel que no es originario del lugar en el cual se encuentra.

⁷ El agua por sí sola no es responsable del ataque químico de las calizas estudiadas, pero al combinarse con el CO_2 proveniente de la vegetación de la selva produce ácido carbónico (H_2CO_3). Esta mezcla es el agente principal de disolución en los minerales compuestos de carbonatos.

con alteraciones en el patrón de cristalización de los minerales que las conforman. Aunque a simple vista la disposición de los componentes o el patrón de la estructura en las rocas que conforman los tres dinteles parece ser homogéneo, los análisis petrográficos y la DFX comprobaron que una misma roca puede tener zonas más susceptibles al intemperismo porque, desde su formación, la porosidad y la textura son diferenciales: aquellas zonas con mayor número de cavidades (poros o microfisuras) facilitan el paso del agua y del ácido carbónico.

En el caso de los dinteles, las zonas con un arreglo cristalográfico irregular han fungido como puntos débiles, permitido el flujo libre de agua y proporcionado una superficie suficientemente heterogénea para la deposición de microorganismos. Aunque el análisis petrográfico reportó que las muestras obtenidas de los tres dinteles presentan una porosidad baja —con 10% de poros y microfisuras, aproximadamente—, la observación con MEB de la topografía de las muestras evidenció en las superficies más intemperizadas material precipitado con un alto grado de porosidad, lo cual implica que en esas zonas el material calizo se disolvió y se recristalizó, formando material esparítico en superficie (cristales más grandes y con más intersticios, que lo hacen más poroso).

Cabe señalar que la aparición abrupta de velos blanquecinos de estructura pulverulenta se relaciona con un aumento en el índice de evaporación de agua en la roca, ya que si ésta ha liberado humedad de manera acelerada, el material disuelto por el ácido carbónico se precipita rápidamente en la superficie; por tanto, es probable que las zonas que evidencian velos blanquecinos participen como frentes de secado, en particular, en los dinteles del edificio.

Las imágenes del MEB denotaron otros importantes datos sobre la alteración de los dinteles: las escamas desprendidas de la superficie de la piedra presentan una superficie heterogénea cubierta por material recarbonatado con una disposición muy irregular. Dicho material, que a simple vista se observa como un velo blanquecino, fue sometido a química total por fluorescencia de rayos X (XRF) y a MEB, lo que resultó en la identificación de carbonato de calcio precipitado con un arreglo cristalino muy particular, ya que en ocasiones se asemejaba a una membrana que presentaba formas esféricas. Este patrón de cristalización se debe a una precipitación abrupta, lo cual a la vez es una consecuencia de un aumento brusco en la tasa de evaporación del agua contenida en la roca.

Amoroso y Fassina (1983:310-359) mencionan que en un material saturado que pierde humedad la evaporación ocurre, inicialmente en la superficie, a una velocidad que dependerá de las condiciones medioambientales: si se encuentra al aire libre, la velocidad de evaporación aumenta y se mantendrá constante, ya que la superficie permanece húmeda, pues durante el proceso el agua se mueve hacia ésta rápidamente para compensar el líquido perdido. También señalan que la falta de circulación de aire dentro de los poros causa una rápida saturación

de líquido, aunque este equilibrio no puede durar mucho tiempo debido a que el material rocoso está compuesto de poros de distintos tamaños; por tanto, las moléculas de agua contenidas en poros grandes pasan a la fase de vapor con mayor velocidad que en aquellos de menor tamaño, y cuando la cantidad de agua que se depositó en superficie disminuye tanto como para que ésta ya no se encuentre húmeda, el equilibrio de la evaporación se colapsa. Todos estos fenómenos explican el deterioro encontrado en los bienes culturales aquí estudiados.

Por lo tanto, en el material donde el agua se transporta con facilidad, el proceso de secado ocurre principalmente en la superficie, mientras que en uno denso ésta puede secarse mucho antes de que todos los poros se hayan vaciado, y en algún lugar debajo de la superficie el material puede seguir saturado.

En el caso de los escalones centrales de la escalinata jeroglífica, gran parte del agua se ha evaporado por la cara frontal, de manera que el relieve labrado ha funcionado como el frente de secado.

Durante las observaciones en campo, se registró que los velos blanquecinos y la formación de escamas eran más evidentes en la temporada de secas. El hecho de que año con año ésta sea más prolongada en el sitio, debido a la violenta deforestación que opera regionalmente desde 2006 y al aumento en el promedio de temperatura global —que, asimismo, genera la pérdida de la cobertura vegetal—, ha implicado una mayor desecación en la roca —en general, los materiales se adaptan a variaciones de humedad moderadas o bajas y a temperaturas altas— y generado mayores alteraciones en el material rocoso, ya que cuando contiene cierto porcentaje de agua en su estructura y ésta se libera de forma constante durante un periodo largo de seca, el sustrato sufre mayor esfuerzo mecánico.

El desprendimiento de sustrato rocoso en escamas

El desprendimiento de sustrato rocoso, que ciertamente se relaciona con el mecanismo de disolución y recarbonatación expuesto con anterioridad, se origina, no obstante, debido a la presencia de zonas con un mayor número de discontinuidades que constituyen puntos débiles en la roca, ante los esfuerzos generados tanto por evaporación abrupta de los materiales disueltos como por su solidificación. El origen de las discontinuidades se encuentra no sólo en la formación de la roca, sino también en el proceso de labrado, lo cual se comprobó gracias a observaciones realizadas en MEB y en el transcurso del ejercicio experimental de labrado. En efecto, la formación del relieve a partir de golpes o rayado crea un gran número de microfisuras, que con el tiempo se convierten en puntos débiles y propician la falta de resistencia de la roca ante cualquier estrés físico. De hecho, los patrones de las microfisuras definen que el material rocoso se desprenda en forma de escamas, lo cual es más evidente en los escalones centrales, debido a que en ellos hay más irregularidades

estructurales, generadas principalmente durante el labrado. Al paso del tiempo, todas las discontinuidades también alojan materiales secundarios recarbonatados, que ejercen tensiones diferenciales en el sustrato y producen la acumulación de —en este caso— arcillas procedentes del sustrato de enterramiento, material que a su vez absorbe y libera agua con facilidad, ocasionando también el estrés del material que las contiene. El proceso, notablemente, es progresivo: eventualmente, las escamas se perderán y dejarán espacios vacíos que se transformarán en nuevas superficies de reacción.

Las manchas locales de distintos colores en los dinteles

Dos preguntas se plantearon al inicio de esta investigación: la presencia de manchas (de colores rojo, naranja, pardo-rojizo y violeta), así como de velos blanquecinos en los dinteles, ¿se debe a la acción de microorganismos? y, ¿éstos pueden estar provocando algún deterioro físico? Aunque el análisis MEB (Figura 5) reveló la presencia de hongos y algas, no se encontraron estructuras de anclaje al sustrato carbonatado: éstas sólo se asocian con las regiones porosas, por lo que el daño que provocan únicamente concierne a la apariencia.

Como resultado de estas observaciones, es posible plantear que la ubicación de los dinteles dentro del propio edificio puede haber propiciado el desarrollo de estos microorganismos específicos, dado que éstos se desarrollan alejados de la incidencia directa de luz solar y en un medio con fluctuaciones abruptas de temperatura, fenómeno análogo a lo observado en una de las paredes de la denominada Cantera B (Figura 6).

Los microorganismos por debajo de zonas con escamas

En una observación directa en campo, esta alteración se asoció específicamente con la presencia de algas que se han desarrollado debajo de algunas escamas en los escalones centrales de la estructura arqueológica en estudio. Sin embargo, los análisis de las muestras en MEB demuestran que la colonización biológica no tiene relación con el desprendimiento del sustrato rocoso. En el caso de los dinteles, se encuentran microorganismos sólo si estas zonas tienen las condiciones necesarias para su desarrollo —de ahí que se reconozcan como organismos oportunistas—, lo cual significa que si bien no son los causantes de la inestabilidad material de la roca, sí aprovechan la superficie para desarrollarse y causan un deterioro visual que impide una lectura óptima del relieve (Figura 6).

Investigaciones publicadas sobre la caracterización de microorganismos y biodeterioro, como las de Allsop (2004) y Caneva *et al.* (1991), afirman categóricamente que los microorganismos son una causa importante en el deterioro de una roca caliza; sin embargo, citan muy pocos ejemplos sobre este tipo de alteración y no ofrecen explicaciones acerca del comportamiento e interacción de los microorganismos en este tipo de sustratos, circunscritos a ambientes tropicales. Por lo anterior, el presente estudio aporta información objetiva sobre la manera en que los microorganismos interactúan con sustratos calizos o pétreos en medios selváticos.⁸

⁸ Esta información se generó con la colaboración del doctor Eberto



FIGURA 5. Canteras A y B, ubicadas en las inmediaciones del Edificio 33 (Fotografía: Haydeé Orea Magaña, 2005).

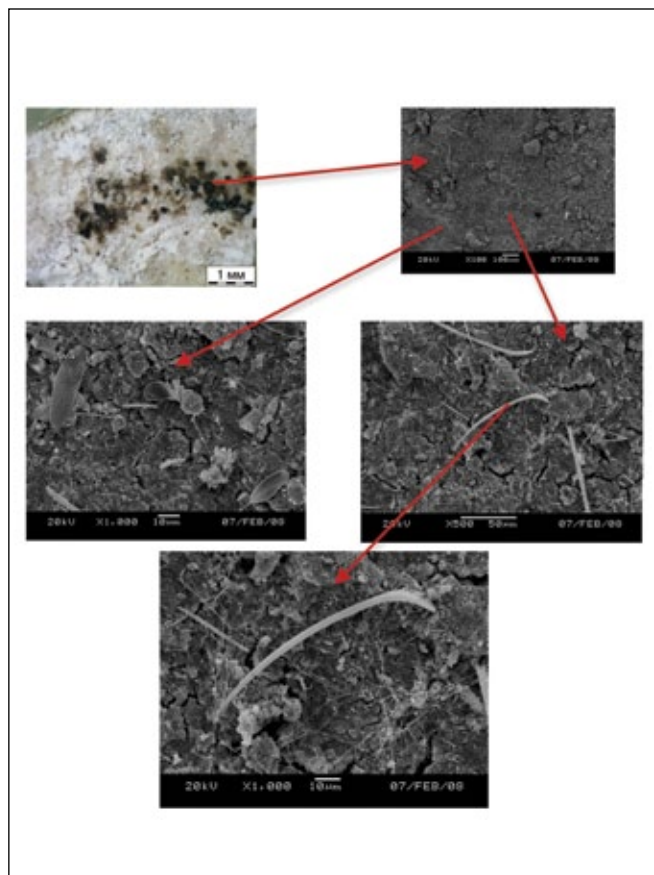


FIGURA 6. Microscopía electrónica de barrido en una muestra del Dintel 2, que presentaba manchas de colores. Las imágenes muestran microorganismos no anclados a una zona recarbonatada (Fotografía: Svyatoslav Inozertsev, Laboratorio de Micromorfología de la Facultad de la Ciencia del Suelo de la Universidad Estatal Lomosov de Moscú, 2008).

Evaluación de las intervenciones de conservación

Uno de los objetivos de esta investigación fue evaluar si los tratamientos utilizados para la limpieza/eliminación de microorganismos en las temporadas de trabajo de 1989 a 2003 habían dañado la superficie de las piedras, hipótesis que se descartó: en ninguno de los estudios realizados se encontró evidencia alguna de compuestos producto de la interacción entre los agentes empleados con los componentes de la roca caliza en estudio.⁹

Novelo Maldonado, del Departamento de Biología Comparada de la Universidad Nacional Autónoma de México, quien desde hace varios años lleva a cabo análisis específicos relacionados con el comportamiento de microorganismos en sustratos rocosos de las zonas arqueológicas de Palenque, Yaxchilán y Bonampak.

⁹ De la temporada de conservación y restauración de 1989 hasta 1993, se utilizaron diferentes biocidas en el Edificio 33 de Yaxchilán, como el Diurón® y el Bromacil® en distintas concentraciones (entre 0.5% y 1.5% en agua), así como su combinación con pentaclorofenato de sodio al 9% por aspersión e inyección. Para mayor información sobre estos procesos, véase Palacios Uribe (2009), anexo 1: "Síntesis de los trabajos de conservación en el Edificio 33 (1989-2003)".

Perspectivas a futuro

Con base en la comprensión de los mecanismos de deterioro antes expuestos, se plantean siete líneas de investigación-acción que deberán retomarse con la finalidad de garantizar la preservación de los elementos labrados del Edificio 33 de Yaxchilán.

Para los dinteles

- Identificar los géneros de los microorganismos depositados en los dinteles, de modo que se comprendan las condiciones que requieren para desarrollarse y analizar las consecuencias a largo plazo de su deposición en el material rocoso.
- Con base en la identificación de los microorganismos en superficie, proponer procesos puntuales para su eliminación que no afecten al sustrato calizo, tomando en cuenta que los dinteles, por su ubicación y las condiciones del contexto, siempre estarán expuestos a la invasión de organismos.
- Revisar continuamente las condiciones del edificio, especialmente de la cubierta, para asegurar que no se acumule tierra o vegetación, ya que estos materiales promueven la acumulación de humedad y bloquean las salidas de agua del edificio, lo que crea nuevos frentes de secado en detrimento de los dinteles.

Para la escalinata jeroglífica

- Debido a que las condiciones ambientales se están modificando de manera abrupta; a que las esculturas están sujetas ahora a alteraciones diferenciadas en términos temporales y de temperatura-humedad, y a que los procesos de alteración de las calizas no pueden ser detenidos, lo que en conjunto significa que la estabilidad de los relieves está en riesgo, se recomienda recubrir la escalinata. En términos técnicos, se propone que los escalones queden cubiertos por una capa de polvo de piedra fino u otro material permeable que no promueva el desarrollo de microorganismos ni la acumulación excesiva de humedad, en especial en los tres escalones centrales, los cuales presentan los mayores índices de deterioro. Para evitar la creación de frentes de secado diferenciales, los materiales de reenterramiento deben tapar perfectamente los escalones, sobre cuyas caras frontales se recomienda colocar una réplica del relieve de manera que el espectador comprenda claramente la representación escultórica y su relación en conjunto.
- Continuar con la investigación en campo para identificar la fuente de abastecimiento de las rocas que se utilizaron para elaborar los elementos labrados, ya que su localización¹⁰ permitirá conocer el tipo de

¹⁰ El análisis de las muestras obtenidas de las canteras estudiadas evi-

vegetación que la circunda, su orientación, la posición de los estratos de sedimentación, la textura y dureza de las rocas, índices de aireación, insolación, temperatura, humedad, entre otros, y de este modo relacionar el estado material de las rocas sanas con las rocas intemperizadas. Con ello también será posible analizar en laboratorio las cualidades de las rocas no intemperizadas provenientes de la cantera y predecir sus mecanismos de alteración.

Para el contexto general

- Consolidar la visión integrada de conservación para el sitio. Las plazas, edificios o elementos decorativos prehispánicos de Yaxchilán no son los únicos elementos que lo conforman y le dan un significado; las condiciones del entorno circundante (como su flora, fauna y clima) son fundamentales en su conformación como monumento natural protegido, el cual prácticamente es el único reducto de la Selva Lacandona mexicana que sobrevive a la violenta y veloz destrucción que experimenta su entorno desde los primeros años del siglo XXI hasta la actualidad, en el cual se han registrado cambios climáticos considerablemente abruptos. En el transcurso de esta investigación ha sido evidente el aumento de temperatura en el sitio, así como la prolongación del periodo de seca en más de dos meses en los últimos años. Con la intensificación del fenómeno, es probable una alteración completa de las condiciones ambientales del territorio, que a su vez contribuirán a su consecutiva afectación. Aunado a lo anterior, la tala para “aprovechar” la madera, la explosión de poblados en la selva, el empleo de terrenos para usos agrícolas y ganaderos, así como el saqueo, abuso y tráfico de los recursos naturales han provocado la pérdida de miles de hectáreas de vegetación o especies endémicas, debido a la dificultad de la fauna, la flora y la microflora a adaptarse al nuevo ambiente. El patrimonio escultórico del sitio no es ajeno a esta degradación ambiental: es posible que seamos testigos de alteraciones más violentas de las piezas labradas del sitio en años venideros. Por ello, es necesario proceder con iniciativas que completen la conservación del patrimonio natural y cultural de Yaxchilán.
- Dar pasos firmes en cuanto a la planificación estratégica del sitio mediante el desarrollo de un programa de manejo para la zona arqueológica con los recursos necesarios para tener continuidad en su mantenimiento, restauración y difusión, todos ellos determinantes para su conservación. Con esta perspectiva, en la década de 1990 la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp) y el INAH, con el apoyo del World Monuments Fund (WMF), dieron

paso al proceso de elaboración del programa de manejo para el Monumento Natural y la Zona de Monumentos Arqueológicos de Yaxchilán,¹¹ esfuerzo que desafortunadamente fracasó, en nuestra opinión, por la falta de visión de una de las áreas sustantivas del instituto: con ello se perdió la oportunidad de contar con un esquema de planeación que hubiese sido pionero en México en su consideración tanto de la conservación de los valores naturales como de los culturales, y actualmente sólo se cuenta con un programa de manejo para el monumento natural. Consideramos que es indispensable una perspectiva integrada para la conservación y el manejo del sitio como línea de trabajo para un futuro inmediato

Conclusiones

Esta investigación representa un análisis concreto de rocas calizas dolomíticas con una función arquitecto-plástica específica: dinteles y escalones escultóricos en un contexto arqueológico y selvático caracterizado por un sinfín de factores que promueven dinámicas de equilibrio y alteración continuas en los sustratos rocosos. La aproximación al estado de conservación de estos bienes culturales reveló que el origen de los efectos de deterioro es multifactorial, y se relaciona con los componentes y procesos de formación de las rocas, la tecnología de fabricación, las condiciones de enterramiento, liberación, uso e interacción con el medio.

Los resultados del estudio refuerzan la convicción de que la propuesta de conservación para cualquier tipo de bien cultural debe fundamentarse en su completo entendimiento; es decir, qué materiales lo conforman, cuáles fueron sus procesos de manufactura, cuáles son las características de su contexto, a qué condiciones ha estado sometido, cuáles son los valores que actualmente se reconocen en él y qué los afecta potencialmente, empresa de gran envergadura que sólo se logrará a partir de la unión de esfuerzos entre varios especialistas que, junto con el conservador, generarán la información necesaria para cumplir con el objetivo primordial de la conservación: comprender el patrimonio, conservarlo y difundirlo. Durante este estudio se contó con el apoyo de geólogos, edafólogos, químicos, conservadores y custodios de sitios arqueológicos, gracias a lo cual se logró dilucidar el proceso de alteración de los dinteles y escalones labrados del Edificio 33.

Cabe señalar que incluso antes del presente estudio los deterioros observados en Yaxchilán ya habían sido apreciados en monumentos labrados de la Zona Arqueológica de Palenque, principalmente en las piezas talladas en los patios de Casa A y Casa D del Palacio, por los profesores

denció que éstas no fueron la fuente de aprovisionamiento de los elementos labrados del Edificio 33.

¹¹ Yaxchilán cuenta con dos declaratorias de protección, la primera para los recursos naturales y la segunda para los bienes arqueológicos o culturales.

de la ENCRyM que participamos en las diversas temporadas de conservación arqueológica en este sitio anteriores a 2005 (Castro Barrera y Tapia González 1993; Cedillo et al. 1990; Sámano Chong y Orea Magaña 2005). Por ello, se puede concluir no sólo que Yaxchilán y Palenque comparten procesos de intemperismo semejantes, sino que la metodología de trabajo desarrollada para Yaxchilán puede extrapolarse a Palenque y, plausiblemente, a Bonampak y a sitios que comparten problemas de conservación semejantes derivados de las características físicas del territorio (relieve, geología, clima, entre otros), así como por la naturaleza de sus materiales constitutivos (calizas), y técnicas de manufactura y construcción, los que se ubican en la región del Usumacinta.

Agradecimientos

Nuestro reconocimiento al Dr. Héctor Víctor Cabadas Báez (Instituto de Geología-UNAM), quien dirigió los estudios geológicos de esta investigación.

Referencias

- Allsopp, Dennis, Kenneth J. Seal y Christine C. Gaylarde
2004 *Introduction to Biodeterioration*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Amoroso, Giovanni G. y Vasco Fassina
1983 *Stone Decay and Conservation. Atmospheric Pollution, Cleaning, Consolidation and Protection*, Ámsterdam, Elsevier.
- Breedlove, E. D.
1970 "The Phytogeography and Vegetation of Chiapas (Mexico)", en A. Graham (ed.), *Vegetation and Vegetational History of Northern Latin America*, Nueva York, Elsevier, 149-165.
- Caneva, G., M. P. Nugari y O. Salvadori
1991 *Biology in the Conservation of Works of Art*, Roma, ICROM.
- Castro Barrera, María del Carmen y Martha Isabel Tapia González
1993 "Palenque. Intervenciones anteriores: conservación, seguimiento y evaluación", tesis de Licenciatura en Conservación y Restauración de Bienes Muebles, México, ENCRyM-INAH.
- Cedillo, Luciano et al.
1990 "Informe general de las actividades de conservación e investigación desarrolladas en la Zona Arqueológica de Palenque", mecanoscrito, México, ENCRyM-INAH.
- De la Rosa Z., José Luis, Aldemar Ebohi M. y Moisés Dávila S.
1989 *Geología del estado de Chiapas*, México, CFE/Subdirección de Construcción/Unidad de Estudios de Ingeniería Civil/ Subjefatura de Estudios Geológicos/Departamento de Geología/Superintendencia de Estudios Zona Sureste.
- García Lascuráin, Gabriela et al.
1989 "Informe de los trabajos de conservación realizados en el Sitio Arqueológico de Yaxchilán, Chiapas. Temporada de 1989", mecanoscrito, México, CNCPC-INAH.
1990 "Informe de los trabajos de conservación realizados en el Sitio Arqueológico de Yaxchilán, Chiapas. Temporada de 1990", mecanoscrito, México, CNCPC-INAH.
- García Moll, Roberto
2003 *La arquitectura de Yaxchilán*, México, Conaculta-INAH/Plaza y Valdés.
- García Moll, Roberto y Daniel Juárez Cossío (eds.)
1992 *Yaxchilán. Antología de su descubrimiento y estudios*, México, INAH.
- García Solís, Claudia Araceli y Silvana Berenice Valencia Pulido
1997 "El deterioro de piedra en la Zona Arqueológica de Chichancán, Campeche, y una propuesta para su conservación", tesis de la Licenciatura en Restauración de Bienes Muebles, mecanoscrito, México, ENCRyM-INAH.
- Guerrero Hernández, Cirilo Joaquín
2001 "Rocas calizas: Formación, ciclo del carbonato, propiedades, aplicaciones, distribución y perspectivas en la Mixteca Oaxaqueña", *Temas de Ciencia y Tecnología* 5 (14), 18-32.
- Herbert Pesqueira, Luz de Lourdes, Gabriela García Lascuráin y Haydeé Orea Magaña
1991 "Informe de los trabajos de conservación y mantenimiento realizados en la Zona Arqueológica de Yaxchilán, Chiapas. Temporada abril-julio 1991", mecanoscrito, México, CNCPC-INAH.
- Orea Magaña, Haydeé y Luz de Lourdes Herbert Pesqueira
1994 "Informe de los trabajos de conservación y mantenimiento realizados en la Zona Arqueológica de Yaxchilán, Chiapas. Temporada 1993", mecanoscrito, México, CNCPC-INAH.
1996 "Programa de conservación y mantenimiento para la Zona Arqueológica de Yaxchilán", mecanoscrito, México, CNCPC-INAH.
1997 "Informe del proyecto de conservación de Yaxchilán. Temporada 1996-1997", texto inédito, México, CNCPC-INAH.
2002 "Informe de los trabajos de conservación realizados en la Zona Arqueológica de Yaxchilán. Temporada 2002", mecanoscrito, México, CNCPC-INAH.
2003 "Informe de los trabajos de conservación realizados en la Zona Arqueológica de Yaxchilán. Temporada 2003", mecanoscrito, México, CNCPC-INAH.
- Orellana Lanza, Roger Armando Antonio
1978 "Relaciones clima-vegetación en la región Lacandona, Chiapas", tesis de Licenciatura, México, Facultad de Ciencias-UNAM, 10-22.
- Palacios Uribe, Jimena
2009 "Caracterización del intemperismo de los elementos labrados del Edificio 33, de la Zona Arqueológica de Yaxchilán, Chiapas", tesis de Licenciatura en Restauración de Bienes Muebles, México, ENCRyM-INAH.
- Prothero, Donald R. y Fred Schwab
2004 *An Introduction to Sedimentary Rocks and Stratigraphy*, Nueva York, W. H. Freeman.
- Sámano Chong, Marlene y Haydeé Orea Magaña (coords.)
2005 "Informe de los trabajos de conservación en la Zona Arqueológica de Palenque, Chiapas", mecanoscrito, México, ENCRyM-INAH.
- Santamera, Jacinto Chicharro y Josepmaria Teixidó i Camí
2005 *Escultura en piedra*, Barcelona, Parramón.

Sauras, Javier

2003 *La escultura y el oficio del escultor*, Barcelona, Ediciones del Serbal.

Servicio Geológico Mexicano

2006 "Las Margaritas E15-12-D15-3", en *Carta Geológica-Minera*, documento electrónico disponible en [http://mapserver.sgm.gob.mx/cartas_impresas/productos/cartas/cartas250/geologia/metadatos/114_las_margaritas_GL-MN_E15-12_D15-3.HTML], consultado en el 2009.

Shele Linda y David Freidel.

1990 *A Forest of Kings: The Untold Story of the Ancient Maya*, Nueva York, Quill William Morrow.

Sotelo Santos, Laura Elena

1992 *Yaxchilán, espejo de obsidiana*, México, Gobierno del Estado de Chiapas.

Tate, Carolyn E.

1992 *Yaxchilán. The Design of a Maya Ceremonial City*, Austin, University of Texas Press.

Resumen

Los dinteles y los escalones labrados del Edificio 33 de la Zona Arqueológica de Yaxchilán, Chiapas, México, han presentado, desde que inició su monitoreo sistemático por parte del área de conservación del INAH, en 1989, alteraciones propias de una roca caliza en proceso de intemperismo prolongado. Sin embargo, en 2003 se hizo patente que estos elementos se estaban alterando de manera distinta de la observada hasta ese momento, ya que súbitamente sus superficies presentaban desprendimientos en forma de escamas, halos y velos blanquecinos localizados, manchas de colores y material pulverulento que no habían sido apreciados con anterioridad. Dada la relevancia de estos elementos escultóricos para el estudio de la cultura maya del Clásico, en este documento se exponen sus posibles causas y mecanismos de alteración, así como diversas líneas de investigación resultantes a las que deberá darse continuidad para garantizar su preservación.

Palabras clave

Yaxchilán, Chiapas, deterioro de la piedra caliza en clima tropical, intemperismo, metodología de análisis.

Abstract

Since the conservation department of INAH started the systematic monitoring of the carved stairs and lintels of Structure 33 at the archaeological site of Yaxchilán, Chiapas, México, in 1989, these elements have developed weathering alterations in the limestone rock. However, by 2003 conservators noticed specific and accelerated effects of decay, such as flaking, saline veils and halos, coloured stains and dusty material, which had not been hitherto reported. This research exposes a methodological analysis of the probable causes and mechanisms of alteration of these phenomena; it also poses various lines of investigation in order to promote the preservation of these significant Classic Mayan sculptures.

Key words

Yaxchilán, Chiapas, limestone deterioration in tropical conditions, weathering, methodological analysis.

Título en inglés: Analysis of the deterioration of the carved elements of Building 33 in Yaxchilán, Chiapas: a representative study of the weathering of the limestone rocks in the Usumacinta region