

DE LA EXCAVACIÓN AL MUSEO

LA RESTAURACIÓN DEL MONOLITO  
DE LA DIOSA TLALTECUHTLI

Versión en alta resolución disponible a  
[www.mesoweb.com/es/publicaciones/Barajas/index.html](http://www.mesoweb.com/es/publicaciones/Barajas/index.html)

DE LA EXCAVACIÓN AL MUSEO

LA RESTAURACIÓN DEL MONOLITO  
DE LA DIOSA TLALTECUHTLI

María Barajas Rocha



Reportes del Proyecto Templo Mayor

1

Ancient Cultures Institute

*De la excavación al museo. La restauración del monolito de la diosa Tlaltecuhтли*  
María Barajas Rocha

Primera edición, 2019

D. R. © 2019, María Barajas Rocha

D. R. © 2019, Ancient Cultures Institute  
202 Edgewood Avenue, San Francisco, California, 94117

D. R. © 2019, de las imágenes del patrimonio de la nación mexicana bajo custodia  
del Instituto Nacional de Antropología e Historia. Secretaría de Cultura-INAH-MEX.  
Reproducción autorizada por el Instituto Nacional de Antropología e Historia.

DISEÑO DE PORTADA  
Chip Breitwieser

FOTOGRAFÍA DE PORTADA  
Kenneth Garrett

CORRECCIÓN Y FORMACIÓN  
Rocío Echevarría Román

REPORTES DEL PROYECTO TEMPLO MAYOR, 1  
Ancient Cultures Institute/Instituto Nacional de Antropología e Historia

COORDINADORES GENERALES DE LA SERIE  
Leonardo López Luján y Joel Skidmore

COMITÉ CIENTÍFICO  
Frances F. Berdan  
Danièle Dehouve  
Eduardo Matos Moctezuma  
Aurora Montúfar López  
Guilhem Olivier

ISBN: 978-1-7331567-0-7

Queda prohibida la reproducción parcial o total, directa o indirecta, del contenido de esta obra, sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito de los coordinadores de la serie, en términos de la Ley Federal del Derecho de Autor. La reproducción, uso y aprovechamiento, por cualquier medio, de las imágenes pertenecientes al Patrimonio Cultural de la Nación Mexicana, contenidas en esta obra, están limitados conforme a la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas y la Ley Federal del Derecho de Autor. Su reproducción debe ser aprobada previamente por el Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Con la publicación del libro *De la excavación al museo. La restauración del monolito de la diosa Tlaltecuhтли*, de María Barajas Rocha, damos feliz inicio a la serie Reportes del Proyecto Templo Mayor. Esta iniciativa conjunta del Ancient Cultures Institute y el Instituto Nacional de Antropología e Historia tiene como objetivo fundamental dar a conocer las más recientes investigaciones sobre la antigua isla de Tenochtitlan y el Centro Histórico de la moderna Ciudad de México a los especialistas, los estudiantes y, en general, a todos los lectores interesados en estos temas. Los Reportes del Proyecto Templo Mayor reúnen una serie de monografías y colecciones de contribuciones escritas por profesionales de la arqueología, la historia, la antropología física, la conservación y otras ciencias afines, las cuales son arbitradas por pares.

*Leonardo López Luján y Joel Skidmore*

# ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	11
PRÓLOGO	13
INTRODUCCIÓN	17
CAPÍTULO 1. EL RELIEVE: HALLAZGO, UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN	19
El hallazgo del monolito	19
Ubicación espacial y temporal del relieve	21
La función del monolito	24
Descripción formal e iconográfica del monolito de la diosa Tlaltecuhтли	27
Materiales constitutivos y técnica de manufactura	34
CAPÍTULO 2. ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL RELIEVE	57
Medidas preventivas durante la liberación del relieve	57
Levantamiento de los cuatro fragmentos a la calle de República de Argentina	67
Diagnóstico del estado de conservación realizado en la caseta-laboratorio	72
Estado de conservación de la roca	73
Estado de conservación de la decoración	78
CAPÍTULO 3. INTERVENCIÓN DEL MONOLITO DE LA DIOSA TLALTECUHTLI	81
La propuesta de intervención	81
Procesos realizados	82
El proceso de fijado de la capa pictórica	94

CAPÍTULO 4. EL DESTINO DEL RELIEVE	157
El proyecto del Museo Casa de Tlaltecuhkli	158
Especificaciones técnicas sobre las condiciones necesarias para la exhibición del relieve de la diosa Tlaltecuhkli	163
Realización de una propuesta para la base museográfica definitiva	165
CAPÍTULO 5. EL MONOLITO DE LA DIOSA TLALTECUHTLI VA AL MUSEO DEL TEMPLO MAYOR	169
Traslado y montaje de los cuatro fragmentos al interior del museo	171
Condiciones microclimáticas y de iluminación al interior del museo	191
Labores de mantenimiento para la escultura al interior del museo	208
CONSIDERACIONES FINALES	211
REFERENCIAS	213
ANEXOS	217
ANEXO 1. IDENTIFICACIÓN Y POSIBLE PROCEDENCIA DE LA PIEDRA TLALTECUHTLI <i>Jaime Torres Trejo</i>	219
ANEXO 2. FICHAS DE CONSERVACIÓN DEPARTAMENTO DE CONSERVACIÓN DEL MTM <i>María Barajas Rocha, Cristina Barragán Martínez y Claudia Malvárez López</i>	231
ANEXO 3. PROYECTO EJECUTIVO PARA LOS SOPORTES INDIVIDUALES <i>María Barajas Rocha, Carlos Flores Espino y Tenoch Medina González</i>	257
ANEXO 4. FICHAS TÉCNICAS	271
CRÉDITOS DE IMÁGENES	281

## AGRADECIMIENTOS

El proyecto para la conservación y restauración del monolito de la diosa Tlaltecuhтли fue una experiencia sumamente enriquecedora y no se habría concretado sin la participación de una gran cantidad de colegas y amigos. A todos ellos quiero darles las gracias en estas líneas.

Para empezar, quiero agradecer a Virginia Pimentel, encargada del Departamento de Restauración del Museo del Templo Mayor cuando tuvo lugar el hallazgo, ya que el buen resultado de los trabajos de intervención que llevamos a cabo sobre la monumental escultura se debió en gran medida a sus buenos oficios.

Al doctor Carlos Javier González González le manifiesto mi más sincero agradecimiento por haberme invitado a formar parte de su equipo y a participar como responsable del proyecto de conservación del monolito una vez que los cuatro fragmentos fueron trasladados y resguardados en el laboratorio de campo.

A mis colegas Cristina Barragán, Claudia Malvárez, José Guadalupe Vázquez, Corinna Ximena Rojas, Carlos del Olmo Mendoza, Lourdes Gallardo Parrodi, Marimín López Cáceres, Laura Cossette Ramírez, María Fernanda Escalante, Martha Soto, Michelle Marlène De Anda y Adriana Sanromán, con quienes tuve la fortuna de colaborar, les agradezco el apoyo brindado durante la planeación y ejecución de este proyecto.

Asimismo, extiendo mi gratitud a Andrés Santiago Pérez, Marcos Vargas Calderón, Saúl Mora García y Maximiliano Acevedo, integrantes del Departamento de Restauración, por su valiosa colaboración, así como a todos los profesionales del Proyecto Templo Mayor, por compartir cada uno de los momentos de esta memorable experiencia.

Doy gracias también a los investigadores del Instituto de Materiales de la UNAM, principalmente a mi amigo, tío y colega Pedro Bosch Giral, a Enrique Lima, Jorge Balmaseda, Miguel Ángel Canseco y Omar Novelo, por su valiosa participación durante la fase analítica.

A Tenoch Medina le estaré siempre agradecida por el constante intercambio de ideas, por su solidaridad y por formar parte del equipo que elaboró, junto con Carlos Flores Espino, la propuesta para las bases museográficas, así como a Fernando Carrizosa, cuya experiencia como curador y encargado de las colecciones enriqueció los resultados de nuestras tareas; con él hice una mancuerna fabulosa durante la planeación y la ejecución de la maniobra para el traslado del monolito hacia el museo.

Agradezco también el respaldo académico de los entonces integrantes del Consejo de Restauración; con quienes además compartí horas de discusiones para formular una propuesta viable que sirviera para enfrentar la problemática específica del fijado de la policromía sobre el sustrato pétreo.

Con el doctor Piero Baglioni, la doctora Diana Magaloni y los restauradores de la Escuela de Restauración de Occidente, sobre todo con Nathael Cano, Karla Jauregui y su amigo Wanja Wenekind, estaré siempre en deuda por todas sus recomendaciones; al igual que con el investigador Manlio Favio Salinas, por haber elaborado el análisis colorimétrico de todas nuestras probetas.

A mis compañeros y amigos restauradores, en especial a Renata Schneider, Ana José Ruigómez, Laura Filloy, Isabel Medina, María Eugenia Guevara, Alejandra Alonso, Patricia Meehan, Juan Manuel Rocha, Yareli Jaidar, María del Carmen Castro, Gonzalo Fructuoso y Rogelio Rivero, nunca podré agradecerles lo suficiente su eterna y buena disposición.

A los miembros de la Comisión Dictaminadora de Publicaciones del Museo del Templo Mayor, especialmente a Patricia Ledesma Bouchan, les doy las gracias por sus consejos y comentarios para la publicación de esta investigación. Asimismo, extendiendo aquí un gran agradecimiento a Rocío Echevarría por el trabajo de edición y diseño de este libro.

No puedo dejar de mencionar la fortuna y el compromiso que ha significado para mí trabajar cerca del profesor Eduardo Matos Moctezuma, cuya sabiduría e infinita experiencia han sido siempre una guía en mi desempeño laboral y, sin duda, han fomentado mi amor por el Templo Mayor. Para terminar, deseo hacer pública mi profunda gratitud a Leonardo López Luján por sus constantes enseñanzas y consejos, así como por su invaluable apoyo a lo largo de mi desarrollo profesional en el Templo Mayor.

*María Barajas Rocha*

## PRÓLOGO

*Porque allí, en medio del patio hundido,  
está acostado el enorme Sol Nocturno,  
que canta y vive, y que es como una parturienta.  
Su cuerpo es la oscuridad inmensa, devoradora,  
con ojos y dientes en las articulaciones,  
con manos y pies de jaguar, con poder de naual.\**

El 21 de febrero de 1978 y el 2 de octubre de 2006 son dos fechas memorables para la arqueología mexicana. En la primera, obreros de la Compañía de Luz y Fuerza del Centro encontraron la monumental escultura de la diosa lunar Coyolxauhqui y, en el caso de la segunda, miembros del Programa de Arqueología Urbana, que laboraban frente a la fachada principal del Templo Mayor de Tenochtitlan, localizaron la también monumental escultura de la deidad terrestre Tlaltecuhтли. Ambos encuentros marcan dos hitos, un alfa y un omega, que trascienden en el tiempo de los hombres que labraron la dura piedra volcánica. Las dos damas guardan simbolismos relevantes relacionados con la cosmología mexicana y con lo que representa el principal edificio del recinto ceremonial de la antigua ciudad tenochca.

Al momento de su descubrimiento, las dos esculturas fueron motivo de atenciones por parte de grupos de arqueólogos y restauradores que estuvieron a cargo de su conservación y restauración. Pero hubo diferencias. La primera fue atendida por personal del Departamento de Salvamento Arqueológico, dependencia que además recuperó las primeras cinco ofrendas asociadas a la diosa, aunque en lo que a la conservación se refiere, hay que lamentar que hubo prisas que provocaron pérdida de información. En cuanto a

---

\*Anders, Ferdinand, Maarten Jansen y Luis Reyes Garcia, 1993, *Los templos del cielo y de la oscuridad, oráculos y liturgia. Libro explicativo del llamado Códice Borgia*, México, Fondo de Cultura Económica, Akademische Druck-und Verlagsantalt, Sociedad Estatal Quinto Centenario, p. 235.

la segunda, los trabajos de rescate arqueológico formaban parte del Programa de Arqueología Urbana (PAU), que instituí en 1991 como un derivado del Proyecto Templo Mayor (PTM), y en ese entonces estaban a cargo de Álvaro Barrera, pasante de la licenciatura en Arqueología. En virtud de la importancia que revestía el hallazgo, tomé la decisión de darle el carácter de investigación y no de rescate a los trabajos subsecuentes. Dado que el Consejo de Arqueología exige que el coordinador de los trabajos de referencia sea un arqueólogo titulado, nombré al frente de este proyecto al doctor Leonardo López Luján, quien entonces fungía como asesor del PAU, pues su conocimiento del pasado mexica a través de la arqueología y las fuentes históricas era de sobra conocido. De esta manera, la investigación pasó a formar parte del PTM.

El presente libro, que lleva por título *De la excavación al museo. La restauración del monolito de la diosa Tlaltecuhтли*, es el testimonio del trabajo científico que llevaron a cabo arqueólogos y restauradores, además de otros especialistas que colaboraron en las labores emprendidas, y que estuvo dirigido por el doctor López Luján. El libro que hoy prologamos se debe a la restauradora María Barajas Rocha, quien se incorporó al proyecto como coordinadora de las labores de conservación y restauración de la pieza poco después de que éste comenzara. Sin lugar a dudas, esta investigación, en la que tuvieron cabida varias disciplinas y que nos muestra todo el proceso de atención a la Tlaltecuhтли, desde el hallazgo de la escultura hasta su destino en el interior del Museo del Templo Mayor, es un trabajo ejemplar. Su importancia quedó de manifiesto cuando en 2011 recibió el Premio INAH Paul Coremans por parte de un jurado que supo ver en él su valía como documento académico que aporta elementos significativos para el conocimiento del pasado.

A lo largo de sus páginas, este libro nos permite recorrer y saber los pormenores de una intervención científica que cuida cada uno de los pasos a seguir, previene las consecuencias y estudia detalladamente los diferentes ángulos del proceso con la finalidad de preservar una escultura rica en contenido, tanto técnico como simbólico, que ha venido a proporcionarnos un cúmulo de información relevante para enriquecer el conocimiento del pueblo que la creó.

De esta manera, María divide el libro en cinco capítulos fascinantes que nos permiten penetrar en los resquicios de la escultura y, por ende, de la deidad en ella representada; hay que advertir que esta pieza forma parte de un contexto más amplio y que su localización frente al Templo Mayor nos dice muchas cosas. Así pues, el capítulo 1 trata del hallazgo, ubicación y descripción del monolito; el capítulo 2 atiende lo relativo al estado de conservación del relieve para llegar, en el capítulo 3, a la manera en que el equipo de conservación intervino para recuperar, paso a paso, toda la riqueza presente en la escultura. Los dos capítulos finales hacen referencia al destino del relieve y el último, el capítulo 5, describe los detalles del traslado al interior del Museo del Templo Mayor, en donde está exhibida –y espero que por mucho tiempo– esta formidable creación del pueblo mexica.

Quiero finalizar comentando algo que considero importante: la localización de la pieza en el centro del Museo del Templo Mayor permite que sea apreciada desde diferentes alturas. Esta ubicación cobra particular relevancia cuando estamos en el cuarto nivel y nos asomamos para admirar, en primer término, a Coyolxauhqui, con su cuerpo decapitado y desmembrado por la acción del dios solar Huitzilopochtli, y abajo podemos apreciar a la diosa terrestre con su enorme boca presta a devorar los cadáveres de los muertos para parirlos a su destino. La trilogía tierra, madre paridora y devoradora; el sol Huitzilopochtli parido diariamente para salir por el orto para combatir a los poderes de la noche y Coyolxauhqui, portadora de esos poderes nocturnos, nos llevan de la mano a penetrar en el pensamiento de un pueblo que manifestó su cosmovisión por medio de la piedra, el color... y el mito.

*Eduardo Matos Moctezuma*

## INTRODUCCIÓN

El 2 de octubre de 2006, integrantes del Programa de Arqueología Urbana (PAU),<sup>1</sup> encabezado en ese entonces por el arqueólogo Álvaro Barrera, descubrieron el monolito más grande conocido hasta ese momento. Esta escultura monumental representa a Tlaltecuh-tli en su advocación femenina. Sus dimensiones son de 4.17 x 3.62 x 0.38 m y su peso aproximado es de 12 toneladas. El hallazgo se realizó en la esquina de las calles de República de Argentina y República de Guatemala, en el Centro Histórico de la Ciudad de México, dentro del predio que fue ocupado antiguamente por el Mayorazgo de Nava Chávez.

A raíz de este suceso, en marzo de 2007, inició la séptima temporada del Proyecto Templo Mayor (PTM), dirigida por el doctor Leonardo López Luján, cuyo objetivo era estudiar e investigar el área en donde se encontró el relieve. Para poder explorar la zona que estaba debajo del monolito, en noviembre de 2007, éste se levantó y se trasladó al nivel de la calle de República de Argentina, en donde se resguardó dentro de una caseta de multipanel que fungió como laboratorio de conservación.

Los trabajos arqueológicos efectuados durante la séptima y octava temporadas del PTM han llevado a la recuperación y al análisis de más de 50 ofrendas asociadas a la monumental escultura, las cuales contenían en su interior una gran variedad de materiales, entre ellos: restos vegetales, animales marinos, aves, mamíferos y objetos rituales de diversa naturaleza (López Luján y Barajas Rocha 2010).

---

<sup>1</sup> El PAU, fundado por el profesor Eduardo Matos Moctezuma, comprende el estudio del Templo Mayor y el área que antiguamente constituía el recinto sagrado tenochca.

Por sus singulares características, las labores de conservación y restauración del monolito de la diosa de la tierra Tlaltecuh-tli representaron en muchos aspectos un gran reto para el quehacer de la conservación arqueológica, pues a pesar de que el relieve se encontró fragmentado, colapsado y en condiciones de humedad extrema, presentaba una gran cantidad de policromía original sobre toda su superficie.

La necesaria estabilización de esta capa policroma, así como la relevancia que implicaba el hecho de que la decoración se hubiera conservado casi en su totalidad, generó la participación de diversos especialistas en el proyecto. Este esfuerzo conjunto culminó en un buen resultado tanto para la conservación de la escultura y su decoración como para su posterior exhibición en el Museo del Templo Mayor (MTM).

La experiencia derivada de la valoración, el análisis y los procesos de intervención para la estabilización del monolito muestra los avances de los posibles tratamientos para estabilizar capas pictóricas sobre sustratos pétreos. Asimismo, este trabajo corrobora que la labor conjunta entre diversos especialistas y su oportuna intervención desde el inicio de los hallazgos es indispensable para obtener buenos resultados.

Este estudio incluye, en primer lugar, un panorama general sobre la historia del hallazgo del monolito, su ubicación espacial y temporal en el contexto arqueológico y su descripción técnica e iconográfica.

Posteriormente, se expone una reflexión sobre el estado de conservación que presentaba la escultura en el momento de su hallazgo y, además, se analiza el dete-

rioro de la estructura y de la decoración de cada uno de los cuatro fragmentos que conforman el monolito.

Acto seguido, se describen los criterios planteados para efectuar las tareas de conservación de la escultura, se señalan las generalidades y la justificación de los tratamientos propuestos y se describe el desarrollo del trabajo analítico que se llevó a cabo para definir el método de fijado de la policromía. Este último punto en concreto constituyó un gran reto debido a que dicho proceso (inevitablemente irreversible) requería de una profunda valoración y comprensión de los resultados que se obtendrían al aplicarlo.

El siguiente tema trata la planeación para la exhibición definitiva del relieve *in situ*, cuya finalidad principal era mostrar la escultura en su escenario ritual original, localizado justo al pie del Huei Teocalli de Tenochtitlan.

En el último apartado de este trabajo se describe el proyecto para el traslado de los cuatro fragmentos, su montaje temporal y la evaluación de las condiciones de exhibición al interior del MTM, lo cual tuvo lugar en 2010. Aunque originalmente se planteó mostrar la monumental escultura de manera temporal en el marco de la exposición “Moctezuma II, tiempo y destino de un gobernante”, ésta ha permanecido hasta ahora en el mismo lugar. Por ello, aquí se exponen también algunas consideraciones relevantes para la preservación de la pieza a largo plazo en el sitio en el que hoy día se exhibe permanentemente.

Para finalizar, se presentan las conclusiones generales derivadas de este estudio y experiencia.

# CAPÍTULO 1

## EL RELIEVE: HALLAZGO, UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN

En este capítulo se habla, de manera general, del hallazgo de la escultura que representa a la diosa de la tierra Tlaltecuhltli y del lugar donde se descubrió. También se brinda una breve descripción de su iconografía, materiales constitutivos y técnica de manufactura. La reseña del descubrimiento y de las características formales de esta pieza se basan en el libro *Tlaltecuhltli*, de Leonardo López Luján, publicado en 2010. Cabe hacer hincapié en que la conservación de este monolito resulta primordial tanto para la arqueología como para la restauración debido a que, por sus características técnicas y estéticas, se considera el primer ejemplar bien preservado del arte monumental policromo mexicana.

### EL HALLAZGO DEL MONOLITO

El descubrimiento de la escultura monumental tuvo lugar el 2 de octubre de 2006 en el predio que antiguamente ocupó el inmueble del Mayorazgo de Nava Chávez, ubicado en la intersección de las calles de República de Guatemala y República de Argentina, en el Centro Histórico de la Ciudad de México. Fue descubierto por integrantes del PAU, coordinado en esa época por el arqueólogo Álvaro Barrera, mientras realizaban excavaciones encaminadas a la construcción del Centro Cultural para las Artes de los Pueblos Indígenas (figura 1).

En el momento del descubrimiento, el equipo del PAU trabajaba en la etapa final de la superficie en la que habían liberado el desplante de las escalinatas del acceso principal a la plataforma del Templo Mayor, donde –según el arqueólogo Gabino López Arenas– se

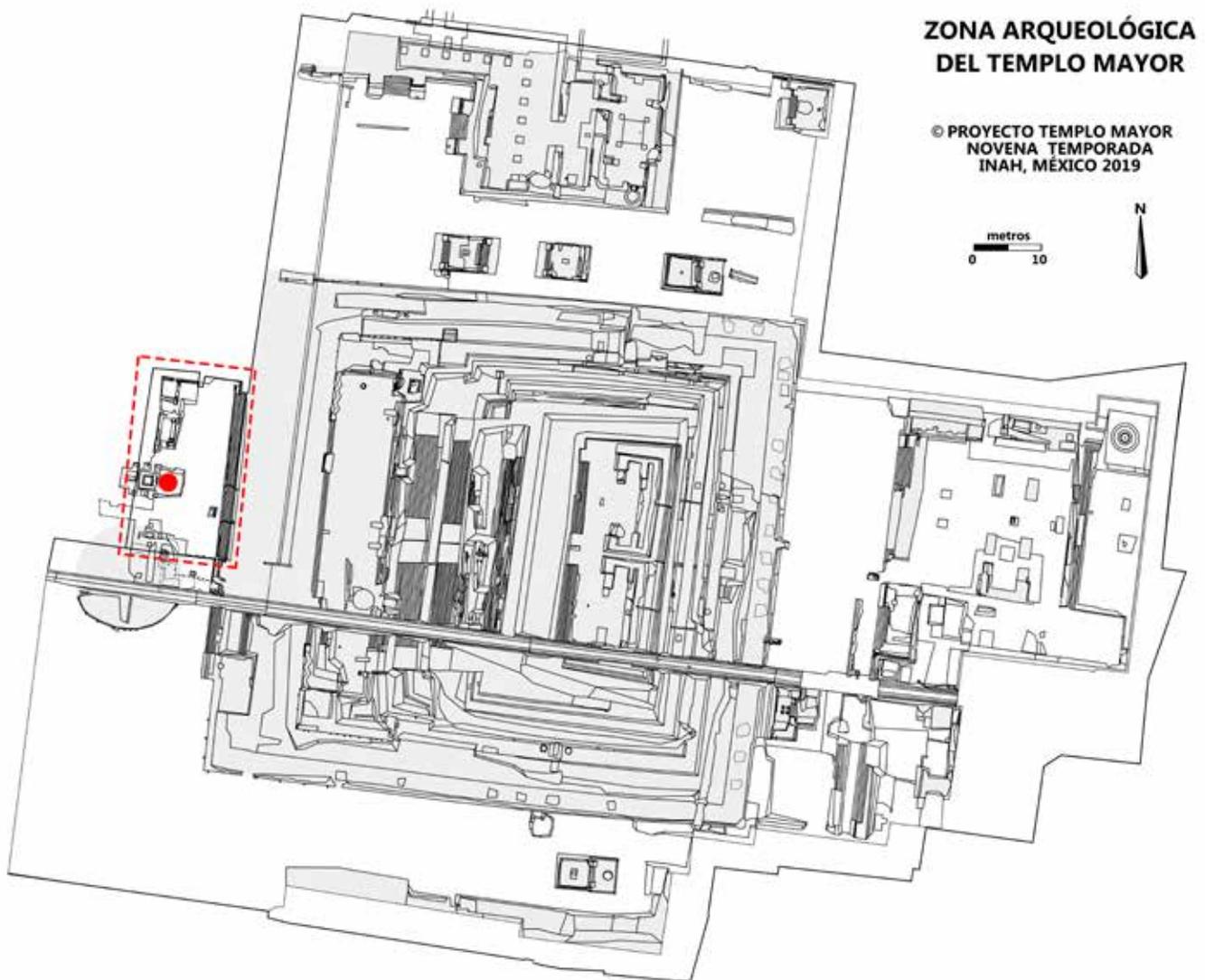


FIGURA 1. Ubicación del monolito dentro del predio del Mayorazgo de Nava Chávez (MDA).

acondicionaría una gran ventana arqueológica. Para ello, los arqueólogos se dieron a la tarea de perfilar el terreno en el cual se colaría después un muro de contención en dirección norte-sur. Fue ahí donde se descubrió el costado oriental del monolito de la diosa (López Luján 2010: 33).

Dada la importancia del hallazgo, se replantearon los trabajos de rescate arqueológico: el gobierno de la Ciudad de México, encabezado en ese momento por Alejandro Encinas Rodríguez, donó el predio del antiguo Mayorazgo de Nava Chávez, situado justo al pie del Huei Teocalli de Tenochtitlan, al Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) con la finalidad de preservar los restos arqueológicos que ahí se encontraban.

En marzo de 2007, se inició la séptima temporada del PTM, como ya dijimos bajo la dirección de Leonardo López Luján, cuyo equipo de trabajo está conformado desde entonces por arqueólogos, biólogos, geólogos, arquitectos, restauradores y químicos, tanto mexicanos como extranjeros, dedicados al estudio exhaustivo del área, a la investigación y al análisis de los hallazgos con la finalidad de comprender su función y significado.

Como resultado de estos trabajos, a la fecha se han descubierto más de 50 depósitos rituales en torno al monolito de la Tlaltecuhтли, de los cuales se han extraído decenas de miles de objetos conformados sobre todo por restos botánicos de algodón, chíá, amaranto, calabaza, copal y pencas de maguey, así como restos animales de pumas, lobos, jaguares, águilas reales, peces sierra y miles de especies de conchas, caracoles, corales y otros organismos.

Además, se han recuperado miles de artefactos: cuchillos de pedernal, punzones y púas de autosacrificio, cuentas de piedra verde, máscaras y cetros miniatura de madera, imágenes de basalto y sahumadores de cerámica, entre otros.

## UBICACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DEL RELIEVE

La escultura monumental de la diosa de la tierra se encontró bajo una plancha de concreto armado de época moderna, así como de varios rellenos coloniales. Al parecer, estas capas de tierra, pisos y rellenos no fueron explorados con anterioridad, pues no se encontraron huellas o datos que así lo indicaran. Esto permitió concluir que la pieza se mantuvo ahí durante cinco siglos y que los conquistadores no conocieron su existencia.

Una parte del relieve estaba cubierta por un piso prehispánico de lajas de andesita asentadas en argamasa. De acuerdo con Matos Moctezuma y López Luján (2007: 26), este piso corresponde a la Etapa VI del Templo Mayor de la época del reinado de Ahuítzotl (1486-1502) o a la Etapa VII correspondiente al reinado de Motecuhzoma II (1502-1520).

Con base en este dato, en el glifo y en los numerales labrados en la garra del pie derecho de la diosa, ambos autores estiman que la fecha de creación del monolito es cercana a 1502, justo en la transición de gobierno de estos dos emperadores.

Lo primero que se pudo apreciar de la escultura fue su costado oriental, en donde eran evidentes algunos elementos que se



FIGURA 2. Vista del costado oriental. Se aprecia el patrón bilateral de los elementos (ABR).



FIGURA 3. Vista general del predio. Se observa la pieza fragmentada y colapsada (LLL).

guían un patrón bilateral: al centro de la piedra se distinguían siete figuras rectangulares y, en cada extremo, cinco medias lunas (figura 2).

Conforme los arqueólogos fueron retirando las capas que cubrían el relieve, se observó que la pieza se hallaba fragmentada en cuatro grandes pedazos, inclinados y colapsados hacia adentro, y que el centro presentaba un faltante de tamaño considerable (figura 3).

El minucioso estudio estratigráfico realizado durante la liberación arqueológica reveló que este gran relieve fue colocado por primera ocasión al pie de la pirámide cuando el piso VI-5 estaba en funcionamiento. Este piso fue el último que se colocó durante la etapa constructiva atribuida por Matos Moctezuma a Ahuítzotl (1486-1502) (figura 4).

Se cree que la fragmentación del relieve se originó en el momento en que los mexicas intentaron elevar el nivel de la plaza. Debajo de la esquina noroeste de la escultu-

ra se hallaron algunos pedazos de madera que pudieron haber servido como palancas.

Es probable que una vez levantado, sus cuatro esquinas hayan quedado apoyadas sobre fragmentos de lajas de andesita y lodo, las cuales también se detectaron durante la excavación. Este proceso podría haber ocasionado diversas tensiones que generaron dos grandes fracturas iniciales que provocaron que el monolito colapsara hacia el centro y se fragmentara en cuatro partes (figura 5).

Sobre los fragmentos colapsados se encontró un firme prehispánico que los cubría y regularizaba el terreno, y sobre este firme se ubicó en posición horizontal un piso, al que López Luján (2010: 73-75) denominó VII-2.

Lo anterior nos indica que el monolito se rompió entre la elaboración de los pisos VII-1 y VII-2; es decir, los pisos construidos durante el gobierno de Motecuhzoma II (1502-1520). De esto se desprende que Cortés y sus huestes caminaron sobre el piso VII-2 sin percatarse de la existencia del monolito de la diosa, ya entonces roto y a unos cuantos centímetros bajo ellos.

A partir de las dos fracturas generadas mediante la elevación del nivel de la plaza antes descrito, pudo haberse desprendido la parte central de la escultura, la cual no se encontró en el sitio. López Luján (2010: 78) menciona que si en el pedazo faltante —que después se vio que corresponde al abdomen de la diosa— estaba dibujada la imagen de una divinidad o de un personaje histórico importante, es posible que los mexicas lo hayan recuperado y guardado con sumo cuidado en otro sitio para su veneración.

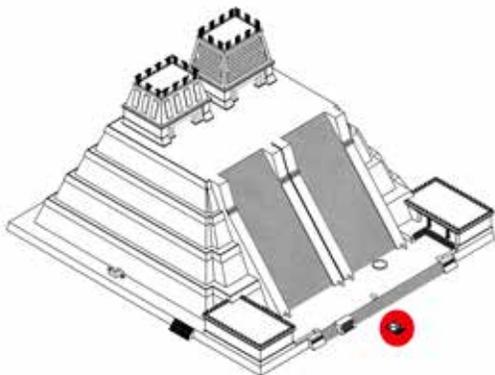


FIGURA 4. Ubicación del monolito al pie del Huei Teocalli de Tenochtitlan (TMG).



FIGURA 5. Se observan las esquinas del relieve apoyadas sobre lajas y lodo (LLL).

## LA FUNCIÓN DEL MONOLITO

Desde el primer instante del hallazgo, Matos Moctezuma y López Luján (2007) plantearon que la ubicación de esta gran escultura era una clave fundamental para comprender su función, ya que el relieve se halló al pie del Templo Mayor, al nivel de la plaza y no sobre su plataforma, como fue el caso de la Coyolxauhqui.

Después de varios estudios realizados como parte de la investigación del PTM, se concluyó que el monolito de Tlaltecuhltli y sus ofrendas asociadas, ubicadas a varios metros al oeste de la escalinata, se-

guían un patrón marcado por un eje oriente-poniente mucho más antiguo que el de la Etapa VI; específicamente, por el que pasa en medio de la Etapa II, pues la Tlaltecuhltli estaba bien alineada con respecto al Templo Mayor, siguiendo el eje original de ese edificio.

Además, la escultura se halló cerca del lugar donde más tarde se registró el edificio llamado Cuauhxicalco, en el que, según el *Códice Florentino*, se celebraban las ceremonias vinculadas al poder transformador del fuego.



FIGURA 6. Vista general del relieve en el sitio del hallazgo (LLL).

A partir del análisis de los códices y de algunos testimonios de los cronistas, se sabe que en ese sitio se inhumaron las cenizas de varios *tlatoque* mexicas. Por su parte, López Luján muestra en su libro varias pictografías referentes a la inhumación de cadáveres en el Cuauhxicalco, localizado al pie del Templo Mayor.

Lo anterior proporciona pistas sobre uno de los probables usos del monolito de Tlaltecuhltli. López Luján también menciona en su texto que esta diosa no sólo comía criaturas mundanas, sino que engu-

llía el sol cada atardecer y lo regurgitaba al amanecer.

Considerando que para los mexicas la metáfora por excelencia de un reinado era el curso diario del sol, López Luján (2010: 118) estima que el deceso de un soberano era asimilado con la llegada de la oscuridad, como el resultado del atardecer o de un eclipse solar. Esto lo lleva a concluir que la Tlaltecuhltli del Mayorazgo de Nava Chávez puede estar marcando, con su monstruoso cuerpo, el acceso o la cercanía de una tumba real (figura 6).



FIGURA 7. Recreación digital del monolito realizada a través de un escaneo tridimensional milimétrico (ss).

## DESCRIPCIÓN FORMAL E ICONOGRÁFICA DEL MONOLITO DE LA DIOSA TLALTECUHTLI

Época: prehispánica, posclásico tardío (ca. 1502)  
Dimensiones: 4.17 x 3.62 x 0.38 m  
Lugar del hallazgo: predio que ocupaba el Mayorazgo de Nava Chávez, intersección de las calles de República de Argentina y República de Guatemala, frente al Templo Mayor de Tenochtitlan

Cultura: mexicana  
Material constitutivo: andesita de lamprobolita  
Técnica de manufactura: talla en piedra policromada  
Decoración: capa de policromía con pigmentos ocre, rojo, azul, negro y blanco  
Peso aproximado: 12 toneladas

La escultura es de forma rectangular y está labrada en andesita de lamprobolita. Sus medidas máximas son 4.17 m en sentido longitudinal (este-oeste) y 3.62 m en sentido transversal (norte-sur). Presenta un grosor variable que va de los 25 a los 38 cm y su peso aproximado es de 12 toneladas (figura 7).

La cara inferior del monolito es irregular. Su talla, realizada en alto relieve, sigue formas redondeadas con marcado volumen que muestran la imagen de un ser antropomorfo de cuerpo entero, visto de frente.

El diseño labrado en el relieve sigue una rigurosa simetría bilateral y corresponde a la deidad Tlaltecuhltli en su aspecto femenino. La diosa está representada con los brazos abiertos y doblados hacia arriba, y sus piernas se hallan desplegadas hacia afuera y están flexionadas, en postura de batracio o de alumbramiento (López Luján 2010: 51).

Tiene la cabellera rizada y de color rojo oscuro, propio de las divinidades de la noche, la tierra, el inframundo y la muerte. Sobre esta cabellera se aprecian representaciones de banderas de papel blancas con rayas rojas que simbolizan el sacrificio y la muerte. Sus ojos son profundos y su

forma es similar a la de una media luna. Su nariz es ancha y plana. En cada una de sus mejillas se distingue un disco redondo de color rojo, en cuyo centro se aprecia una circunferencia azul. Su boca semidescarnada está sorbiendo un chorro de sangre que proviene de su abdomen.

El rostro de la diosa está flanqueado por dos prominentes orejas que portan grandes orejeras circulares, azules y con centro rojo, de las que cuelgan pendientes adornados con motivos cuadrangulares que forman tres franjas horizontales en tonos blanco y rojo (figura 8).

Lleva el torso desnudo, tiene los senos flácidos de la diosa madre y, a la altura del abdomen, muestra los pliegues ocasionados por los partos que ha tenido.

Como ya se mencionó, no se halló la parte central del relieve de la diosa, pero en el borde del hueco se distingue un círculo rojo, dentro del cual se aprecian dos pies con sandalias (figura 9).

La diosa viste una falda corta con el clásico motivo alternante de cráneos humanos y huesos largos cruzados, delineados con negro y pintados de blanco. Del remate de la cuerda blanca de la falda se sujetan varias banderolas de papel. Sobrepueta, porta una divisa de estrellas



FIGURA 8. Detalle del rostro de la diosa (JEL).



FIGURA 9. Detalle de las sandalias en el borde del faltante (MBR).

(López Luján 2010: 87) en forma de trapecio con cinco bandas de motivos diferentes: en la banda superior se observan círculos blancos colocados sobre una franja negra (López Luján menciona que posiblemente estos círculos representan cuerpos celestes sobre un cielo nocturno); la banda de abajo de ésta está decorada con símbolos de

Venus y en color azul; la que sigue simula plumas de águila juvenil en tonos blanco y negro, con las puntas hacia abajo. De ellas se desprende la penúltima banda, conformada por correas entretreçadas de cuero rojo que sostienen una serie de caracoles *Oliva* de color blanco, que adornan la franja final (figuras 10-11).

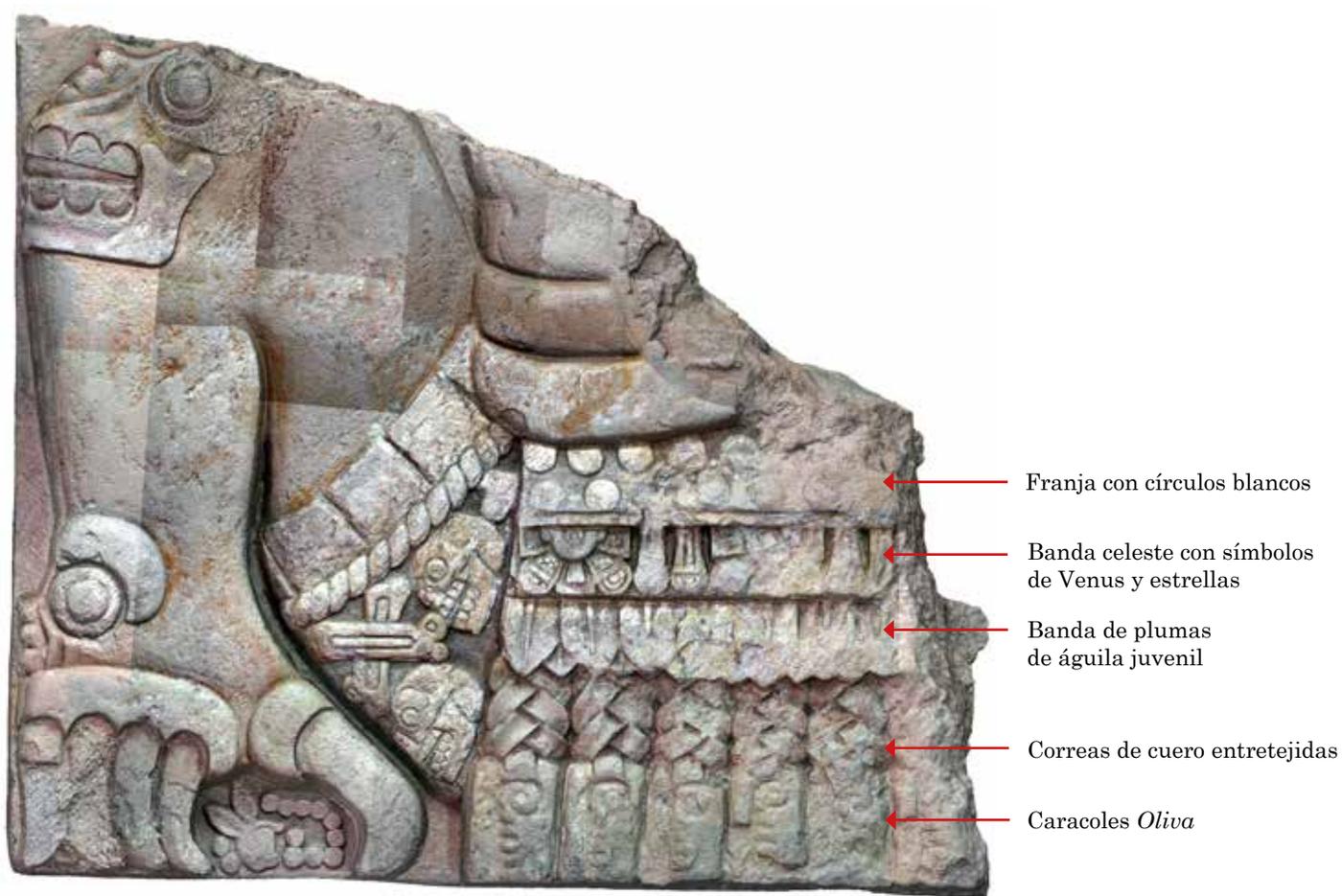


FIGURA 10. Imagen obtenida con un escáner Minolta Vivid 210 (ss y TMG).



FIGURA 11. Detalle del faldellín que porta la diosa (JEL).

En lugar de manos y pies, la diosa posee prominentes garras que se transforman en mascarones de seres telúricos. En los codos y las rodillas porta unos cráneos en los que sobresale una ceja azul delineada con trazos azul oscuro (figuras 12-14).

La garra de la pierna derecha enmarca una fecha calendárica con el signo conejo; sobre éste se distinguen dos círculos lisos esculpidos y debajo de él hay 10 más acomodados en forma de la letra J. López Luján (2010: 99) menciona que una de las formas en que se puede leer esta fecha es dividiéndola en dos: una corresponde al momento en que Ahuítzotl ascendió al trono de Tenochtitlan y la otra a cuando falleció y fue sucedido por Motecuhzoma II. Lo anterior resulta interesante si recordamos que la Tlaltecuhli se halló en un

contexto que temporalmente perteneció al final del gobierno de Ahuítzotl (figura 15).

La capa de policromía, conservada casi en su totalidad, es una de las características más destacables del monolito. Hay que mencionar que antes de este hallazgo, el arte mexica se había imaginado siempre desprovisto de color; en los museos de todo el mundo las esculturas de esta cultura se aprecian con sus crudas superficies volcánicas dominadas por tonos grises, rosados o violáceos (López Luján *et al.* 2005: 15).

A partir de profundos estudios realizados bajo la observación directa y detallada, tanto a simple vista como por medio de análisis de laboratorio, se sabía que las grandes esculturas y las estructuras arquitectónicas mexicas eran policromadas.

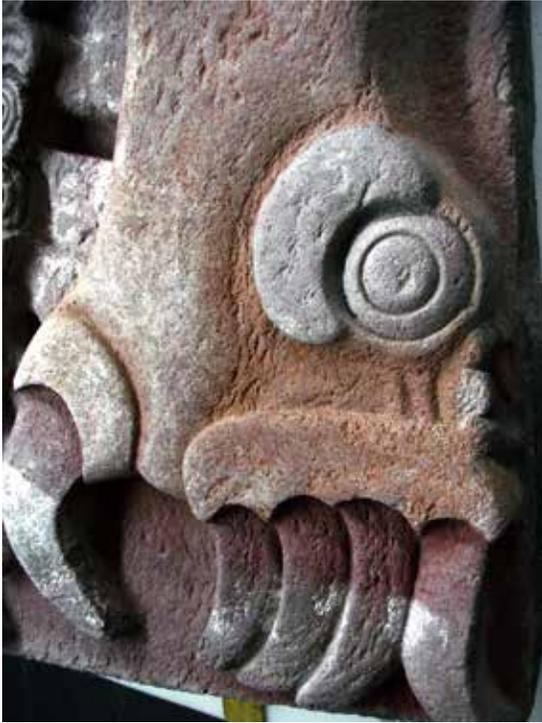


FIGURA 12. Detalle de una de las garras (CML).

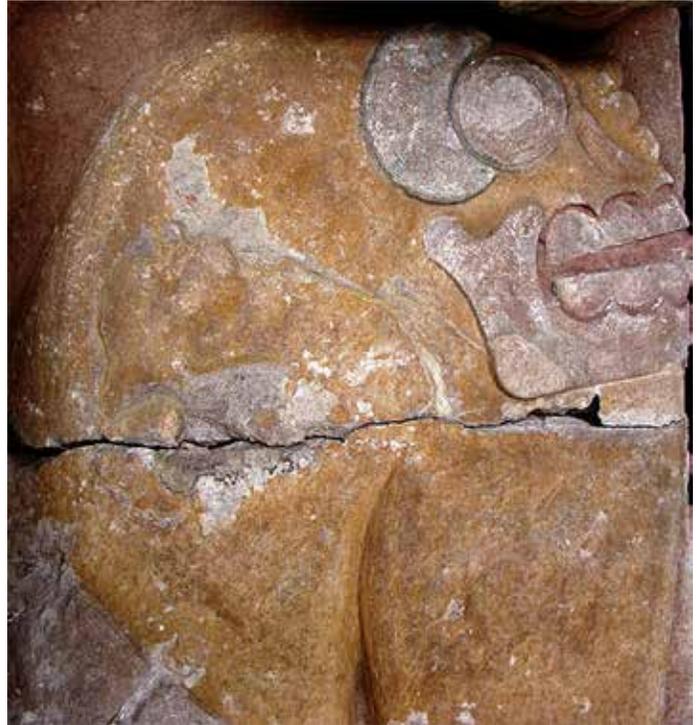


FIGURA 13. Detalle de uno de los cráneos que porta en codos y rodillas (MBR).



FIGURA 14. Ceja de uno de los seres telúricos (CML).



FIGURA 15. Fecha calendárica que enmarca la garra inferior derecha (CML).



FIGURA 16. Reconstrucción cromática del monolito (JR y LMM).

Sin embargo, el monolito de la diosa de la tierra Tlaltecuhтли es el primer ejemplar tangible de una escultura monumental mexica que se recupera con sus colores originales, lo que corrobora un sinnúmero de estudios previos (véase López Luján *et al.* 2005; Cué *et al.* 2010; López Luján [coord.] 2017).

Una vez realizado el proceso de limpieza superficial sobre la escultura, se pudo analizar en su totalidad tanto la paleta

cromática utilizada como la disposición de los colores en cada uno de los diseños del relieve. A partir de ello, el arquitecto Julio Romero y la diseñadora gráfica Luz María Muñoz, del área de Diseño del MTM, crearon una reconstrucción esquemática que muestra cómo debió haber sido la representación original de la diosa (figura 16).

Un par de años más tarde, se elaboró una restitución cromática digital con el apoyo de la arquitecta Michelle Marlène

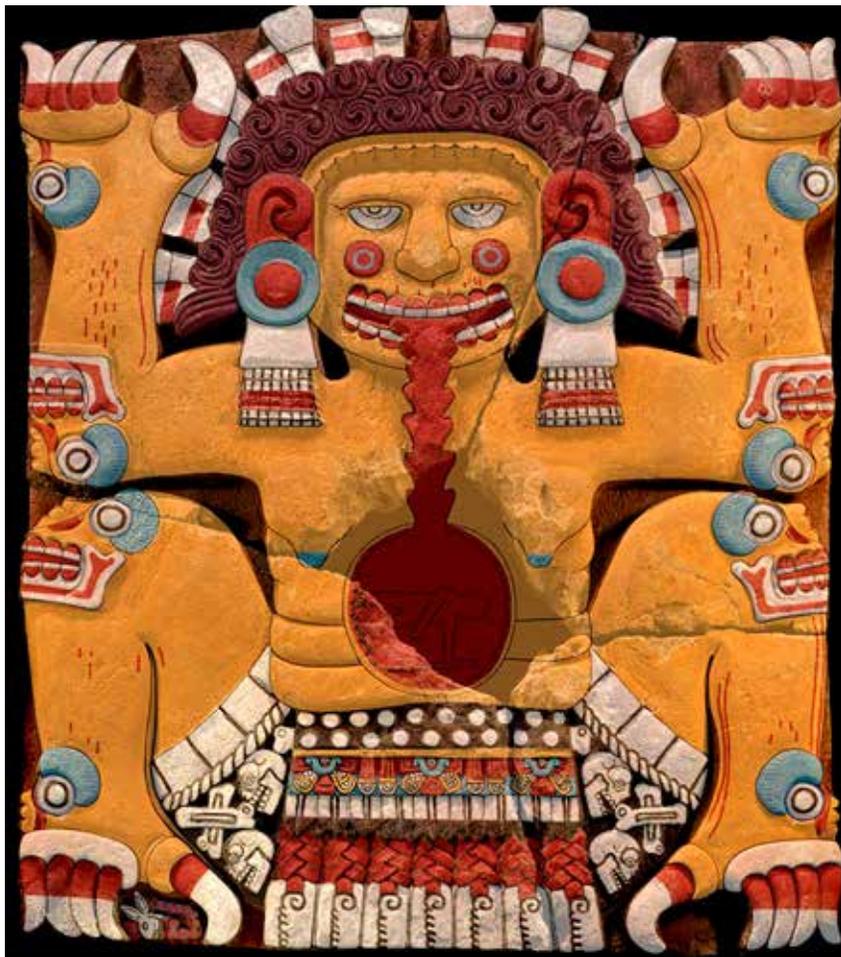


FIGURA 17. Fotografía con restitución cromática (KG y MDA).

De Anda Rogel. Para este trabajo se utilizaron las imágenes digitales tomadas al monolito. Sobre éstas se empalmaron los distintos colores plasmados en su decoración original, y como resultado se obtuvo una imagen que brindó una idea más acertada sobre cómo era la monumental pieza y cómo lucía su decoración en la época prehispanica (figura 17).

El fondo de la escultura es de color rojo; el cabello rizado, rojo oscuro, y las

banderas de papel, blancas con franjas rojas. La piel de la diosa es ocre, y sus garras, rojas con blanco. Los círculos en sus mejillas son rojos y en su interior muestran un círculo más pequeño de color azul. Tanto las orejas como el chorro de sangre que entra a su boca están policromados en color rojo, mientras que las orejeras son azules con un centro rojo, y los pendientes, que simulan ser de tela y que cuelgan de ella, también son rojos.

En cuanto a los tonos de los cráneos que porta en los codos y las rodillas: las cejas son azules, delineadas con trazos azul oscuro, y los ojos, blanco con negro, colores que también distinguen los huesos, las mandíbulas y los dientes. Por otra parte, los cráneos y huesos cruzados de la falda están sobre un fondo negro, son blancos y tienen diseños delineados en negro.

De igual modo, las representaciones de la divisa dorsal presentan fondos negros, círculos y caracoles en color blanco, símbolos de Venus en azul, rojo y blanco, así como plumas blancas delineadas en negro y cuyas puntas muestran una combinación de rojo y azul.

## MATERIALES CONSTITUTIVOS Y TÉCNICA DE MANUFACTURA

### ROCA, EXTRACCIÓN, TRASLADO Y TRABAJO DEL RELIEVE

A partir del hallazgo del monolito, y como parte de la investigación interdisciplinaria desarrollada por el PTM, López Luján le solicitó al geólogo Jaime Torres Trejo, de la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía “Manuel del Castillo Negrete” (ENCRYM-INAH), que realizara los estudios geológicos correspondientes para identificar y establecer la posible procedencia de la roca en la que fue labrada el relieve de la diosa Tlaltecuhltli.

El equipo encabezado por Jaime Torres Trejo analizó varias muestras: cinco de ellas provenientes del relieve y dos extraídas de los yacimientos de cantera rosa o Tenayuca de la región de Tenayuca, en

el Estado de México, para contrastar sus atributos geológico-petrográficos con los de las muestras arqueológicas y así poder, en su caso, corroborar la hipótesis de que la cantera rosa o tenayuca encontrada en la escultura procedía de esta región (Torres Trejo 2008: 3).

Los datos obtenidos mediante los estudios por microscopía electrónica de barrido revelaron la presencia de óxidos de sílice como principal componente en todas las muestras. Además, se encontraron algunas trazas de aluminio, sodio, magnesio, potasio y un poco de hierro (tabla 1).

Después de un primer análisis megascópico, Torres Trejo concluyó que todas las muestras son muy parecidas entre sí: son de color rosa, presentan una textura porfídica —es decir, que en ellas predominan los grandes cristales o fenocristales bien conformados—, se rompen en forma laminar (seudoestratos) y ostentan estructura fluidal, la cual se observa como líneas de tonalidades ligeramente diferentes al resto de la roca y paralelas a las caras superior e inferior del seudoestrato (figura 18).

A partir de los análisis químicos, Torres Trejo identificó el predominio de feldespatos (minerales que corresponden a los silicatos de aluminio, sodio o potasio) y de minerales ferromagnesianos (con alto contenido en hierro y magnesio).

Cabe mencionar que, mineralógicamente, las muestras guardaban mucha semejanza con las especies de plagioclasas y minerales ferromagnesianos, pues todas presentan andesina (plagioclasa sódica) y lamprobolita (anfíbol) como minerales principales.

EL RELIEVE: HALLAZGO, UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN

TABLA 1. Comparación entre las muestras de Tlaltecuhтли y la piedra de Tenayuca

Muestra	Composición química									Total
	C	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe	
Tlaltecuhтли	0.67	54.37	2.09	1.28	7.27	29.53	2.27	1.78	0.73	100
Tlaltecuhтли (zona 1)		56.45	1.68	1.36	6.08	28.99	1.76	1.69	2	100
Tlaltecuhтли (zona 2)		56.71	1.95	1.27	6.22	28.59	1.51	1.84	1.9	100
Tlaltecuhтли (zona 3)		56.5	1.86	1.47	6.02	28.55	1.56	1.94	2.11	100
Tlaltecuhтли (zona 4)		57.26	1.85	1.44	5.94	28.4	1.47	1.63	2.02	100
Tlaltecuhтли (zona A)		52.67	2.37	1.05	6.65	32.32	1.72	1.97	1.25	100
Tlaltecuhтли (zona B)		54.03	2.18	0.91	6.56	30.97	3.05	1.47	0.83	100
P47A (Cantera-1)		58.23	2.08	1.22	6.24	27.3	1.54	1.51	1.88	100
P47B (Cantera-2)		57.93	2.17	1.19	6.78	27.27	2.31	1.14	1.2	100
P48A (Cantera-2)		55.55	2.27	0.31	6.24	30.72	2.62	1.37	0.93	100
P48B (Cantera-2)		56.65	2.07	0.55	6.35	28.99	1.88	1.79	1.72	100
P48C (Cantera-3)		54.86	2.23	0.26	6.11	31.55	3.22	0.93	0.85	100



FIGURA 18. Líneas-estructura fluidal en la andesita de lamprobolita (JTT).

Al mismo tiempo, aunque en menor proporción, contienen oligoclasa (plagioclasa sódica), hematita, a veces hiperstena (piroxeno), augita (piroxeno), cuarzo y en ocasiones labradorita (plagioclasa cálcica) (Torres Trejo 2008: 48).

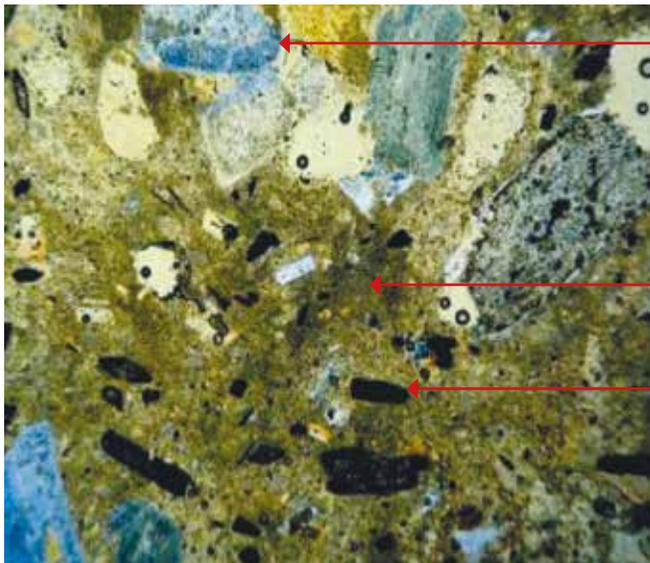
De igual manera, Torres Trejo observó la presencia constante de vidrio volcánico en la matriz, el cual en muchos casos presentaba ya una devitrificación, además de cierta oxidación en los minerales ferromagnesianos, como producto de la alteración (figura 19).

A partir de los estudios petrográficos, se corroboró la similitud que guardaban las andesitas arqueológicas con las andesitas de la formación Chiquihuite de la Sierra de Guadalupe, al norte de la Ciudad de México, pues ambas son de lamprobolita, de estructura fluidal y se fracturan

laminarmente, característica que permite con cierta facilidad la obtención de pseudoestratos provistos de superficies relativamente planas.<sup>1</sup>

El estudio petrográfico realizado por Torres Trejo permitió concluir que el material en el que se labró la monumental escultura es una roca ígnea extrusiva, clasificada como andesita de lamprobolita.

Tomando en cuenta la comparación con las muestras obtenidas en el yacimiento del cerro del Tenayo, López Luján (2010: 48) concluye que la procedencia de esta roca es la formación Chiquihuite. Cabe precisar que en los siglos XV y XVI, estas elevaciones llegaban prácticamente hasta las márgenes septentrionales del lago de Texcoco, a distancias que oscilaban entre los 10 y los 13 km del corazón de Tenochtitlan (figura 20).



Plagioclasas sódicas

Matriz vítrea

Minerales ferromagnesianos con oxidación (algunos todavía tienen la parte central inalterada: lamprobolita-rojo)

FIGURA 19. Lámina delgada en donde se observa la matriz en la muestra de andesita (JTT).

<sup>1</sup> En el anexo 1 se presenta el informe sobre el estudio de andesitas de lamprobolita, elaborado por el geólogo Jaime Torres Trejo.

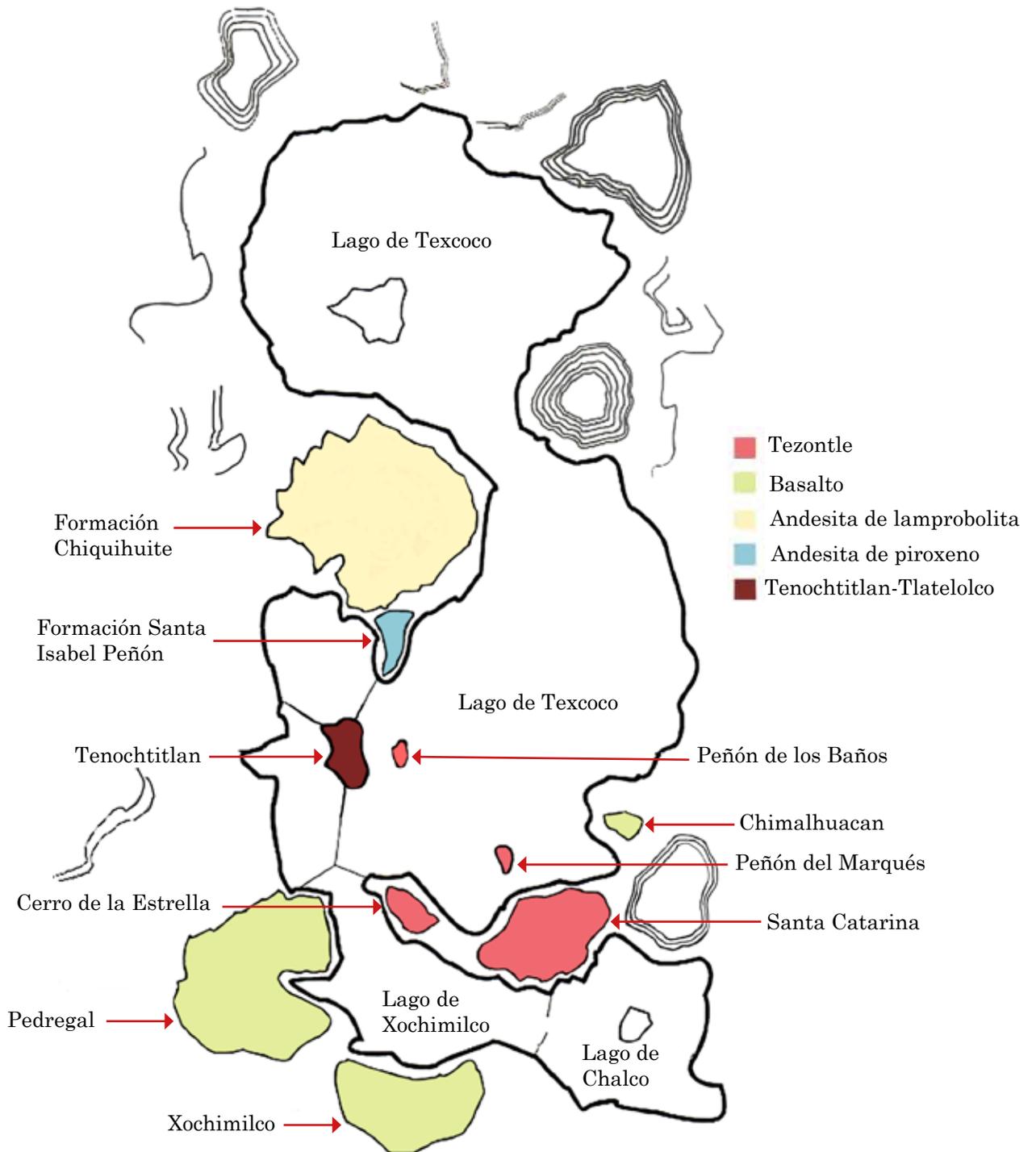


FIGURA 20. Principales yacimientos pétreos en la Cuenca de México (LLL).

La gran ventaja de este tipo de rocas es que por su estructura natural son pseudoestratificadas y ello permitió a los mexicas obtener fracturas regulares de manera relativamente sencilla. Lo anterior explica que éste haya sido un material ampliamente utilizado en Tenochtitlan.

Al ver las dimensiones del monolito de la diosa Tlaltecuhli, no podemos dejar de preguntarnos de qué manera se habría extraído una roca tan grande y cómo fue que la transportaron hasta el recinto sagrado mexica.

Al respecto, López Luján (2010: 50-56) presenta un interesante análisis en el que expone a grandes rasgos que la andesita pudo haberse desprendido del cerro mediante perforaciones entre dos de las bandas naturales en su estratificación y supone que una vez realizadas, con ayuda de cinceles de piedra, los mexicas encajaron ahí cuñas de madera que luego mojaron para que se dilataran y ejercieran presión suficiente para fracturar la roca en un plano.

En cuanto a la transportación, López Luján opina que es posible que los mexicas hayan trasladado el gran bloque de andesita desde la cantera sobre una especie de trineo de madera movilizado con ayuda de troncos, impulsado por cuerdas y palancas y que, una vez colocado en su sitio al pie del Templo Mayor, lo ajustaron a las dimensiones exactas. Después trazaron el dibujo preparatorio y, finalmente, procedieron a tallar la roca mediante golpes de cincel.

## LA POLICROMÍA

Desde el primer momento del hallazgo del monolito, cuando éste aún se encontraba *in situ* y cubierto de tierra, fue evidente que conservaba una gran cantidad de pigmento original sobre su superficie. Al dar inicio la séptima temporada del PTM, se tomaron muestras de los colores detectados para identificar tanto su composición química como el medio con el que fueron aglutinados al sustrato pétreo.

López Luján entregó las muestras a Giacomo Chiari, investigador científico del Getty Conservation Institute, localizado en Los Ángeles, California, quien realizó los análisis correspondientes por medio de difracción de rayos X para los pigmentos y de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas para los aglutinantes.

El análisis de las 10 primeras muestras para los pigmentos arrojó que los colores ocre y rojo (figura 21) están compuestos por óxidos de hierro: de goetita el primero y de hematita el segundo.



FIGURA 21. Rojo y ocre (MDA).

En su informe sobre los resultados obtenidos, Giacomo Chiari presenta interesantes comparaciones entre las muestras que contienen estos colores; en algunos casos, debido a la intensidad de los picos expresados en los difractogramas mediante el tamaño del grano de pigmento en la muestra, concluye que el rojo fue extraído específicamente de la molienda de cristales bien formados del mineral, con lo que se logra un tono más intenso y saturado (Chiari 2008a: 6).

Tal es el caso de la muestra número 4, extraída de la zona de las garras de la diosa. En otros casos, debido al tamaño de los cristales, el rojo constituido por hematita es derivado de tierra roja, lo cual le confiere menor calidad en intensidad y en poder cubriente.

Chiari identificó el color azul como azul maya (figura 22) dado el alto contenido de paligorskita encontrado en combinación con índigo, colorante vegetal obtenido de las hojas del añil. Como es sabido, este color se distingue por sus tonalidades, así como por ser sumamente estable.



FIGURA 22. Detalle de azul maya (MDA).

Chiari menciona también que el azul maya se ha llegado a identificar como la combinación de índigo con sepiolita en lugar de paligorskita; como ejemplo refiere ciertas muestras tomadas del ojo izquierdo de una de las serpientes que flanquean las escalinatas del Templo Mayor.

Este dato resulta interesante para el conocimiento de la técnica de manufactura, pues ayuda a distinguir distintas preparaciones del azul maya derivadas del tipo de arcilla utilizado.

En el caso del color blanco, Chiari detectó calcita o carbonato de calcio como material predominante. Es interesante lo que menciona López Luján (2010: 63) respecto a este mineral: “No se le halla en los alrededores de Tenochtitlan debido a que la Cuenca de México forma parte de una región volcánica en la que las antiguas rocas sedimentarias fueron cubiertas en su totalidad por materiales más recientes”.

A partir de la información plasmada en el *Códice Florentino* y en el *Códice Mendoza*, López Luján enumera en su texto los tipos de calcita con los que contaban los mexicas, así como su procedencia, que abarca algunas regiones de Hidalgo, Morelos e incluso Atotonilco de Pedraza y de Tepeácac.

Con la finalidad de mostrar a detalle los resultados obtenidos a partir del análisis de los pigmentos, se presentan a continuación los difractogramas de la primera fase de las muestras estudiadas por el doctor Giacomo Chiari en el Getty Conservation Institute (figuras 23-34).

La muestra 1, tomada del borde del sector noroeste para la identificación del color blanco, dejó ver que el polvo contiene minerales comunes en las rocas volcánicas, ade-

más de hematita (óxido de hierro) y pequeñas cantidades de calcita. El color blanco se encuentra en menor proporción en relación con la base de preparación (figura 23).

### Tlaltecuhkli- White pigment- Sample # 01

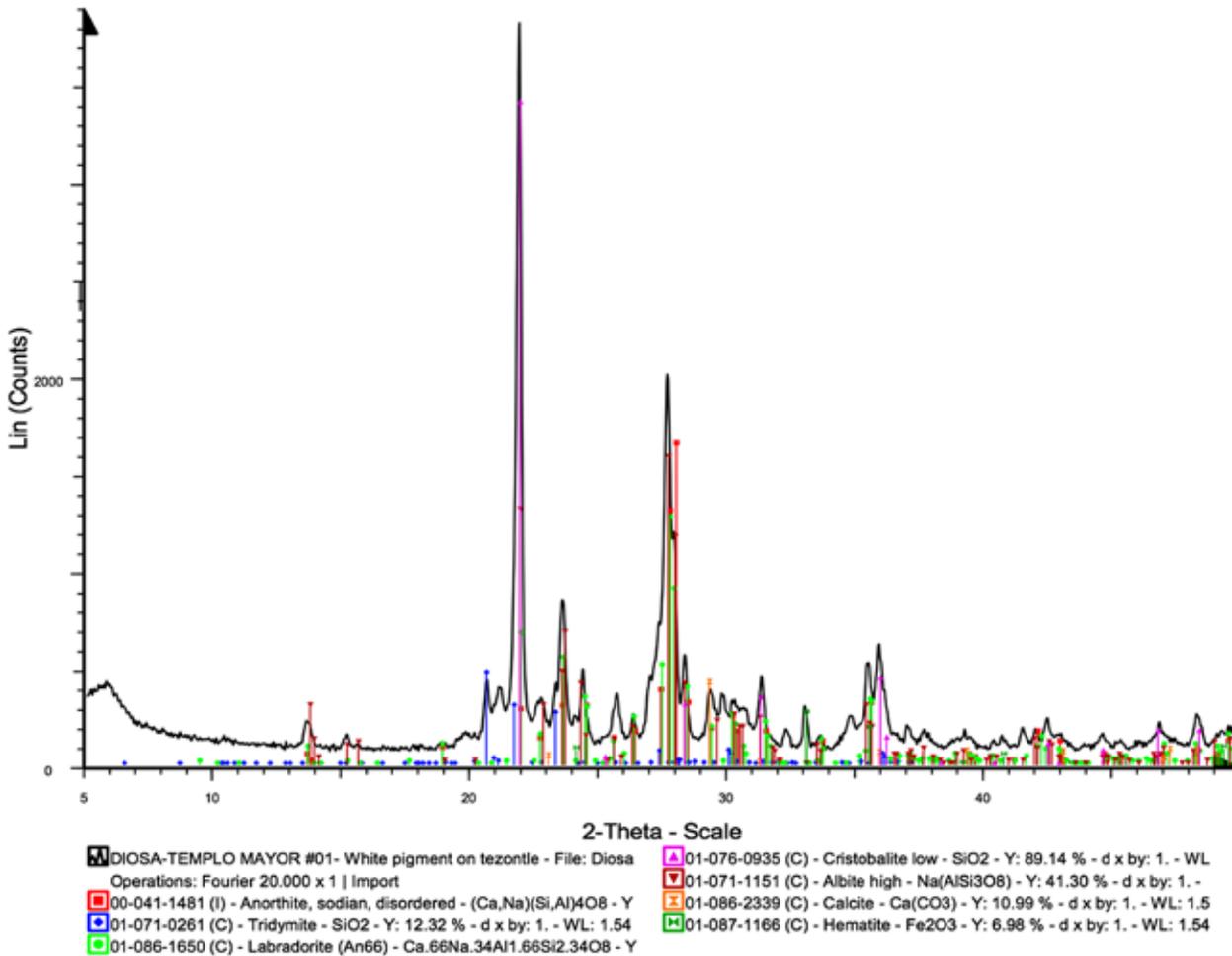


FIGURA 23. Blanco en bandera (cc).

En la muestra 2, proveniente de la ceja del cráneo del codo izquierdo de la diosa para analizar el azul, dado el alto contenido de paligorskita, el pigmento se puede identificar como azul maya.

Se observan otros minerales como cuarzo, calcita y feldespatos. Este análisis confirma el uso del azul maya entre los mexicas; en este caso mediante la combinación de índigo con paligorskita (figura 24).

### Tlaltecuhtli- Blue pigment- Sample # 02

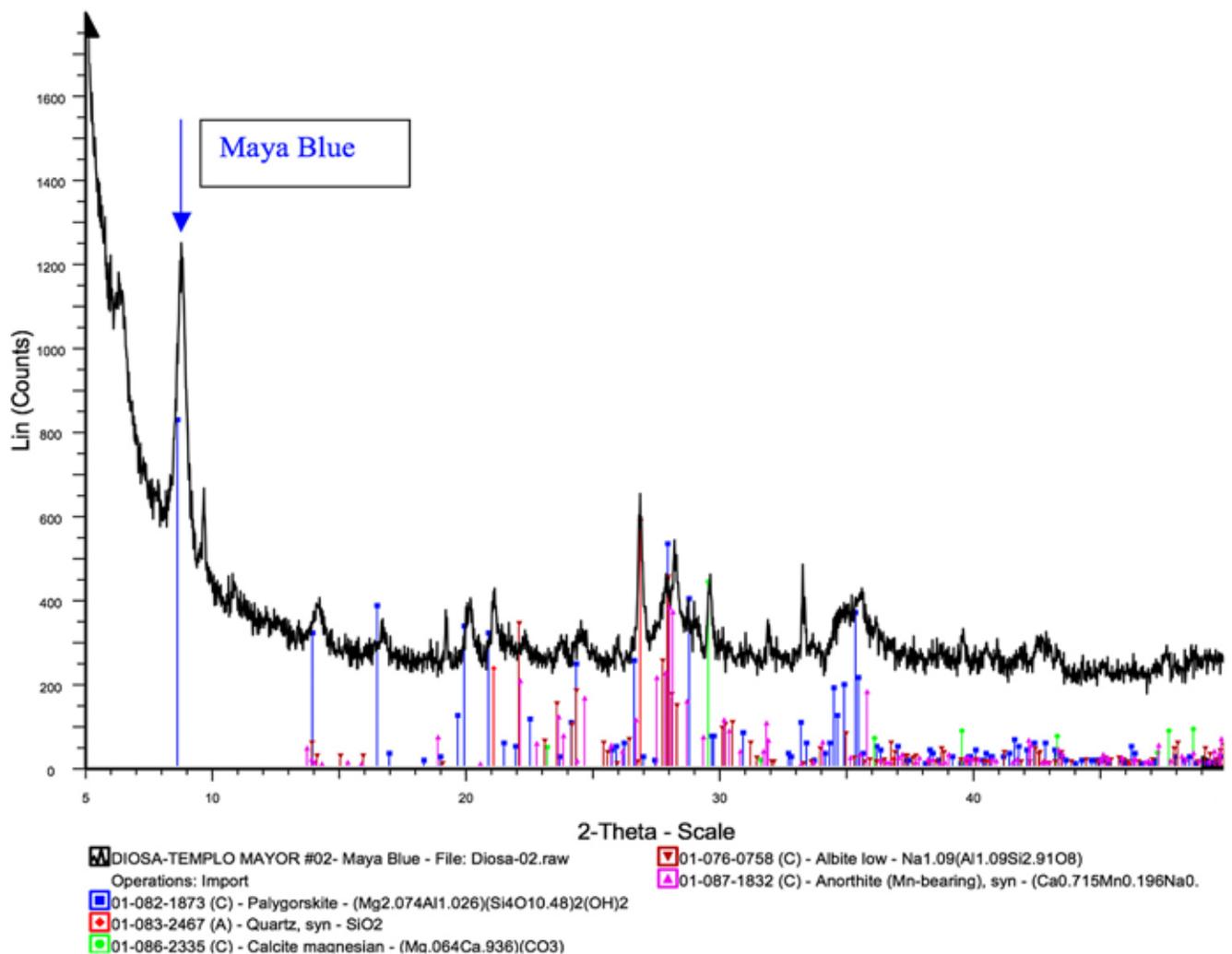


FIGURA 24. Azul en ceja del ser telúrico del codo izquierdo (cc).

En la muestra 3, tomada del sector no-roeeste del relieve sobre el brazo de la diosa para identificar el color ocre, predominan los minerales de la roca volcánica. Probablemente, se mezclaron los óxidos de hierro

(goetita y hematita) para obtener el tono de la tierra roja (figura 25).

En la muestra 4, proveniente de la garra del pie izquierdo de la diosa y conformada por los colores rojo y ocre, a un lado

Tlaltecuhkli- Orange piment- Sample # 03

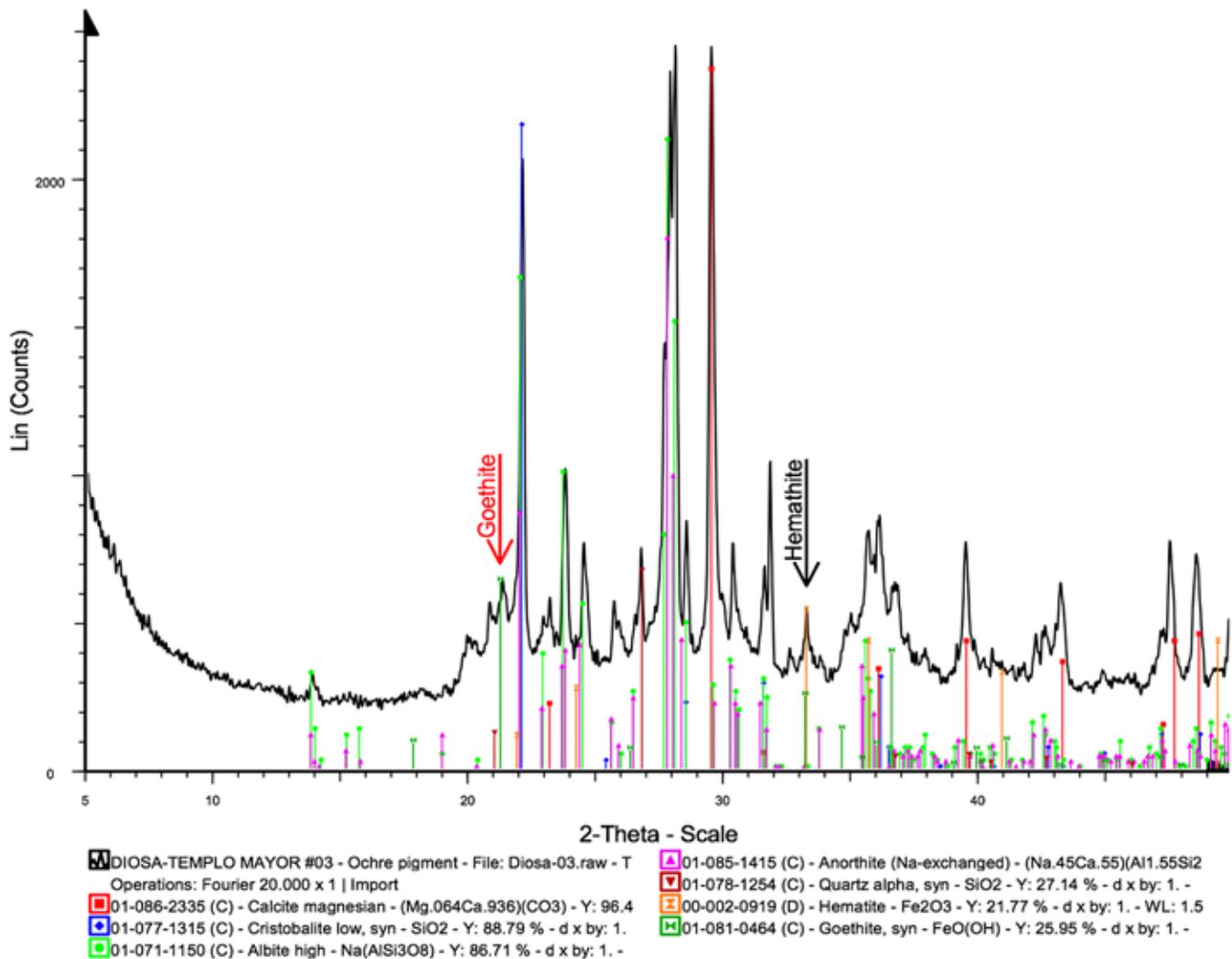


FIGURA 25. Ocre en brazo izquierdo (gc).

de los minerales volcánicos se observa abundante hematita y goetita. En este caso, la hematita está triturada y ello provoca que su tono sea más intenso y saturado que en la muestra anterior.

Se hace hincapié en la importancia de distinguir la calidad del pigmento utilizado en cada caso de acuerdo con el tamaño del grano, aun tratándose del mismo mineral (figura 26).

Tlaltecuhтли- Red pigment with ochre- Sample # 04

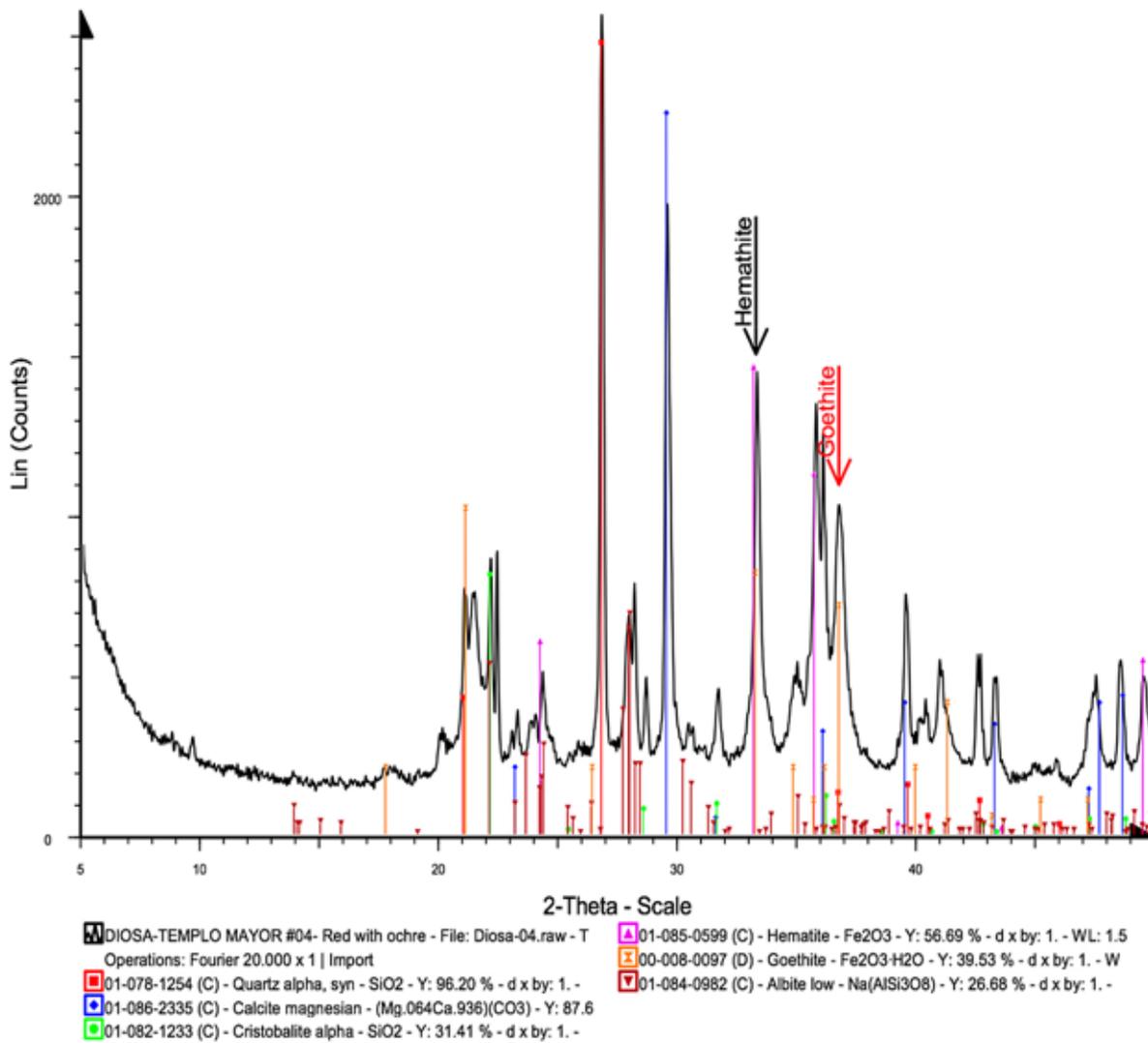


FIGURA 26. Rojo en garra de la pierna izquierda (gc).

La muestra 5, tomada de la cuerda del faldellín para analizar el color blanco, permitió ver que la calcita triturada marcada en el

difractograma puede ser considerada como el color blanco. Abundan los cristales de sílice y los feldespatos (figura 27).

Tlaltecuhthli- White pigment- Sample # 05

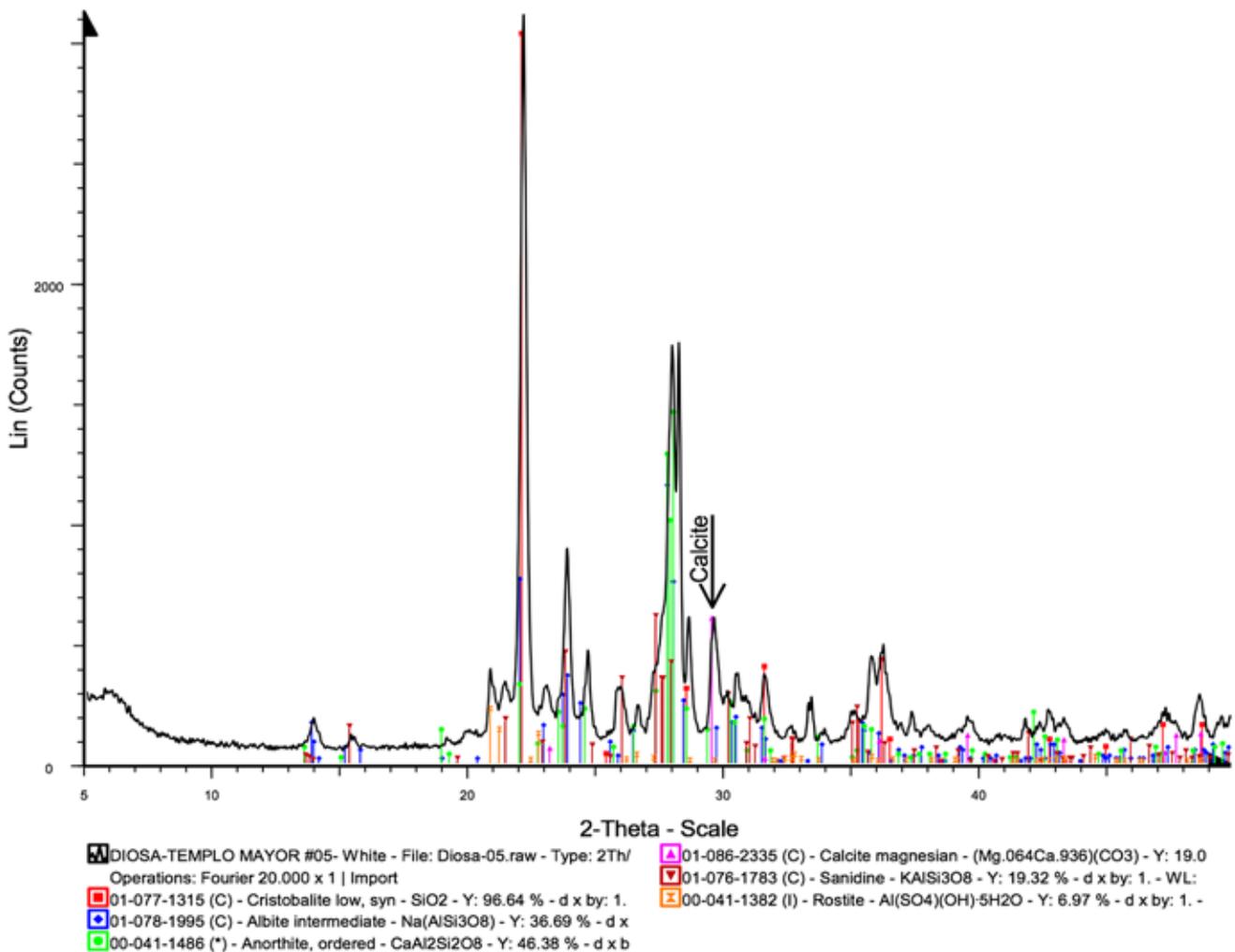


FIGURA 27. Blanco en cuerda del faldellín (cc).

En la muestra 6, proveniente de la garra del pie derecho de la diosa para estudiar el pigmento rojo, se encontró abundante hemati-

ta, la cual se observa como mineral triturado debido al tamaño del grano. Además, se distinguen minerales de sílice (figura 28).

Tlaltecuhтли- Red pigment- Sample # 06

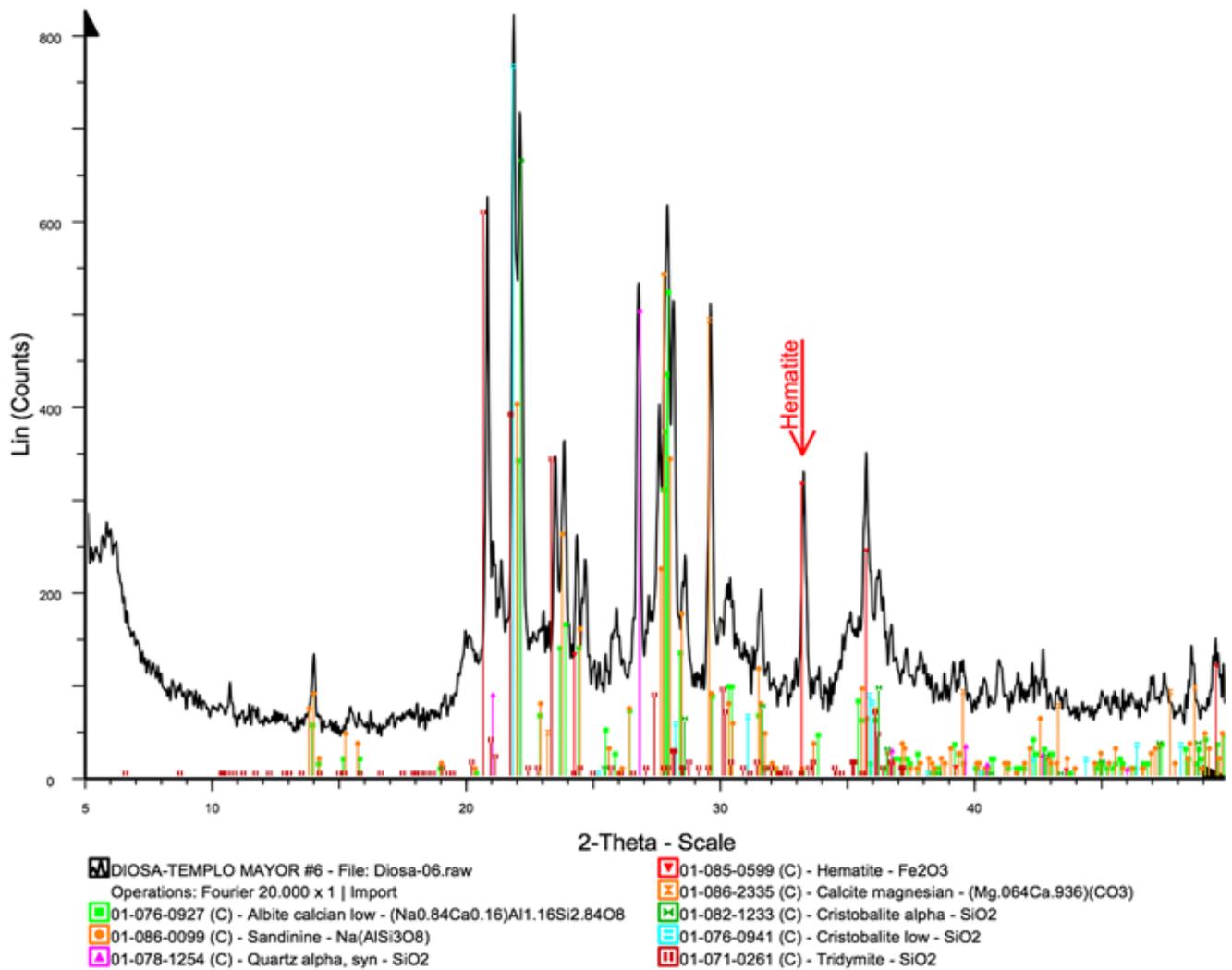


FIGURA 28. Rojo en garra de la pierna derecha (gc).

La muestra 7, tomada de los huesos cruzados en el faldellín para la identificación del color blanco, mostró que el mineral dominante en esta muestra es la calcita: pig-

mento blanco que probablemente también se utilizó en la muestra tomada de la cuerda del faldellín (figura 29).

Tlaltecuhтли- White pigment- Sample # 07

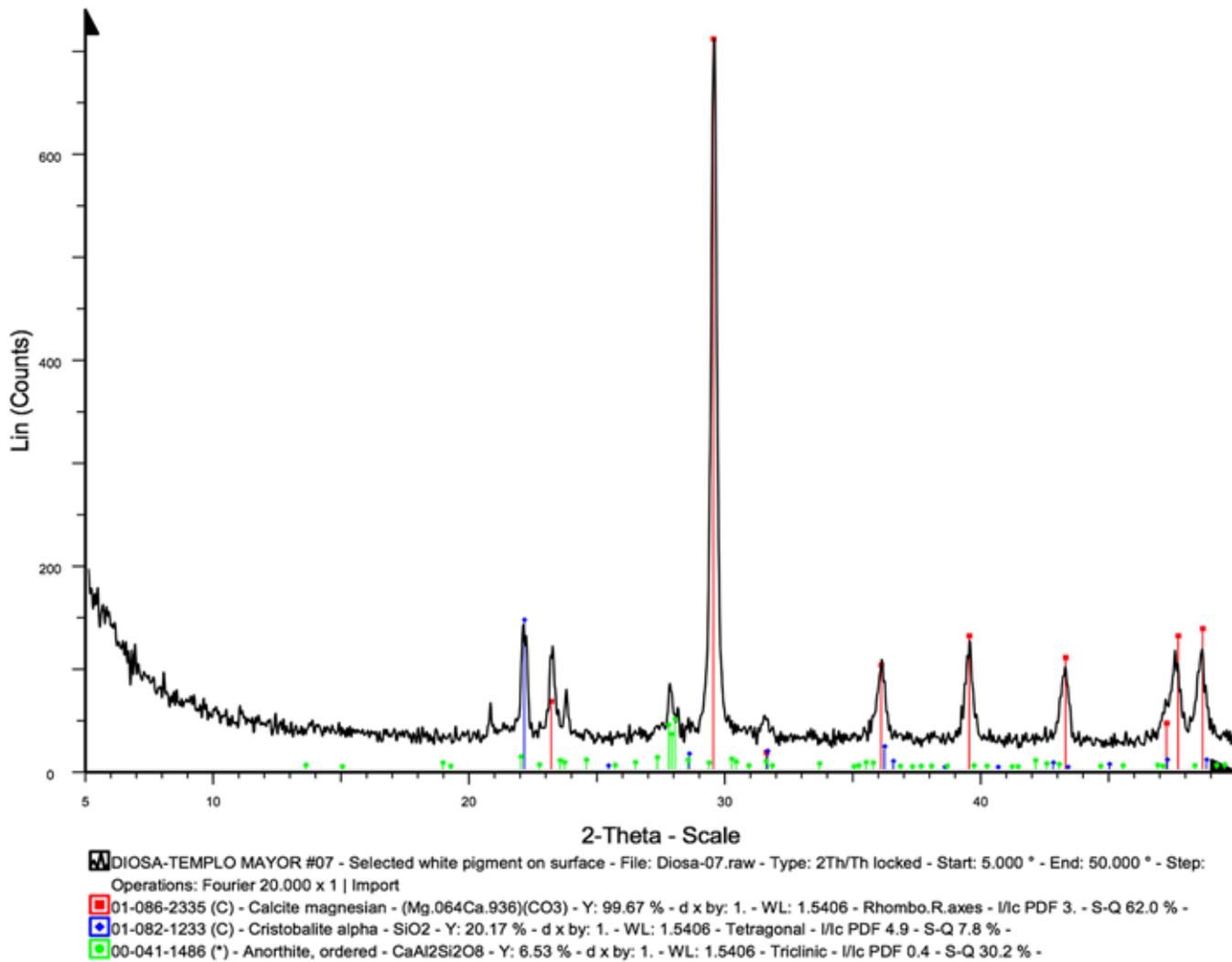


FIGURA 29. Blanco en hueso del faldellín (cc).

En la muestra 8, proveniente del glifo en la garra del pie derecho para analizar el rojo con negro, se encontró que el pigmento rojo del fondo es hematita molida. Desafortuna-

damente, no hubo evidencia del pigmento negro, lo que probablemente se deba a que éste no es cristalino (figura 30).

Tlaltecuhтли- Black on red pigment- Sample # 08

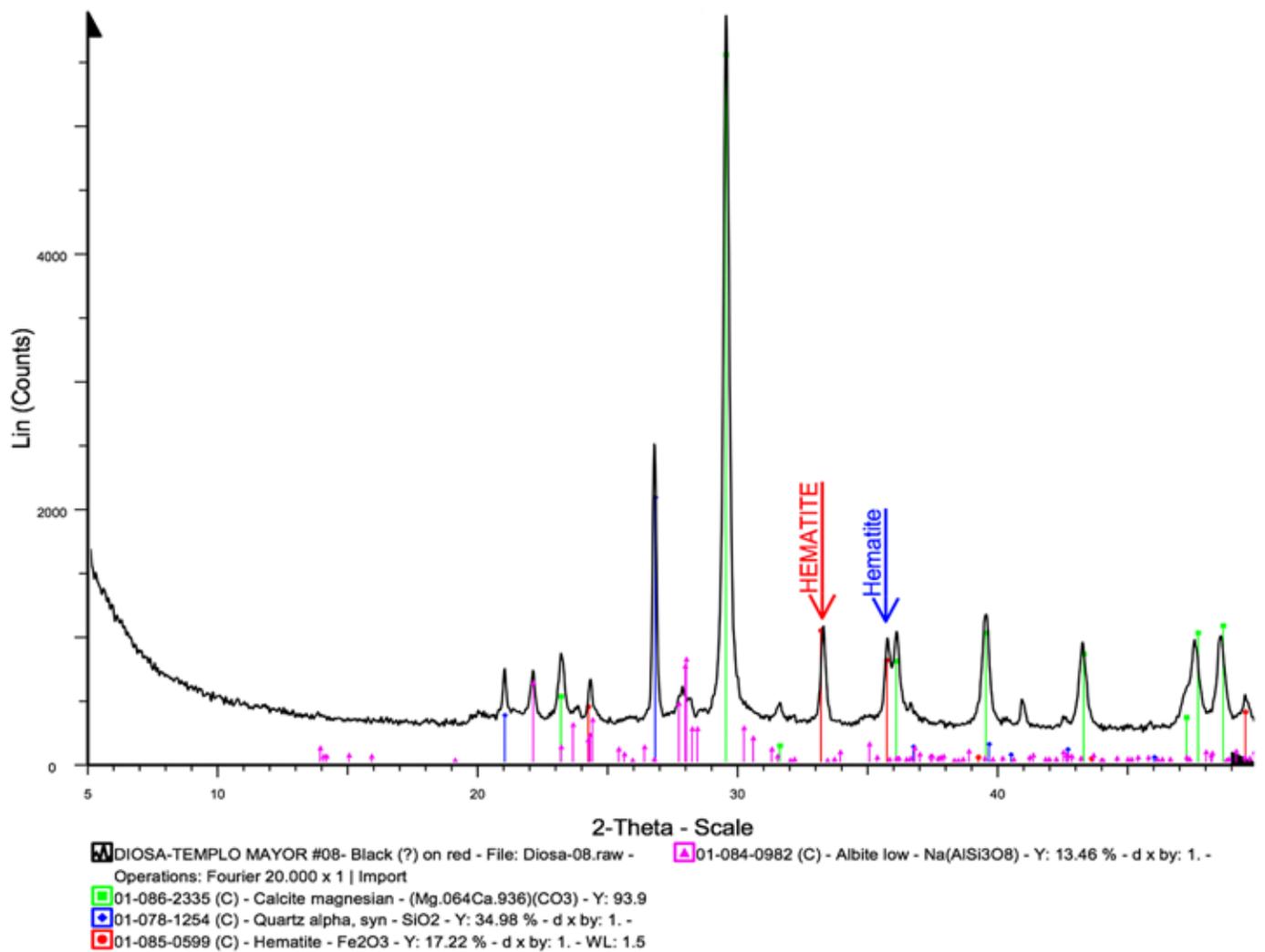


FIGURA 30. Negro en garra de la pierna derecha (gc).

En la muestra 9, tomada de uno de los cráneos del faldellín para identificar el blanco con negro, la difracción presenta calcita pura (color blanco del fondo). No hubo evidencia del color negro debido, como ya se

dijo, a que cabe la posibilidad de que éste no sea cristalino (figura 31).

En la muestra 10, extraída del brazo izquierdo de la diosa para identificar el color ocre con líneas rojas, además de los silicatos,

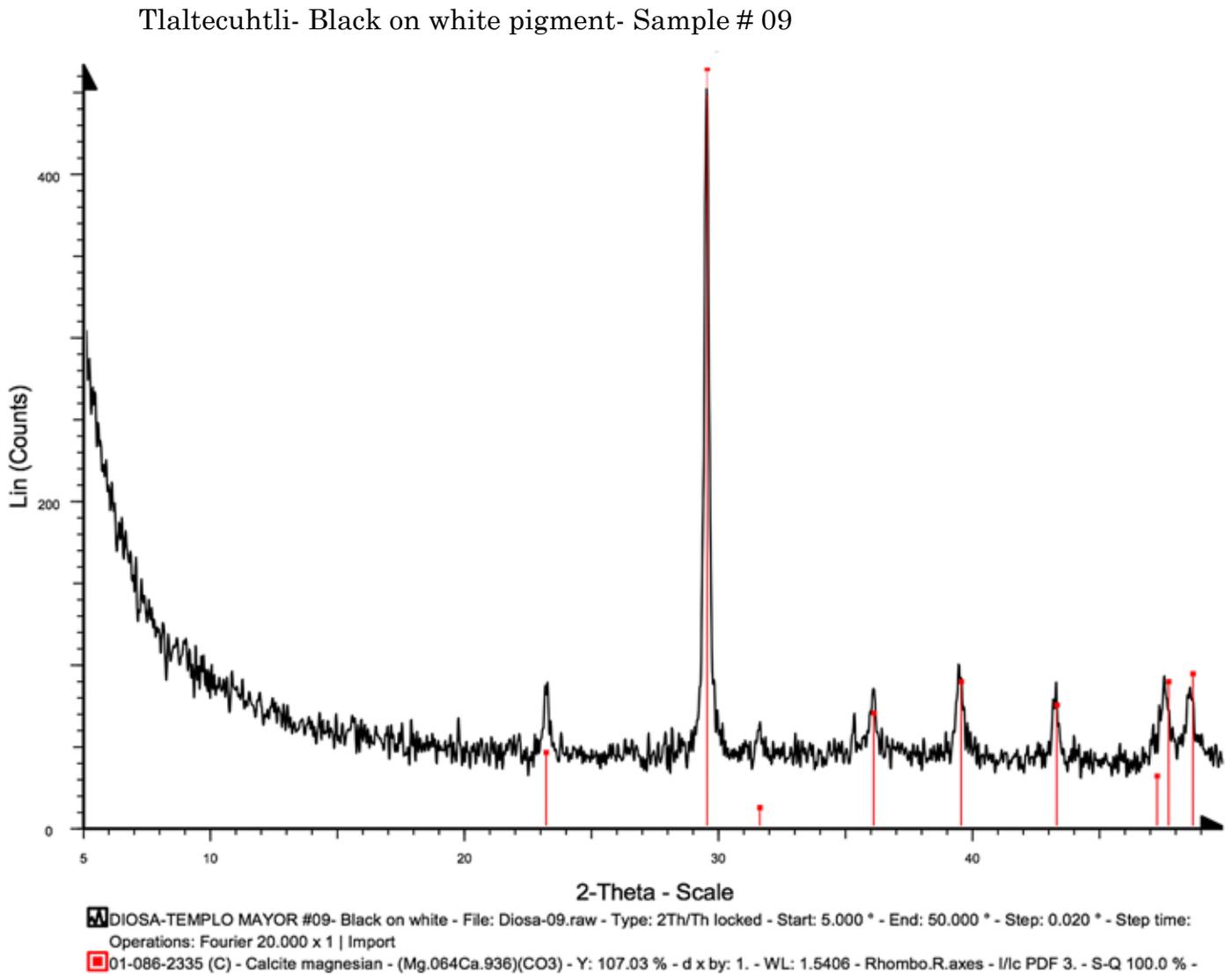


FIGURA 31. Negro y blanco en cráneo del faldellín (gc).

se observan pigmentos de óxido de hierro (goetita y hematita). Se puede decir que en este caso la hematita se deriva de tierra roja y no de la molienda de un cristal: la intensidad de las dos líneas marcadas en el difrac-

tograma es diferente con respecto a la muestra tomada de la garra, en donde al parecer la hematita fue molida. La garra en el glifo debe haber sido coloreada con un rojo mucho más puro y saturado (figura 32).

Tlatecuhtli- Ochre pigment- Sample # 10

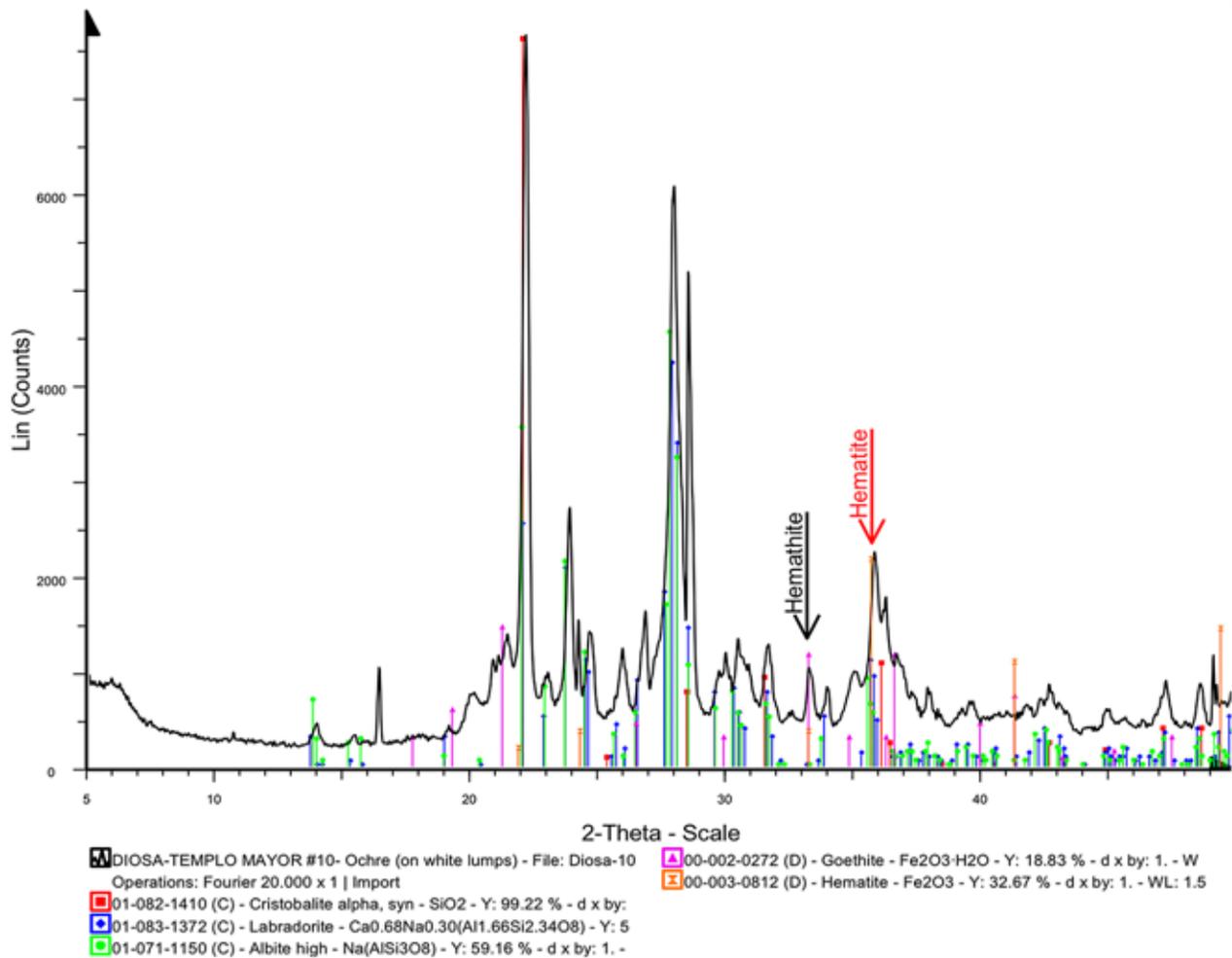


FIGURA 32. Ocre y rojo en brazo izquierdo (gc).

En la muestra 11, tomada del extremo izquierdo del faldellín de la diosa para analizar el color negro sobre estuco, el patrón, nuevamente, es problemático. Ninguno de los nueve minerales presentes en el difractograma pudo relacionarse con el negro.

Dado que el negro no pudo ser identificado por medio de difracción de rayos X, López Luján (2010: 62) sugiere que este color, al ser un material no cristalino e irreconocible en los difractogramas, tal vez sea negro de humo o *tilli ócotl* (figura 33).

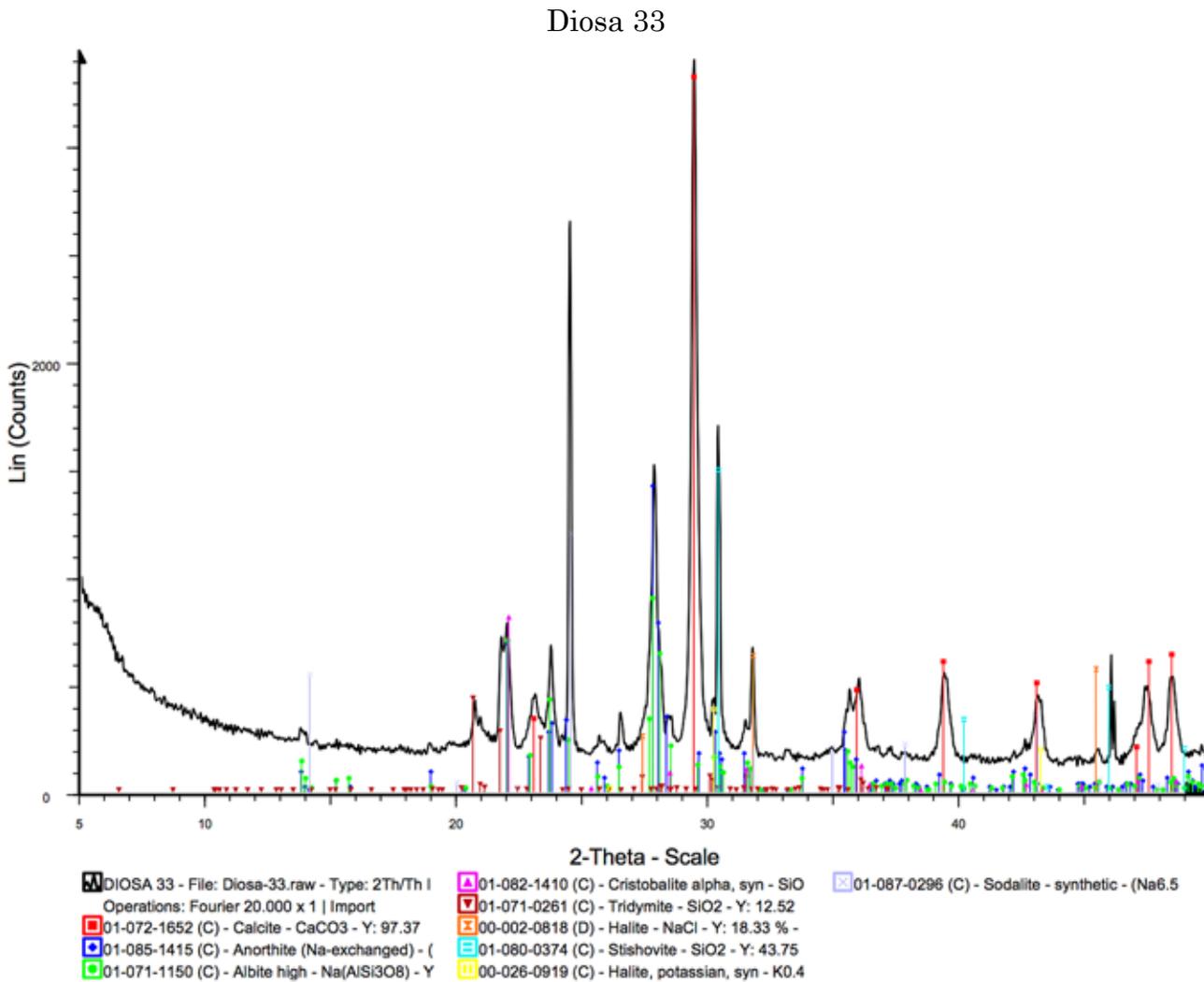


FIGURA 33. Negro en el faldellín (gc).

En la muestra 12, proveniente del cabello rizado de la diosa para identificar el rojo vino, se ubicaron pequeños picos que indicaron la presencia de magnetita en combinación con titanio (Chiari 2008b).

Cabe decir que cuando López Luján pasó un imán por debajo del papel que contenía la muestra con este color, se hicieron visibles las cualidades magnéticas de ésta (figura 34).

Diosa 31- Dark red from the hair

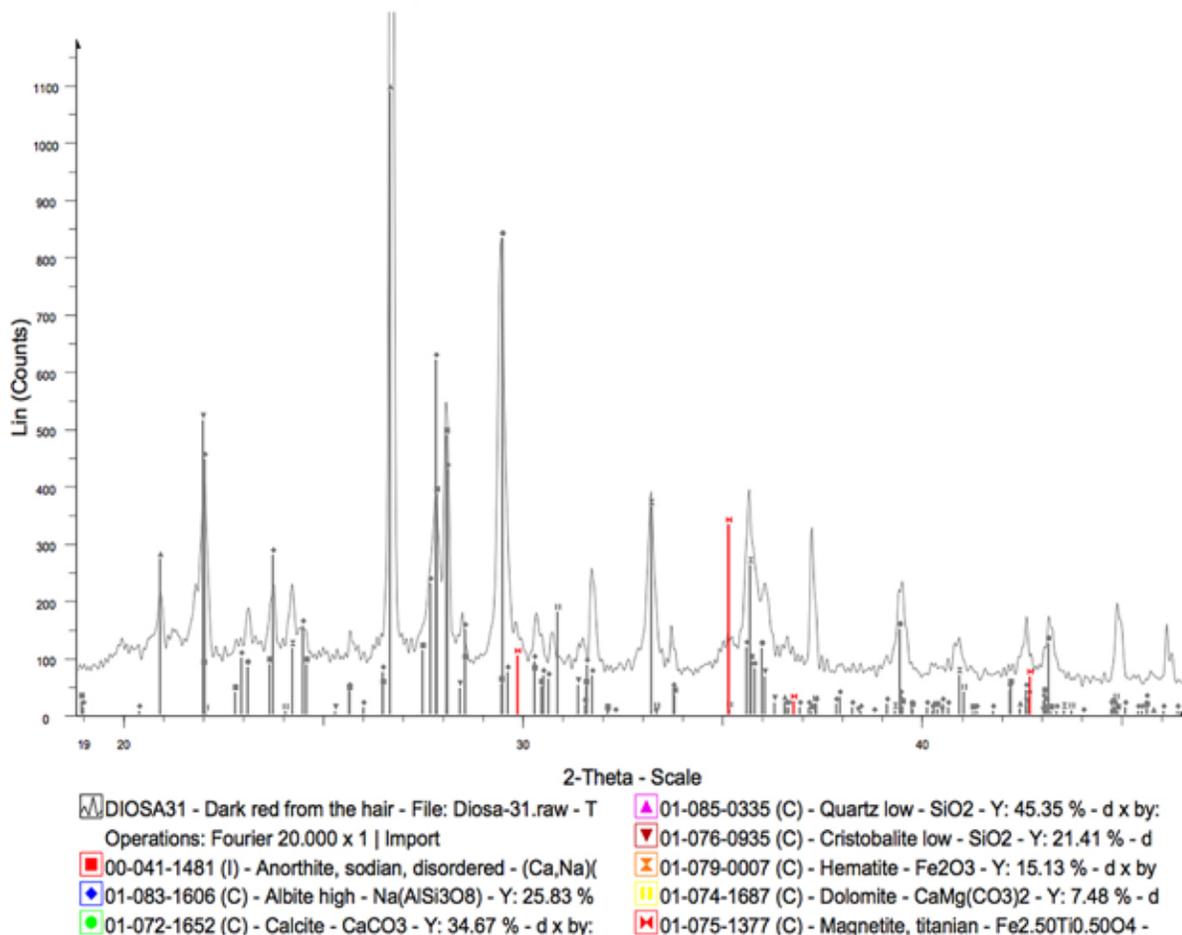


FIGURA 34. Rojo oscuro en el cabello (cc).

La composición de los colores presentes en el relieve de la diosa Tlaltecuhltli, obtenida a partir de los análisis de difracción de rayos X, se puede comprender mejor en la tabla 2.

En lo que respecta al aglutinante original, Joy Mazurek, quien también es investigador del Getty Conservation Institute, realizó sobre las mismas muestras una serie de análisis de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas.

En este estudio se buscó la presencia de gomas vegetales, proteínas, aceites, ceras o resinas. Todas las muestras, con excepción de la 8 y la 9, se analizaron para hallar azúcares debido a que, como es sabido, los pueblos mesoamericanos utilizaban diversos productos de origen vegetal con propiedades adhesivas.

Desafortunadamente, la cantidad de azúcar hallada en las muestras fue mínima (<0.1%), y sólo se ubicó la presencia de glucosa y manosa, polisacáridos presentes en los mucílagos de orquídeas, utilizados frecuentemente en México desde la época prehispánica.

El mucílago es una sustancia viscosa que los mexicas obtenían de los seudobulbos de muchas orquídeas endémicas de la Cuenca de México; principalmente, del *amatzauhtli* (*Encyclia pastoris*), del *tzacuxóchitl* (*Bletia campanulata*) y del *chichiltictepetzacuxóchitl* (*Laelia autumnalis*).

Entre una gran variedad de usos, el mucílago era empleado como aglutinante de pigmentos en polvo, pues tenía excelentes propiedades cohesivas y adhesivas (López Luján 2010: 71).

TABLA 2. Composición mineralógica de los colores de la Tlaltecuhltli analizados por Giacomo Chiari

Color	Pigmento identificado	Composición química
Blanco	Calcita	Carbonato de calcio $\text{CaCO}_3$
Azul	Azul maya	Paligorskita + añil $(\text{Mg, Al})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ + añil
Ocre	Goetita con algo de hematita	Oxihidróxido de hierro + óxido férrico $\text{FeO}(\text{OH}) + \text{Fe}_2\text{O}_3$
Rojo	Hematita	Óxido férrico $\alpha \text{Fe}_2\text{O}_3$
Rojo oscuro (borgoña)	Hematita y ligeras trazas de titanomagnetita y cristobalita	Óxido férrico + óxido ferroso-diférrico + óxido de silicio $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{SiO}_2$
Negro	Hollín o humo	Carbón

Las restauradoras Cristina Barragán y Claudia Malváez, quienes incorporaron el estudio de este caso en su tesis de licenciatura, mencionan que debido a que la cantidad de aglutinante presente en las muestras es muy pobre y a la dificultad para poder identificar la especie de orquídea empleada, lo único que podía hacerse para lograr un acercamiento al mucílago usado era compararlo con el tipo de orquídea

denominada como *tzauhtli*, analizada por la restauradora Carolusa González Tirado y de la cual hablan las fuentes históricas (González Tirado 1996: 38).

Las muestras 1, 3, 5 y 10 se analizaron además con el objetivo de detectar proteínas, ceras, resinas y aceites secantes, pero en ningún caso se identificó la presencia de estos compuestos (tabla 3).\*

TABLA 3. Resultados de los análisis realizados en el Getty Conservation Institute para la identificación del aglutinante

<b>Muestra</b>	<b>Proteínas Aminoácidos</b>	<b>Ac. grasos, ceras o resinas</b>	<b>Azúcares (exudados vegetales)</b>
1. Blanco	0.2% aminoácidos 0.95% gomas 0.1% lípidos	No se encontraron.	0.03% de azúcares (glucosa y manosa/ orquídea)
2. Azul maya	No se analizó.	No se analizó.	<0.01% de azúcares
3. Ocre	0.2% aminoácidos 0.95% gomas 0.2% lípidos	No se encontraron.	0.1% de azúcares (glucosa y manosa/ orquídea)
4. Rojo con ocre	No se analizó.	No se analizó.	0.04% de azúcares (glucosa y manosa/ orquídea)
5. Blanco	0.1% aminoácidos 0.89% gomas 0.1% lípidos	No se encontraron.	0.02% de azúcares (glucosa y manosa/ orquídea)
6. Rojo	No se analizó.	No se analizó.	0.01% de azúcares (glucosa y manosa/ orquídea)
7. Blanco	No se analizó.	No se analizó.	<0.01% de azúcares
10. Ocre	0.7% aminoácidos 0.95% gomas 0.9% lípidos	No se encontraron.	<0.01% de azúcares

\*Las muestras 8 y 9 no se analizaron.

## LA TÉCNICA PICTÓRICA

Estudios previos han demostrado que en algunos casos los mexicas aplicaban una capa de carbonato de calcio a sus esculturas para disponer sobre ésta la decoración policroma. Por ello, se especulaba que la técnica pictórica que utilizaron en la Tlaltecuhтли podría ser la del fresco, en la cual los pigmentos suspendidos en agua se aplican sobre el hidróxido de calcio mordente para, posteriormente y como resultado del proceso de cristalización, ser encapsulados dentro de la capa cristalina de carbonatos de calcio.

Otra posibilidad era que se tratara de un temple, o pintura al *secco*, en donde los pigmentos se mezclan con algún agluti-

nante orgánico y la capa de carbonato de calcio solamente funge como base de preparación, lo que además ayuda a lograr un acabado más homogéneo en la superficie pétreo, disimulando poros e irregularidades.

No obstante, se descubrió que los pigmentos estaban dispuestos directamente en la superficie de la roca. Al parecer, éstos se mezclaron con el aglutinante vegetal y después se aplicaron directamente al sustrato formando –como menciona López Luján (2010: 57)– superficies monocromáticas bien delimitadas, saturadas, opacas, uniformes y sin cambios de tonalidades ni sombras.

Asimismo, el análisis sobre la policromía original reveló que es muy probable

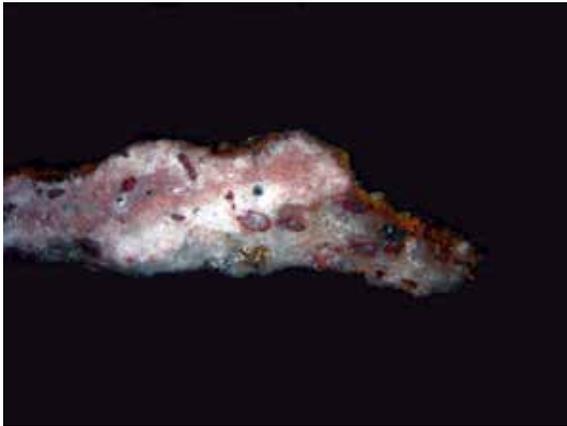


FIGURA 35. Color ocre. Se observa la capa de pigmento aplicada directamente sobre la superficie de la piedra (CBM y CML).

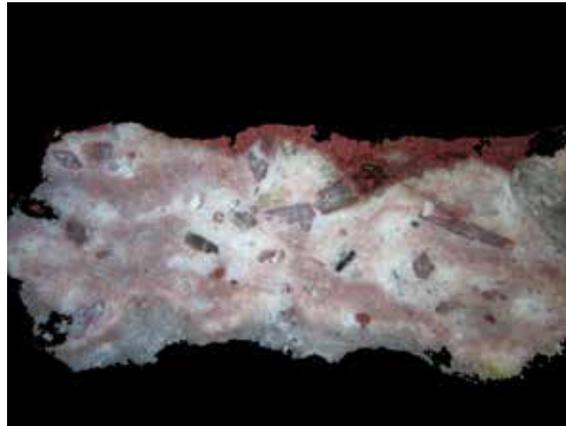


FIGURA 36. Color rojo. Se observa la capa de pigmento aplicada directamente sobre la superficie de la piedra (CBM y CML).

que durante la época mexicana se hayan realizado labores de mantenimiento en la capa pictórica de la escultura, pues se detectaron posibles reaplicaciones de color sobre la superficie; concretamente, en las áreas con color ocre se observaron zonas con capas más gruesas de pigmento.

Con el fin de corroborar la técnica pictórica, se llevaron a cabo varios cortes estratigráficos que se incluyeron en resina poliéster para poder observarlos bajo un microscopio óptico; ahí se advirtió con claridad que la aplicación del color se hizo directamente sobre la superficie pétreo.

Dada la mínima cantidad de muestra de color azul que se pudo obtener del relieve, no fue posible prepararla para ob-

servar su estratigrafía, pero se alcanzó a distinguir la película de color conformada por partículas de diversos tamaños.

Cabe aclarar que el azul maya, al estar compuesto por la combinación de una arcilla y un colorante vegetal, presenta un comportamiento laminar que se torna quebradizo y provoca que se desprenda fácilmente del sustrato en forma de lascas.

El color negro se encontró aplicado sobre el blanco; en ninguno de los casos se halló directamente sobre la roca. Es así que en la muestra se puede observar claramente la estratigrafía en donde se distingue el sustrato pétreo, sobre éste el carbonato de calcio y después la capa de color negro (figuras 35-38).

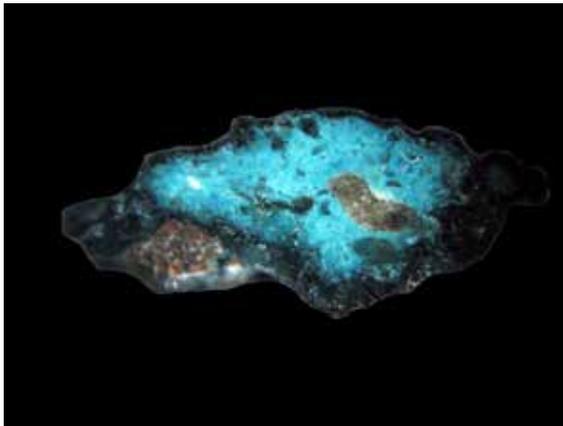


FIGURA 37. Color azul maya. Se observa la película con partículas de diversos tamaños (CBM y CML).

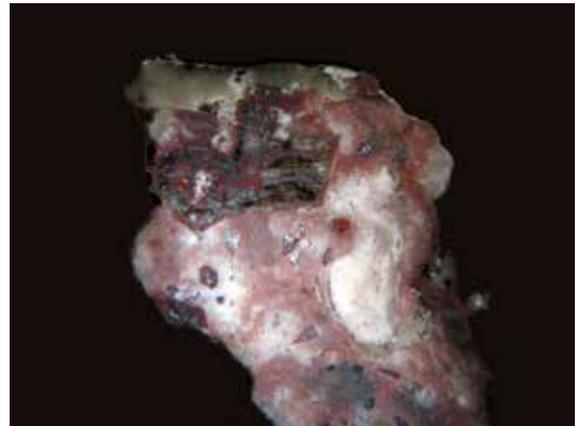


FIGURA 38. Corte estratigráfico sobre muestra con colores negro y blanco (CBM y CML).

## CAPÍTULO 2

### ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL RELIEVE

En este capítulo se describe cómo se liberó el relieve, se abordan las medidas preventivas que implementó el Departamento de Restauración del MTM y se brinda una descripción general sobre el estado de conservación de la escultura en el momento del hallazgo.

Asimismo, se detallan las maniobras que se llevaron a cabo para levantar los cuatro fragmentos en que se encontró roto el monolito y transportarlos hacia la calle de República de Argentina, donde se colocó una caseta de multipanel que resguardó la pieza durante poco más de dos años.

Finalmente, se presenta una descripción sobre el estado de conservación registrado en cada uno de los fragmentos cuando éstos ya estaban secos y resguardados dentro de la caseta-laboratorio de campo. Es importante señalar que este registro fue crucial para conocer, evaluar y plantear las estrategias de acción para la estabilización, conservación y restauración del monolito de Tlaltecuhli.

### MEDIDAS PREVENTIVAS DURANTE LA LIBERACIÓN DEL RELIEVE

Desde el primer momento del descubrimiento del monolito de la diosa Tlaltecuhli, el Departamento de Restauración del MTM se encargó de su protección, estabilización y conservación. Cabe mencionar que la oportuna intervención de los restauradores, coordinados por Virginia Pimentel Chehaibar, fue determinante para la óptima conservación de los materiales constitutivos del relieve y su policromía, pues durante los trabajos de liberación de la escultura por parte de los integrantes del PAU, los restauradores hicieron todo

lo necesario para evitar que la roca que conforma el monumental hallazgo sufriera algún daño. El Departamento de Restauración estaba integrado en ese entonces por José G. Vázquez Vargas, Carlos del Olmo Mendoza, Corinna Ximena Rojas Muñoz y María de Lourdes Gallardo Parrodi.

Los tres primeros participaron activamente en las labores de liberación y estabilización *in situ*. También apoyaron en esta labor Andrés Domingo Santiago Pérez, Maximiliano Acevedo Aguilar, Marcos Vargas Calderón y Saúl Mora García, integrantes del mismo departamento y adscritos a la zona arqueológica.

En la primera fase de liberación, con la ayuda de rotomartillos, se retiró una losa

de concreto armado que se ubicaba aproximadamente a 1.5 m sobre el relieve y ello generó fuertes vibraciones en el área. Para proteger la zona, el Departamento de Restauración armó previamente una coraza hecha con triplay y láminas metálicas (figuras 39-41).

Una vez retirado el concreto armado, se halló una capa de arcilla que, como mencionan el arqueólogo Álvaro Barrera Rivera y colaboradores (2007: 20), ya se había identificado como un basurero colonial, que probablemente funcionó entre los siglos XVII y XVIII, y también se había detectado que éste se encontraba muy cerca de un piso prehispánico de argamasa que sellaba directamente la lápida.



FIGURA 39. Retiro de losa de concreto con rotomartillo (vpc).

## ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL RELIEVE



FIGURA 40. Coraza de protección utilizada durante los trabajos de retiro (VPC).



FIGURA 41. Vista general del relieve con su protección (VPC).

Los integrantes del PAU se enfocaron a partir de ese momento a la liberación del relieve. Para retirar esta capa de arcilla se valieron de distintas herramientas: picoletas, cucharas, cucharillas, brochas y espátulas (figuras 42-43).

Mientras retiraban poco a poco estas capas, ubicadas directamente sobre el relieve, con la finalidad de liberar por com-

pleto la cara frontal, lo que más preocupaba a los restauradores no era solamente que el trabajo de liberación se realizara con el cuidado necesario para evitar cualquier daño sobre la escultura, sino que al ser liberada, ésta podría perder el equilibrio alcanzado con el microambiente que la rodeó durante poco más de 500 años, ya que al entrar en contacto con nuevas y



FIGURA 42. Liberación del relieve realizada por los integrantes del PAU (VPC).

diversas condiciones ambientales, cabía la posibilidad de que se detonaran procesos de deterioro que afectaran los materiales constitutivos.

Virginia Pimentel menciona en sus informes (2006: 7) que debido a las características del subsuelo de la Ciudad de México, así como a las condiciones climáticas preponderantes en los días cercanos

al descubrimiento, el monolito se encontró rodeado de tierra con un alto contenido de humedad.

La restauradora Pimentel también incluye en su reporte que en las zonas de los bordes de los cuatro fragmentos del monolito, ya expuestos, se podían apreciar restos de los colores rojo, ocre y blanco (figuras 44-45).



FIGURA 43. Fase de liberación. Se observa la policromía en las banderas (vpc).



FIGURA 44. Detalle de un cráneo de la rodilla de la diosa en el se aprecia pigmento rojo (VPC).



FIGURA 45. Apreciación de una garra de la diosa durante el proceso de liberación (VPC).

Ante el hecho de que al parecer la escultura conservaba una importante cantidad de policromía original, se consideró primordial mantener las condiciones de humedad relativa (HR) lo más estables que se pudiera.

Pimentel (2006: 7) registró que en ese momento había una HR aproximada de 70% e intentó mantener el nivel de humedad en esos estándares para evitar un proceso de secado violento, lo cual provocaría una contracción de los materiales constitutivos y con ello aumentaría el riesgo de que se desprendieran o perdieran.

Los integrantes del Departamento de Restauración se enfocaron entonces a proteger el relieve de los cambios microclimáticos con diversos materiales aislantes: se instalaron lonas plásticas para evitar la incidencia de luz solar de manera directa sobre el área; la superficie de cada uno de los cuatro fragmentos se mantuvo cubierta con materiales absorbentes previamente humedecidos con agua, y sobre éstos se pusieron delgadas placas de espuma de poliuretano y de Ethafoam<sup>®1</sup> cubiertas de papel Tyvek<sup>®2</sup> y películas de polietileno (figuras 46-48).



FIGURA 46. Control de los cambios de humedad con materiales aislantes (vpc).

<sup>1</sup> Espuma de polietileno en placas de diferente grosor y densidad. Absorbe golpes continuos y ofrece excelente amortiguamiento.

<sup>2</sup> Material no tejido a base de fibras de polietileno de alta densidad producido por Dupont<sup>®</sup>. Es un material resistente y transpirable: el vapor de agua pasa a través de éste pero no en estado líquido.



FIGURA 47. Película de polietileno sobre la escultura *in situ* (VPC).



FIGURA 48. Lonas para controlar la incidencia de luz solar sobre el relieve (LLL).

La restauradora Pimentel y su equipo monitorearon esta situación constantemente y estuvieron siempre pendientes de que no se retiraran los materiales aislantes de la escultura sin su consentimiento.

De esta manera, a lo largo de un año y paulatinamente, la roca fue perdiendo la humedad desde su interior y ello previno posibles efectos de deterioro, como la formación de velos y concreciones salinas en superficie o la aparición de fisuras, grietas, exfoliaciones y desprendimientos, entre otros.

Esta labor fue determinante para el resultado final de la intervención del monolito, pero no fue sencilla, sobre todo en los meses en que acudían al lugar un sinnúmero de personas con la intención de visitar la excavación y conocer el gran hallazgo.

A la par de estas medidas preventivas, se realizó una limpieza preliminar *in situ* con brochas de pelo suave, hisopos de bambú y bisturíes, agujas de disección y espátulas de dentista, enfocada a delimitar todas las zonas del relieve (Pimentel 2006: 9) (figuras 49-51).



FIGURA 49. Secado paulatino de la roca (VPC).



FIGURA 50. Detalle. Proceso de secado paulatino (vpc).



FIGURA 51. Corinna Ximena Rojas Muñoz y José Guadalupe Vázquez, del Departamento de Restauración del MTM, durante el proceso de limpieza *in situ* (vpc).

## LEVANTAMIENTO DE LOS CUATRO FRAGMENTOS A LA CALLE DE REPÚBLICA DE ARGENTINA

Casi un año después del hallazgo, cuando el relieve estaba completamente seco, y ya en el marco de la séptima temporada del PTM, se programó el primer traslado de los cuatro fragmentos de la escultura: el 5 de noviembre de 2007, el monolito se movería del área en donde se encontró al nivel del arroyo de la calle de República de Argentina (es decir, unos cuantos metros).

Para esta maniobra se contó con el apoyo de la compañía Luz Especializado,<sup>3</sup> cuyo personal levantó mediante una grúa de brazo largo los fragmentos, uno por uno, y los ubicó sobre camas de madera y placas de Ethafoam®, construidas a la medida (figura 52). En la preparación para su levantamiento, todos los cantos de los fragmentos se protegieron con materiales amortiguantes en los puntos en donde se apoyarían las eslingas (cintas especiales fabricadas en distintos grosores y utilizadas para cargar y levantar objetos de pesos extremos).



FIGURA 52. Preparación de las camas de madera y Ethafoam® (JMG).

<sup>3</sup> Compañía especializada en transporte y movimientos de carga pesada, con más de 30 años de experiencia, además de contar con una amplia gama tanto de grúas como de equipo especializado en el ramo.

Cabe precisar que el acomodo de estas eslingas se rigió de acuerdo con la disposición original del monolito y las áreas sin relleno que había debajo de él.

La restauradora Virginia Pimentel y el arqueólogo Fernando Carrizosa, curador del MTM y especialista en movimiento de obra de gran formato, coordinaron de manera conjunta con Luz Especializado el trabajo para mover, levantar y llevar a su nueva ubicación las cuatro partes, una por una (figuras 53-55).

Conforme se levantaron las piezas, se fueron acomodando sobre las bases ya preparadas; las eslingas que ayudaron en la maniobra quedaron entre la roca y el Ethafoam® con la finalidad de utilizarlas en movimientos futuros (figuras 56-58).

Una vez terminada esta operación, todos los fragmentos se protegieron con cubiertas de Tyvek® y placas de Ethafoam®, y después se armó encima la caseta de lámina reforzada, la cual funcionaría como laboratorio de campo (figura 59).



FIGURA 53. Definición de los puntos de apoyo para las eslingas (JMG).

ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL RELIEVE



FIGURA 54. Revisión de los apoyos antes del levantamiento (JMG).



FIGURA 55. Fragmento listo para ser levantado (JMG).



FIGURA 56. Vista general de la grúa con el fragmento (JMG).



FIGURA 57. Llegada del fragmento a la calle de República de Argentina (JMG).

ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL RELIEVE



FIGURA 58. Acomodo del fragmento sobre su cama de madera y Ethafoam® (LLL).



FIGURA 59. Construcción de la caseta de multipanel para resguardar los fragmentos (LLL).

## DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN REALIZADO EN LA CASETA-LABORATORIO

La segunda etapa de intervención del monolito de Tlaltecuhтли dentro de la caseta-laboratorio de conservación inició en junio de 2008. A partir de ese momento, la autora de este texto sustituyó a Virginia Pimentel. El primer paso fue elaborar de forma individual el registro detallado del estado de conservación que guardaban los cuatro fragmentos que conforman la escultura.

A cada una de las partes se le asignó una letra (figura 60) y una ficha de con-

servación en la cual se anotó una breve descripción que abarcaba sus dimensiones, el material constitutivo y la técnica de manufactura, así como el registro de las alteraciones observadas: primero aquéllas detectadas a nivel estructural –en este caso en la andesita– y luego las encontradas en la decoración o capa de policromía.

Cabe mencionar que los datos de estas fichas se incorporaron conforme se fue avanzando en los procesos de intervención directa sobre los cuatro fragmentos y que en ellas, además de marcar los deterioros detectados, también se describieron en detalle los procesos de intervención realizados (v. anexo 2).

Fragmento A

Fragmento B



Fragmento C

Fragmento D

FIGURA 60. Los cuatro fragmentos y su nomenclatura (JR).

## ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA ROCA

Una vez que los cuatro fragmentos estuvieron completamente secos y estables dentro de la caseta-laboratorio, se ubicaron y catalogaron todas las alteraciones detectadas sobre ellos para evaluar el estado de conservación general que presentaba la roca.

Cabe decir que se consideran alteraciones todos los cambios presentes en las propiedades de los materiales pétreos que surgen como resultado de su interrelación con el medio que los rodea. Este minucioso registro permitió identificar los efectos de deterioro presentes y catalogarlos tanto en relación con su profundidad como con su frecuencia.

El diagnóstico se basó en la observación directa y detallada de los materiales constitutivos y se complementó con los datos que presentó en su informe el geólogo Jaime Torres Trejo.

Este ejercicio permitió concluir que la andesita de lamprobolita se encontraba estable, pues Torres Trejo (2008: 2) identificó la presencia constante de vidrio volcánico en la matriz, aunque en muchos casos presentaba una devitrificación y cierta oxidación en los minerales ferromagnesianos. De igual forma, encontró varios minerales en los que se podía observar su porción central sana, además de que la textura y mineralogía de las muestras le permitieron identificar una estabilidad general (figura 61).

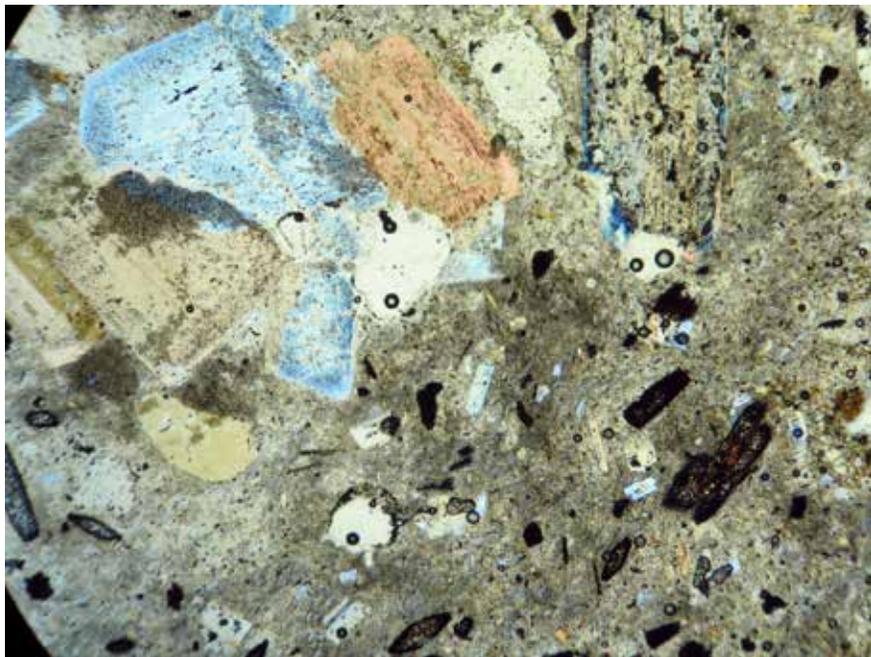


FIGURA 61. Lámina delgada. Se observa la oxidación en algunos minerales ferromagnesianos (JTT).

Además de plasmar gráficamente los efectos de deterioro en las fichas de conservación, se elaboró una tabla en la que se desglosaron las principales alteraciones o deterioros.

Con el fin de obtener una mayor comprensión y claridad sobre el estado de conservación general en la roca, éstos se enlis-

taron primero a nivel estructural y luego a nivel superficial, y en orden de profundidad o gravedad (de mayor a menor grado).

Al mismo tiempo, cada uno se relacionó con los factores que influyen en su presencia y con los principales mecanismos que los causan (figura 62, tablas 4a y 4b).



FIGURA 62. Detalle. Deterioros estructurales en fragmento B (MBR).

ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL RELIEVE

TABLA 4a. Deterioros estructurales presentes en la andesita

<b>Estructurales con nivel de gravedad-profundidad 1</b>				
<b>Factores de alteración</b>	<b>Mecanismos</b>	<b>Deterioro o alteración</b>	<b>Frecuencia/ ubicación</b>	<b>Ejemplo gráfico</b>
Factor humano  Intención de reutilización en época prehispánica	Tensiones generadas por un apoyo diferencial	Fracturas	Dos grandes fracturas que dividen el monolito en cuatro fragmentos	
Factor humano	Tensiones y esfuerzos mecánicos	Faltantes	Área central de la diosa; 8% en relación con el total	
<b>Estructurales con nivel de gravedad-profundidad 2</b>				
<b>Factores de alteración</b>	<b>Mecanismos</b>	<b>Deterioro o alteración</b>	<b>Frecuencia/ ubicación</b>	<b>Ejemplo gráfico</b>
Esfuerzos mecánicos	Presiones diferenciales durante la fractura del monolito	Grietas	Esquina inferior interna en fragmento D; 1% en relación con el total	
Esfuerzos mecánicos	Presiones diferenciales durante la fractura del monolito	Desprendimientos localizados	Oreja y muslo izquierdos, muslo derecho, fondo del bajo relieve en extremos de fractura norte-sur; 5% en relación con el total	
Estructura fluidal en la andesita	Separación por estratos	Exfoliación	Banderas sobre el cabello, garras de manos y pies, ceja del ser telúrico en rodilla derecha, oreja y seno izquierdo; 5% en relación con el total del relieve	

TABLA 4a. Continuación

<b>Estructurales con nivel de gravedad-profundidad 3</b>				
<b>Factores de alteración</b>	<b>Mecanismos</b>	<b>Deterioro o alteración</b>	<b>Frecuencia/ubicación</b>	<b>Ejemplo gráfico</b>
Densidad media, textura porfídica	Fuerzas mecánicas, golpes	Desportilladuras	Nariz, bordes sobre lado izquierdo del cabello, bordes en círculos de orejeras, bordes en fractura a la altura de la pierna izquierda de la diosa; 5% en relación con el total del relieve	
Factor humano Uso en época prehispánica	Fricción y roce	Erosión	Faldellín de la diosa, extremos en garras de los pies; 2% en relación con el total del relieve	
Factor humano	Percusión y tensión	Hendiduras	Lado izquierdo de la diosa, principalmente sobre su brazo y pierna; puntuales sobre la zona de pliegues en el vientre; 3% en relación con el total del relieve	

ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL RELIEVE

TABLA 4b. Deterioros superficiales presentes en la andesita

<b>Superficiales con nivel de gravedad-profundidad 1</b>				
<b>Factores de alteración</b>	<b>Mecanismos</b>	<b>Deterioro o alteración</b>	<b>Frecuencia/ubicación</b>	<b>Ejemplo gráfico</b>
Densidad media con sales disueltas	Incremento y disminución de volumen en poros e intersticios	Disgregación	Zonas sobre el faldellín de la diosa y en área de garras sobre pie derecho; 1% en relación con el total del relieve	
<b>Superficiales con nivel de gravedad-profundidad 2</b>				
<b>Factores de alteración</b>	<b>Mecanismos</b>	<b>Deterioro o alteración</b>	<b>Frecuencia/ubicación</b>	<b>Ejemplo gráfico</b>
Factor humano  Intención de nivelar profundidades en el piso	Adherencia y enlaces mecánicos entre morteros de cal y piedra y minerales de la andesita	Concreciones de argamasa	Zona del faldellín de la diosa; 2% en relación con el total del relieve	
<b>Superficiales con nivel de gravedad-profundidad 3</b>				
<b>Factores de alteración</b>	<b>Mecanismos</b>	<b>Deterioro o alteración</b>	<b>Frecuencia/ubicación</b>	<b>Ejemplo gráfico</b>
Presencia e intercambio de humedad con presencia de sales	Evaporación de agua y cristalización en superficie	Velos salinos	Áreas localizadas en cantos sobre los fragmentos B, C y D; 3% en relación con el total del relieve	
Contaminación  Intercambio de humedad	Posible disolución de minerales de manganeso	Manchas	Áreas localizadas en cantos sobre los fragmentos A y B	

## ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA DECORACIÓN

Conforme se avanzó en el proceso de limpieza para retirar la capa de sedimento que se encontraba depositada sobre los restos de policromía, se observó que ésta estaba bastante completa. Sin embargo, la capa pictórica mostraba un alto grado de fragilidad ocasionada por la pérdida del aglutinante que originalmente la mantuvo cohesionada al sustrato pétreo (figura 63).

Con la intención de describir claramente el estado de conservación y los efectos de deterioro presentes en esta decoración policroma, a continuación se presenta

una tabla en la que se muestran, en orden de gravedad (de mayor a menor), los deterioros y las alteraciones detectadas, relacionando cada uno de los casos con los factores y los mecanismos que los causan y de acuerdo con su ubicación y frecuencia (tabla 5).

La evaluación de las alteraciones presentes y la elaboración de las tablas fueron esenciales para poder comprender con claridad el estado de conservación que presentaba la andesita y su capa policroma, y también sirvieron como punto de partida para plantear y evaluar las propuestas de intervención encaminadas a su estabilización.



FIGURA 63. Detalle. Decoración en fragmento C (CML).

ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL RELIEVE

TABLA 5. Deterioros presentes en la decoración

Factores de alteración	Mecanismos	Deterioro o alteración	Frecuencia/ubicación	Ejemplo gráfico
Presencia de humedad, arrastre de materiales	Biodegradación de aglutinante orgánico	Pulverulencia	En toda la capa de policromía; 99% de pérdida de aglutinante original	
Nivelación y aplicación de rellenos en época prehispánica	Adherencia entre los estratos por fuerzas mecánicas	Deposición de tierra y argamasa en superficie	Sobre toda la escultura	
Presencia de humedad, arrastre de materiales	Esfuerzos mecánicos, debilitamiento	Exfoliación	25% del total de las áreas decoradas en blanco, negro y azul	
Presiones, presencia de humedad	Esfuerzos mecánicos, debilitamiento	Fisuras	20% del total de las áreas decoradas en blanco y negro	
Presencia de humedad con minerales disueltos	Cristalización a partir del desecamiento	Concreciones salinas	8% del total de la decoración, sobre área de brazos y piernas de la diosa	

## CAPÍTULO 3

### INTERVENCIÓN DEL MONOLITO DE LA DIOSA TLALTECUHTLI

En este capítulo se presenta la propuesta de intervención del monolito elaborada por el Departamento de Restauración del MTM, la cual se basó en la valoración del diagnóstico de los cuatro fragmentos que conforman el relieve y se realizó mientras estaban ubicados dentro de la caseta-laboratorio sobre la calle de República de Argentina. Asimismo, en esta sección se describen los procesos de conservación que se llevaron a cabo de manera puntual sobre la andesita y se presenta el trabajo de investigación que permitió, mediante diversos análisis, fundamentar la propuesta para el proceso de fijado de la capa de policromía sobre el sustrato pétreo.

#### LA PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

Los profesionales de la restauración sabemos que para abordar cualquier problemática de conservación primero hay que analizar y comprender a detalle las causas y mecanismos de deterioro presentes. A partir de ello, formulamos un diagnóstico específico que nos permite posteriormente plantear y valorar las propuestas.

Al ver que el relieve conservaba gran cantidad de pigmento debajo de la capa de tierra que lo cubría, tuvimos claro que la propuesta que hiciéramos tendría que incluir y evaluar alternativas específicas de tratamiento para estabilizar la policromía original de la escultura.

Así, al mismo tiempo que comenzamos a desarrollar la fase analítica que ayudaría a conocer la materialidad de la escultura y a definir los procesos más adecuados para la estabilización de su policromía, trabajamos de manera paralela en la planeación de los siguientes procesos de intervención general sobre el monolito:

- Limpieza: para delimitar el relieve y su decoración policroma, la capa de tierra en la superficie se eliminaría mecánicamente; los restos de argamasa, velos y concreciones salinas se retirarían por medio de métodos químicos y mecánicos.
- Consolidación puntual de la andesita: este proceso se aplicaría en las áreas de la roca con pulverulencia, grietas o exfoliación. El consolidante a utilizar en estos casos dependería de la definición sobre la sustancia que permitiría el fijado de la policromía al sustrato rocoso.
- Fijado de la policromía: se efectuarían los análisis correspondientes para definir el consolidante/fijativo más adecuado.
- Unión de fragmentos: este proceso se implementaría en los pequeños desprendimientos ubicados sobre los diseños del relieve. Dependiendo del tamaño y de la ubicación de cada fragmento, se valoraría el uso de resina epóxica o algún otro material adhesivo que a futuro pudiera ser reversible o retratable.
- Resanes y ribetes: se aplicarían resanes y ribetes con morteros de cal grado químico + distintas cargas con el fin de dar

mayor estabilidad a las zonas en donde se hubieran realizado uniones de fragmentos o consolidaciones, así como en las áreas en las que existieran bordes afilados que pudieran llegar a sufrir desprendimientos por acción mecánica.

## PROCESOS REALIZADOS

A continuación, se describen uno a uno los procesos de intervención realizados:

Limpieza: este proceso inició en junio de 2008 con la participación de profesionales de la restauración que intervinieron en distintos momentos: José Guadalupe Vázquez Vargas, Marimín López Cáceres, Laura Cossette Ramírez Gallegos, Cristina Barragán Martínez y Claudia Malvárez López. Cristina Barragán Martínez, Claudia Malvárez López y José Guadalupe Vázquez Vargas se encargaron sobre todo de la intervención directa en el relieve.

La tarea de limpieza se dividió en dos etapas. La primera se centró en la liberación de depósitos de tierra y fragmentos de piedra que se encontraban en las áreas más profundas del relieve, así como en la eliminación de la capa de argamasa que cubría el faldellín que porta la diosa. Para evitar cualquier tipo de apoyo directo sobre la superficie de la escultura durante esta labor, se recurrió al armado temporal de un andamio tubular.

En esta primera etapa, la limpieza se efectuó de manera mecánica con ayuda de brochuelos y brochas de pelo suave, hisopos de bambú y perillas y recogedores hechos con láminas flexibles de polietileno (figuras 64-65).

INTERVENCIÓN DEL MONOLITO DE LA DIOSA TLALTECUHTLI



FIGURA 64. Limpieza mecánica sobre el fragmento B (MBR).



FIGURA 65. Vista general del fragmento C durante el proceso de limpieza mecánica (CML).

La capa de argamasa ubicada sobre el faldellín de la diosa presentaba una dureza considerable y además se hallaba depositada sobre una zona que se percibía más susceptible debido al deterioro que se notaba a simple vista. Por ello, el proceso de limpieza en esta área se hizo de forma tanto química como mecánica: se aplicó localmente agua-alcohol en proporción 1:1 por goteo para ayudar a reblandecer la capa de argamasa y luego se procedió a retirarla de manera mecánica (figuras 66-67).

Una vez que se eliminaron los excedentes de tierra y fragmentos de piedra y argamasa sobre las áreas más profundas del relieve, comenzó la segunda etapa de limpieza, que consistió en remover de manera mecánica la delgada capa de tierra que se encontraba en contacto directo con la policromía original (Barajas Rocha *et al.* 2016: 19).

Dada la vulnerabilidad y fragilidad que presentaba la capa pictórica, esta fase de la limpieza fue sumamente lenta y delicada; con ayuda de brochuelos de pelo suave, bisturíes y perillas, se tuvo mucho cuidado en que al quitar la tierra no se perdiera la capa de pigmento que estaba debajo de ella.

En esta segunda fase de limpieza se efectuaron acciones concretas para los casos que se exponen a continuación.

#### ELIMINACIÓN DE VELOS Y CONCRECIONES SALINAS UBICADAS EN CANTOS DE LOS FRAGMENTOS

En los velos salinos de color amarillento y concreciones de color gris blanquecino ubicados en los cantos de los fragmentos B, C y D se probaron dos sustancias para ver cuál ayudaría a reblandecer la capa inso-



FIGURA 66. José Guadalupe Vázquez retirando la capa de argamasa sobre el fragmento C (MBR).



FIGURA 67. Limpieza mecánica después de aplicar agua-alcohol para reblandecer la argamasa (MBR).

luble de carbonatos. Primero se probó la mezcla conocida como AB57, en la cual el agente activo EDTA (sal disódica del ácido etilendiaminotetraacético) actúa como sequestrante. Se aplicaron compresas con esta mezcla, pero en ningún caso se obtuvieron resultados 100% satisfactorios.

Después se utilizaron compresas de ácido acético diluido al 5% en agua destilada, y éstas sí ayudaron a reblandecer satisfactoriamente las concreciones, las cuales fueron removidas más tarde de manera mecánica con ayuda de bisturíes.

Posteriormente, las zonas tratadas se enjuagaron con agua destilada y se asperjaron con bicarbonato de sodio al 10%

en agua para neutralizar cada una de las secciones (figuras 68-70).

#### ELIMINACIÓN DE VELOS SALINOS SOBRE CAPA PICTÓRICA

En algunas áreas de la capa pictórica se encontraron ligeras concreciones salinas que interferían con la lectura adecuada de la capa pictórica original. En estos casos se procedió a retirar la mayor cantidad posible con ayuda de bisturíes y agujas de disección. En ciertas partes se aplicó también un poco de etanol, de manera controlada, lo cual resultó muy efectivo para reblandecer la concreción (figuras 71-72).



FIGURA 68. Velos y concreciones salinas sobre algunos de los cantos (CBM).



FIGURA 69. Aplicación de compresas con ácido acético al 5% (CBM).



FIGURA 70. Canto del fragmento B después de la eliminación de concreciones (CBM).

INTERVENCIÓN DEL MONOLITO DE LA DIOSA TLALTECUHTLI



FIGURA 71. Brazo derecho de la diosa. Se observa la capa blanquecina de sales (CBM).



FIGURA 72. Eliminación de velos salinos con ayuda de bisturí (CBM).

### CONSOLIDACIÓN LOCAL SOBRE EL SUSTRATO

Este proceso se llevó a cabo cuando la fase analítica encaminada a definir el material con el que se realizaría el fijado de la policromía estaba a punto de concluir. La consolidación local se implementó en zonas puntuales en donde la roca presentaba disgregación y pulverulencia, y para ello se utilizó el mismo producto consolidante que después se empleó en el proceso de fijado de la capa de policromía (figuras 73-74).

Sobre las áreas de mayor tamaño que presentaban exfoliación y que forma-

ban parte del fondo del relieve se practicó un proceso de consolidación puntual en el que el consolidante se aplicó tanto por aspersión como por inyección (figuras 75-77).

En el caso particular de la grieta detectada en la parte inferior del fragmento D, el proceso de consolidación puntual se desarrolló de la siguiente manera:

Se extrajo toda la tierra al interior de la grieta a través de una bomba manual de aire comprimido y después se inyectaron pequeños puntos de una mezcla de tierra de diatomeas + cal en polvo (calhidra) en proporción 2:1 con el consolidante KSE 500®.



FIGURA 73. Consolidación local sobre canto del fragmento A (CML).



FIGURA 74. Aplicación de consolidante por goteo (CML).

INTERVENCIÓN DEL MONOLITO DE LA DIOSA TLALTECUHTLI



FIGURA 75. Consolidación por inyección en el fragmento D (CML).



FIGURA 76. En el fragmento D también se aplicó consolidante por aspersión (CML).



FIGURA 77. Proceso de consolidación puntual en el fragmento D (CML).

Mediante la asesoría del restaurador Wanja Wenekind,<sup>1</sup> la mezcla recién mencionada se probó antes en procesos de unión entre algunos de los fragmentos provenientes del faltante central del relieve.

En teoría, la tierra de diatomeas funge como carga, y el KSE 500®, como cementante. La calhidra en polvo sólo funciona como un aditivo catalizador. En esas pruebas sobre pedacería de andesita se observó que esta mezcla mantiene muy buen

adhesión al secar y además es químicamente compatible debido a la composición silícea de la tierra de diatomeas.

Posteriormente, se procedió a inyectar lechada de cal grado químico con carga de polvo de mármol fino en los puntos que ya no recibían más mezcla de tierra de diatomeas + KSE 500®. Una vez consolidada, la grieta se resanó con una pasta de cal grado químico y andesita molida 1:2 y se reintegró con pigmentos minerales durante su fraguado (figuras 78-81).



FIGURA 78. Extracción de tierra dentro de la grieta en el fragmento D (CML).



FIGURA 79. Inyección de consolidante + calhidra + tierra de diatomeas (CML).

<sup>1</sup> Wanja Wenekind es un restaurador de origen alemán que ha participado como docente y asesor en el ámbito de conservación de materiales pétreos en la Escuela de Conservación y Restauración de Occidente (ECRO).

INTERVENCIÓN DEL MONOLITO DE LA DIOSA TLALTECUHTLI



FIGURA 80. Grieta resanada (CBM).



FIGURA 81. Resane en proceso de reintegración cromática (CBM).

## UNIÓN DE FRAGMENTOS

En todos los casos, el objetivo del proceso de unión de fragmentos fue devolver la unidad integral y visual al relieve. Se usaron dos materiales adhesivos diferentes de acuerdo con el tamaño y ubicación de las partes desprendidas.

Los más pequeños, cuya mayoría presentaba policromía, se unieron con cola de caseína preparada en agua destilada en una proporción aproximada de 15%, a la cual se

le agregó esencia de clavo como conservador (figuras 82-83).

En el caso de los más grandes, que por su ubicación necesitaban adquirir más resistencia mecánica, se utilizó resina epóxica de marca Epolyglas®, tipo MPTA 106, que es un adhesivo epóxico integrado por dos componentes (resina y endurecedor) que se utilizan en partes iguales. Su tiempo de fraguado es de seis horas y su endurecimiento total es de 24 horas (figuras 84-86).



FIGURA 82. Proceso de unión de fragmentos pequeños con cola de caseína (CBM).



FIGURA 83. Unión de fragmentos con cola de caseína en los huesos cruzados del faldellín (CBM).

INTERVENCIÓN DEL MONOLITO DE LA DIOSA TLALTECUHTLI



FIGURA 84. Unión de fragmentos con resina epóxica en seno izquierdo de la diosa (CBM).



FIGURA 85. Aplicación de resina epóxica para la unión de fragmentos (CBM).



FIGURA 86. Proceso de unión con resina epóxica (CML).

## APLICACIÓN DE RESANES

Este proceso se implementó en las uniones de fragmentos, en algunas áreas periféricas en donde los cantos quedaban expuestos, así como en grietas, craqueladuras, fisuras y zonas con exfoliación ya consolidadas. Para definir la pasta de resane adecuada, se llevaron a cabo distintas pruebas. A continuación, se mencionan las pastas utilizadas; se aclara que éstas se aplicaron de acuerdo con la ubicación del resane:

- Áreas con tonalidad roja, ocre y azul: tezontle molido en grado cero fino + cal grado químico 2:1. A esta pasta se le agregó pigmento de sombra natural.
- Áreas de roca expuesta: andesita molida en grano medio + cal grado químico 2:1. A esta pasta se le agregó pigmento rojo y sombra natural.
- Áreas con decoración de estuco: polvo de mármol + cal grado químico. A esta pasta se le agregó pigmento de sombra natural (figura 87).

## EL PROCESO DE FIJADO DE LA CAPA PICTÓRICA

Hay que decir que el proceso de fijado en la policromía fue el punto crucial de la intervención, pues conforme se avanzaba en la limpieza era cada vez más evidente que el relieve de la diosa Tlaltecuhltli conservaba en su superficie una capa de policromía bastante completa; pero desafortunadamente ésta había perdido ya su adherencia

al sustrato pétreo y, por lo tanto, presentaba un profundo grado de pulverulencia. Debido a esta situación, la decisión sobre cómo proceder para estabilizar la decoración en la roca se tornó el punto crítico y determinante de la propuesta de intervención del monolito. Trabajar con la primera escultura monumental que se halla policromada casi en su totalidad representó un reto muy grande y a la vez emocionante (figuras 88-89).

La definición del método de fijado exigía, por consiguiente, la reflexión y discusión sobre las posibles opciones de sustancias fijativas a aplicar, ya que este proceso, que contribuiría a devolver estabilidad a la capa original de policromía, implicaría la adición de algún material consolidante que necesariamente sería irreversible, además de que modificaría las características físico-químicas del material original (Price 1996: 29).

Sin embargo, dependiendo de la naturaleza química del material consolidante seleccionado y de su interacción con los materiales constitutivos del relieve, el proceso de fijado podría aplicarse sin llegar a modificar drásticamente las características físico-químicas originales, además de que, con el paso del tiempo, el material ya tratado podría tener un comportamiento natural ante los factores microclimáticos y presentar una degradación o un envejecimiento natural que permitiría posibles retratamientos o reaplicaciones a futuro.

Es así que en este proceso de reflexión fue necesario un trabajo analítico previo que permitiera una aproximación a los posibles resultados a corto, mediano y largo plazo.

INTERVENCIÓN DEL MONOLITO DE LA DIOSA TLALTECUHTLI



FIGURA 87. Aplicación de resanes (CML).



FIGURA 88. Orejera derecha a la mitad de la limpieza (CML).



FIGURA 89. Orejera derecha después de la limpieza (MBR).

### PRUEBAS CON NANOPARTÍCULAS DE HIDRÓXIDO DE CALCIO

La primera opción que se evaluó fue el uso de nanopartículas de hidróxido de calcio. Este procedimiento fue probado por el doctor Piero Baglioni, investigador de la Universidad de Florencia, en algunos proyectos del INAH para consolidación en estucos y pintura mural al fresco.

Se planteó la posibilidad de usar la aplicación de nanopartículas de sílice para buscar una mayor compatibilidad debido a la composición química de la andesita: silicoaluminatos de sodio y potasio.

Desafortunadamente, para la fecha en que se programó la visita de Piero Baglioni no se contaba aún con el compuesto

de sílice, por lo que se tomó la decisión de realizar unas pruebas con nanopartículas de hidróxido de calcio y con nanopartículas de hidróxido de calcio + silicato de etilo con la finalidad de evaluar si se llegaban a formar enlaces tanto químicos como mecánicos con los componentes de calcio presentes en la andesita que conforma el monolito.

En la zona de la ceja del rostro telúrico que está sobre la garra del pie izquierdo de la diosa (fragmento D) se aplicaron tres pruebas. Las nanopartículas de hidróxido de calcio se colocaron mediante una interfase de papel japonés delgado, y sobre éste se aplicó la solución. Cada una de las pruebas se cubrió posteriormente con pulpa de papel humedecida en agua destilada.



FIGURA 90. Aplicación de pruebas con nanopartículas de CaOH sobre papel japonés (MBR).

Casi 24 horas más tarde, las pruebas se retiraron por completo. Los resultados obtenidos no fueron satisfactorios: los pigmentos no se adhirieron a la superficie rocosa y además se formaron halos blanquecinos alrededor de las muestras (figuras 90-91).

Además, con la finalidad de evaluar los tratamientos de consolidación local en las áreas que presentaban problemas de exfoliación, se realizaron algunas pruebas –esta vez en la zona de las banderas que lleva la diosa insertadas en la cabellera (fragmento A)– usando una mezcla de lechada de cal con nanopartículas de hidróxido de calcio, pero tampoco se logró una buena adhesión entre ambas superficies en la roca (figura 92).

Aunque los resultados de estos ensayos no fueron los esperados, es importante mencionar que este procedimiento es bastante nuevo, así que es necesario continuar con las pruebas en probetas y con los análisis para obtener mejores resultados.

Los expertos proponen que hay que considerar la opción de las nanopartículas de hidróxido de calcio, pues ha tenido buenos resultados en ciertos casos de pintura mural al fresco y de relieves en estuco en los que la principal composición del sustrato a consolidar es de carbonato de calcio.

Sería interesante valorar en un futuro la propuesta de algunos especialistas italianos de realizar este tipo de pruebas con la preparación exacta de nanopartículas de acuerdo con el sustrato que se trate.



FIGURA 91. Pulpa de papel sobre las tres pruebas aplicadas (MBR).



FIGURA 92. Pruebas de consolidación en zona con exfoliación (MBR).

PRIMERAS PRUEBAS  
SOBRE PROBETAS

En diciembre de 2008, se tomó la decisión de trabajar con pruebas de posibles compuestos fijativos aplicados sobre probetas. Para ello, se utilizó la pedacería de andesita que se encontró debajo del faltante central del relieve.

Se prepararon seis muestras y en cada una se pusieron dos colores conformados por hematita y goetita (óxido de hierro). El pigmento se aplicó en seco con ayuda de un pincel, adhiriéndolo al sustrato de la muestra únicamente por medio de fuerzas físicas (figura 93).

Las sustancias utilizadas en esta primera serie de probetas se definieron de la siguiente manera:

Sobre cada una de las muestras se marcaron tres partes: la primera quedó co-

mo testigo, sin aplicación de fijativo; a la segunda se le puso una aplicación, y a la tercera, dos. En el caso de la muestra con Paraloid B72® se probaron además dos distintas concentraciones (tabla 6).

Esta primera fase de pruebas se efectuó de manera experimental. Se midieron visualmente los efectos obtenidos sobre la capa pictórica y se hicieron pruebas físicas para evaluar el fijado en cada caso: una vez aplicadas las sustancias sobre las distintas probetas, se rodó un hisopo humedecido con agua destilada sobre la superficie. En los casos en los cuales el fijado fue satisfactorio, el hisopo no presentó pigmentación.

Las probetas se mantuvieron un año en la caseta-laboratorio con el fin de valorar su comportamiento con el paso del tiempo. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos (tabla 7).



FIGURA 93. Probetas utilizadas en la primera fase de pruebas (MBR).

TABLA 6. Sustancias seleccionadas para la primera serie de pruebas sobre probetas

<b>Compuesto utilizado comúnmente en el campo de la restauración</b>		
<b>Nombre</b>	<b>Características</b>	<b>Preparación</b>
Paraloid B72 <sup>®</sup> al 2.5% y al 5% en xilol	Polímero sintético que ha dado buenos resultados en el fijado de pigmentos. El inconveniente que presenta este compuesto es que tiende a formar películas amarillentas con el paso del tiempo, además de sellar completamente la superficie sobre la que se aplica.	Su presentación es en perla. Ésta se pone en una “muñeca” de papel <i>non-woven</i> a la concentración deseada dentro del solvente.
<b>Compuestos compatibles por el tipo de aglutinante original</b>		
Funori al 2.5% en agua destilada	Polisacárido: alga japonesa ( <i>Gelidium</i> o <i>Glacilaria</i> ). Goma soluble en agua y utilizada como adhesivo débil. Polímero natural formado por unidades repetidas del monosacárido galactosa (Swider y Smith 2005: 122).	Se pone a hinchar en agua durante un día. Una vez hinchada, se forma un gel amarillento translúcido que se cuele para retirar los residuos del alga y posteriormente se diluye a la concentración deseada.
Baba de nopal 1:1	Polisacárido: exudado vegetal formado por los monosacáridos arabinosa, galactosa, ramnosa y xilosa.	Se corta un nopal en trozos pequeños, al cual se le agrega agua hasta cubrirlo. Al día siguiente, a partir de la baba obtenida, se realiza una proporción de 1:1 agregando agua destilada.
Tzauhtli al 5% en agua destilada	Polisacárido: es un mucílago de la orquídea <i>Laelia autumnalis</i> . Se obtiene de los bulbos secos de la planta, los cuales se machacan hasta formar un polvo (González Tirado 1996: 31).	Este polvo se hincha en agua destilada, dejándola reposar un día para posteriormente colarla y agregarle agua hasta obtener la concentración deseada.
<b>Compuestos compatibles por el tipo de sustrato</b>		
KSE 300 <sup>®</sup> 1:1	Etil-éster de silicato fabricado por la marca Remmers, de origen alemán. Ha sido utilizado en consolidación de piedras areniscas, principalmente en Europa. Últimamente se ha probado en algunos casos específicos en México por parte de los alumnos de la ECRO.	Diluido en alcohol etílico en una proporción de 1:1.
Köstrosol <sup>®</sup>	Silicato fabricado por la marca Bad Köstritz, de origen alemán, el cual tiene la particularidad de ofrecer presentaciones en tamaños de nanopartículas específicas.	Está preparado en agua y no necesita diluirse.

LA RESTAURACIÓN DEL MONOLITO DE LA DIOSA TLALTECUHTLI

TABLA 7. Resultados de las primeras pruebas sobre probetas

		<b>Capacidad de penetración</b>	<b>Saturación del pigmento</b>	<b>Cambios de apariencia visual</b>	<b>Capacidad de fijado de pigmentos</b>	<b>Observaciones</b>
Funori 2.5 %	1. <sup>a</sup> ap.	Buena	Sin cambio	Velo blanquecino superficial	Fijó poco	
	2. <sup>a</sup> ap.	Lenta	Sin cambio	Velo blanquecino superficial	Fijó poco	
Tzauhtli	1. <sup>a</sup> ap.	Buena	Sin cambio	Velo blanquecino y residuos blancos (por no colar bien).	No fijó	Debe colarse muy bien para evitar residuos.
	2. <sup>a</sup> ap.	Buena	Sin cambio	El velo blanquecino fue mayor.	No fijó	
Baba de nopal 1:1	1. <sup>a</sup> ap.	Buena	Sin cambio	Ninguno	No fijó	
	2. <sup>a</sup> ap.	Buena	Sin cambio	Ninguno	No fijó	
Paraloid B72 <sup>®</sup> 2.5 %	1. <sup>a</sup> ap.	Buena	Sin cambio	Ninguno	Fijó poco	
	2. <sup>a</sup> ap.	Buena	Sin cambio	Ninguno	Fijó poco	
Paraloid B72 <sup>®</sup> 5 %	1. <sup>a</sup> ap.	Buena	Sin cambio	Ninguno	Fijó muy poco (menos que al 2.5%)	
	2. <sup>a</sup> ap.	Buena	Sin cambio	Ninguno	Fijó muy poco (menos que al 2.5%)	
KSE 300 <sup>®</sup> 1:1	1. <sup>a</sup> ap.	Buena	Sin cambio	Ninguno	Fijó poco	
	2. <sup>a</sup> ap.	Buena	Sin cambio	Ninguno	Fijó poco	
Köstrosol <sup>®</sup>	1. <sup>a</sup> ap.	Buena	Sin cambio	Capa blanquecina	No fijó	Posteriormente, se nos comentó que si se aplica alcohol etílico previamente, no se forman los velos blanquecinos. No se sabe qué tan factible es conseguirlo en México.
	2. <sup>a</sup> ap.	Lenta	Sin cambio	Capa blanquecina que se nota mucho más.	Fijó	

## FASE ANALÍTICA SOBRE NUEVA SELECCIÓN DE FIJATIVOS

Después de haber realizado las pruebas descritas, los investigadores Pedro Bosch Giral y Enrique Lima, del Instituto de Investigaciones en Materiales de la UNAM (IIM-UNAM), nos brindaron todo el apoyo necesario para planear y poner en marcha un trabajo de investigación enfocado en el análisis, la comprensión y la valoración del comportamiento de un nuevo grupo de opciones de fijativos.

En este punto es importante recalcar que para realizar un ejercicio analítico previo, en cualquier propuesta de intervención, se necesitan dos cosas: tiempo y apoyo académico. Es por ello que aquí se hace hincapié en la atinada y afortunada experiencia de haber efectuado un trabajo interdisciplinario en donde en todo momento se tomaron decisiones de manera conjunta con el objetivo común de preservar este importante ejemplar de la escultura monumental mexicana (Barajas Rocha 2012: 32).

Además, desde el inicio del proyecto de conservación del monolito se contó con el apoyo de Leonardo López Luján, quien nos brindó constante asesoría y ayudó con todo lo necesario para el desarrollo de esta labor.

Así pues, en la definición del nuevo grupo de fijativos a analizar se consideraron los resultados obtenidos en las pruebas de la primera fase de trabajo. El paso inicial fue descartar los compuestos tzauhtli y Köstrosol®.

El primero, un polisacárido, no fijó el pigmento sobre el sustrato pétreo y dejó residuos a manera de costras blanquecinas

sobre la superficie, pero además su obtención resulta sumamente complicada: de los bulbos específicos se obtienen tan sólo unos cuantos mililitros de aglutinante vegetal. Así que para el caso particular del fijado de la capa pictórica en el relieve de la diosa Tlaltecuhltli se habrían necesitado varios litros por aplicación, sin considerar la cantidad de aplicaciones que requeriría el proceso.

El segundo consolidante tampoco fijó la capa de pigmento sobre la piedra y también dejó residuos en forma de película blanquecina sobre la capa pictórica. Además, no se contaba con suficiente información técnica sobre el producto ni tampoco con los datos de los distribuidores.

Se decidió continuar con la baba de nopal y con el funori, ya que ambos han brindado buenos resultados para ciertas problemáticas de conservación (Barajas *et al.* 2009: 2252). Asimismo, se buscó probar otras sustancias que pudieran servir como fijativos y que por su naturaleza fueran biodegradables. A partir de ello, se aseguraría cada cierto tiempo su retratabilidad. Con este criterio, se determinó analizar el comportamiento del metil e hidroxipropilcelulosa (Methocel® y Klucel®), compuestos de la celulosa que se utilizan principalmente en procesos de conservación de documentos.

Por otro lado, se resolvió seguir analizando el KSE 300®, debido a los resultados obtenidos en las primeras pruebas y a su compatibilidad con el sustrato, y el Paraloid B72®, material que se utiliza constantemente en este campo y cuya interrelación y comportamiento con los materiales constitutivos es importante comprender a

detalle para poder respaldar la posibilidad de utilizarlo bajo condiciones específicas (tabla 8).

A seis fragmentos de la misma andesita constitutiva del monolito se les aplicó con ayuda de un pincel una película de pigmento de color ocre (goetita). Sobre la

capa de pigmento depositado en la superficie de la piedra se pusieron mediante goteo los diferentes fijativos preparados en el laboratorio. En total se realizaron tres aplicaciones de cada uno. Los fragmentos se entregaron al IIM-UNAM, donde se les sometió a diversos estudios (figura 94).

TABLA 8. Selección de fijativos para investigación en el IIM-UNAM

<b>Compuestos utilizados comúnmente en el campo de la restauración</b>		
<b>Nombre</b>	<b>Características</b>	<b>Preparación</b>
Paraloid B72 <sup>®</sup> al 2.5% y al 5% en xilol	Se decidió seguir probando con este polímero sintético porque, además de que ha sido utilizado en el campo de la restauración por casi tres décadas, los resultados obtenidos en las primeras probetas fueron satisfactorios. Por ello, se consideró importante comprender, a partir de los análisis, su interacción específica con los materiales constitutivos del relieve.	En “muñeca” de papel <i>non-woven</i> a la concentración deseada dentro del solvente.
<b>Compuestos compatibles por el tipo de aglutinante original</b>		
Funori al 1.25% en agua destilada	Goma extraída de algas marinas de color rojo, producidas en las costas de Japón. Polímero natural formado por unidades repetidas del monosacárido galactosa (Swider y Smith 2005: 122).	Se decidió bajar la concentración de 2.5 a 1.25% con la finalidad de lograr una mejor penetración. Previamente hinchada la goma, se cuele el gel amarillento con el fin de retirar los residuos del alga. Más tarde, se diluye a la concentración deseada.
Baba de nopal 1:1	Formado por un polisacárido en el que los monosacáridos presentes son: arabinosa, galactosa, ramnosa y xilosa. Se decidió seguir probando este compuesto debido a la cantidad de usos que ha tenido en el campo de la restauración. A partir de la investigación, se esperaría conocer con mayor precisión los resultados que se pueden esperar de este compuesto.	El nopal, previamente lavado, se corta en pequeños pedazos. Se le agrega agua tibia hasta dejarlo cubierto y se deja así durante una noche. Una vez extraída la baba, se retiran los trozos de nopal. Si es necesario, se puede colar. Esta baba se disuelve en agua, en proporción 1:1.

TABLA 8. Continuación

<b>Compuestos derivados de la celulosa</b>		
Methocel <sup>®</sup> (Metilcelulosa) al 1 % en agua destilada	Éter de celulosa en el que los grupos OH en los residuos de glucosa se han sustituido por grupos metilo (Barberá Durón 2004: 27).	La metilcelulosa se dispersa primero en agua antes de disolverse para evitar que se formen grumos. Se calienta una tercera parte del volumen total de agua a 80-90 °C y las dos terceras partes de agua se refrigeran antes de iniciar la preparación. Se añade el Methocel <sup>®</sup> a una tercera parte de agua caliente y se agita hasta que el polvo esté completamente hidratado y disperso. Posteriormente, se añade el agua fría y se continúa agitando. Una vez disuelto se recomienda refrigerar la solución durante 20-40 minutos.
Klucel <sup>®</sup> al 1% en agua destilada	Hidroxipropilcelulosa, a partir de celulosa alcalina, en donde los grupos OH de la anhidroglucosa se sustituyen por grupos hidroxipropil (Barberá Durón 2004: 27).	Se prepara de la misma manera que el Methocel <sup>®</sup> . Se puede disolver en solventes como alcohol etílico o acetona/agua 9:1.
<b>Compuestos compatibles por el tipo de sustrato</b>		
KSE 300 <sup>®</sup> 1:1	Etil-éster de silicato fabricado por la marca Remmers, de origen alemán. Reacciona con la humedad del ambiente y con la humedad contenida al interior de los poros de la piedra. En esta reacción el dióxido de sílice amorfo (SiO <sub>2</sub> ) se enlaza con las partículas de la piedra y queda depositado como consolidante. Se decidió seguir probando este compuesto debido a la compatibilidad química que presenta con la andesita, además de que aparentemente dio buen resultado en la primera fase de pruebas.	Se diluyó en alcohol etílico en una proporción de 1:1.

Para definir qué análisis deberían llevarse a cabo en este segundo grupo de probetas, se discutió la información que se necesitaba obtener:

- Conocer la composición y morfología de la película formada en la superficie pétreo al aplicar el fijativo.
- Comparar la superficie de la muestra con y sin aplicación de fijativo para estudiar las diferencias.
- Averiguar el comportamiento del sistema poroso de la andesita ya tratada en relación con la andesita sin tratar; se buscaba un compuesto que formara una película superficial que no sellara por completo la escultura, ya que en caso de presentarse un cambio brusco en la humedad relativa, ésta intentaría entrar o salir a través del sistema poroso de la roca. Si se llegara a formar una película compacta, ésta impediría el intercambio natural entre la roca y la humedad relativa y se podrían generar nuevos deterioros: grietas, fisuras o desprendimientos.
- Conocer el comportamiento de la película de pigmento ya fijada y su interacción con el sustrato pétreo tanto a corto como a largo plazo.
- Entender la variación cromática que podría llegar a tener la capa pictórica original una vez aplicado el fijativo tanto a corto como a largo plazo.

Por consiguiente, a partir de la definición de las características a estudiar, se plantearon los análisis que se describen a continuación.



FIGURA 94. Probetas preparadas para análisis en el IIM-UNAM (MBR).

CÁMARA DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO

En el IIM-UNAM, las probetas se introdujeron en una cámara de intemperismo Accelerated Weathering Tester, fabricada por The Q Panel Company QUV. Antes de iniciar, el ingeniero Miguel Ángel Canseco, encargado del equipo, explicó que 600 horas —es decir, 25 días— de exposición dentro de la cámara equivalen a un año en tiempo real.

Las condiciones dentro de la cámara cambiaban cada 16 y 8 horas; durante el primer lapso las probetas permanecían expuestas a la luz UV, con una temperatura entre 40-45 °C y una humedad relativa de 20-30%. En la fase siguiente se eliminaba la luz UV, la temperatura variaba entre 45-50 °C y la humedad relativa se mante-

nía entre 80-100 %. Estos dos periodos completaban un ciclo de 24 horas diarias, el cual se repitió durante 75 días; tiempo que, de acuerdo con lo que explicó el ingeniero Canseco, equivale a tres años de envejecimiento (figuras 95-96).

Una vez concluido este proceso, para el resto de los análisis se utilizaron dos series de muestras: una de siete (seis con los distintos fijativos y un testigo sin fijar) a las que llamamos “nuevas” (es decir, que no fueron sometidas a intemperismo), y otra serie, también de siete, que provenía de la cámara y, por tanto, presentaban un envejecimiento correspondiente a tres años.

A continuación, se detallan los análisis que se llevaron a cabo.



FIGURA 95. Cámara de envejecimiento acelerado (CBM).



FIGURA 96. Muestras dentro de la cámara (MBR).

DIFRACCIÓN DE RAYOS X (XRD)

Técnica especializada en la caracterización de material mineral con una buena representatividad estadística que permite identificar fases cristalinas mediante la comparación de los difractogramas obtenidos en una base de datos. Para este tipo de análisis, las muestras suelen molerse de mane-

ra previa; sin embargo, en este caso en particular se utilizaron completas y además se buscó un punto en donde la superficie no fuera tan rugosa.

Ésta no es una técnica de análisis local, aunque hay que considerar que, como las muestras son rugosas, las intensidades absolutas pueden llegar a variar aproximadamente 40%.

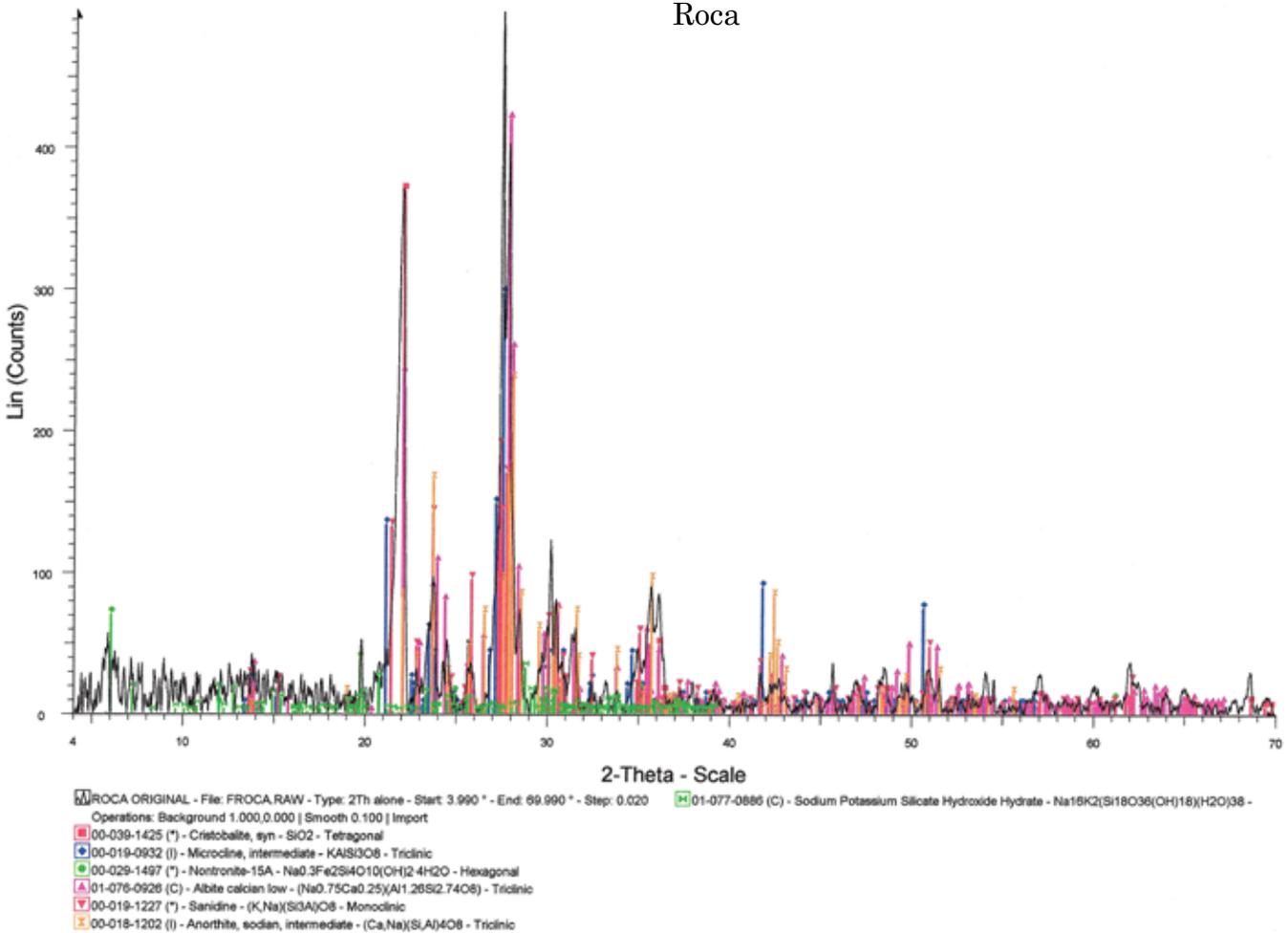


FIGURA 97. Andesita (PBG).

Los análisis por difracción de rayos X se llevaron a cabo tanto en las muestras nuevas como en las envejecidas con el fin de comparar las gráficas y comprender si existían cambios en cuanto a composición en cada caso. A continuación, se exponen los principales resultados detectados a partir de la comparación entre los difractogramas de las pruebas analizadas.

En los difractogramas de las muestras de piedra, una con pigmento y otra no, se observaron patrones relacionados con la composición de la andesita (albita, ortoclasa).

En el caso de la que tenía pigmento se detectaron, además, los picos correspondientes a la presencia de goetita (hidróxido de hierro) (figuras 97-98).

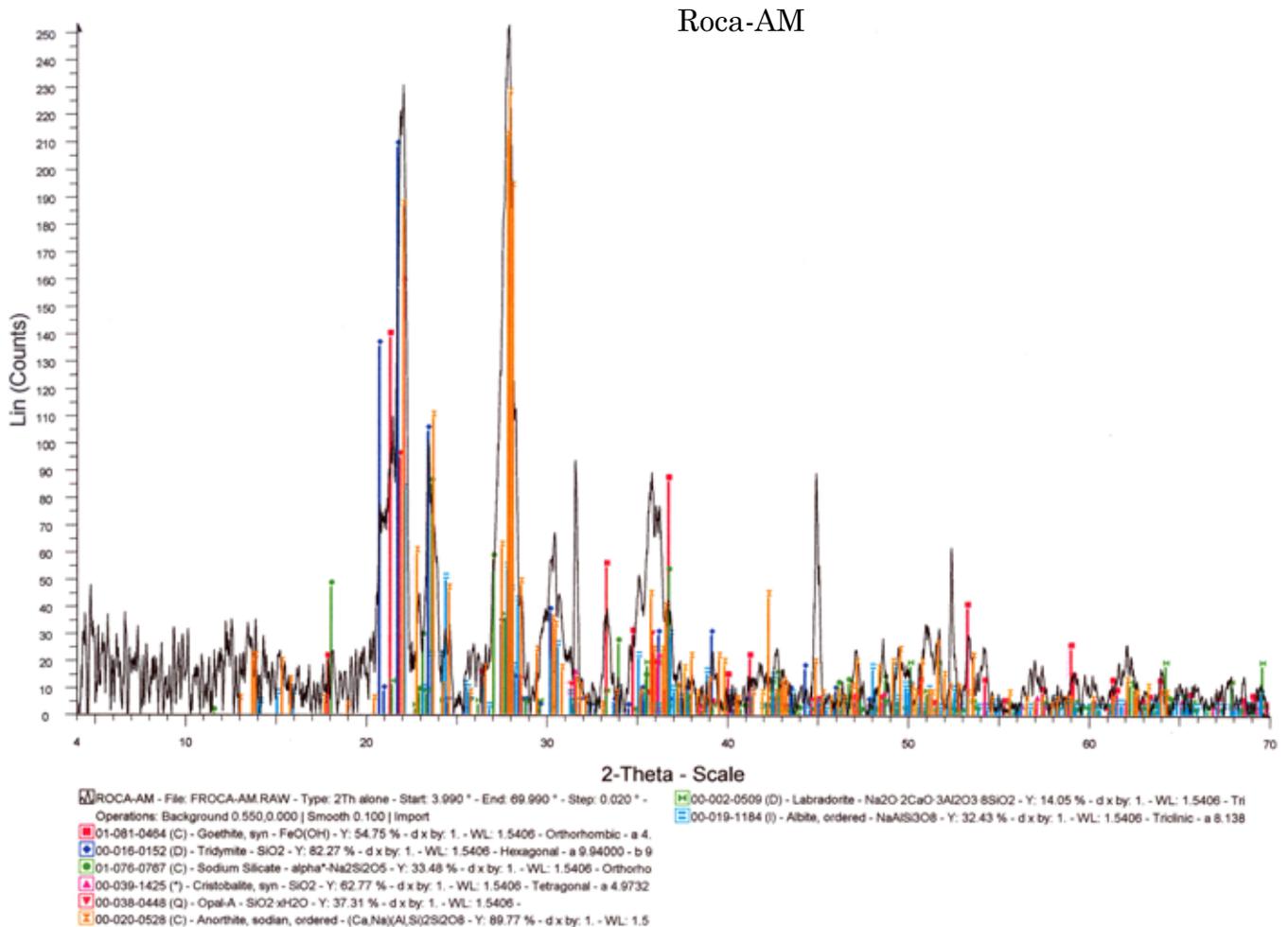


FIGURA 98. Andesita con pigmento (PBG).

Los estudios comparativos de los distintos compuestos fijativos se analizaron con esta técnica antes y después del envejecimiento acelerado, y se notó lo siguiente:

Paraloid B72® al 2.5% en xilol: en ambos casos los picos más pronunciados son goetita  $\text{Fe}^{+3}(\text{OH})$ , albita ( $\text{Na}_{0.75}\text{Ca}_{0.25}$ ) y ortoclasa ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ) (figuras 99-100).

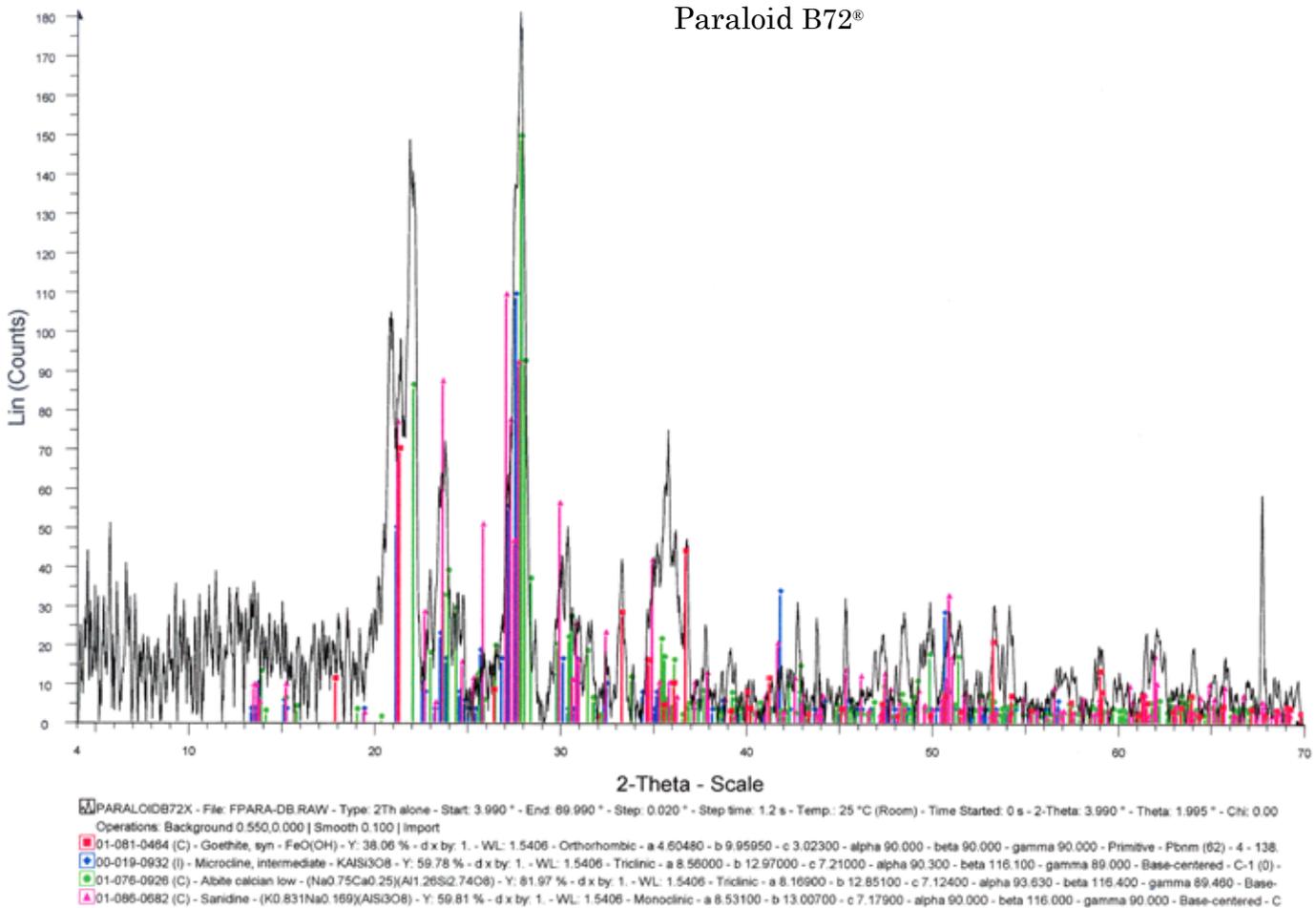


FIGURA 99. Paraloid B72® en muestra nueva (PBG).

INTERVENCIÓN DEL MONOLITO DE LA DIOSA TLALTECUHTLI

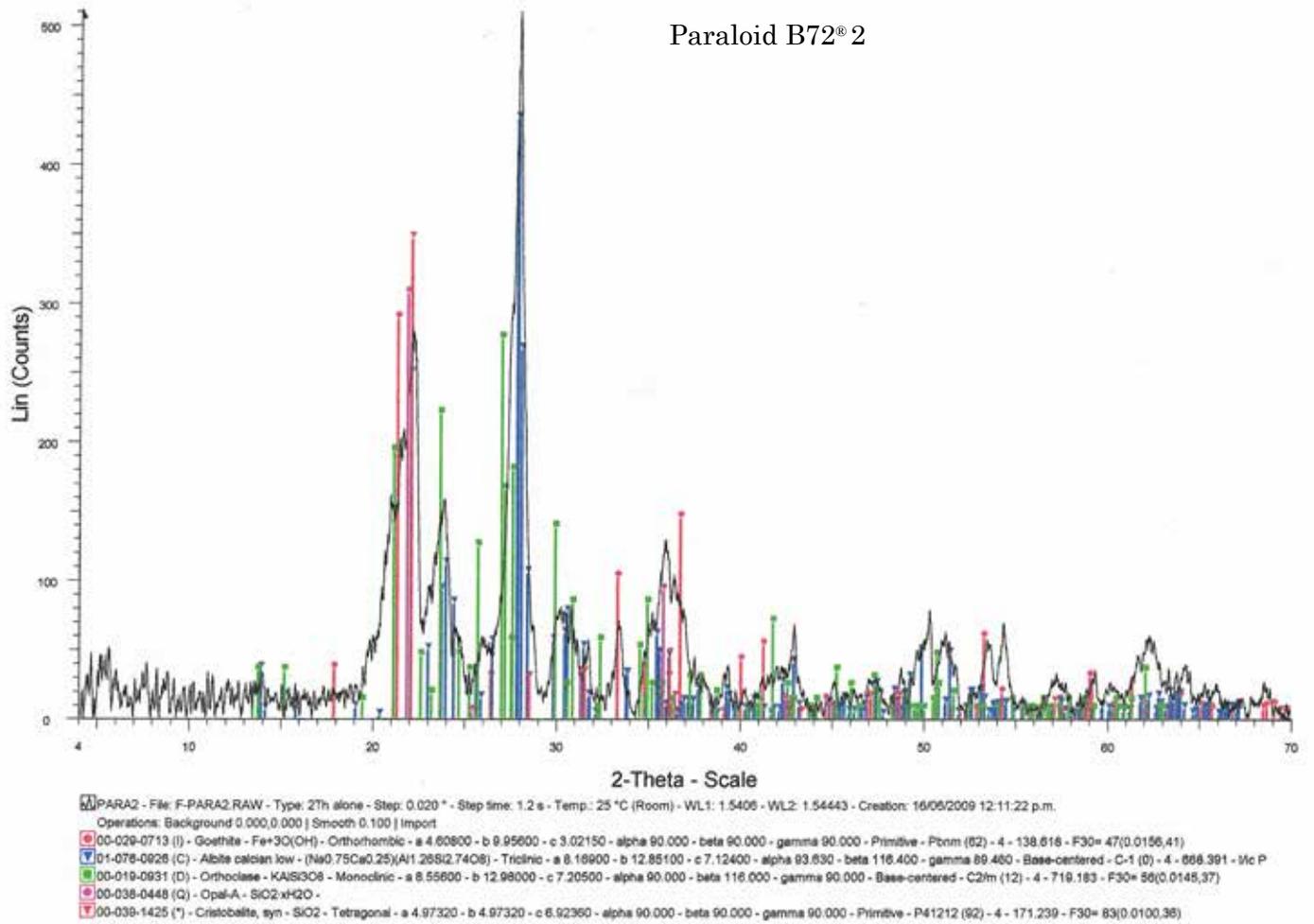


FIGURA 100. Paraloid B72® en muestra envejecida (PBG).

Methocel® (Metilcelulosa) al 1% en agua destilada: en la muestra nueva se observan picos correspondientes a la andesita, pero en la envejecida éstos desaparecen en donde se forma un gran pico de goetita y cristobalita.

Lo anterior hace pensar en la probabilidad de que se formen esferas compactas de goetita (pigmento) encapsuladas por el Methocel® (figuras 101-102).

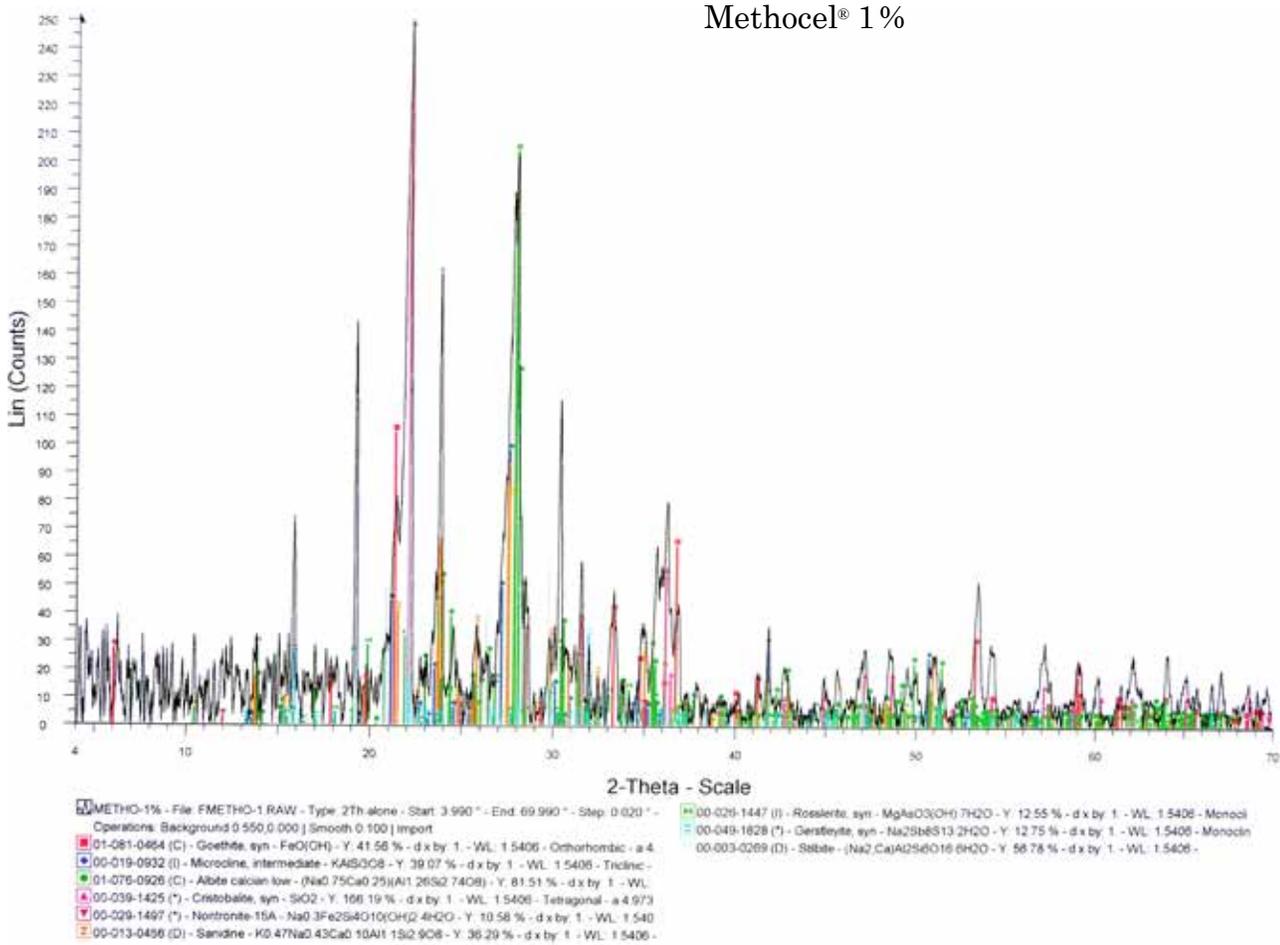


FIGURA 101. Methocel® en muestra nueva (PBG).

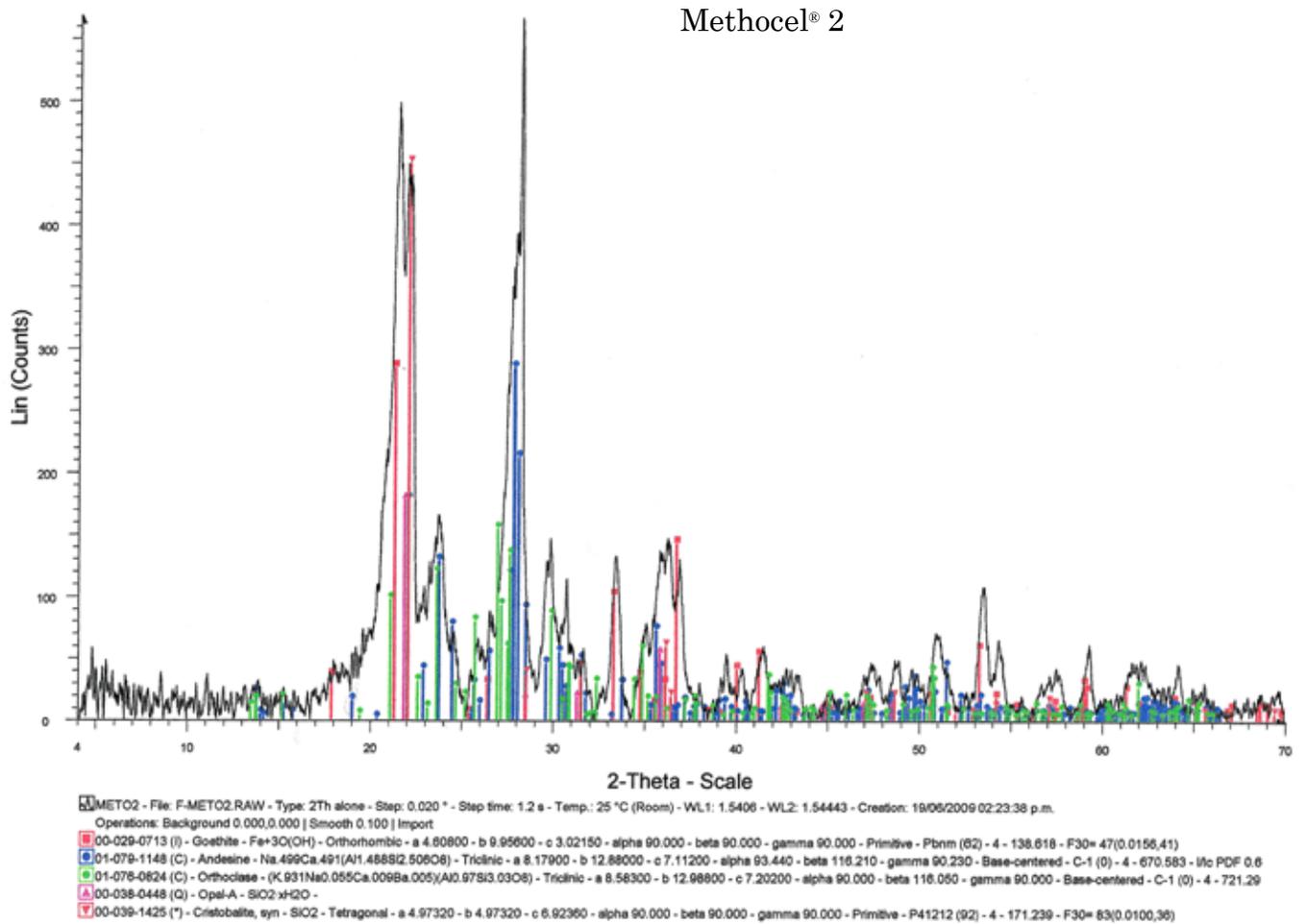


FIGURA 102. Methocel® en muestra envejecida (PBG).

En el resto de los compuestos, los cambios después del envejecimiento fueron más notorios:

Funori al 1.25% en agua destilada: los picos correspondientes a la goetita presentes en la muestra fijada con funori antes de ser intemperizada se hacen más intensos a través del envejecimiento.

Lo anterior hace suponer que tal vez se generó un proceso de sinterización en los cristales del pigmento; es decir, que el pigmento pudo haberse aglomerado formando partículas de mayor tamaño. Además, en la muestra envejecida aparecen nuevos picos en posición 21.4 y 22.5, que son de goetita y andesita (figuras 103-104).

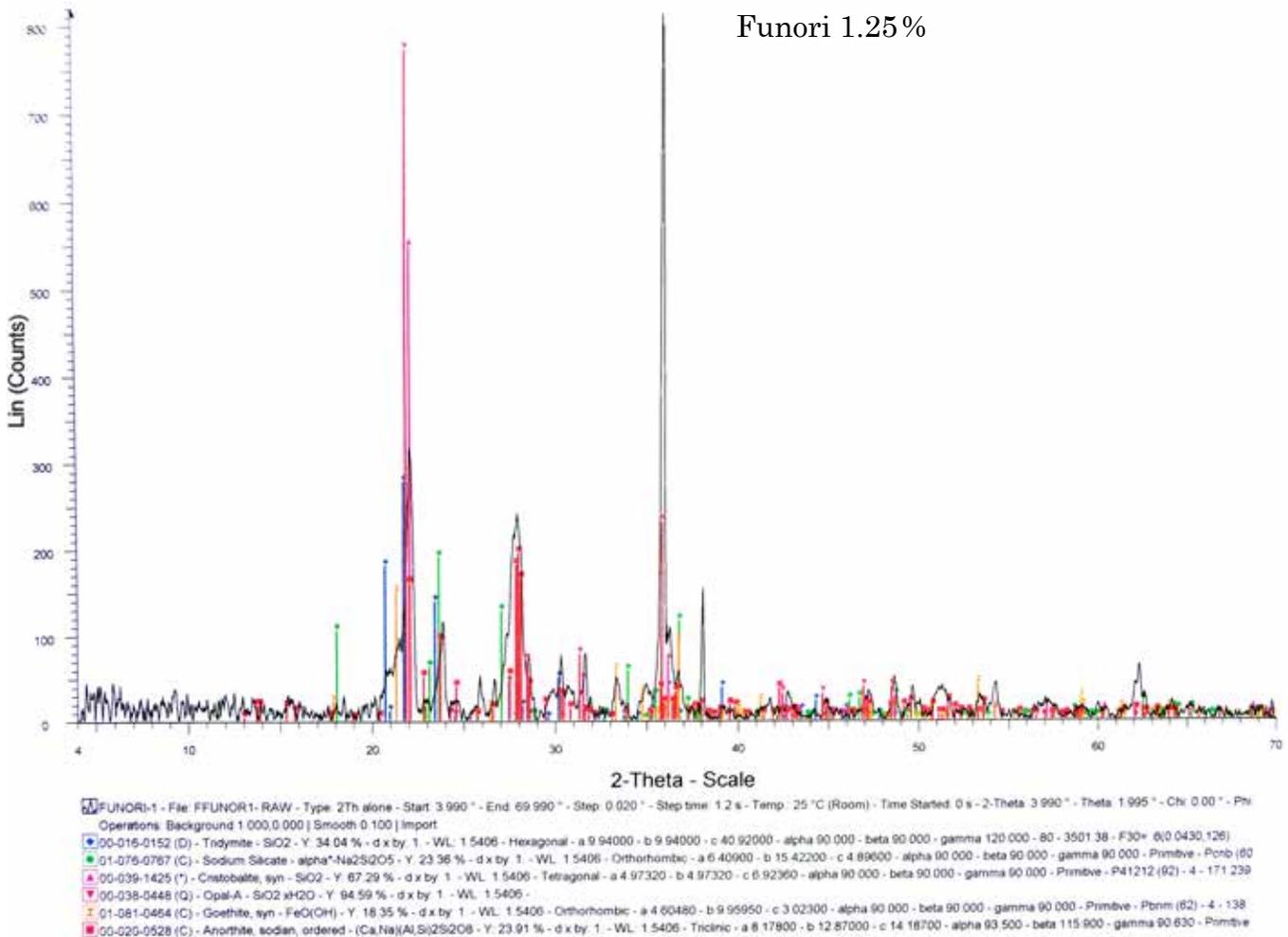


FIGURA 103. Funori en muestra nueva (PBG).

Funori 2

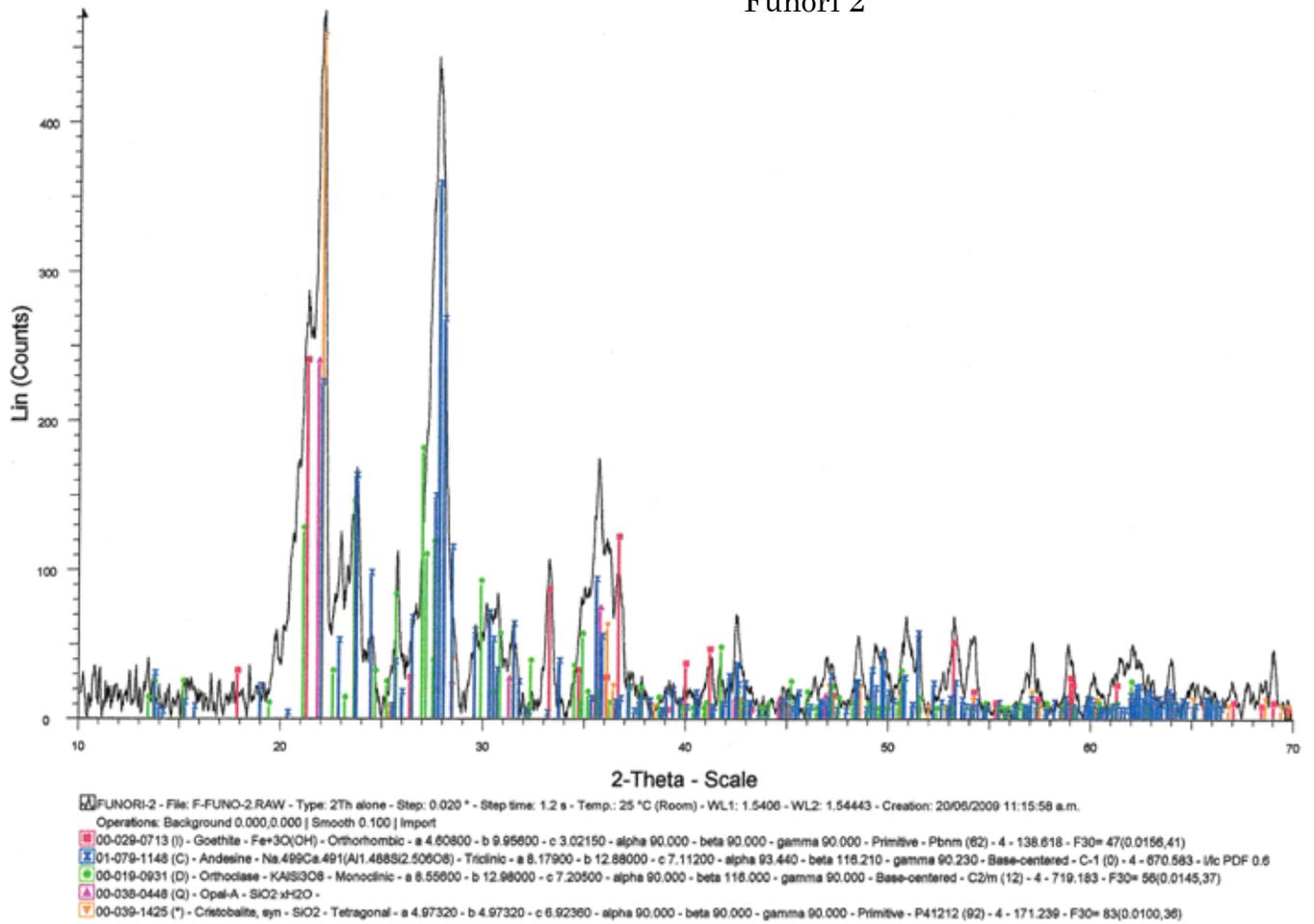


FIGURA 104. Funori en muestra envejecida (PBG).

Baba de nopal: en este caso los picos correspondientes a la goetita son menos definidos en la muestra que fue sometida al proceso de envejecimiento. Lo anterior probablemente se debe a que las partícu-

las de pigmento embebidas en el polisacárido se fragmentan a partir de su biodegradación.

No se formaron compuestos cristalinos de hierro (figuras 105-106).

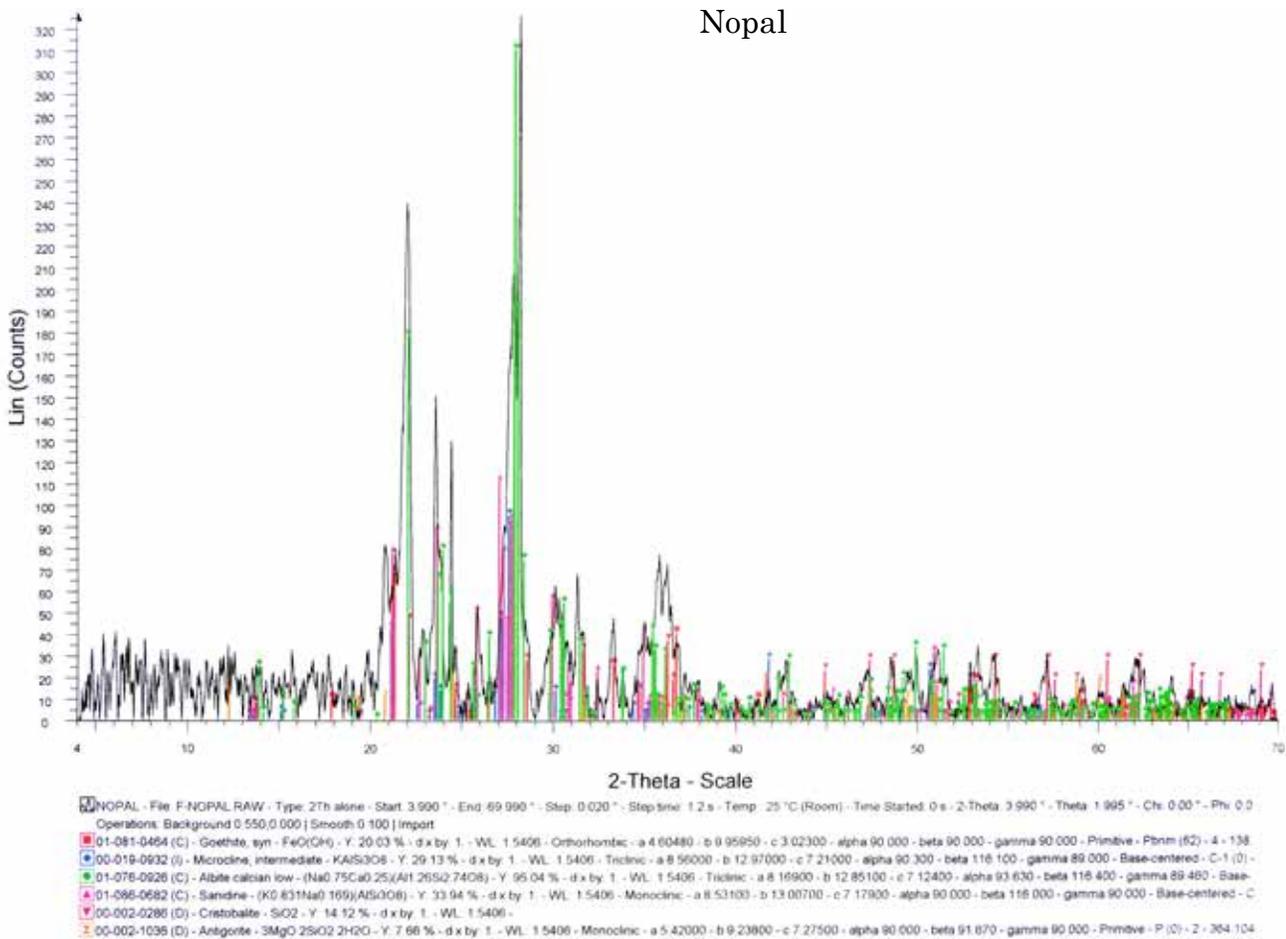


FIGURA 105. Baba de nopal en muestra nueva (PB).

Nopal 2

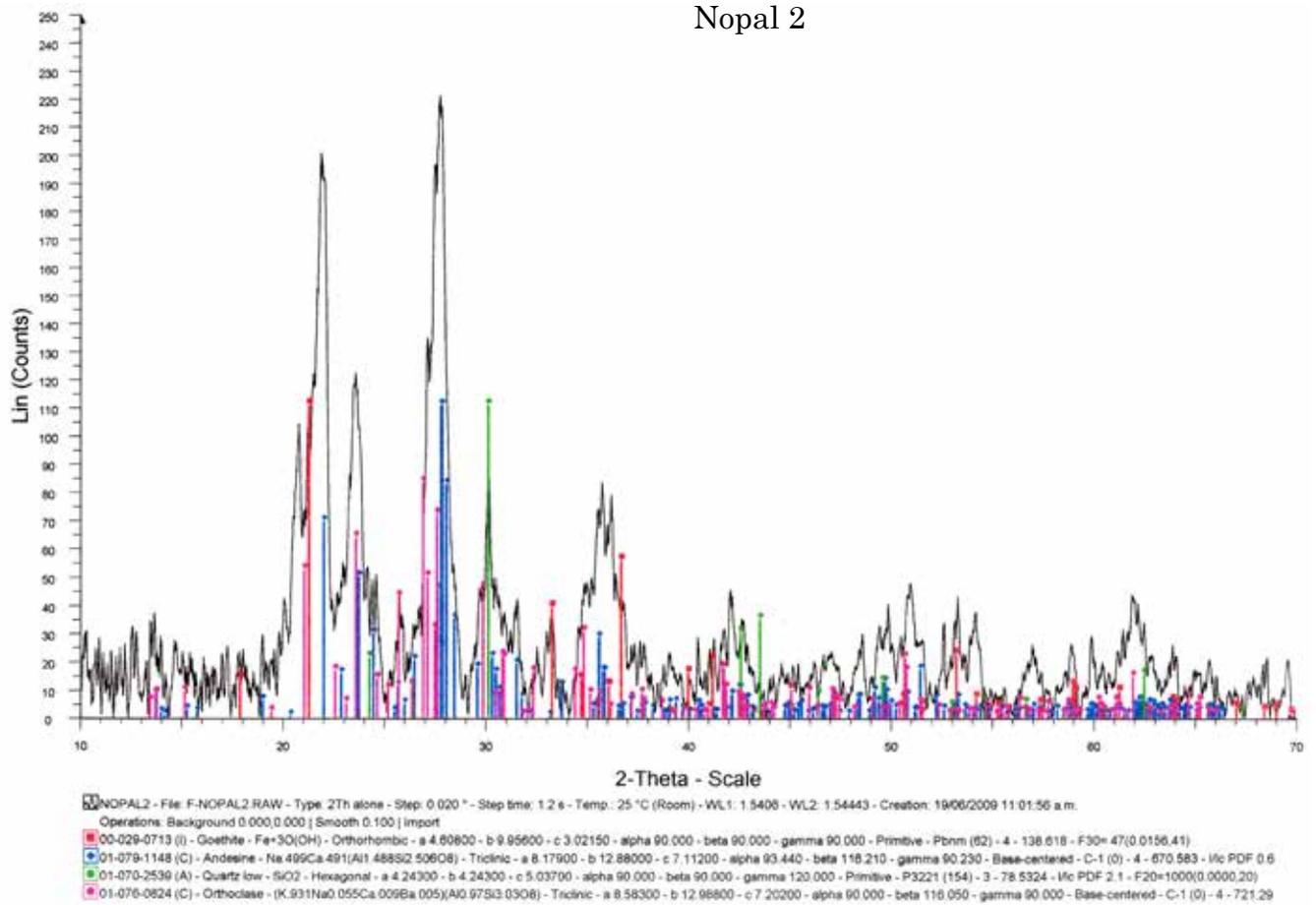


FIGURA 106. Baba de nopal en muestra envejecida (PBG).

KSE 300® 1:1 en alcohol: desde los primeros análisis se supo que este compuesto induce la formación de pequeñas partículas de cuarzo. En la muestra nueva consolidada con esta sustancia se pueden observar los picos de cuarzo. En general, se notó que en ambas muestras los picos son muy simi-

lares, aunque en la envejecida desaparecen algunos de éstos debido posiblemente a una redistribución (figuras 107-108).

Klucel® al 1% en agua destilada: los picos que coinciden en ambas muestras tratadas con Klucel® corresponden a la composición de la andesita (Na, Ca, Al, Si).

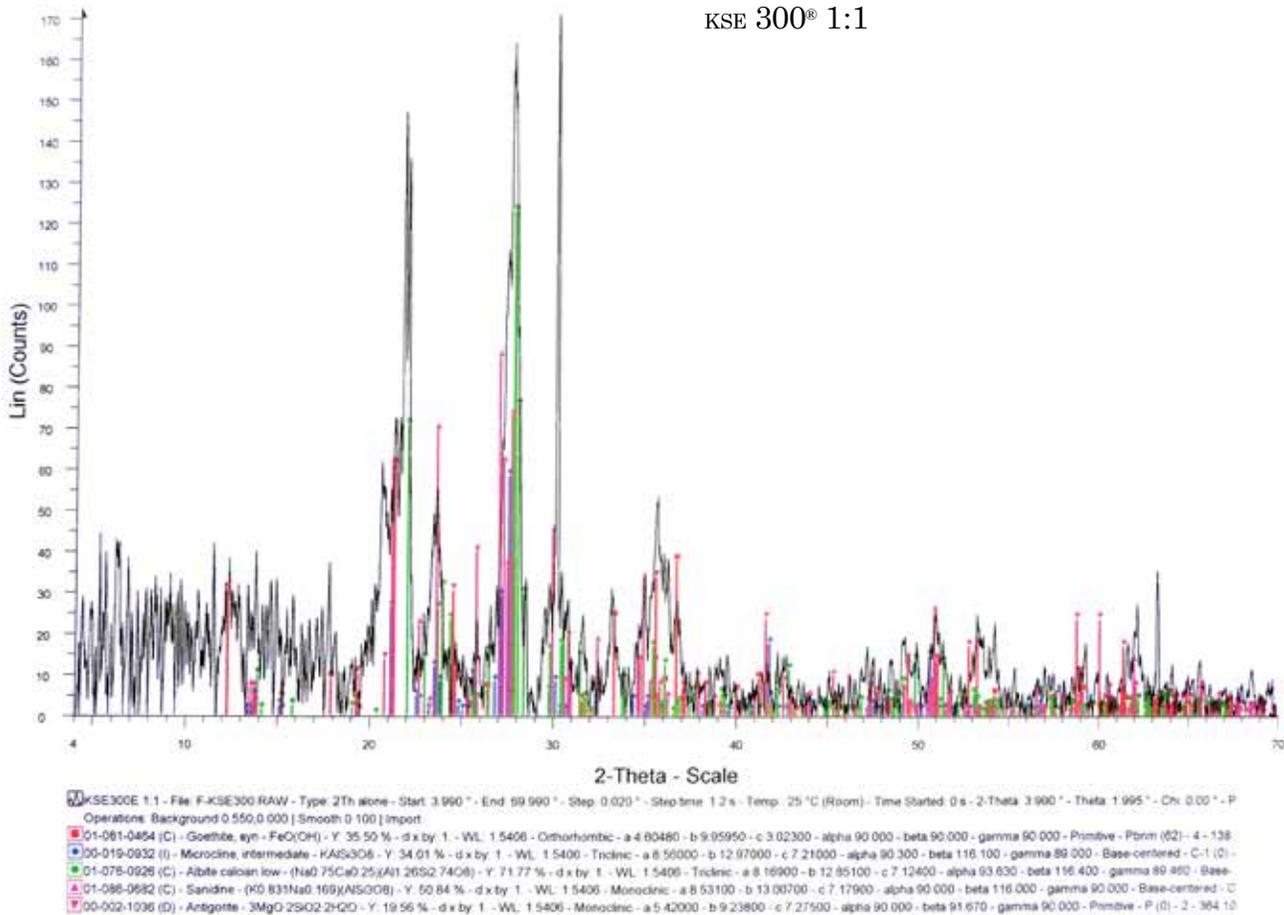


FIGURA 107. KSE 300® en muestra nueva (PBC).

INTERVENCIÓN DEL MONOLITO DE LA DIOSA TLALTECUHTLI

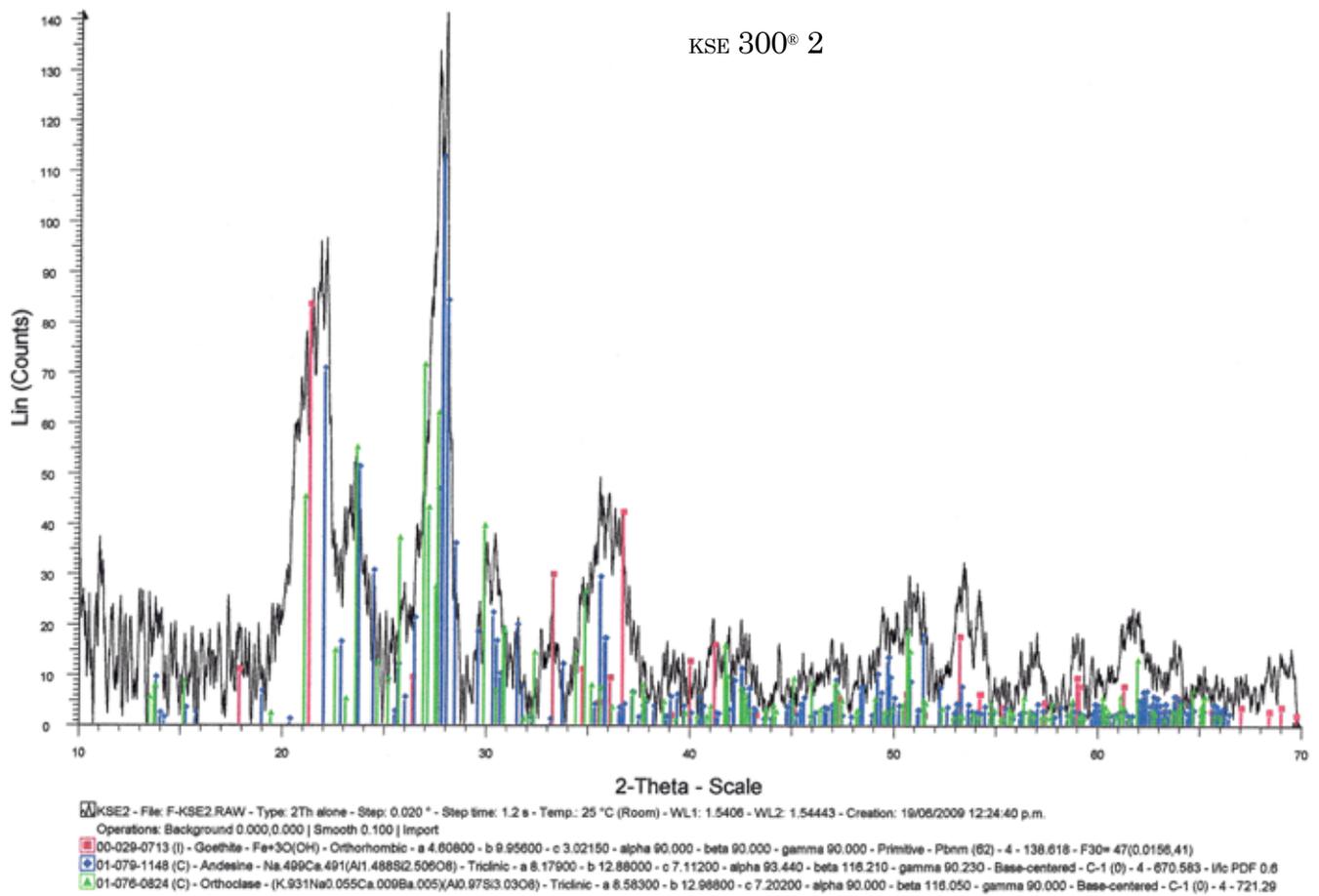


FIGURA 108. KSE 300® en muestra envejecida (PBG).

En el difractograma de la muestra envejecida aparecen tres picos nuevos intensos (altamente cristalinos). El que está en 30.5 puede ser el del cuarzo. Los otros dos (19 y 23) se atribuyen a un compuesto de

bromo, yodo y óxido de silicio: el Klucel® puede reaccionar con el tiempo para dar cuarzo por un lado y un compuesto de óxido de silicio + hierro por el otro (figuras 109-110).

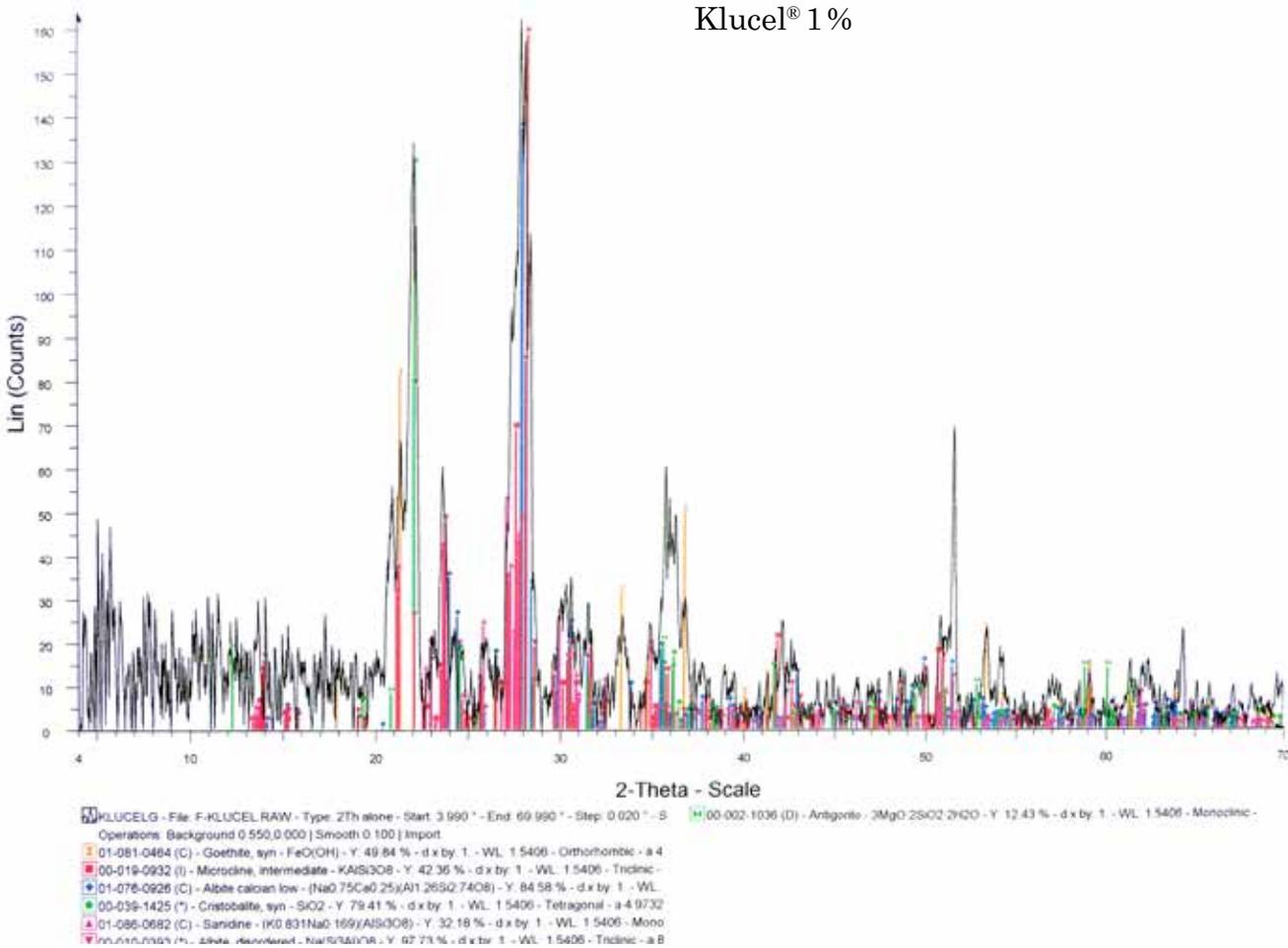


FIGURA 109. Klucel® en muestra nueva (PBC).

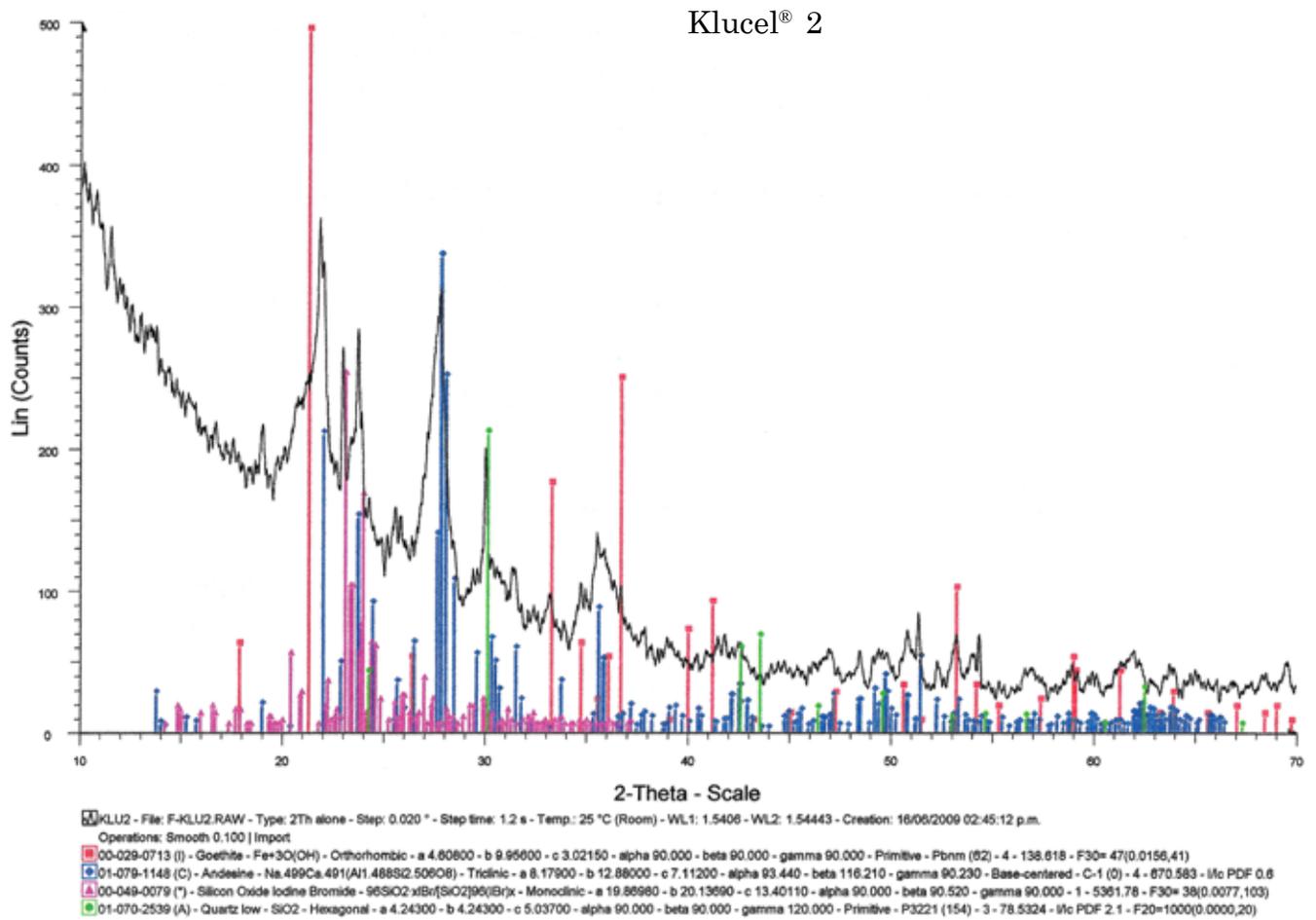


FIGURA 110. Klucel® en muestra envejecida (PBG).

Una vez descritos los resultados de los difractogramas de las diferentes muestras, a continuación, se presenta una gráfica en la que se pueden comparar claramente los distintos patrones de difracción en cada una de las variables aplicadas a las muestras antes y después de ser sometidas a la cámara de envejecimiento (Ba-

rajas Rocha, Bosch, Malvárez, Barragán y Lima 2010: 2883) (figura 111).

No se observaron diferencias significativas en las muestras tratadas con Paraloid B72® y Methocel®. Los difractogramas mostraron sobre todo andesita y goetita. Otros consolidantes reflejaron algunos cambios a través del envejecimiento: los picos

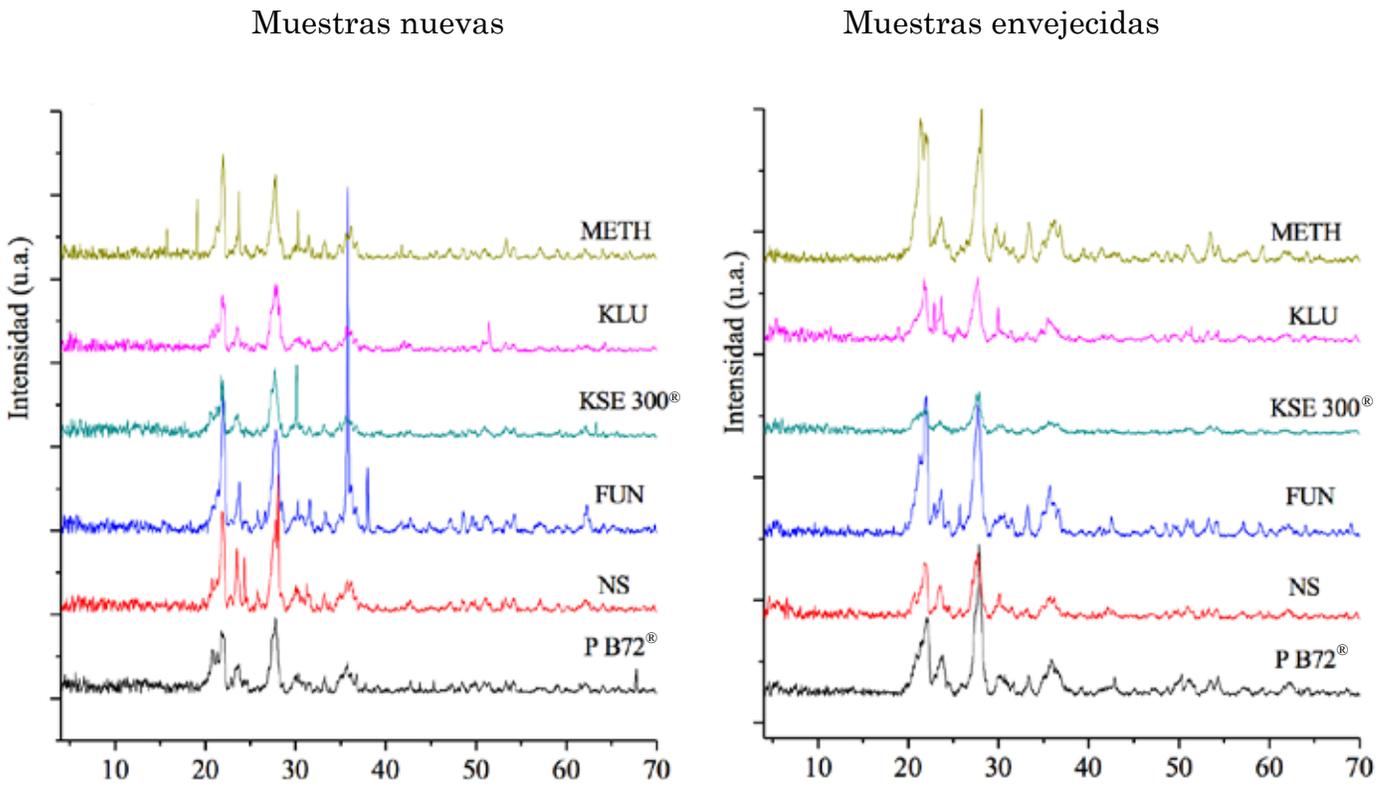


FIGURA 111. Patrones de difracción de rayos X para las seis muestras (PBG).

correspondientes a la goetita en la muestra tratada con funori se intensificaron después del envejecimiento, lo que sugiere un posible proceso de sinterización en los cristales de pigmento.

Por el contrario, en el caso de la baba de nopal, los picos correspondientes a la goetita perdieron definición a través del envejecimiento. Esto puede deberse a una posible fragmentación en las partículas de pigmento producto del envejecimiento o a una probable disolución del hidróxido de hierro en el polisacárido.

Como ya se ha dicho, el consolidante KSE 300® induce la formación de pequeñas partículas de cuarzo. Esta fase cristalina se aprecia en el difractograma de la muestra nueva. Se observó además que muchos de estos picos desaparecen con el envejecimiento, lo cual hace suponer que con el tiempo se da una redistribución de este compuesto. Por último, la muestra tratada con Klucel® presentó nuevos compuestos cristalinos a partir del envejecimiento.

#### MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO (SEM)

Ésta es una técnica especializada en la caracterización de materia mineral que además permite observar la morfología en la superficie de las muestras.

En este estudio, realizado con un microscopio marca Leica Stereoscan 440, también se efectuaron análisis elementales sobre algunas zonas seleccionadas en cada muestra mediante un microanálisis de rayos X por dispersión de energías (EDS) y con la ayuda de un detector acoplado al microscopio.

Los resultados que se obtuvieron a partir de la microscopía electrónica de barrido (SEM) ayudaron a comprender características como textura y morfología de la superficie de cada una de las muestras. Se analizó, asimismo, una muestra con pigmento a la que no se le aplicó ningún fijativo. La imagen correspondiente a esta muestra denota una superficie texturizada cubierta por pigmento, el cual se observa como hojuelas (figura 112).

En el caso de los seis distintos fijativos se puede generalizar lo siguiente:

El funori induce la formación de grandes aglomerados con bordes afilados y el Klucel® forma una película que cubre la superficie de la roca formando aglomerados globulares. Después del envejecimiento, en ambas muestras se observó una superficie con mucho más textura, aunque ello lleva a pensar que probablemente la película de fijativo se perdió debido a la biodegradación. Además, es importante mencionar que en la muestra envejecida tratada con Klucel® siguieron presentes grandes zonas compactas o selladas por el compuesto.

En las muestras tratadas con baba de nopal y con Methocel®, las partículas de goetita se aprecian con mayor textura antes de ser intemperizadas. Al parecer, la película de fijativo en estos dos casos forma aglomerados globulares en combinación con el pigmento y con la roca. Ambos fijativos parecen crear una capa que sella la porosidad en la superficie. Después del envejecimiento, estos compuestos se modificaron morfológicamente, lo cual se refleja en las imágenes en pequeñas partículas y hace suponer una mayor porosidad.

En los casos del Paraloid B72® y del KSE 300® la superficie en las muestras nuevas presenta un recubrimiento en donde además se ven algunas zonas de pigmento sin cubrir. El Paraloid B72® forma una película lisa y homogénea, mientras que el KSE 300® aunque cubre, permite observar zonas globulares pues no queda completamente sellado.

En la muestra tratada con Paraloid B72® se nota una capa compacta y más gruesa a través del envejecimiento, la cual está

formada por zonas conglomeradas. La muestra envejecida tratada con KSE 300® tiene una superficie menos uniforme y menos compacta. Aunque los difractogramas en esta muestra revelan la formación de cuarzo, en la superficie de la envejecida se advierten pequeños espacios y textura, lo cual hace pensar que no está sellada.

A continuación, se exponen las imágenes de este análisis en las muestras antes y después del envejecimiento de los seis distintos fijativos (figuras 113-124).

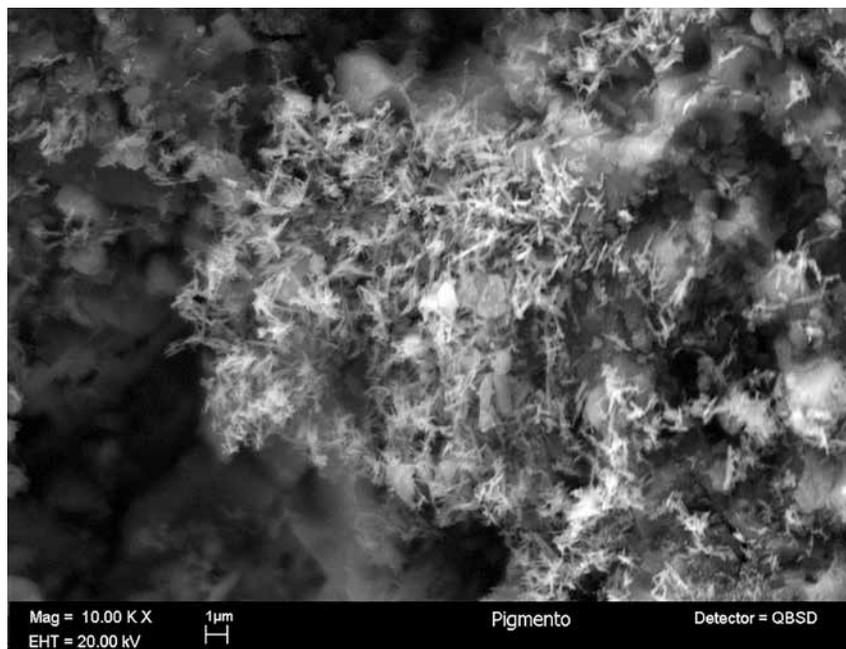


FIGURA 112. SEM. Muestra de andesita con pigmento (PBG).



FIGURA 113. Funori. Muestra nueva (PBG).

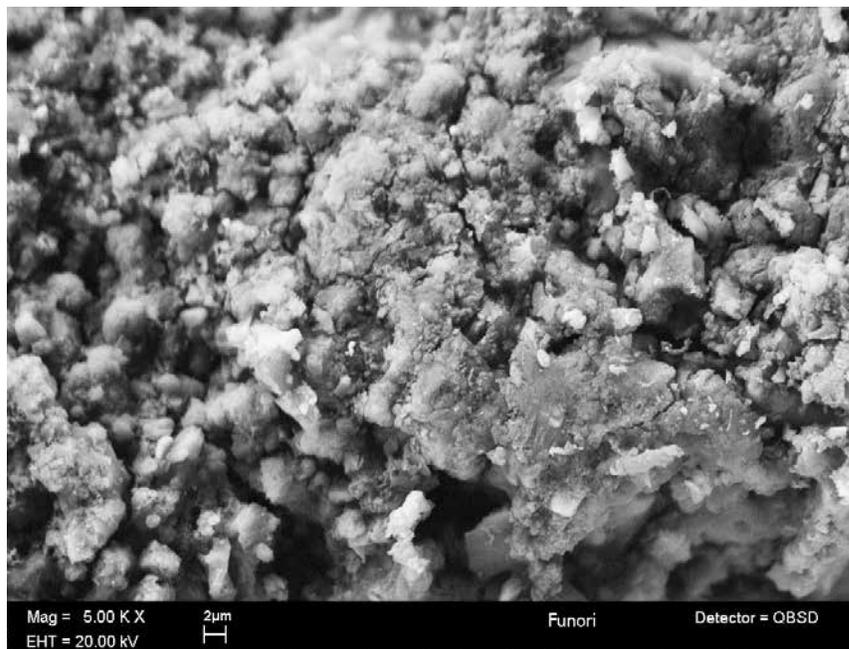


FIGURA 114. Funori. Muestra envejecida (PBG).

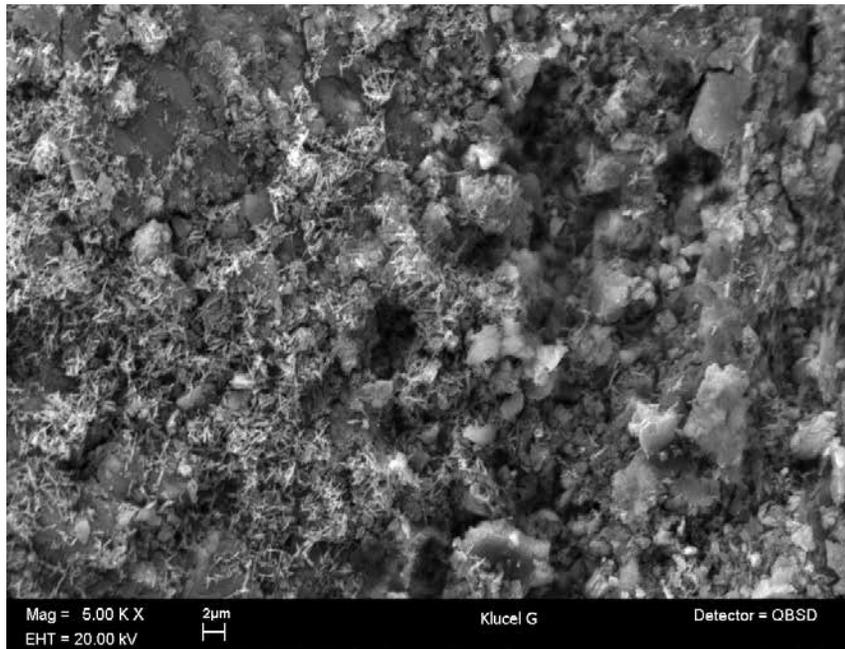


FIGURA 115. Klucel®. Muestra nueva (PBG).

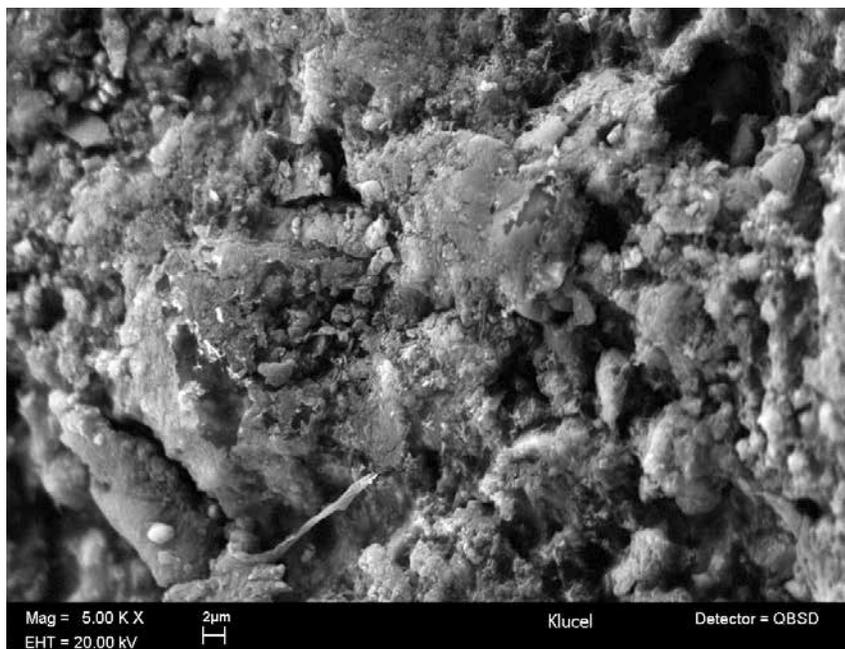


FIGURA 116. Klucel®. Muestra envejecida (PBG).

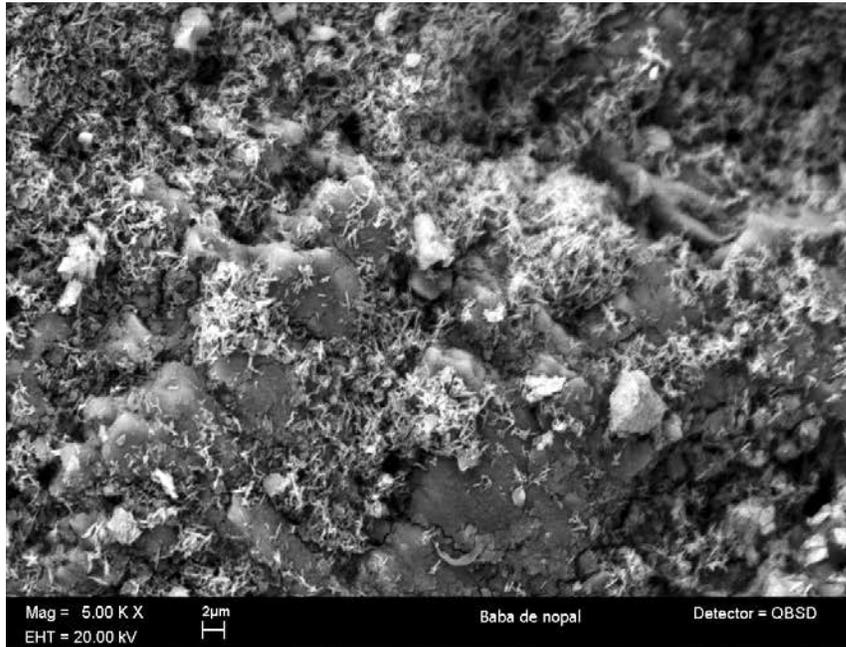


FIGURA 117. Baba de nopal. Muestra nueva (PBG).

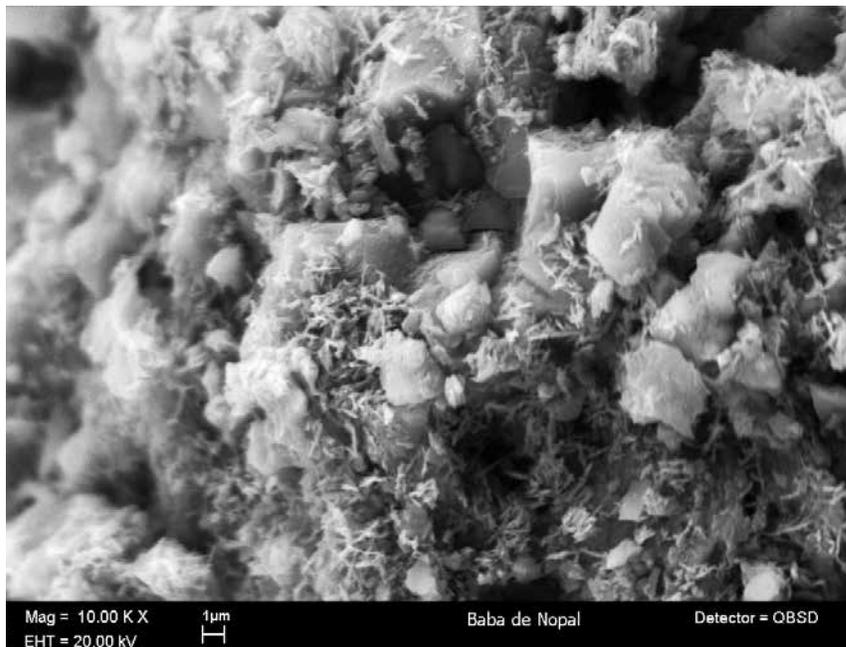


FIGURA 118. Baba de nopal. Muestra envejecida (PBG).

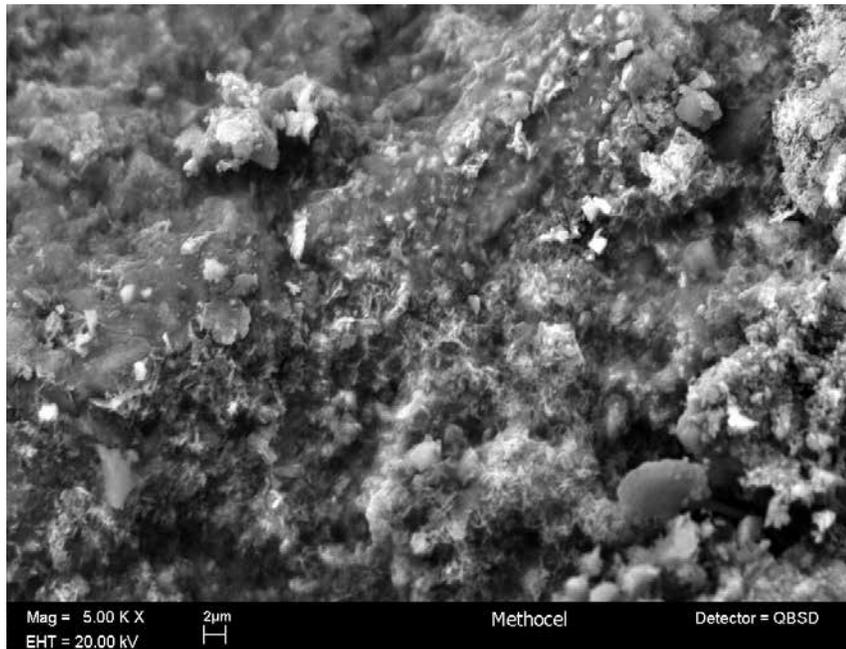


FIGURA 119. Methocel®. Muestra nueva (PBG).

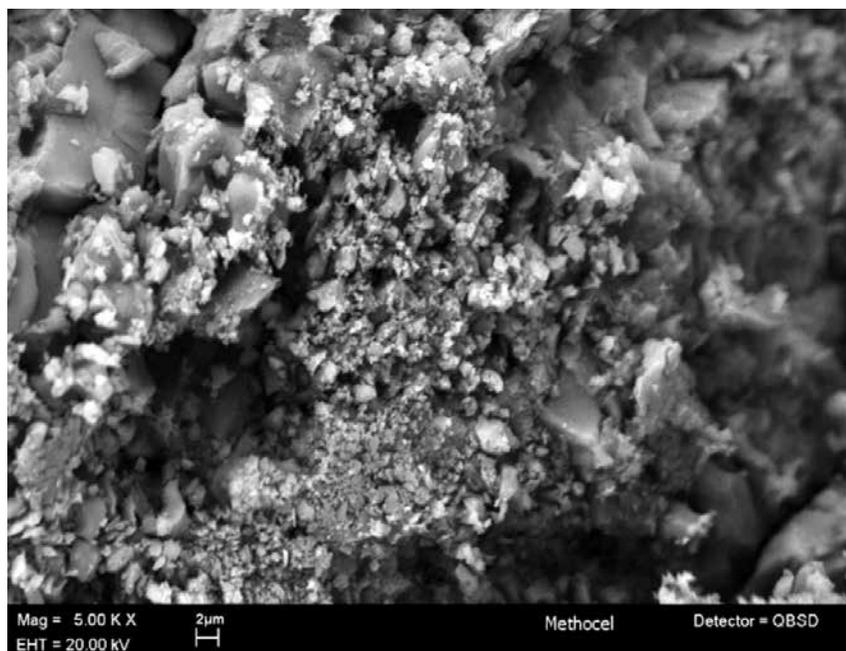


FIGURA 120. Methocel®. Muestra envejecida (PBG).

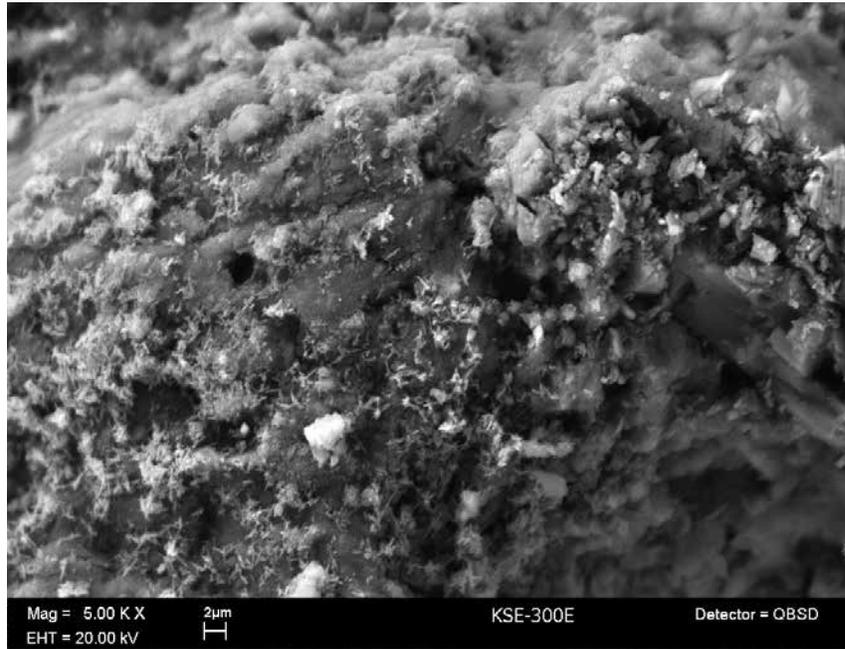


FIGURA 121. KSE 300®. Muestra nueva (PBG).

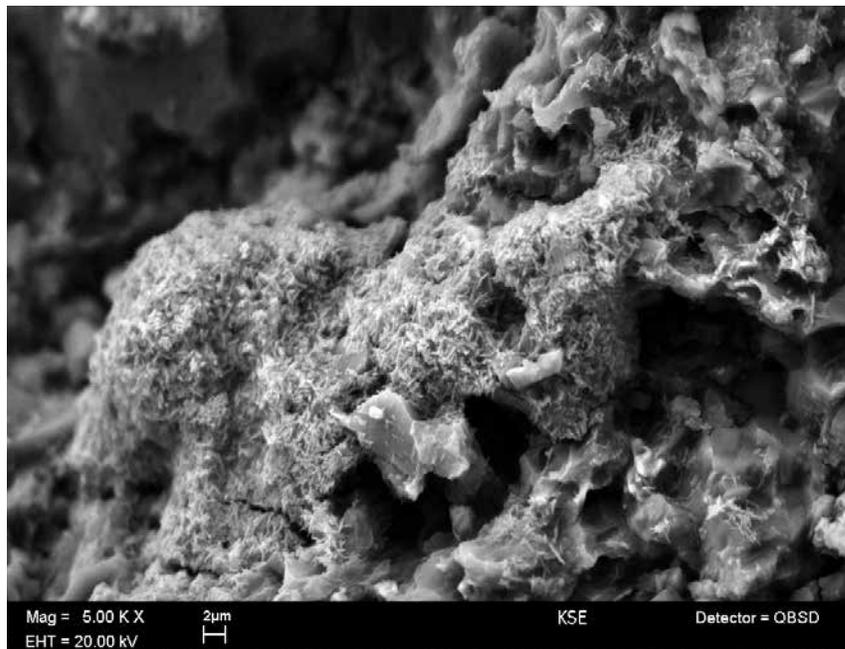


FIGURA 122. KSE 300®. Muestra envejecida (PBG).

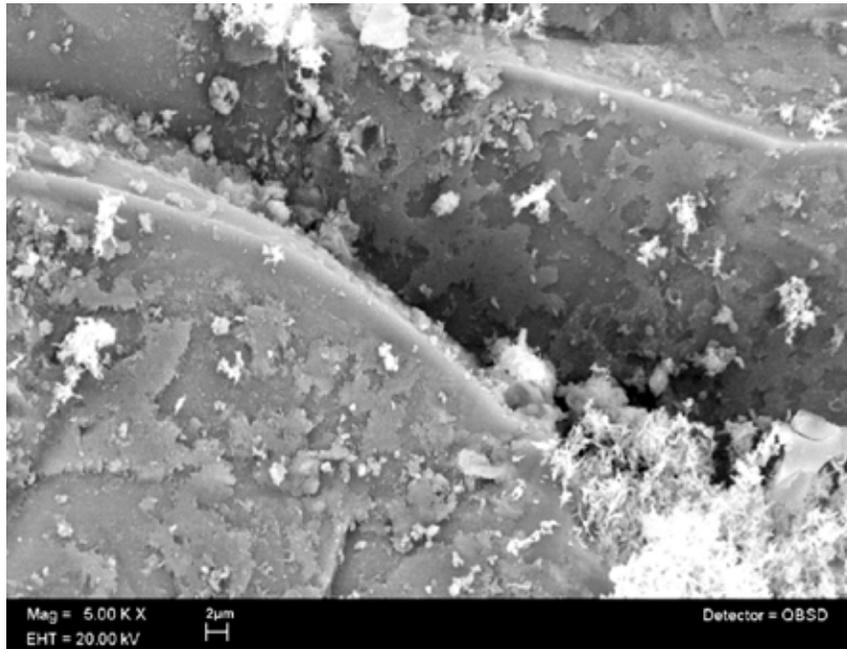


FIGURA 123a. Paraloid B72®. Muestra nueva (PBG).

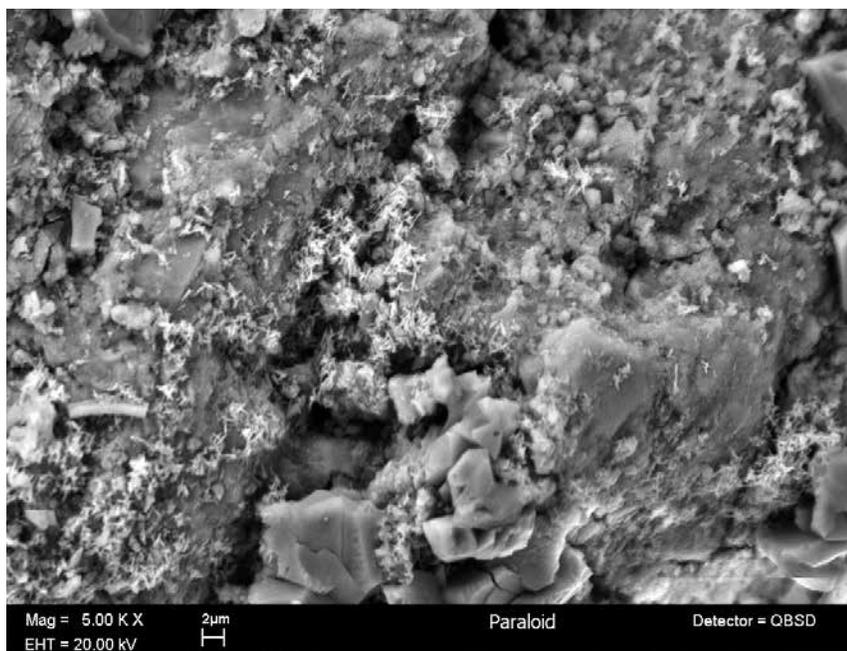


FIGURA 123b. Paraloid B72®. Muestra nueva (PBG).

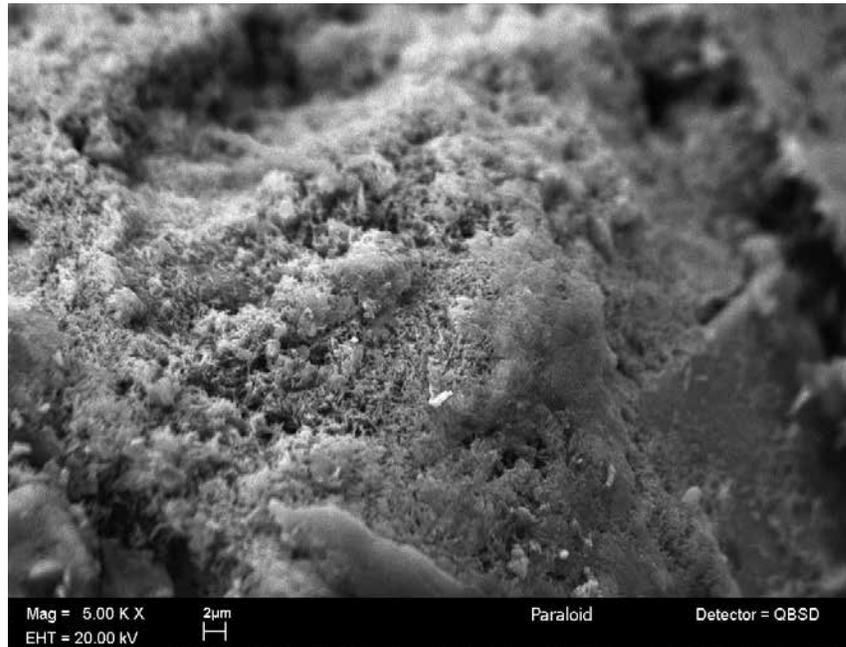


FIGURA 124. Paraloid B72®. Muestra envejecida (PBG).

#### ANÁLISIS DE COLORIMETRÍA CAMBIOS CROMÁTICOS

Como parte de la investigación previa a la selección del consolidante a utilizar en el fijado de los pigmentos originales, el investigador Manlio Favio Salinas Nolasco, quien en ese entonces era docente de Investigación Científica de la ENCRYM-INAH, colaboró en esta fase realizando un estudio para evaluar las modificaciones cromáticas –a corto y a mediano plazo y tanto en relación con el sustrato pétreo como con la película de pigmento– en cada una de las muestras tratadas con los distintos consolidantes y después de ser sometidas al proceso de envejecimiento acelerado. Este trabajo fue esencial para comprender y evaluar las posibles modificaciones que pudieran

presentarse en la capa policroma original al aplicar las sustancias propuestas.

A continuación, se resume el informe que entregó Salinas Nolasco con los resultados de su investigación:

Este estudio se sustentó en las mediciones espectrofotométricas (tomadas con un espectrofotómetro de contacto CM2-500d, de marca Konica Minolta®) en cada una de las muestras antes y después del proceso de envejecimiento acelerado. Cabe mencionar que, muchas veces, las desviaciones registradas a partir de las mediciones espectrofotométricas no son perceptibles a simple vista debido a la precisión en este tipo de análisis (Salinas Nolasco 2009: 5).

A Salinas Nolasco se le entregaron en total 14 muestras para su análisis. Además de las que tenían consolidante, se analiza-

ron otras dos (una de andesita sin pigmentos y sin intemperizar y otra con pigmento ocre) que fungieron como referencia para todos los resultados (tabla 9).

Con los valores numéricos obtenidos, Salinas Nolasco presentó varias gráficas que permitieron visualizar de manera más clara las diferencias cromáticas y ópticas en cada una de las muestras tratadas.

A partir de las coordenadas cromáticas obtenidas en cada una, el investigador creó un círculo cromático de referencia donde se observa que todos los consolidantes

alteraron los colores originales de los componentes de las muestras desplazando en cierto grado el color de la capa pictórica (naranja amarillento) hacia las regiones correspondientes con un salto en la escala de Munsell (naranja amarillo) (figura 125).

En su informe, Salinas Nolasco también da cuenta de mediciones sobre la dispersión de cada uno de los puntos de las muestras consolidadas, yendo de las muestras nuevas a las ya intemperizadas. La direccionalidad del cambio no fue igual en todos los casos (figura 126).

TABLA 9. Muestras analizadas por colorimetría

	<b>Tipo de muestra</b>
1.	Andesita + pigmento + KSE 300 <sup>®</sup> intemperizada
2.	Andesita + pigmento + KSE 300 <sup>®</sup>
3.	Andesita + pigmento + funori intemperizada
4.	Andesita + pigmento + funori
5.	Andesita + pigmento + Klucel <sup>®</sup> intemperizada
6.	Andesita + pigmento + Klucel <sup>®</sup>
7.	Andesita + pigmento + baba de nopal intemperizada
8.	Andesita + pigmento + baba de nopal
9.	Andesita + pigmento + Methocel <sup>®</sup> intemperizada
10.	Andesita + pigmento + Methocel <sup>®</sup>
11.	Andesita + pigmento + Paraloid B72 <sup>®</sup> intemperizada
12.	Andesita + pigmento + Paraloid B72 <sup>®</sup>
13.	Andesita sin pigmento y sin intemperizar
14.	Pigmento ocre (capa de color referencia)

Tomando en cuenta el recuadro anterior, el investigador clasificó los consolidantes en tres grupos:

- Consolidantes que incrementan la saturación del color del sustrato (baba de nopal y KSE 300®).
- Consolidantes que disminuyen la saturación del sustrato (Kluacel®, funori y Methocel®).
- Consolidantes que modifican el color hacia los rojos (Paraloid B72®).

Aunque muchas veces las diferencias de color no son perceptibles a simple vista, Salinas Nolasco registró en una gráfica (figura 127) la agrupación de los consolidantes de acuerdo con:

- Los que presentan un cambio de color moderado (KSE 300®, funori y Kluacel®).
- Los que presentan un cambio de color brusco (baba de nopal, Methocel® y Paraloid B72®).

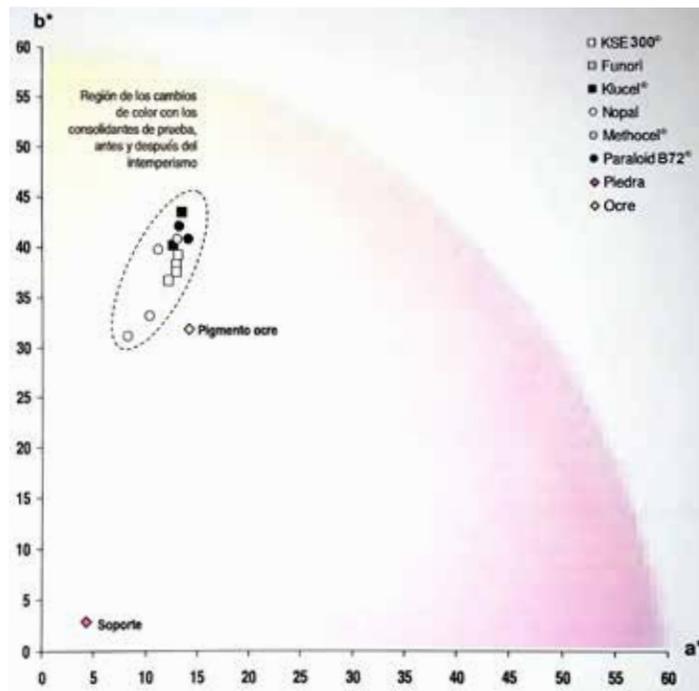


FIGURA 125. Dispersión de los puntos de medición antes y después del intemperismo (MFS).

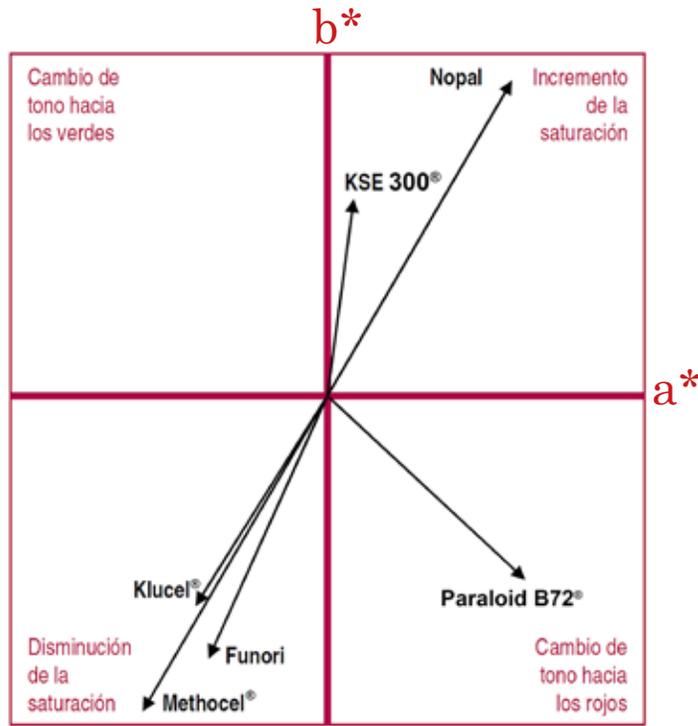


FIGURA 126. Direcciones del cambio de color después del intemperismo (MFS).

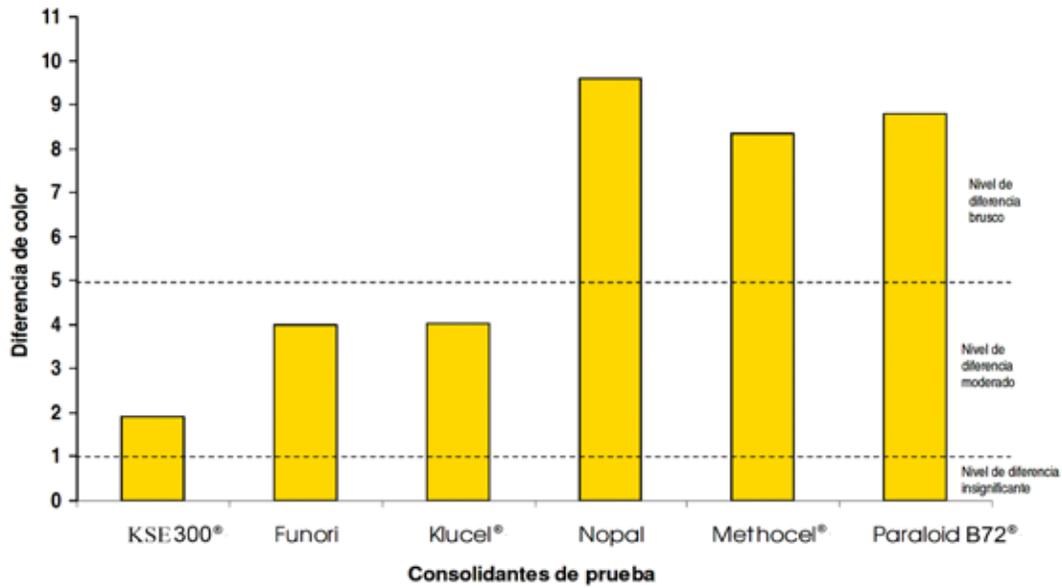


FIGURA 127. Magnitudes absolutas de los cambios de color (MFS).

## ATRIBUTOS DEL COLOR

En su estudio, Salinas Nolasco midió y cuantificó los tres atributos del color (luminosidad, saturación y tono) y su grado de variabilidad por efecto del intemperismo:

Luminosidad: todos los consolidantes –a excepción del KSE 300®, que se mantuvo en el punto medio– se conservaron en el nivel claro de luminosidad (figura 128).

A partir del análisis de los resultados sobre luminosidad, el investigador agrupó los consolidantes de la siguiente forma:

- Consolidantes que incrementan la luminosidad: KSE 300® y Methocel®.
- Consolidantes que disminuyen la luminosidad: (funori, Klucel®, baba de nopal y Paraloid B72®).

En todos los casos, los cambios referentes a la luminosidad fueron moderados, con excepción del Paraloid B72®, el cual presentó un cambio relevante (figura 129).

Saturación: en el caso de las mediciones referentes a la saturación del color, todas las pruebas mostraron valores similares a los del pigmento ocre de referencia; es decir, un rango medio.

Sin embargo, el Klucel® sin intemperizar se ubicó en valores vivos de saturación (figura 130). A partir del análisis de la siguiente gráfica, se observa que en las muestras sometidas al proceso de intemperismo hay consolidantes que disminuyen la saturación y otros que la aumentan.

Tomando en cuenta la magnitud del cambio en la saturación antes y después del envejecimiento acelerado, Salinas Nolasco distinguió tres tipos de consolidantes:

- Consolidantes que presentan cambios insignificantes en la saturación (KSE 300® y Paraloid B72®).
- Consolidantes que presentan cambios moderados en la saturación (funori y Klucel®).
- Consolidantes que presentan cambios bruscos en la saturación (baba de nopal y Methocel®) (figura 131).

Tono: en cuanto a los resultados obtenidos sobre el tono en la distintas muestras, el investigador observó que el pigmento ocre de referencia mostraba un tono naranja amarillento y que todas las muestras se ubicaban en valores mayores a éste; es más, en la gráfica hay algunas que lo sobrepasan en magnitud y se colocan en el siguiente tono, denominado naranja amarillo (figura 132).

En la siguiente gráfica, Salinas Nolasco reconoció dos tipos de consolidantes:

- Los que incrementan el tono hacia los verdes amarillos (KSE 300®, funori y Methocel®).
- Los que disminuyen el tono hacia los rojos (Klucel®, baba de nopal y Paraloid B72®).

Respecto a la magnitud del cambio de tono, dividió los consolidantes en dos grupos:

- Consolidantes que presentan cambio de tono insignificante (KSE 300®, funori, Klucel® y Methocel®).
- Consolidantes que presentan cambio de tono moderado (baba de nopal y Paraloid B72®) (figura 133).

LA RESTAURACIÓN DEL MONOLITO DE LA DIOSA TLALTECUHTLI

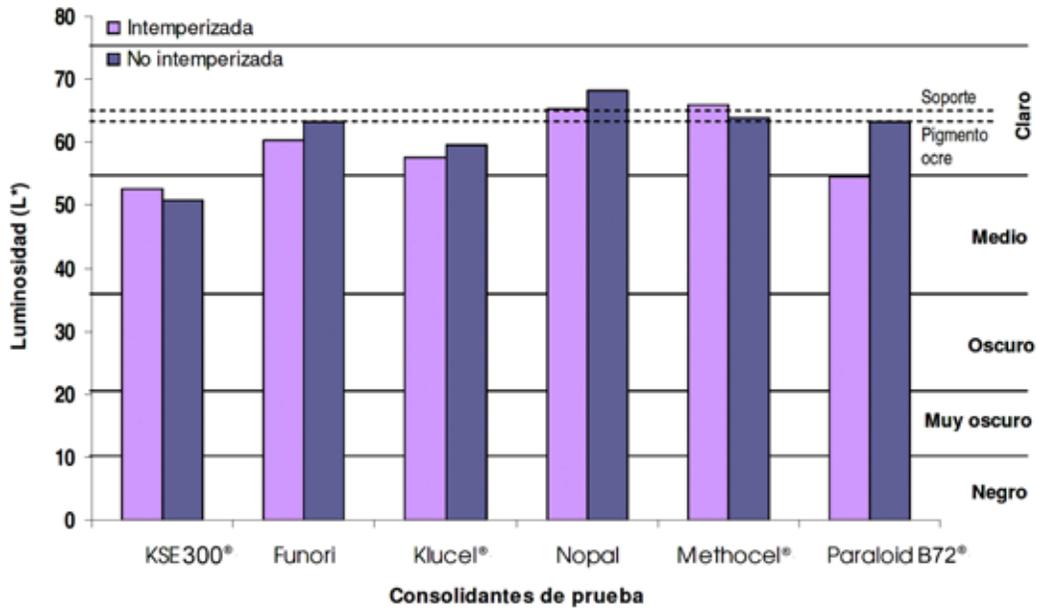


FIGURA 128. Magnitudes absolutas de los valores de luminosidad (MFS).

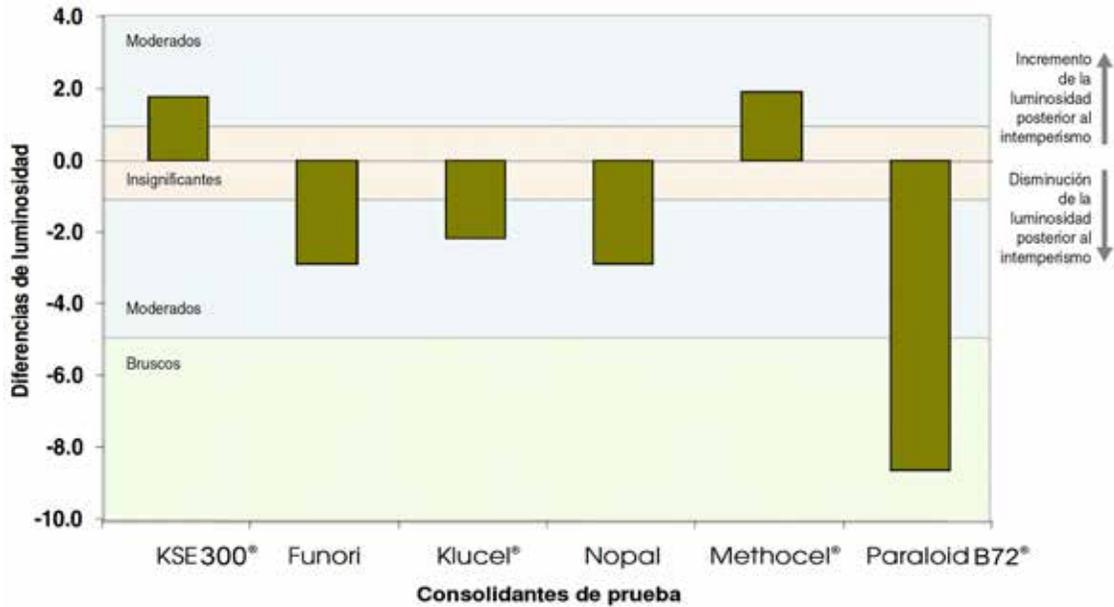


FIGURA 129. Magnitudes absolutas de los cambios de luminosidad (MFS).

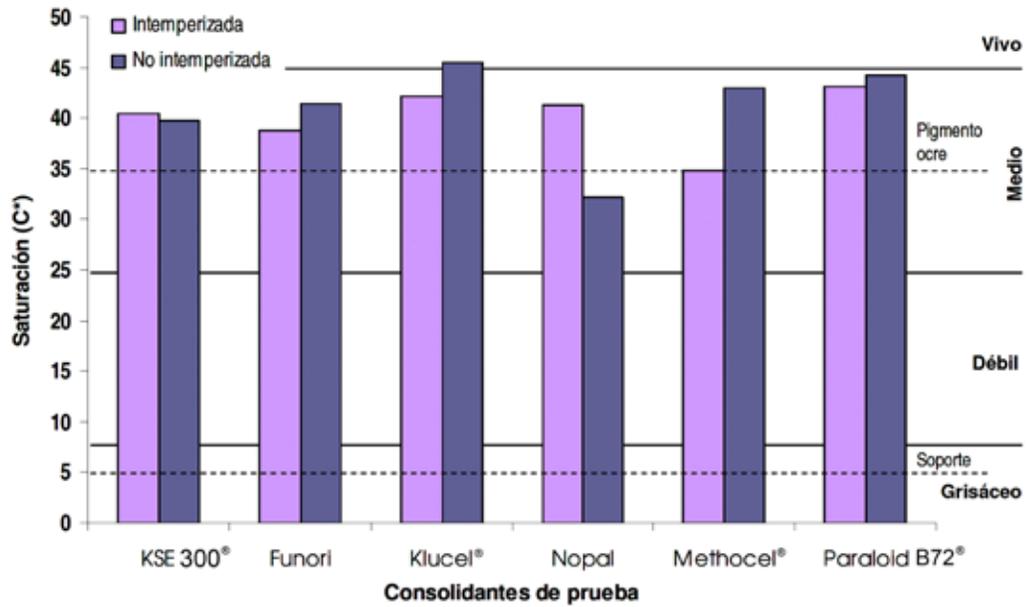


FIGURA 130. Magnitudes absolutas de los valores de saturación (MFS).

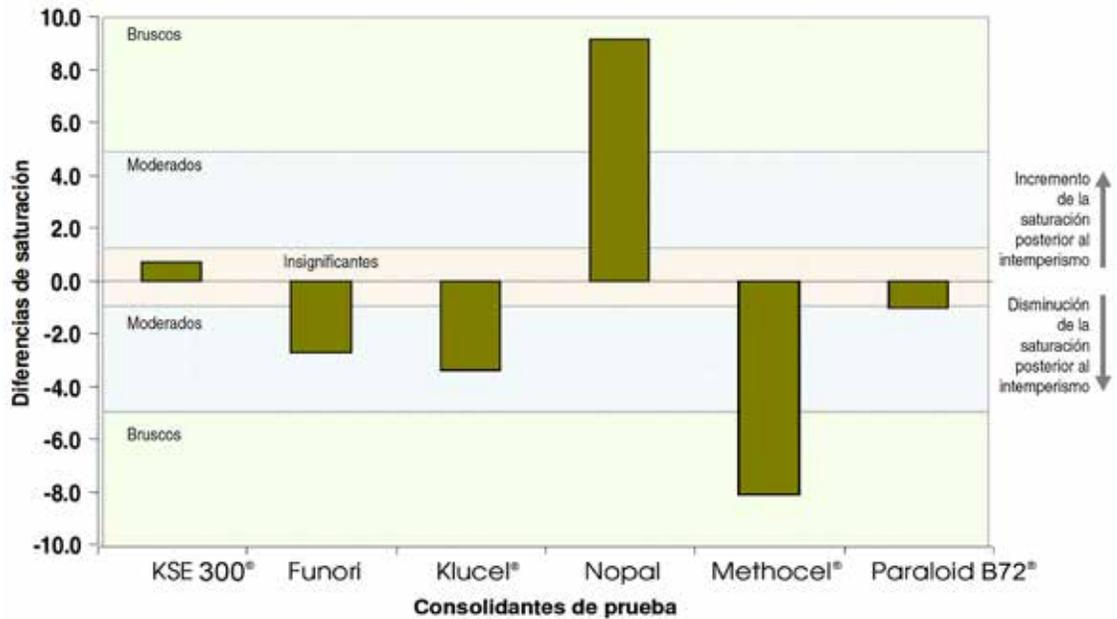


FIGURA 131. Magnitudes absolutas de los cambios de saturación (MFS).

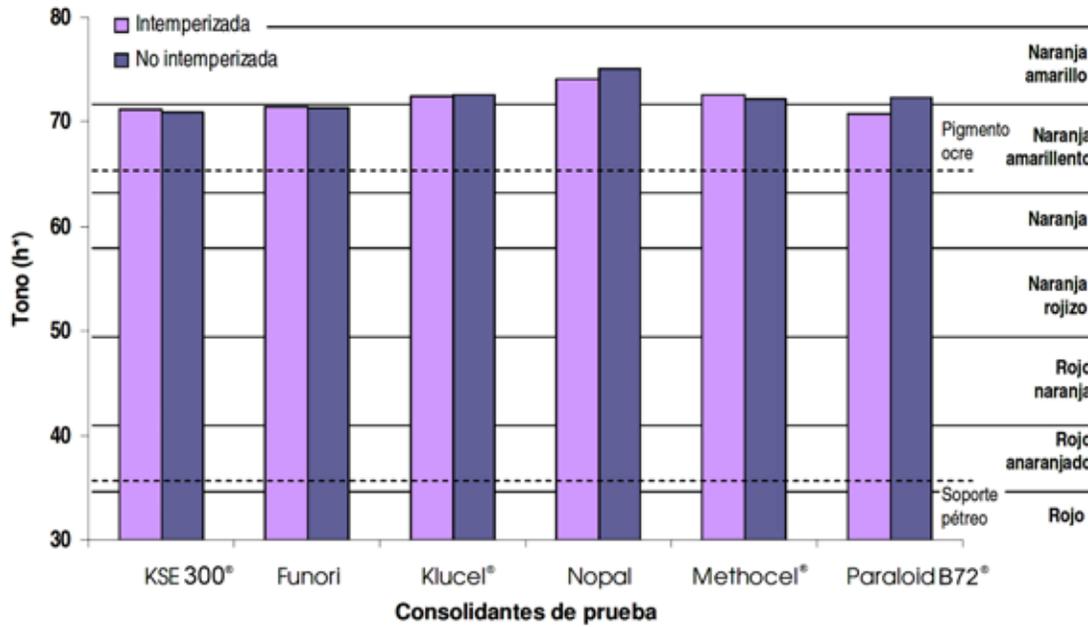


FIGURA 132. Magnitudes absolutas de los valores de tono (MFS).

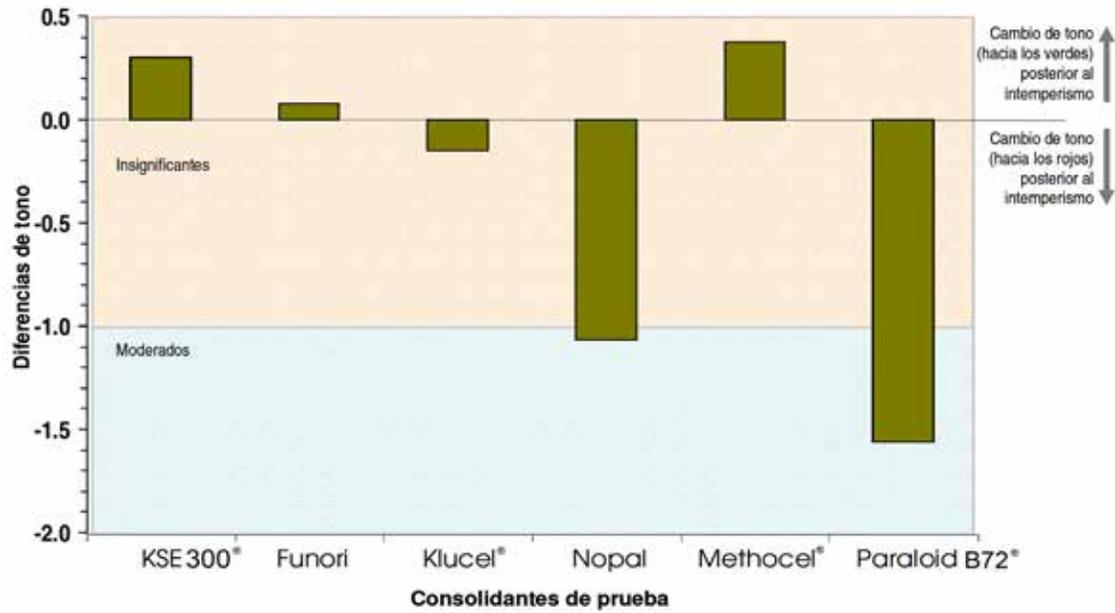


FIGURA 133. Magnitudes absolutas de los cambios de tono (MFS).

CAMBIOS ÓPTICOS

**Brillantez:** esta cualidad se presenta cuando las superficies son más bien lisas. Salinas Nolasco menciona en su informe que esta característica se aprecia a través de la contribución especular de la luz que refleja la superficie.

En la siguiente gráfica, el autor indica los índices de brillantez relativa o brillo relativo; es decir, la relación entre el brillo de cada muestra con respecto al brillo del sustrato sin consolidar (figura 134).

Asimismo, Salinas Nolasco observó que en todos los casos la presencia del consolidante modificó el brillo original en cierto grado:

- Consolidantes que incrementan el brillo original del sustrato (KSE 300®, funori, baba de nopal, Methocel® y Paraloid B72®).

- Consolidantes que disminuyen el brillo original del sustrato (Klucel®).

Los resultados de brillantez en cada una de las muestras sometidas al proceso de envejecimiento acelerado fueron distintos. A partir de las diferencias entre éstas y las nuevas, el investigador determinó dos categorías:

- Consolidantes que incrementan el brillo después de la intemperización (KSE 300®, funori, Klucel® y baba de nopal).

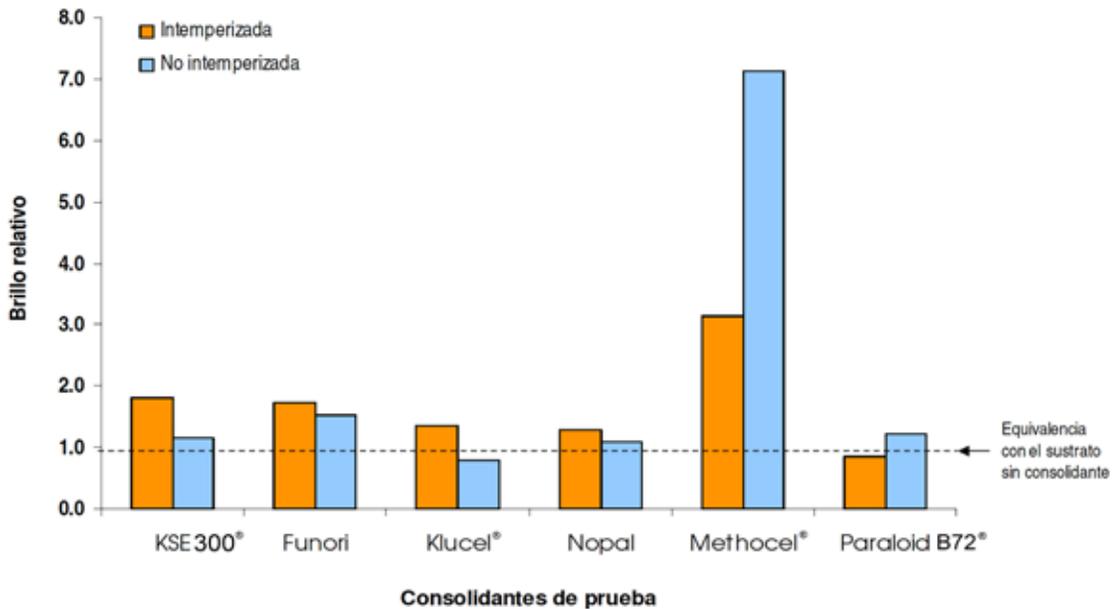


FIGURA 134. Brillo relativo para cada uno de los consolidantes (MFS).

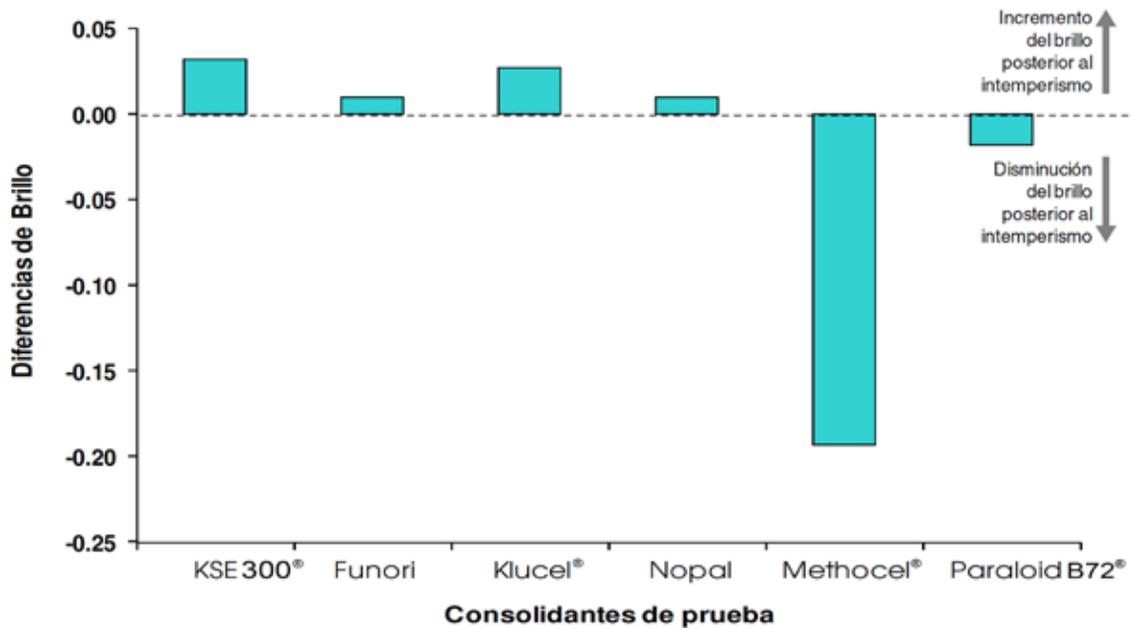


FIGURA 135. Cambio en el brillo después del envejecimiento (MFS).

- Consolidantes que disminuyen el brillo después de la intemperización (Methocel® y Paraloid B72®) (figura 135).

Sin embargo, es importante señalar que, aunque algunos consolidantes incrementaron y otros disminuyeron el brillo, las modificaciones se dieron del siguiente modo:

- Consolidantes que presentan modificaciones bajas en el brillo (funori y baba de nopal).

- Consolidantes que presentan modificaciones medias en el brillo (KSE 300®, Klucel® y Paraloid B72®).

- Consolidantes que presentan modificaciones altas en el brillo (Methocel®).

Textura: esta característica se considera inversamente proporcional al brillo. A partir de los resultados del registro espectrofotométrico, Salinas Nolasco determinó el índice de textura relativo de cada mues-

tra en relación con el sustrato en la toma base (figura 136).

En la comparación de la textura entre las muestras envejecidas, el investigador dividió los consolidantes en dos grupos:

- Consolidantes que incrementan la textura después de la intemperización (Methocel® y Paraloid B72®).
- Consolidantes que disminuyen la textura después de la intemperización (KSE 300®, funori, Klucel® y baba de nopal).

Asimismo, por la magnitud de los cambios presentes, clasificó así los consolidantes:

- Consolidantes que presentan modificaciones bajas en la textura (funori, baba de nopal).
- Consolidantes que presentan modificaciones medias en la textura (KSE 300®, Methocel®).
- Consolidantes que presentan modificaciones altas en la textura (Klucel®) (figura 137).

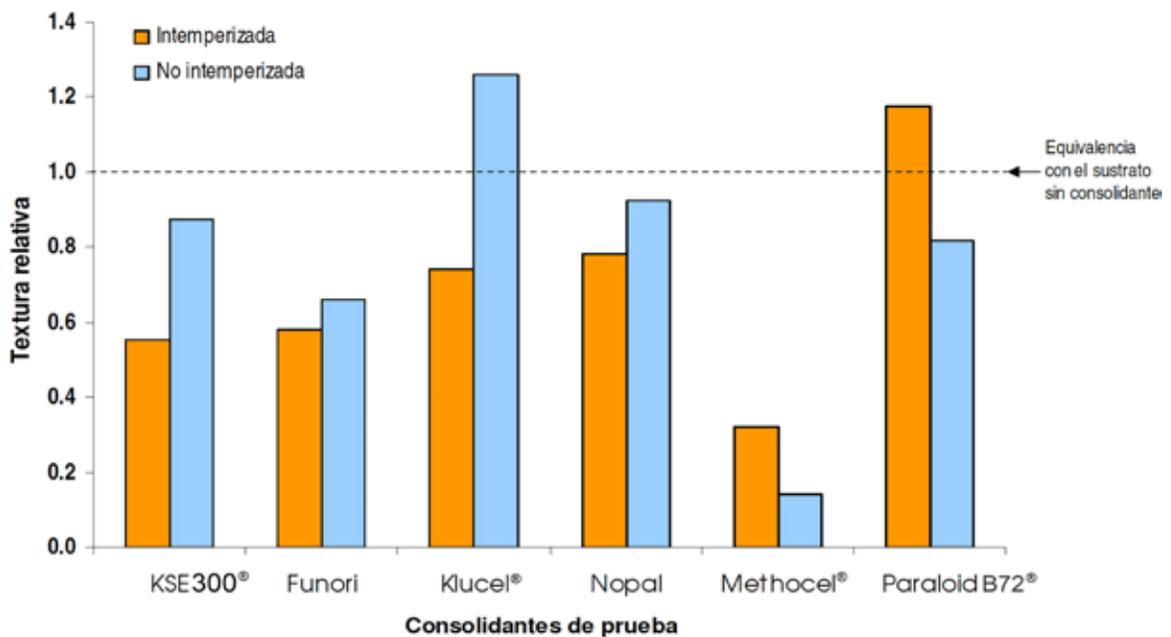


FIGURA 136. Textura relativa para cada uno de los consolidantes (MFS).

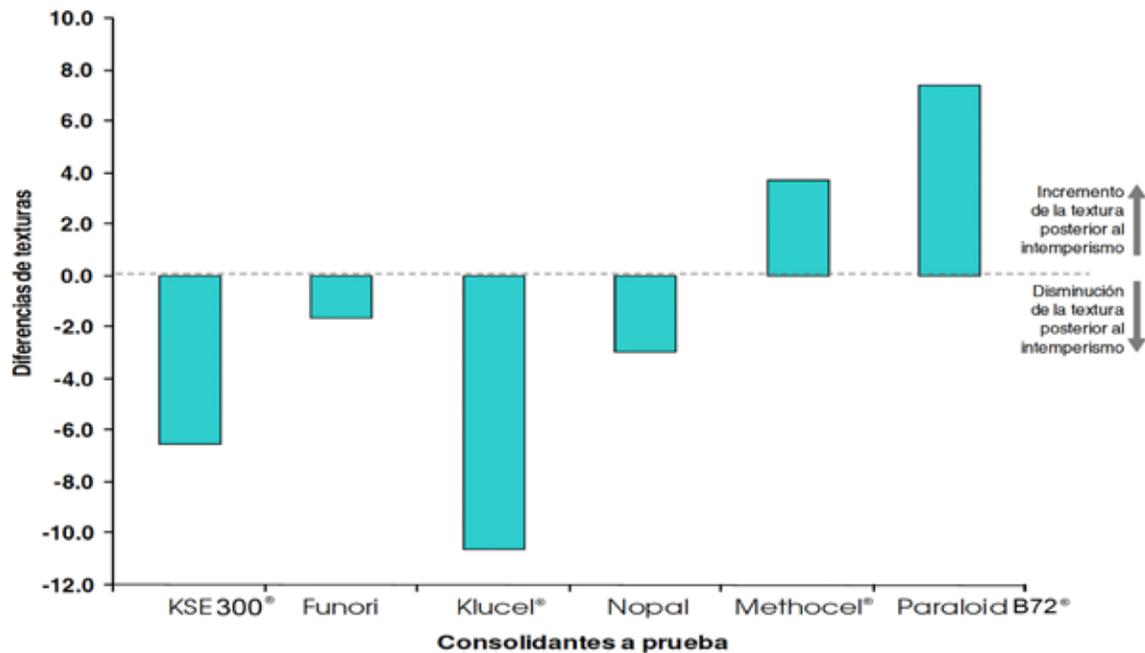


FIGURA 137. Cambio de la textura después del envejecimiento (MFS).

METAMERISMO

Salinas Nolasco (2009: 25) define el metamerismo como “el cambio en la apreciación de un color bajo dos fuentes de iluminación diferentes” y menciona que ésta es una de las cualidades cromáticas menos estudiadas en el ámbito de los análisis espectrofotométricos sobre los bienes culturales. El registro de la relación existente entre el color y la fuente de luz es un factor primordial para la apreciación visual de la composición cromática de un objeto.

Esta cualidad se determina a través del cálculo de la diferencia del color para una misma muestra entre dos iluminan-

tes; se considera entonces una propiedad comparativa que hace siempre referencia a un traslado en las condiciones de iluminación por diferentes fuentes.

De igual modo, Salinas Nolasco constató en las muestras analizadas que la determinación del metamerismo en todos los casos presentó valores significativamente altos, lo que corroboró que la presencia del material consolidante sobre el sustrato induce la formación de este fenómeno cromático.

En la siguiente gráfica, hecha por el investigador, se pueden observar las magnitudes absolutas del metamerismo para cada muestra con consolidante sin intem-

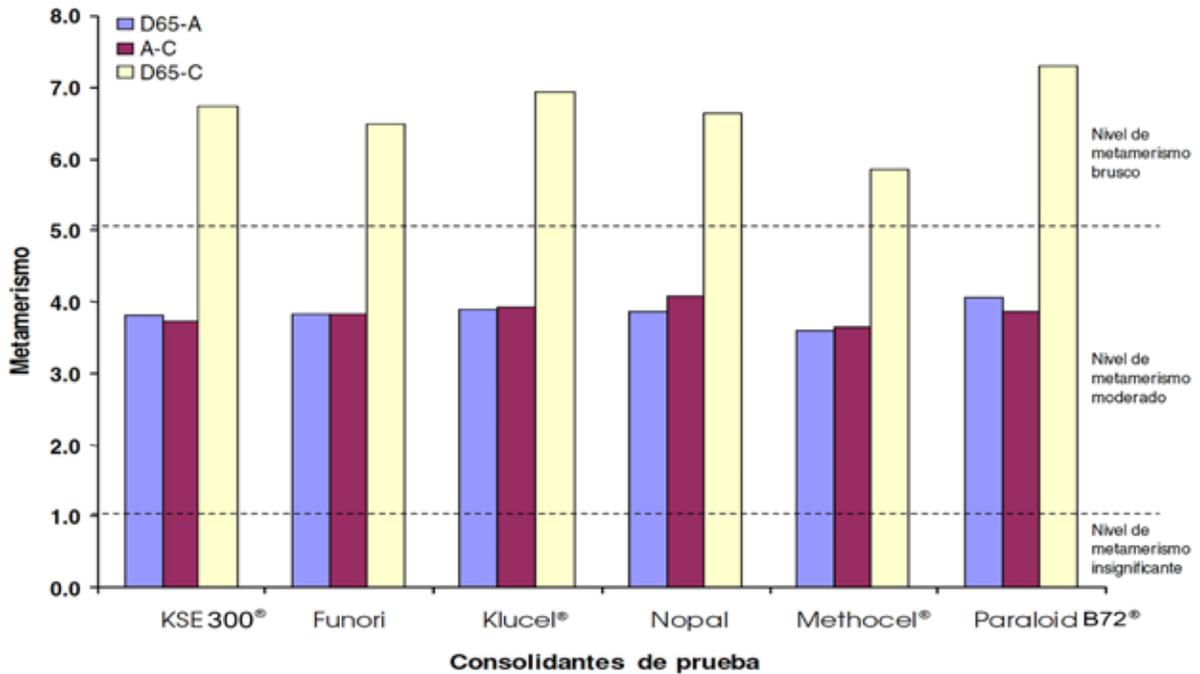


FIGURA 138. Magnitudes absolutas del metamerismo a partir de tres iluminantes (MFS).

perizar y en comparación con tres iluminantes propuestos (figura 138).

Prácticamente, los valores del metamerismo generados entre la luz de día (D65) y la luz incandescente (A), así como entre la luz incandescente y la luz fluorescente (CWF), son equivalentes; ambos casos muestran magnitudes moderadas.

A partir de las diferencias de metamerismo antes y después del intemperismo para cada consolidante y en comparación con el iluminante, Salinas Nolasco distingue dos tipos de consolidantes:

- Consolidantes que presentan incremento de metamerismo (KSE 300® y baba de nopal).

- Consolidantes que presentan disminución de metamerismo (funori, Klucel®, Methocel® y Paraloid B72®) (figura 139).

Por otra parte, debido a las magnitudes de las diferencias entre el metamerismo antes y después del intemperismo, Salinas Nolasco distingue tres tipos de consolidantes:

- Consolidantes que presentan cambios bajos de metamerismo (KSE 300® y Paraloid B72®).
- Consolidantes que presentan cambios medios de metamerismo (funori y Klucel®).

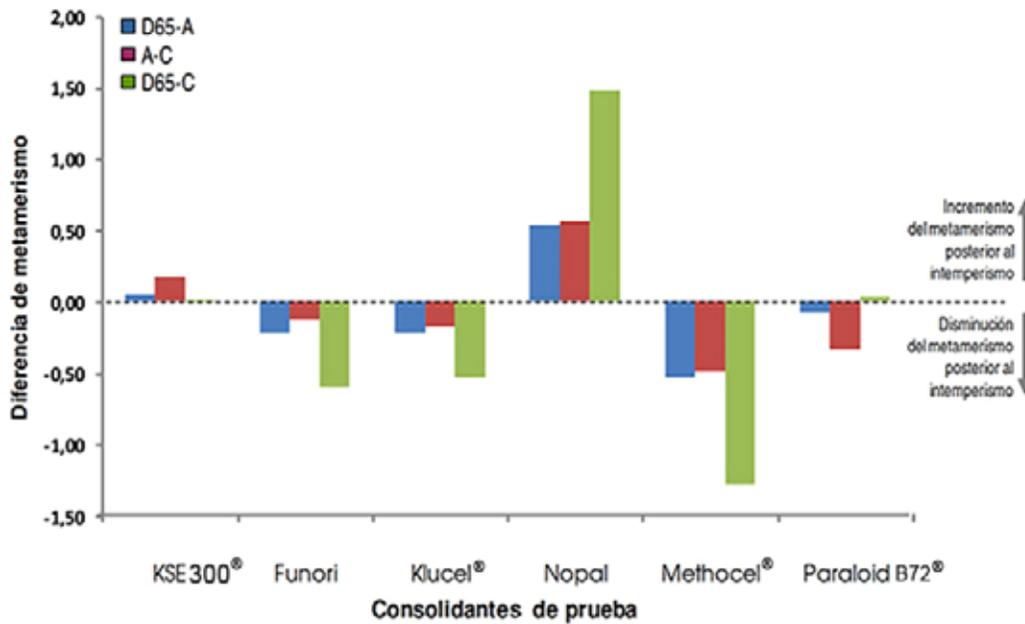


FIGURA 139. Diferencias de metamerismo antes y después del envejecimiento (MFS).

- Consolidantes que presentan cambios altos de metamerismo (baba de nopal y Methocel®).

Con base en los resultados sobre las variaciones cromáticas y ópticas que podría llegar a presentar la capa pictórica del relieve de Tlaltecuhltli después del proceso de fijado, se determinaron algunos puntos importantes que habría que considerar en el momento de optar por la sustancia consolidante/fijativa más adecuada.

El dato más relevante que arrojó este estudio fue que, una vez realizado el proceso de intemperismo, el KSE 300® fue el fijativo que experimentó menor cambio de color y además contribuyó a saturar de manera moderada el tono original sin modificarlo.

#### PRUEBAS FÍSICAS

En este momento de la investigación se decidió evaluar cada uno de los seis fijativos con el fin de reducir el campo de opciones y, a partir de ello, tomar una decisión.

Se efectuó una sencilla prueba para comprobar si las diferentes sustancias fijativas estaban realmente cumpliendo su función: se rodó un hisopo humedecido con agua sobre la capa de pigmento + fijativo. Los resultados se muestran en la siguiente tabla (tabla 10).

Al término de estas pruebas físicas se determinó continuar el estudio únicamente con aquellos consolidantes que se adhirieron por completo al pigmento en las probetas; es decir, aquéllos en los que el algodón

del hisopo se mantuvo limpio después de la prueba: el Paraloid B72<sup>®</sup> y el KSE 300<sup>®</sup>.

Cabe mencionar que algunos de los otros consolidantes lograron fijar parcialmente la capa de pigmento (sobre todo el funori y el Klucel<sup>®</sup>) y aunque en este caso se descartaron debido a que era necesario to-

mar una decisión para comenzar a trabajar en el proceso de fijado, su evaluación prosiguió porque serviría para casos futuros. De hecho, se determinó concluir con todos los análisis de las seis sustancias, ya que de esta manera se tendría una base que permitiría continuar con las investigaciones.

TABLA 10. Resultados de las pruebas físicas realizadas sobre probetas

<b>Fijativo</b>		<b>Algodón</b>	<b>Cumplió su función</b>
1.	Paraloid B72 <sup>®</sup> al 2.5% en xilol	No presentó pigmento.	Sí
2.	Baba de nopal	Presentó pigmento.	No
3.	Funori al 1.25% en agua destilada	Presentó un mínimo desprendimiento de pigmento.	Se debe trabajar más a futuro. No hay que descartarlo.
4.	KSE 300 <sup>®</sup> 1:1 en alcohol	No presentó pigmento.	Sí
5.	Klucel <sup>®</sup> al 1% en agua destilada	Presentó ligero desprendimiento de pigmento.	Se debe trabajar más a futuro. No hay que descartarlo.
6.	Methocel <sup>®</sup> al 1% en agua destilada	Presentó pigmento.	No

ESTUDIO DE POROSIDAD:  
 ADSORCIÓN DE NITRÓGENO

Una vez seleccionadas dos opciones de sustancias consolidantes, surgió la inquietud de averiguar cuál sería el comportamiento que tendría la película formada en la superficie del relieve: necesitábamos saber qué sucedería, tanto a corto como a mediano plazo, con el patrón de porosidad una vez fijada la capa pictórica en el sustrato pétreo.

La preocupación sobre la porosidad siempre estuvo relacionada con el hecho de que pudieran suscitarse posibles fluctuaciones en la humedad relativa circundante al monolito cuando éste se encontrara expuesto. El material constitutivo, en combinación con la sustancia fijativa, debería comportarse de forma natural, permitir el libre intercambio de humedad a través de un sistema poroso, y esto no sucedería si el fijativo aplicado sellaba la superficie de la roca.

Para salir de dudas, conseguimos que el equipo encabezado por Jorge Balmaseda Era, doctor del IIM-UNAM, realizara un análisis por adsorción de nitrógeno, técnica analítica mediante la cual se puede determinar el área superficial total de un sólido tomando en cuenta la porosidad del material y el tamaño y distribución de sus poros.

El análisis consiste en hacer pasar átomos de nitrógeno a través de los poros de la muestra, lo cual posibilita conocer el área superficial y el diámetro del poro; la primera se obtiene en su totalidad por medio de las medidas de adsorción con el método Brunauer Emmet Teller (BET) y el se-

gundo se consigue mediante el método Barret Joyner Halenda (BJH) (Barragán y Malvárez 2010: 73).

MUESTRAS TRATADAS CON PARALOID B72®  
 Y CON KSE 300®

La primera etapa de análisis por adsorción de nitrógeno se llevó a cabo en las siguientes muestras:

- andesita
- andesita con pigmento
- andesita con pigmento fijada con Paraloid B72® al 2 % en xilol
- andesita con pigmento fijada con Paraloid B72® al 2 % en xilol (envejecida)
- andesita con pigmento fijada con KSE 300® 1:1 en alcohol
- andesita con pigmento fijada con KSE 300® 1:1 en alcohol (envejecida)

Para este estudio, se rasparon las superficies de las muestras del lado donde se encontraba el pigmento con la sustancia fijativa. El análisis se llevó a cabo con un equipo de adsorción ASAP 2020 marca Micromeritics®.

A partir de la tabla de resultados (tabla 11) y de la gráfica (figura 140) donde se registró la cantidad de nitrógeno absorbido para cada muestra, se concluyó:

El Paraloid B72® crea una película que sella los poros de menor tamaño: al medir la porosidad, el aparato registra los poros

más grandes que no fueron sellados. Esto se refleja en la tabla con valores mayores para diámetro promedio. Asimismo, esta sustancia impide el acceso a poros de menor tamaño; lo que se aprecia en la gráfica con una disminución del área de las curvas y un ensanchamiento de éstas.

Por su parte, el KSE 300® mantiene el diámetro promedio del poro muy similar al del monolito con el pigmento sin fijativo; lo que se refleja en los valores que se observan en la tabla. En la gráfica se aprecia que el KSE 300® sin envejecer tiene perfiles muy similares, con pequeñas diferen-

cias, a los de la andesita con pigmento (en la región de 20 a 35 Å). Se cree que lo anterior se debe a que el KSE 300® no sella el poro, sino que crea una microporosidad: el KSE 300® en contacto con la superficie porosa genera una serie de uniones entre las partículas de la roca y se cristaliza en forma de sílice, sin llegar a rellenar o a tapar los poros.

Resulta además evidente que el KSE 300® mejora sus propiedades al envejecer, puesto que sigue formando microcristales de sílice y algunos de cuarzo, lo que lo acerca más a la naturaleza del monolito.

TABLA 11. Resultados presentados por el investigador Jorge Balmaseda Era

Muestra	A †, m <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup>	d††, Å
Andesita	18.5	174
Andesita + pintura	20.7	122
Paraloid B72® nuevo	10.0	324
Paraloid B72® viejo	10.8	247
KSE 300® nuevo	21.2	125
KSE 300® viejo	23.3	172

† Área superficial medida por el método BET.

†† Diámetro de poro promedio estimado por el método BJH.

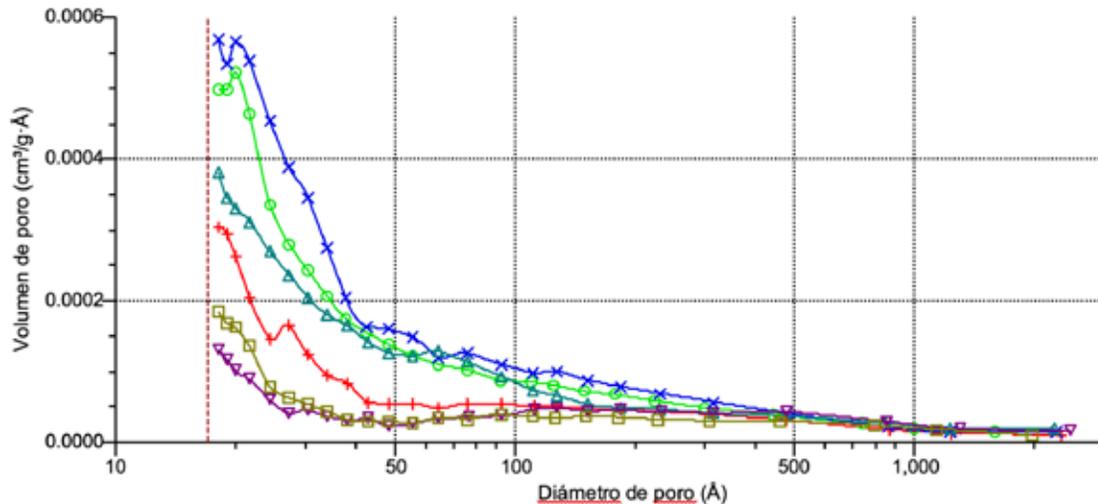


FIGURA 140. Nitrógeno absorbido por gramo de sólido en función del diámetro de los poros (JBE).

MUESTRAS TRATADAS CON FUNORI,  
BABA DE NOPAL, KLUCEL® Y METHOCEL®

A lo largo de esta segunda fase de análisis por adsorción de nitrógeno se trabajó con las muestras que no llegaron a fijar al 100% la capa de pigmento sobre el sustrato rocoso:

- andesita
- andesita con pigmento
- andesita con pigmento fijada con funori al 1.25 % en agua destilada
- andesita con pigmento fijada con Klucel® al 1 % en agua destilada

- andesita con pigmento fijada con baba de nopal 1:1 en agua destilada

- andesita con pigmento fijada con Methocel® al 1 % en agua destilada

Cabe mencionar que en el caso del análisis para estos consolidantes solamente se tomaron como referencia las muestras con el tiempo real de un año transcurrido bajo las condiciones microclimáticas existentes al interior del MTM.

En la siguiente tabla se observa que el diámetro de poro para la andesita con pintura es de 122 Å; el más parecido a éste último es de 115.138 Å, que corresponde al recubrimiento con baba de nopal, cuyo volumen de poro es de 47.9 mm<sup>3</sup>/g. El diámetro mayor

TABLA 12. Resultados para la segunda selección de fijativos

Fijativo	A $\text{m}^2/\text{g}^{-1}$	d $\text{\AA}$	V <sub>poro</sub> $\text{mm}^3/\text{g}^{-1}$
Ninguno	20.7	122	58.1
Funori	7.9	163	27.5
Nopal	15.3	115	47.9
Methocel®	7.0	222	39.3

(A) Área superficial medida por el método BET.

(d) Diámetro de poro promedio estimado por el método BJH.

(Vporo) Volúmenes de poro acumulativos de la distribución.

corresponde al Methocel® de 222.418  $\text{\AA}$  y un volumen de poro de 39.3  $\text{mm}^3/\text{g}$  (tabla 12).

Mediante el método BET, se determinó un área superficial de 18.5  $\text{m}^2/\text{g}$  para la andesita sin pigmento y de 20.7  $\text{m}^2/\text{g}$  para la que sí lo tenía.

En el caso del recubrimiento con baba de nopal, se observa un área superficial de 15.3470  $\text{m}^2/\text{g}$ , un valor intermedio entre la andesita sola y con pintura. Estos perfiles son muy similares excepto en la región cuyas medidas van de 20 a 35  $\text{\AA}$ .

Se observa una disminución del área superficial para los recubrimientos de funori (7.9150  $\text{m}^2/\text{g}$ ) y Methocel® (6.9809  $\text{m}^2/\text{g}$ ); en el caso del Klucel® disminuye un poco menos (10.3  $\text{m}^2/\text{g}$ ). Este fenómeno se puede deber a que el funori y el Methocel® im-

piden el acceso a los poros de menor tamaño y ello provoca un incremento en el diámetro promedio de los poros; sin embargo, hay que destacar que el caso del funori es menos brusco en comparación con el del Methocel® (figura 141).

Con respecto a la gráfica, Jorge Balmaseda (comunicación personal 2010) comenta que en el eje de las X se puede observar el comportamiento en cuanto al área de cada muestra. La región de hasta 30  $\text{\AA}$  es la que corresponde a los microporos y es la que más contribuye a la compresión de las superficies individuales. Se puede observar que la andesita sin consolidante es la que presenta más área y ésta disminuye cuando se le agrega cualquier fijativo.

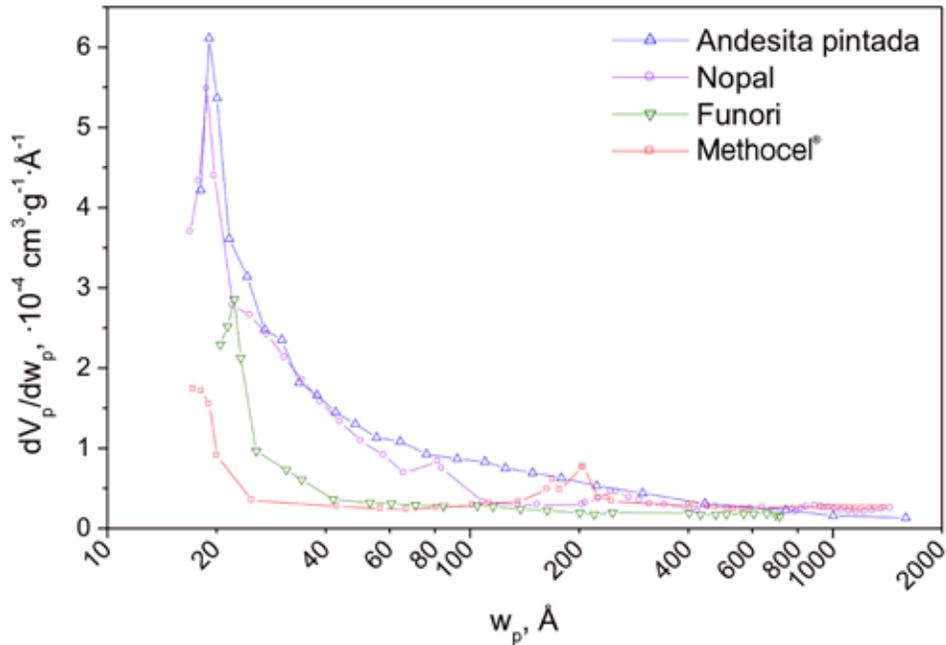


FIGURA 141. Distribuciones de tamaño de poros en andesita con pintura y segundo grupo de fijativos (JBE).

En la gráfica se aprecia que la baba de nopal no afecta esta región. Por su parte, el funori y el Klucel® presentan de nuevo microporos en las muestras (área superficial mayor). El Methocel® prácticamente sella la roca y ello genera que el área superficial disminuya considerablemente.

En el caso de la región mesoporosa (arriba de 30 Å), la baba de nopal llega a sellar totalmente los poros; el funori y el Klucel®, sólo parcialmente, y el Methocel®, casi por completo (Jorge Balmaseda, comunicación personal 2010).

#### DEFINICIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL PROCESO DE FIJADO

Una vez concluidos los análisis de adsorción de nitrógeno se consideró que ya se te-

nían bases suficientes para presentar una propuesta de intervención con un consolidante compatible con el material original y que reaccionara de manera adecuada en la roca y en la película de pigmento después de cierto tiempo:

- Los análisis por difracción de rayos X y microscopía electrónica de barrido evidenciaron que con la aplicación del KSE 300® 1:1 en alcohol ni la composición ni la estructura cristalina de la roca presentarían cambios significativos en su composición y morfología, así como tampoco lo mostraría el recubrimiento pictórico.
- El estudio de colorimetría permitió comprender que la policromía tratada con KSE 300® posee características similares a la de las muestras sin tratamiento. Tanto

la saturación como la iluminación mostraron un incremento positivo a partir de la aplicación de esta sustancia.

- Mediante el análisis por adsorción de nitrógeno, se comprobó que el KSE 300® crea una microposidad al rellenar parcialmente los poros, formar cristales de sílice e incorporarse con el tiempo a la textura original de la andesita. El área específica, así como el diámetro y el radio de los poros, de la roca con pigmento tratada con KSE 300® es muy similar a la original; lo que permite suponer que el intercambio de humedad relativa a través de la roca en la escultura se daría de manera natural.

#### APLICACIÓN DEL FIJATIVO

Una vez definido el compuesto que se iba a utilizar, inició el proceso de fijado. Se determinó que el fijativo se aplicaría por aspersión para que éste no penetrara a profundidad en la roca y la reacción se diera a nivel superficial.

Es importante recalcar que el KSE 300® actúa con el agua presente en el ambiente o con la que se encuentre al interior de los poros de la roca: en este proceso el dióxido de silicio acuoso amorfo se separa y se enlaza con los componentes de la roca mediante segmentos blandos, lo que ocasiona que el gel de sílice actúe como cementante. La velocidad de esta reacción está relacionada con la temperatura y la humedad, y su duración aproximada es de tres semanas (Barragán y Malvárez 2010: 63).

Por esta razón, era primordial evaluar y establecer las condiciones circun-

dantes necesarias para lograr que el KSE 300® actuara de manera adecuada. Las aplicaciones tendrían que realizarse con una humedad relativa promedio de aproximadamente 40-50%, y como no era conveniente que ésta aumentara, el proceso de fijado se planeó antes de la época de lluvias. Del mismo modo, con la finalidad de tener un mayor control, las ventanas y las puertas tendrían que mantenerse siempre cerradas.

Asimismo, se establecieron medidas de seguridad (uso de guantes, overoles, lentes y mascarillas con filtros contra vapores orgánicos) para quienes aplicarían el consolidante, pues éste puede causar daños en piel, ojos y vías respiratorias (Wheeler 2005: 84).

Con estas disposiciones, a mediados de enero de 2010, se llevó a cabo la primera aplicación por aspersión con la que se bañó completamente la superficie policromada del relieve (figuras 142-144).

En el interior de la caseta-laboratorio se efectuaron en total cuatro aplicaciones en cada uno de los fragmentos; una cada dos semanas y media con el objetivo de que el proceso de reacción entre aplicaciones pudiera completarse.

La última aplicación se realizó el 19 de abril de 2010. En ese momento los pigmentos se encontraban ya bastante más estables sobre la superficie de la andesita y, por lo tanto, podrían resistir de manera segura la maniobra que ya se planeaba para trasladar los cuatro fragmentos del monolito hacia el MTM. El resultado del proceso de fijado de los pigmentos al sustrato pétreo se revisó a detalle unos meses después del traslado.



FIGURA 142. Preparación del consolidante KSE 300<sup>®</sup> 1:1 en alcohol etílico (MBR).



FIGURA 143. Aplicación del consolidante KSE 300<sup>®</sup> por aspersion sobre el fragmento A (MBR).



FIGURA 144. Aplicación del consolidante KSE 300<sup>®</sup> por aspersión sobre el fragmento B (CBM).

En agosto de 2010, ya con la escultura en el museo, se hizo una limpieza superficial y después se realizó una serie de pruebas con hisopo rodado sobre ciertas áreas en la capa pictórica. Se encontraron algunos puntos en los que un poco de pigmento se impregnó aún en el algodón del hisopo. Por este motivo, se decidió aplicar una dosis general más de KSE 300<sup>®</sup> 1:1 en etanol usando otra vez aspersores manuales.

Cuatro meses después, a inicios de diciembre de 2010, se llevó a cabo una revisión minuciosa y se hizo limpieza superficial. En ese momento se observó que si bien en algunos puntos todavía se impregnaban mínimos restos de pigmento al hisopo, el fijado estaba prácticamente concluido.

Se decidió volver a aplicar el fijativo de manera general para evitar la formación

de manchas o de zonas más oscuras o saturadas, así como bañar con mayor cantidad de consolidante todos aquellos puntos en los que previamente se habían desprendido pequeñas cantidades de pigmento (figuras 145-147).

#### EL FIJADO EN LOS COLORES BLANCO, NEGRO Y AZUL MAYA

El proceso de fijado con KSE 300<sup>®</sup> ayudó considerablemente a la estabilización de los colores blanco, negro y azul maya; sin embargo, por su naturaleza química, la técnica pictórica empleada en el monolito y el tipo de deterioro que presentaba cada uno, desde el inicio de la intervención se decidió que en estas áreas se realizarían tratamientos de estabilización complementarios.

A continuación, se presenta la elección de los tratamientos para la estabilización y el fijado de estos colores, la cual se basó en su naturaleza química, en la técnica utilizada para su aplicación al sustrato y en el tipo de deterioro que presentaban de manera individual. Asimismo, se explica el método que se aplicó en cada caso y las razones que lo motivaron:

- El color blanco o carbonato de calcio presentaba un problema general de disgregación, fisuras y desprendimientos. Es sabido que para los recubrimientos de calcita los procesos de consolidación y fijado por medio de repetidas aplicaciones de hidróxido de calcio ( $\text{CaOH}$ ) han sido muy exitosos, ya que en el momento en que este compuesto pierde humedad

se cristaliza en forma de carbonato de calcio relleno los intersticios del material original disgregado. Así pues, debido a la naturaleza química ( $\text{CaCO}_3$ ) de este color, se aplicaron de una a dos dosis de  $\text{CaOH}$  durante seis meses a partir del momento en que concluyó la primera limpieza.

- El proceso de fijado en el color blanco o calcita tuvo muy buenos resultados, el cambio en sus características después del periodo en el que se llevaron a cabo las aplicaciones de  $\text{CaOH}$  fue muy evidente.
- La definición sobre el tratamiento específico para el color negro se basó principalmente en la técnica de aplicación de este pigmento en el relieve. Dado que



FIGURA 145. Limpieza superficial previa a la realización de pruebas de fijado (MDA).

INTERVENCIÓN DEL MONOLITO DE LA DIOSA TLALTECUHTLI



FIGURA 146. Pruebas con hisopo rodado para evaluar el fijado (MBR).



FIGURA 147. Aplicación del fijativo por aspersion (MDA).

siempre se encontró sobre aquellas áreas previamente decoradas con recubrimientos de calcita, se resolvió aplicar el mismo tratamiento de consolidación que se usó para el color blanco. De esta manera, las aplicaciones de CaOH sobre el blanco se efectuaron con el cuidado de humectar también los diseños en color negro. Por fortuna, el color negro adquirió mayor estabilidad después de cierto tiempo.

- De acuerdo con su técnica de manufactura, el color azul maya es bastante estable y resistente a los factores ambientales.

Sin embargo, el tipo de deterioro que aquí presentaba se manifestó mediante la pérdida de cohesión en relación con el sustrato, lo que se tradujo en pequeños desprendimientos a manera de escamas. Ante esta situación, se realizó un proceso de unión para adherir el color azul al sustrato mediante la aplicación de Mowithal B60H® al 10% en acetona (figuras 148-149). Este procedimiento permitió obtener los resultados esperados, estabilizando de manera puntual aquellas áreas que corrían el riesgo de perderse en las decoraciones de color azul maya.



FIGURA 148. Detalle. Color negro sobre carbonato de calcio (CML).



FIGURA 149. Detalle. Color azul maya en orejera (CML).

## CAPÍTULO 4

### EL DESTINO DEL RELIEVE

Este capítulo expone la propuesta específica sobre el destino final del relieve de la diosa Tlaltecuhтли. Desde el inicio del hallazgo –y durante todo el desarrollo del proyecto de intervención y restauración del monolito–, se presentaron distintas opiniones sobre cuál podría ser el destino final de esta escultura una vez concluidos los trabajos de exploración e investigación arqueológica dentro del predio que anteriormente fuera ocupado por el Mayorazgo de Nava Chávez y en donde el PTM continúa realizando trabajos de investigación arqueológica.

El descubrimiento de esta pieza es de gran relevancia por varias razones: sus dimensiones, su detallado trabajo en bajo relieve, la gran cantidad del color original que conserva su superficie, la ubicación de la escultura con respecto al Huei Teocalli, así como su simbolismo y posible función. Todo en conjunto llevó a plantear la posibilidad de mostrar a la diosa Tlaltecuhтли en su contexto original, justo en el lugar en el que fue hallada, lo cual le daría a la exhibición un valor aún mayor.

Así pues, conforme avanzaron los trabajos de intervención y estabilización del relieve, se elaboró un proyecto específico enfocado no sólo en la propuesta arquitectónica para el futuro recinto que lo albergaría *in situ*, sino también en rediseñar el sector urbano conformado por el Templo Mayor, la Catedral Metropolitana, la Plaza Manuel Gamio y el predio del antiguo Mayorazgo de Nava Chávez.

## EL PROYECTO DEL MUSEO CASA DE TLALTECUHTLI

Fue así como comenzaron a salir a la luz una serie de propuestas puntuales. Entre ellas destacan: el mejoramiento de la infraestructura del actual inmueble que alberga el MTM, la recuperación paisajística de la Plaza Manuel Gamio y el atrio oriental de la Catedral Metropolitana, así como la propuesta para elaborar una nueva cubierta de protección para la zona arqueológica del Templo Mayor.

Los especialistas de la Coordinación Nacional de Monumentos Históricos del INAH, dirigidos en ese momento por el arquitecto Salvador Aceves García, comenzaron a elaborar en 2008 un plan estratégico que incluía el replanteamiento del sector urbano en donde se ubica el Templo Mayor.

Paralelamente, el diseño arquitectónico específico para la propuesta del nuevo recinto —que sería llamado Museo Casa de Tlaltecuhltli— fue encomendado al despacho particular del arquitecto J. Francisco Serrano, autor de conocidos proyectos entre los que destacan la Terminal 2 del Aeropuerto Internacional Benito Juárez de la Ciudad de México, la Universidad Iberoamericana y el conjunto de oficinas Arcos Bosques Corporativo. El nuevo proyecto se desarrolló en común acuerdo con la Coordinación Nacional de Monumentos Históricos, la cual se encargó de dictar las especificaciones técnicas correspondientes para un edificio moderno inmerso en una zona histórica.

## DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ANTEPROYECTO ARQUITECTÓNICO

La idea central del futuro Museo Casa de Tlaltecuhltli se basó en que la gente pudiera comprender, aún con el nuevo inmueble construido, la relación de continuidad que existe entre el predio en donde fue hallado el monolito y la zona arqueológica actual. Aunque estos dos espacios están divididos por la calle de República de Argentina, era importante resaltar que el área del hallazgo está ubicada justo frente al Templo Mayor de Tenochtitlan.

Así, el anteproyecto que elaboró el despacho de arquitectos se basó en la construcción de un inmueble que tuviera cierta transparencia, para que los visitantes pudieran visualizar el recinto sagrado de manera más clara.

A partir de lo anterior, los arquitectos propusieron que la construcción del Museo Casa de Tlaltecuhltli fuera, básicamente, una estructura de acero que llevara en la parte superior de su fachada paneles con perforaciones a manera de celosía y recubrimientos con cristal para que la gente que transitara sobre la calle peatonal de República de Argentina pudiera observar a su paso los recientes hallazgos y su relación con la zona arqueológica que actualmente se encuentra abierta al público. También plantearon instalar un tragaluz en el techo que proporcionara en el interior una vista cenital de la diosa.

En cuanto a la entrada, sugirieron que ésta fuera a través de una rampa con paredes de cristal, lo que permitiría apre-

ciar la zona arqueológica desde una nueva perspectiva, pues al ir bajando, los visitantes tendrían la sensación de caminar sobre los patios prehispánicos, a un lado de las estructuras arqueológicas (figuras 150-151).

Asimismo, el proyecto proponía que, al interior del nuevo recinto, no sólo se mostrara el relieve de la diosa Tlaltecuhltli en

su contexto original, sino también los nuevos hallazgos que surgieron en torno a ella. De hecho, se planteaba desplazar la escultura monumental unos metros hacia el oriente con la finalidad de dejar a la vista la caja de sillares en donde se depositó la Ofrenda 126, la cual fue hallada justo debajo del monolito (figura 152).



FIGURA 150. Propuesta del nuevo museo. Fachada sur (fs).



FIGURA 151. Vista del museo y la nueva rampa de acceso (fs).

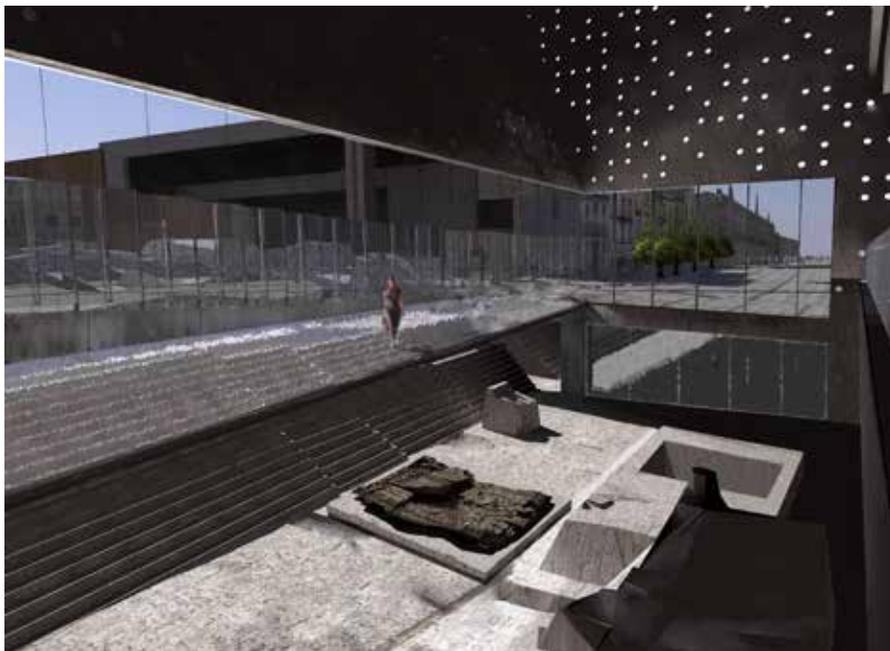


FIGURA 152. Vista del interior del museo (fs).

## COMENTARIOS A LA PROPUESTA ARQUITECTÓNICA

A pesar de que la finalidad principal del proyecto era preservar, difundir y resguardar adecuadamente la escultura monumental, quienes habíamos estado involucrados en todo el proceso, desde el hallazgo hasta la intervención del monolito de la diosa, no fuimos invitados a participar en la elaboración de esa propuesta.

Cuando la Coordinación Nacional de Monumentos Históricos presentó al MTM y al PTM el anteproyecto para que lo valoráramos, éste ya estaba muy avanzado. Los integrantes del equipo que nos encargamos de la revisión<sup>1</sup> partimos del entendido de que los objetivos principales del planteamiento arquitectónico debían ser tanto la protección y puesta en valor del área de los vestigios en donde fue hallado el monolito de la diosa Tlaltecuhтли como la restitución del volumen urbano en la intersección de las calles de República de Argentina y República de Guatemala.

Después de esta evaluación, redactamos un documento en el que enumeramos las observaciones que consideramos primordiales para contribuir a que el resultado final lograra no sólo un diseño novedoso

del inmueble, sino también que éste asegurara la apropiada interpretación de los recientes hallazgos y su óptima preservación a largo plazo.

En resumen, el documento planteaba los siguientes puntos:

- Era necesario estudiar la forma precisa en que los pisos modernos del nuevo recinto se apoyarían sobre las losas de andesita de la plaza prehispánica sin generar daños en ellas.
- Había que analizar cómo se apoyarían los cancelos de cristal que limitarían el vestíbulo o rampa por el costado oriente sobre estas losas de andesita y considerar, además, las posibles deformaciones o hundimientos del terreno.
- El edificio construido debería concebirse para que esta nueva área, de invaluable contenido histórico y estético, quedara protegida de las inclemencias de la intemperie: lluvia ácida, inundaciones, incidencia directa de los rayos solares, oscilación de temperatura y humedad, entre otros factores.
- Dada su ubicación en el subsuelo, los vestigios arqueológicos son vulnerables a inundaciones causadas por lluvias, sobrecarga de mantos freáticos en época de lluvias y recurrentes fugas de agua potable. Por lo tanto, era necesario concebir sistemas de bombeo y contención de agua, así como planear un soporte y montaje museográficos que consideraran estos posibles imprevistos y permitieran llevar a cabo las labores de

<sup>1</sup> Esta revisión se hizo en 2009 y estuvo a cargo del doctor Carlos Javier González González, director en turno del MTM; del doctor Leonardo López Luján, director del PTM; del maestro Tenoch Medina González, exintegrante del PTM, y de la autora de este texto, que en ese momento estaba a cargo del Departamento de Restauración del MTM.

mantenimiento con el fin de evitar que el monolito sufriera algún daño.

- Las colindancias en el predio del antiguo Mayorazgo de Nava Chávez que dan al oriente y al sur no ofrecerían obstáculo alguno a la incidencia directa de sol sobre el monolito desde el amanecer hasta el atardecer. Por lo tanto, había que replantear el tipo de cristales que se utilizarían para la fachada del nuevo recinto. Es sabido que los filtros contra radiación ultravioleta no impiden totalmente el paso de los rayos solares, además de que su tiempo de vida media es limitado y su acción protectora es difícil de monitorear. Ello implicaría una inversión necesaria que tuviera presente su reposición periódica.
- El elevado nivel freático y las características de los estratos del subsuelo provocan que el área de los vestigios arqueológicos sea un lugar sumamente húmedo; así que, inevitablemente, debería tomarse en cuenta este factor para prevenir que se dieran cambios bruscos en el microclima generados por la insolación directa en combinación con la oscilación en el número de visitantes.
- Considerando la puesta en valor del monolito *in situ*, era necesario que los visitantes se percataran de que la escultura forma parte de un escenario ritual localizado justo al pie de la pirámide principal de Tenochtitlan y que dicho escenario se transformó a lo largo del tiempo hasta, finalmente, quedar cubierto por una casa colonial del siglo XVI. Bajo esta lógica, resultaba indiscutible que el monolito te-

nía que exhibirse en su posición original exacta, sobre la Ofrenda 126, y no desplazado unos metros como planteaba la propuesta.

- La orientación con la que se colocó originalmente el relieve de Tlaltecuhli –con los pies hacia el oriente y la cabeza hacia el occidente– indica claramente que en la época prehispánica el punto ideal de observación era desde la pirámide; es decir, desde el oriente. Esto no sólo permitía visualizarla en su conjunto, sino apreciarla correctamente con la cabeza hacia arriba. A partir de este hecho crucial, se propuso que la zona de interpretación fuera desde el flanco oriental del nuevo edificio y a dos distintos niveles para que los visitantes apreciaran bajo ellos la escalinata de la plataforma e, inmediatamente al occidente, el monolito; de este modo tendrían una fácil lectura del relieve, pues la figura de la diosa no quedaría invertida.

Después de recibir y leer las observaciones, Francisco Serrano se reunió con quienes habíamos redactado el documento para intercambiar puntos de vista. Al término de este encuentro, el arquitecto comentó lo siguiente:

- El nuevo museo contaría con un novedoso sistema de aire acondicionado que ayudaría a controlar los problemas provocados por la condensación de humedad y los cambios bruscos de temperatura.
- Para la fachada de cristal, planteó la posibilidad de adaptar un sistema de corti-

naje electrónico al interior del museo que abriría únicamente cuando no hubiera luz de sol directa (aunque la luz solar directa está presente en el predio desde las primeras horas de la mañana hasta el atardecer) (figura 153).

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SOBRE LAS CONDICIONES NECESARIAS PARA LA EXHIBICIÓN DEL RELIEVE DE LA DIOSA TLALTECUHTLI

A partir de la inquietud sobre los lineamientos requeridos dentro del futuro Museo Casa de Tlaltecuhltli, en este apartado

se presentan de manera general las especificaciones técnicas que se acordaron para lograr una exhibición segura del relieve y de los hallazgos a su alrededor y contribuir a la preservación, tanto a corto como a largo plazo, de los bienes culturales que ahí se exhibirían.

Humedad relativa: la recomendación general de humedad relativa promedio que debe existir al interior de una sala de exhibición es de 50%, con una variación de  $\pm 5\%$ . Algunos materiales, entre ellos la mayoría de los pétreos, pueden soportar variaciones mayores, aunque lo ideal es establecer el parámetro de humedad relativa exacto para cada tipo o conjunto de objetos de acuerdo con sus características.

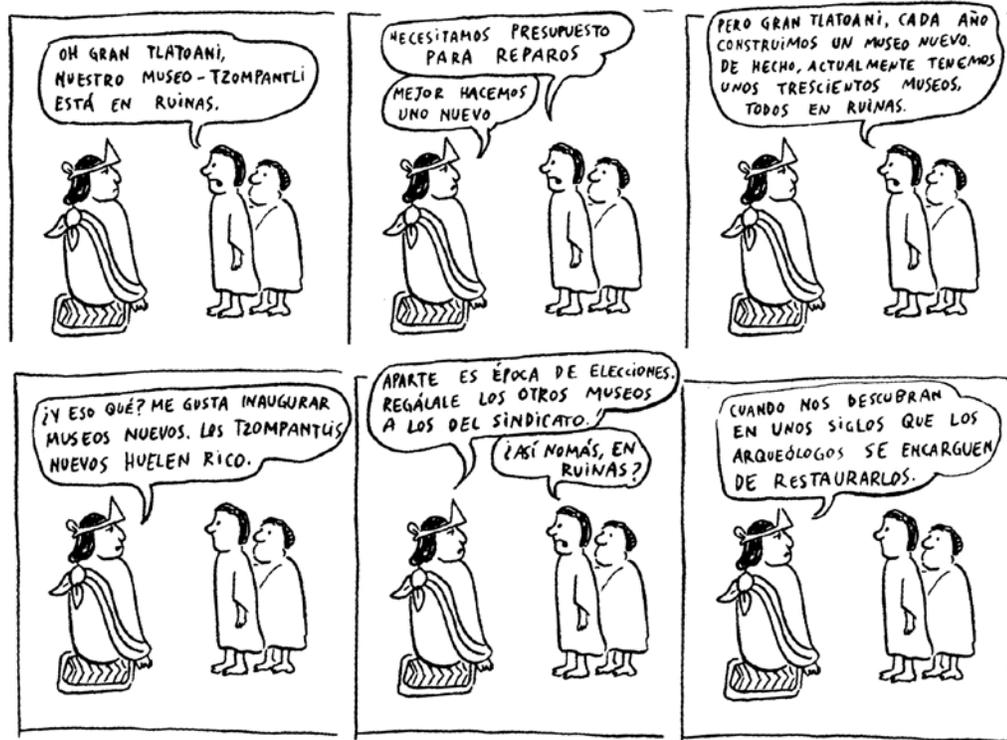


FIGURA 153. *Las aventuras de Olmeco Beuys* (PH).

En este caso particular se debía tomar en cuenta que la variación de humedad relativa no fuera muy grande durante cortos periodos de tiempo, considerando además la influencia que tendría en ello tanto el tipo de materiales de construcción planteados para el nuevo inmueble como las condiciones climáticas circundantes en el sitio y la futura afluencia de visitantes.

**Temperatura:** los cambios en la temperatura afectan directamente la cantidad de humedad contenida en el interior del espacio construido y de los materiales que constituyen los objetos arqueológicos. Por ello, este factor también debía ser controlado con el fin de evitar grandes fluctuaciones; lo adecuado era establecer un promedio entre niveles mínimos de 10 °C y máximos de 25-28 °C.

Cabe señalar que las temperaturas extremas o las grandes fluctuaciones sin control pueden ocasionar daños importantes en los materiales, además de que las altas temperaturas aceleran los procesos de degradación química y la actividad biológica se incrementa (Thomson 1999: 3).

**Iluminación:** en el caso de la iluminación, había que considerar que la irradiación directa de luz ultravioleta (radiaciones de onda corta, cuya longitud de onda oscila generalmente de los 280 a los 400 nanómetros), podría suscitar alteraciones importantes sobre la capa pictórica original.

La luz solar tiene un alto contenido de radiación infrarroja, que origina daños térmicos, y de radiación ultravioleta, que puede traspasar una ventana o cristal convencional.

Este tipo de radiación es causante de daños fotoquímicos y genera además la degradación en fibras y tintes, afecta la resistencia física en los materiales orgánicos, así como su coloración (Raphael *et al.* 1999: 122).

Ambos tipos de irradiación provocan daños irreversibles y acumulativos: decoloración, desvanecimiento y finalmente desintegración. Es por ello que en el anteproyecto arquitectónico se debía tener sumo cuidado en cómo se controlaría la irradiación de la luz natural a través de los cristales del nuevo inmueble. Aunque en general se afirma que a los materiales pétreos no los afecta la luz, se recomienda que los materiales orgánicos y los materiales colorantes no sean sometidos a rangos mayores a 50 luxes.

Tomando en cuenta lo anterior, se propuso que el sistema de iluminación al interior del nuevo museo fuera mediante lámparas led,<sup>2</sup> que además de que transmiten muy bien la luz visible permiten controlar su intensidad. También se propuso utilizar filtros para crear efectos, dirigir la luz y disminuir la radiación.

---

<sup>2</sup> Lámparas de bajo consumo de electricidad, de 1 a 1.8 watts, con una vida útil aproximada de 50 000 a 100 000 horas. Ideales para edificios que requieren de mucha iluminación y generan un alto consumo de electricidad.

## REALIZACIÓN DE UNA PROPUESTA PARA LA BASE MUSEOGRÁFICA DEFINITIVA

A raíz de la planeación por parte del arquitecto Serrano de un futuro inmueble para albergar el relieve de la diosa Tlaltecuhltli en su contexto original, nos dimos a la tarea de formular una propuesta específica dirigida no sólo a la elaboración de una base museográfica que cumpliera con los requisitos de conservación de los cuatro fragmentos del monolito durante su futura exhibición, sino que también asegurara su estabilidad durante las maniobras de traslado y montaje.

A inicios de 2009, se conformó un equipo integrado por el arquitecto Tenoch Medina González, del PTM; el ingeniero Carlos Flores Espino, egresado de la maestría en Conservación de Bienes Inmuebles; el arquitecto Rubén Rocha, docente de la ENCRYM-INAH, y la autora de este texto para evaluar las posibilidades de desarrollar una propuesta integral.

Durante esta labor se tomó siempre en cuenta que había que proponer un sistema estructural que asegurara la óptima conservación de los cuatro fragmentos del relieve, considerando tanto su elevado peso y fragilidad como el poco conocimiento que se tenía de las características de sus caras inferiores, que irían apoyadas sobre estas bases definitivas. Además, se trabajó con el objetivo de asegurar que el peso de los fragmentos se distribuyera de manera uniforme para evitar la concentración de esfuerzos en cantos y aristas.

Después de un año de trabajo conjunto, en el que desde las distintas espe-

cialidades estudiamos las opciones técnicas para la formulación de la propuesta, planteamos un sistema conformado por cuatro soportes individuales móviles, que se apoyarían sobre una base fija, consistentes, cada uno, en una parrilla de perfiles tubulares de acero (PTR) y una serie de apoyos deformables distribuidos de modo reticular. La propuesta de los apoyos deformables se enfocó además en que éstos pudieran ajustarse mediante pernos roscados, con el fin de lograr la nivelación exacta de acuerdo con la irregularidad existente en la cara inferior de los fragmentos. Ello contribuiría a alcanzar una distribución uniforme tanto de los pesos como de los esfuerzos.

La propuesta sobre las cuatro bases móviles consideró también los trabajos de mantenimiento que se requerirían a futuro para este sistema estructural. Se pensó en que cada uno de los apoyos deformables que estuvieran en contacto con la roca pudieran reemplazarse sin alterar la posición de los fragmentos del relieve: un sistema de nivelación con base en pernos roscados permitiría desmontar únicamente las piezas a sustituir, las cuales, por sus dimensiones, podrían retirarse y cambiarse sin generar riesgos estructurales en ese punto específico a lo largo de la maniobra (figura 154).

En la definición de los materiales recomendados para la fabricación de este sistema se consideraron factores importantes, como los movimientos telúricos y la posible presencia de humedad al interior del inmueble, ya fuera por falta de control en el nivel freático del contexto o por inundaciones debido a las lluvias o fugas de agua.

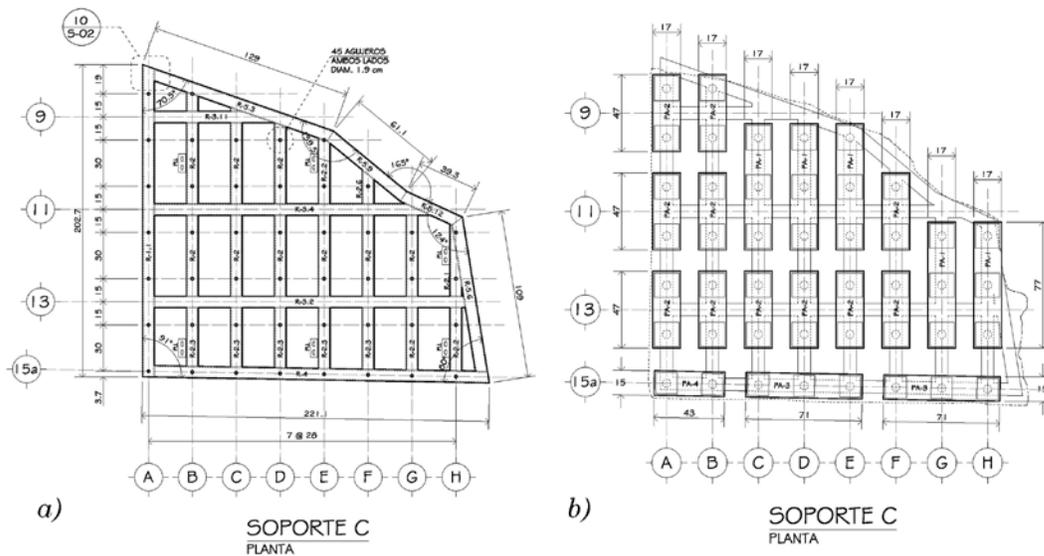


FIGURA 154. a) Parrilla de perfiles de acero;  
b) parrilla de perfiles de acero con apoyos deformables (CFE).

Se propuso que las cuatro bases móviles –consistentes en parrillas estructurales de PTR– y los pernos ajustables para el sistema de nivelación fueran fabricados en acero inoxidable.

Para los apoyos deformables sobre las parrillas estructurales se propusieron distintos materiales plásticos: los listones o apoyos deformables, que irían directamente en contacto con los pernos ajustables, se fabricarían en placas de polietileno de ultra alto peso molecular<sup>3</sup> de color blanco y densidad de 930 kg/m<sup>3</sup>. Este material se seleccionó por varias razones: porque es estable; no emite residuos tóxicos que pudieran generar problemas para los materiales constitutivos originales; cuenta con un gran nivel de resistencia a la

abrasión y al impacto; presenta amortiguación sonora, absorción de energía, nula absorción de líquidos y baja carga mecánica, y porque su comportamiento mecánico, muy similar al de la madera, permite su deformación.

Cada punto en donde apoyan los pernos sobre el listón llevaría, además, un soporte de material amortiguante que estaría en contacto directo con la escultura. Para ello, se propuso el uso de derivados de espumas de polietileno de baja densidad (64 kg/m<sup>3</sup>), cuyo nombre comercial es Ethafoam 400®, de color blanco. Este material, utilizado en el campo de la conservación, presenta características de elasticidad y propiedades físicas de aislamiento y protección (figura 155).<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Poly-maq 100® es un material distribuido por La Paloma. Compañía de Metales, S.A. de C.V. En el anexo 4 se puede consultar la ficha técnica.

<sup>4</sup> En el anexo 3 se puede consultar la ficha técnica.

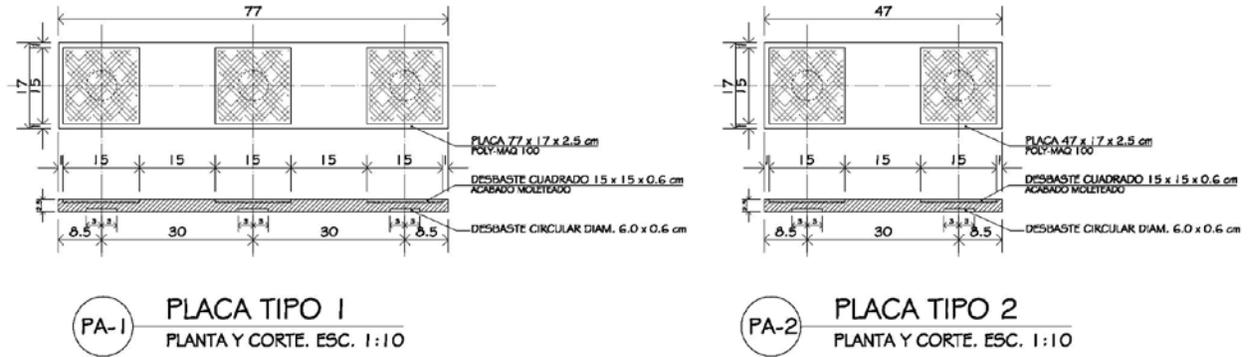


FIGURA 155. Esquema de listones deformables con apoyos de Ethafoam® (CFE).

Para la base fija se sugirió un sistema de marcos estructurales construido con perfiles I. Su geometría alternaría con los soportes individuales para distribuir mejor el peso; además, de este modo quedaría un espacio libre que ayudaría a realizar futuros trabajos de mantenimiento en las bases móviles. Una vez colocadas y ajustadas las cuatro piezas sobre la base fija, éstas se sujetarían de forma holgada a la base con el fin de controlar los posibles desplazamientos laterales.

La base fija se fabricaría en acero tratado y su diseño final se concluiría al definir la ubicación exacta donde se exhibiría de manera permanente la escultura (figura 156).

La propuesta elaborada se presentó en calidad de proyecto ejecutivo a la Dirección General del INAH. Una vez revisado, la Secretaría Administrativa turnó el caso a la Coordinación Nacional de Obras y Pro-

yectos. Cabe decir que a finales de 2009, el costo para la fabricación del sistema estructural, sin tomar en cuenta la base fija, ascendía aproximadamente a \$950,000.00.

En el anexo 3 se presenta la memoria descriptiva del proyecto ejecutivo entregado en 2009, así como la descripción del sistema, el programa de obra propuesto en ese momento, el catálogo de conceptos sobre el cual se desarrolló el presupuesto, algunas fichas técnicas de los materiales sugeridos para su fabricación y los planos constructivos.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> El proyecto completo, impreso y digital, se entregó a la Coordinación Nacional de Obras y Proyectos del INAH y se archivó en el Departamento de Restauración del MTM.

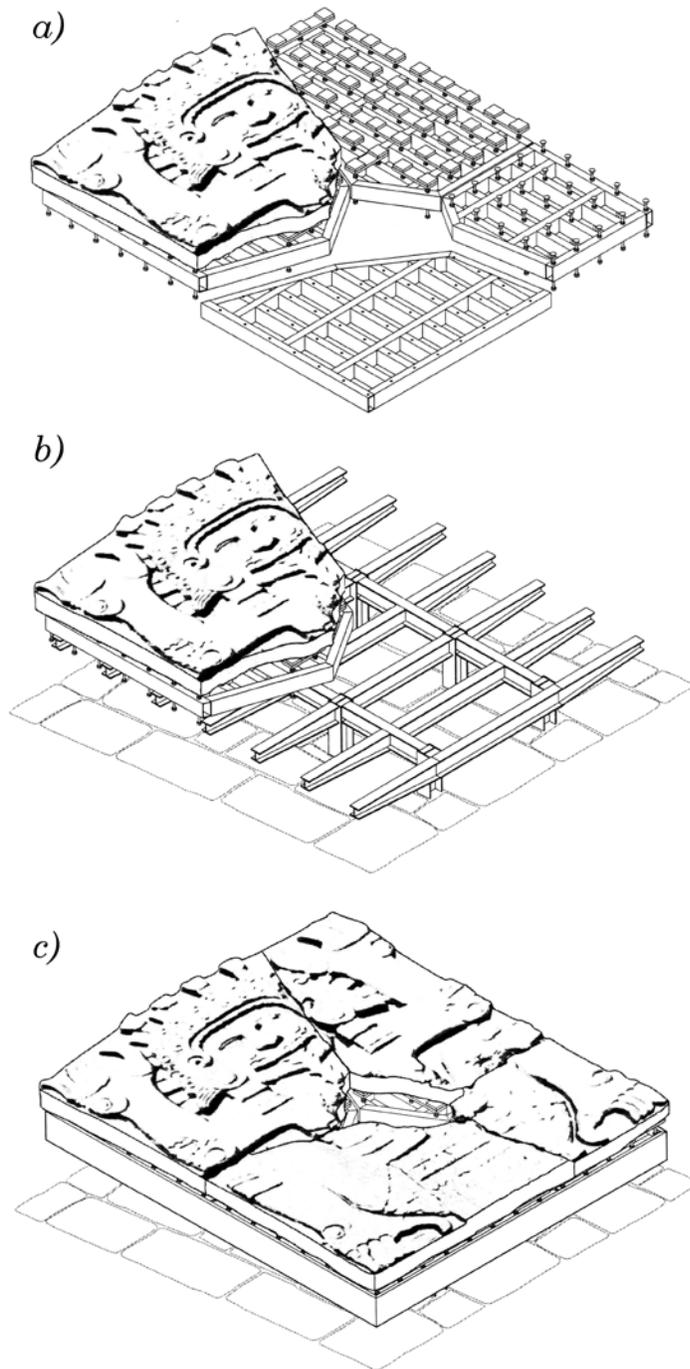


FIGURA 156. *a)* Soportes individuales. Sistema de pernos roscados y apoyos deformables; *b)* soportes individuales sobre base fija; *c)* vista de los cuatro fragmentos sobre la base museográfica definitiva (CFE).

## CAPÍTULO 5

### EL MONOLITO DE LA DIOSA TLALTECUHTLI VA AL MUSEO DEL TEMPLO MAYOR

En este capítulo se describen los trabajos llevados a cabo para el traslado y el montaje museográfico del monolito al interior del MTM, en el marco de la exposición temporal sobre Moctezuma II (López Luján y McEwan [coords.] 2010). Aunque originalmente se planteó que la exposición de la diosa Tlaltecuhltli en el museo fuera de manera temporal, la escultura aún permanece ahí debido a que la propuesta sobre su presentación *in situ* no fue viable y porque las condiciones en las que se encuentra actualmente han contribuido a su óptima preservación. A ese respecto, se presentan aquí algunas consideraciones importantes para la exhibición de la escultura de manera permanente en el lugar donde está.

A inicios de 2010, se comenzó a planear la muestra temporal “Moctezuma II. Tiempo y Destino de un Gobernante”, la cual –como secuela de la exposición “Moctezuma: Aztec Ruler” (McEwan y López Luján [coords.] 2010) que se llevó a cabo en el Museo Británico– tendría lugar en el MTM a mediados de ese año. Durante la organización de esta exposición se planteó la posibilidad de mostrar por primera vez al público la escultura monumental de la diosa de la tierra. Los trabajos de conservación del relieve estaban por concluir y, para la inauguración, la pieza se encontraría ya en condiciones de ser exhibida al público (López Luján 2011: 51). La idea fue bien recibida tanto por quienes estaban realizando la curaduría de la exhibición como por la Dirección General del INAH.

La propuesta, planteada por Leonardo López Luján y la autora de este texto, consistía en que el monolito se exhibiera temporalmente en el área que ocupaba la maqueta de Tenochtitlan, en la planta baja del museo. Asimismo, se pretendía transformar ese espacio en un nuevo módulo donde, además de mostrar el relieve de Tlaltecuhltli, se hablara de los trabajos arqueológicos realizados por el PTM en la zona del hallazgo y se muestra-

ran algunos ejemplos de los objetos recientemente recuperados de las ofrendas asociadas. Este punto cuenta con la ventaja de que, debido a la disposición arquitectónica del inmueble, puede apreciarse desde distintos ángulos y alturas a través de los balcones ubicados en los niveles superiores del recinto.

Considerando el peso del relieve de la diosa Tlaltecuhltli en conjunto con el

resto de las esculturas de gran formato que serían exhibidas en la exposición temporal, la Coordinación Nacional de Obras y Proyectos desarrolló un estudio estructural con la finalidad de asegurar la resistencia de carga en el inmueble.

A partir de ese análisis, se propuso un trabajo de refuerzo estructural en el sótano mediante la instalación de puntales hechos con perfiles de acero (figura 157).



FIGURA 157. Puntales de acero instalados en el sótano del museo (MVC).

## TRASLADO Y MONTAJE DE LOS CUATRO FRAGMENTOS AL INTERIOR DEL MUSEO

Cuando la posibilidad de exhibir temporalmente el relieve dentro del museo fue una realidad, quienes laboramos en la conservación de la escultura seguimos manifestando la necesidad de producir las bases museográficas que habíamos propuesto, pues considerábamos que, además de ser una inversión que contribuiría a su óptima conservación y preservación, permitirían llevar a cabo la maniobra de traslado y montaje museográfico de una manera mucho más segura.

Debido al alto presupuesto necesario para la producción de las bases museográficas de acero inoxidable, la dirección del INAH tomó la decisión de no fabricarlas, así que comenzamos a trabajar en la planeación del traslado y el montaje de los fragmentos con unas nuevas bases temporales.

Para tal efecto, decidimos producir unas bases similares a las que se construyeron para que descansaran las cuatro piezas dentro de la caseta-laboratorio de campo, lo cual se logró con el apoyo de la compañía especializada en embalajes, traslados y montajes de obra Córdova Plaza.

Las nuevas bases temporales se fabricaron en madera de pino y placas de Ethafoam® de dos densidades diferentes. En la parte inferior de cada base se instalaron placas de Ethafoam® de alta densidad y después una placa más suave y deformable sobre la que descansaría cada fragmento; de esta forma, al apoyarlo en una superficie de menor densidad, que es más suave y deformable, las irregularidades existen-

tes en su cara inferior se compensarían y, por tanto, ello permitiría la unión entre los cuatro en un plano horizontal.

Las bases nuevas se hicieron en una dimensión menor con respecto a cada fragmento con el objetivo de unirlos por completo. Además de fungir como plataformas de soporte y refuerzo a lo largo de la maniobra de traslado hacia el museo, estos soportes permitieron trabajar en el armado y presentación final de los cuatro fragmentos sin que estorbaran ni quedaran a la vista después del montaje.

El viernes 14 de mayo de 2010 iniciaron las labores de embalaje y protección de cada uno de los fragmentos dentro de la caseta-laboratorio. Este trabajo también se realizó con el apoyo de la compañía Córdova Plaza y consistió en:

1. Cubrir con Tyvek® la superficie de cada uno de los fragmentos.
2. Colocar tiras de Ethafoam® alrededor de cada uno para proteger sus cantos.
3. Reforzar cada sistema con película plástica adherente y cinta adhesiva.
4. Poner una cubierta de Polyfoam® sobre la película plástica adherente.
5. Cubrir los cuatro fragmentos ya embalados con placas de espuma de poliuretano (figuras 158-162).



FIGURA 158. Cubierta de Tyvek® sobre cada fragmento (JMG).



FIGURA 159. Protección de cantos con Ethafoam® (JMG).



FIGURA 160. Sujeción del embalaje con película autoadherible (JMG).



FIGURA 161. Cubierta con película de Polyfoam® (JMG).



FIGURA 162. Placas de espuma de poliuretano (JMG).

El sábado 15 de mayo se elaboró una cubierta de protección con el fin de asegurar que los fragmentos del relieve no sufrieran ningún daño durante la maniobra para desmontar la caseta-laboratorio de campo:

6. Los fragmentos ya embalados se cubrieron con lonas.
7. Se armó una estructura tubular de acero alrededor de cada uno.
8. Se colocaron tablonces de madera de pino y hojas de triplay sobre la parte superior de la estructura tubular.

9. Finalmente, toda la estructura se cubrió con lona plástica (figuras 163-166).

El lunes 17 de mayo se realizó la maniobra para el traslado y el montaje de la escultura al interior del MTM. Esta labor tuvo una duración de más de 15 horas.

Los trabajos efectuados para desarmar la caseta-laboratorio de multipanel comenzaron muy temprano en la mañana. Poco a poco, se fueron eliminando los módulos que formaron los techos y paredes del espacio que resguardó el relieve sobre la calle durante poco más de dos años y medio (figura 167).



FIGURA 163. Lonas sobre los fragmentos ya embalados (FCM).



FIGURA 164. Estructura tubular alrededor de los cuatro fragmentos (FCM).



FIGURA 165. Tablones de madera de pino y hojas de triplay sobre la estructura tubular (FCM).



FIGURA 166. Cubierta de todo el sistema con lona plástica (FCM).



FIGURA 167. Proceso de desarmado de la caseta-laboratorio de multipanel (MVC).

Una vez desmantelada la caseta, se retiró con cuidado la cubierta tubular que protegía los fragmentos e inició la maniobra para trasladarlos a las nuevas bases temporales de madera. Cada fragmento, ubicado en su nueva base, se depositó con ayuda de una grúa de brazo corto a la pla-

taforma del tráiler que los transportaría hasta el MTM (figuras 168-169):

Cuando los cuatro fragmentos del monolito de la diosa Tlaltecuhltli estuvieron dispuestos y asegurados sobre la plataforma del tráiler, se trasladaron al MTM a través de un recorrido por las calles de Repú-



FIGURA 168. Desarmado de estructura tubular de protección (FCM).

blica de Argentina, Justo Sierra, Correo Mayor y República de Guatemala, hasta llegar a un costado del acceso al vestíbulo del museo (Barajas Rocha, López Luján y Medina González 2010: 10).

Desde ese punto, con ayuda de una grúa de brazo largo que ya se tenía lista,

se levantaron uno a uno los fragmentos y se introdujeron al vestíbulo con un montacargas y patinetas (figuras 170-176).

Ya al interior del museo, las piezas se ubicaron poco a poco en su posición definitiva con ayuda de patinetas y palancas con ruedas.



FIGURA 169. Acomodo de los fragmentos en las nuevas bases temporales (JMG).



FIGURA 170. Fragmento B sobre su nueva base temporal (JMG).



FIGURA 171. Disposición del fragmento B sobre la plataforma del tráiler (JMG).

EL MONOLITO DE LA DIOSA TLALTECUHTLI VA AL MUSEO DEL TEMPLO MAYOR



FIGURA 172. Fragmentos sobre el tráiler listos para ser trasladados al museo (JMG).



FIGURA 173. Traslado de los fragmentos por las calles de República de Argentina y Justo Sierra (JMG).



FIGURA 174. Manipulación de los fragmentos con la grúa de brazo largo (JMG).



FIGURA 175. Ingreso al museo con ayuda de la grúa y patinetas (JMG).



FIGURA 176. Entrada de los fragmentos al vestíbulo con ayuda de patinetas (JMG).

Durante el montaje, y con la intención de brindar unidad visual a la imagen de la escultura, se buscó unir lo más posible los fragmentos, cuidando que éstos no sufrieran roces importantes entre sí. Primero se trabajó en la presentación y unión de los fragmentos A y B, que corresponden al rostro de la diosa; después se procedió a acomodar el fragmento C, en donde se encuentra la mayor parte del faldellín, y al último se colocó el fragmento D, que es el de menor tamaño.

La dimensión de las nuevas bases temporales fue de gran ayuda en esta maniobra, pues además de que gracias a la reducción de su tamaño se lograron unir adecuadamente los cuatro fragmentos, quedó un espacio lo suficientemente amplio entre cada una de estas bases para poder pasar entre ellas por debajo del relieve con el fin de realizar trabajos de revisión y monitoreo. Se puede ingresar por debajo de la escultura y salir por su faltante central, o viceversa (figuras 177-181).



FIGURA 177. Trabajos de montaje. Acomodo de los fragmentos (JMG).



FIGURA 178. Montaje y acomodo del fragmento B (JMG).



FIGURA 179. Proceso de unión entre los fragmentos A, B y C (mvc).



FIGURA 180. Vista cenital en donde se observan los trabajos de unión entre los fragmentos (mvc).

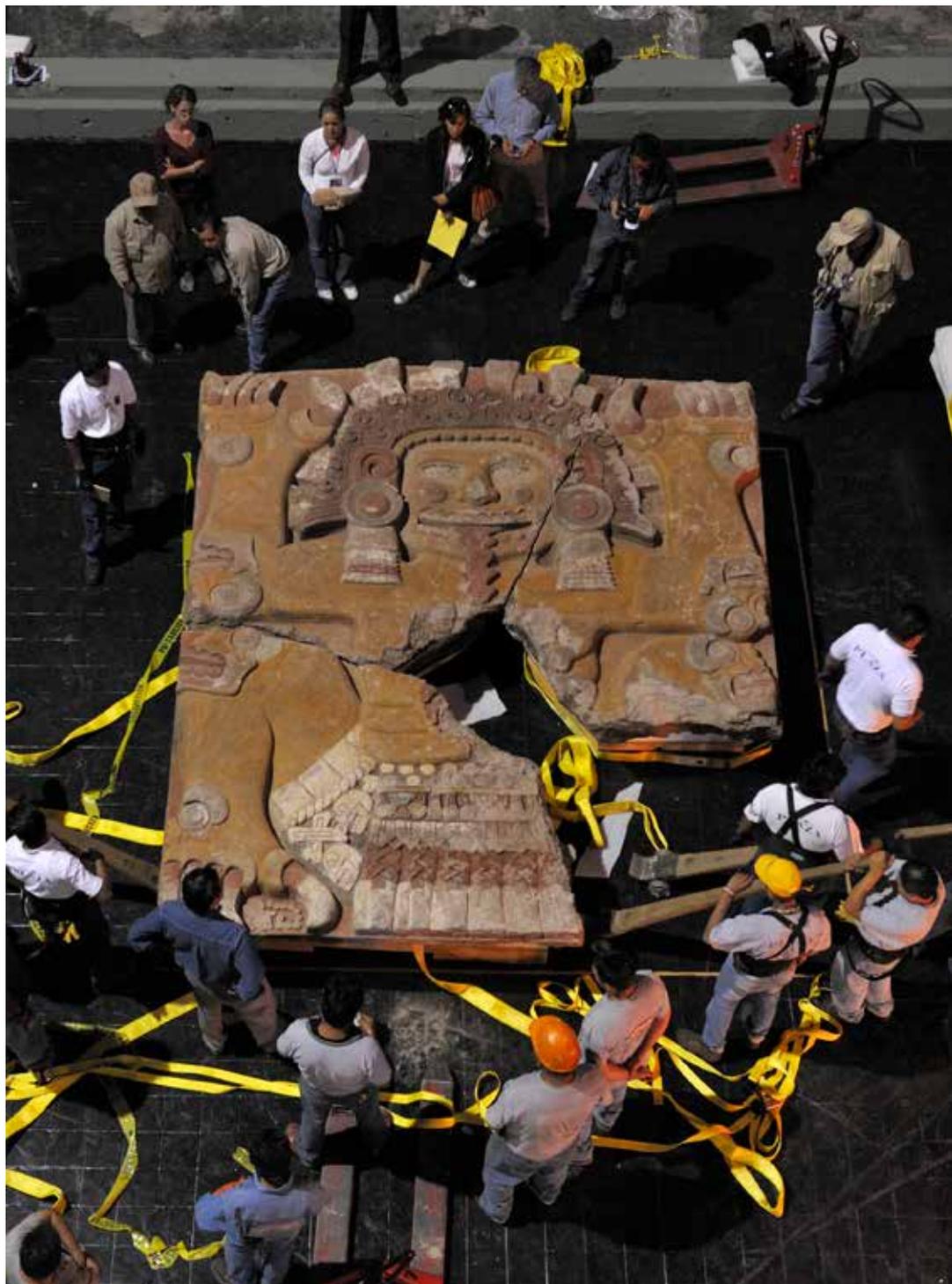


FIGURA 181. Unión de los cuatro fragmentos (KG).

Unos días después, ya con el relieve montado en su sitio de exhibición, ubicamos algunos desprendimientos en los diseños localizados justo en las zonas de unión entre los fragmentos grandes.

Estos desprendimientos se reubicaron en su sitio sin aplicar ningún tipo de material adhesivo de por medio; no obs-

tante, en los contornos se aplicaron ribetes de protección con una pasta de cal y arena en proporciones 1:1. Ello contribuyó a su integración visual, además de brindarles estabilidad (figuras 182-183).

Alrededor del monolito, ya colocado en su lugar, se construyó una estructura de acero soldada que recibiría el piso de



FIGURA 182. Aplicación de ribetes de protección sobre la oreja izquierda (MBR).

laminado que actualmente se observa en la sala de exhibición. Aunque el monolito quedó completamente rodeado por esta estructura de acero recubierta, se logró dejar un acceso más que permite el ingreso y llegar hasta las bases sobre las que descansan los fragmentos.

Para proteger el monolito durante la construcción de la estructura de acero, se puso una cubierta de espuma de poliuretano y luego se construyó una caja con hojas de *medium density fileboard* (MDF),<sup>1</sup> la cual se mantuvo hasta finalizar los trabajos en el área de exhibición (figuras 184-185).

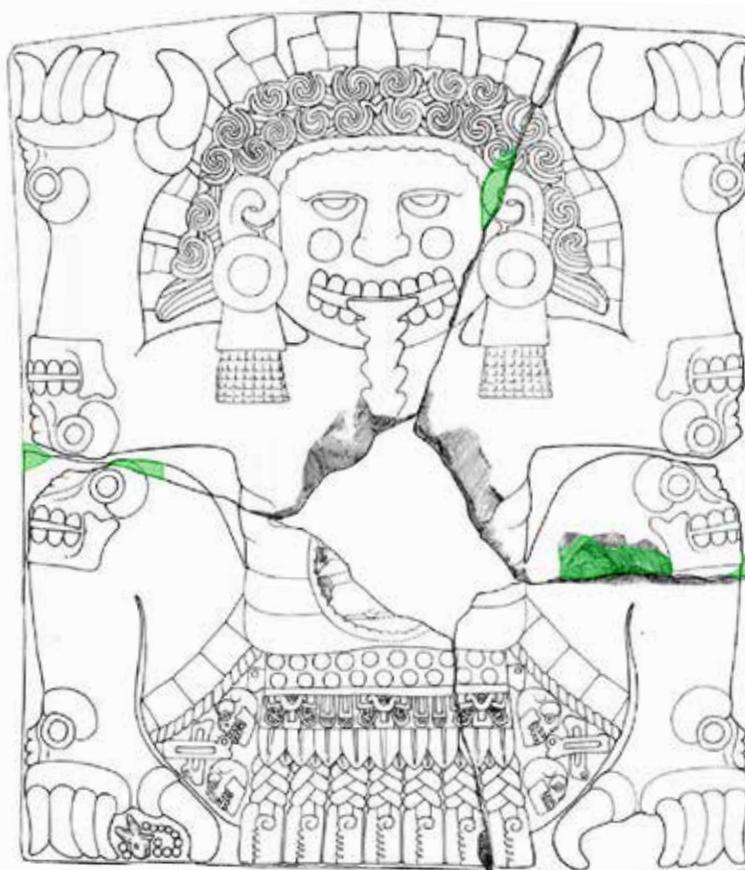


FIGURA 183. Ubicación de todos los desprendimientos (MDA).

<sup>1</sup> MDF: tablero de fibras de madera de densidad media unidas por adhesivos de urea-formaldehído. Por los adhesivos utilizados en su fabricación, estos materiales deben usarse para procesos que no impliquen largos periodos de tiempo en contacto con los bienes culturales.



FIGURA 184. Inicio de armado de la caja de protección (MBR).



FIGURA 185. Caja ya armada sobre la escultura (MBR).

## CONDICIONES MICROCLIMÁTICAS Y DE ILUMINACIÓN AL INTERIOR DEL MUSEO

Para la exhibición del relieve de Tlaltecuh-tli al interior del MTM se instaló en el área un *data logger* digital que permitió monitorear las condiciones de humedad relativa y de temperatura durante diez meses: desde junio de 2010 hasta abril de 2011.

A partir del análisis de estas mediciones, hoy sabemos que existen periodos en el año en donde la humedad relativa es sumamente baja, además de que ésta presenta variaciones importantes en el transcurso de 24 horas. Cabe decir que en la actualidad estas condiciones siguen siendo monitoreadas con el mismo sistema.

El MTM cuenta con condiciones específicas que provocan que la humedad relativa sea muy baja, sobre todo en la época invernal, y que los materiales arqueológi-

cos exhibidos y resguardados en el museo poco a poco se han ido adaptando a ellas.

En el caso del módulo de Tlaltecuh-tli, hubo días en donde las variaciones de humedad relativa oscilaron entre 10 y 15 puntos en un lapso de 24 horas. En una ocasión, dentro de la temporada de secas, se registró que la humedad relativa presentó una baja de 45 a 15% en el transcurso de 24 horas (4 de noviembre de 2010). Esta situación se manifestó principalmente durante los meses de noviembre a enero, específicamente de domingo a lunes, debido a la afluencia de visitantes.

Por su parte, la temperatura presentó variaciones dentro de los rangos recomendados: alrededor de cinco puntos a lo largo de un día.

A continuación, se presenta una tabla con los valores promedio registrados (tabla 13) y las gráficas obtenidas mediante el monitoreo digital en el área en donde se exhibe el relieve (figuras 186-203).

TABLA 13. Valores de humedad relativa y temperatura en el área de exhibición

<b>Agosto 2010</b>					
HR máxima	HR mínima	HR promedio	Temperatura máxima	Temperatura mínima	Temperatura promedio
65%	41%	50%	25 °C	19 °C	21 °C
<b>Septiembre 2010</b>					
HR máxima	HR mínima	HR promedio	Temperatura máxima	Temperatura mínima	Temperatura promedio
66%	19%	40%	24.5 °C	17.5 °C	21.5 °C
<b>Octubre 2010</b>					
HR máxima	HR mínima	HR promedio	Temperatura máxima	Temperatura mínima	Temperatura promedio
52%	17%	40%	25 °C	16 °C	21 °C

LA RESTAURACIÓN DEL MONOLITO DE LA DIOSA TLALTECUHTLI

TABLA 13. Continuación

<b>Noviembre 2010*</b>					
HR máxima	HR mínima	HR promedio	Temperatura máxima	Temperatura mínima	Temperatura promedio
53%	15%	35%	24 °C	13 °C	19 °C
<b>Diciembre 2010</b>					
HR máxima	HR mínima	HR promedio	Temperatura máxima	Temperatura mínima	Temperatura promedio
47%	14%	22%	23 °C	13 °C	16 °C
<b>Enero 2011**</b>					
HR máxima	HR mínima	HR promedio	Temperatura máxima	Temperatura mínima	Temperatura promedio
47%	14%	22%	21 °C	14 °C	16 °C
<b>Febrero 2011</b>					
HR máxima	HR mínima	HR promedio	Temperatura máxima	Temperatura mínima	Temperatura promedio
45%	17%	28%	24.5 °C	17 °C	19 °C
<b>Marzo 2011***</b>					
HR máxima	HR mínima	HR promedio	Temperatura máxima	Temperatura mínima	Temperatura promedio
46%	14%	25%	24.5 °C	17 °C	20 °C

\*Del 4 al 7 de noviembre, la humedad relativa y la temperatura bajaron bruscamente; en promedio, se mantuvieron en 15% y 14 °C, respectivamente.

\*\*La segunda quincena de enero, bajó el promedio de humedad relativa; llegó hasta 14%.

\*\*\*Entre el 6 y el 8 de marzo, la humedad relativa subió de 17 a 46% y después bajó a un promedio de 25%.

EL MONOLITO DE LA DIOSA TLALTECUHTLI VA AL MUSEO DEL TEMPLO MAYOR

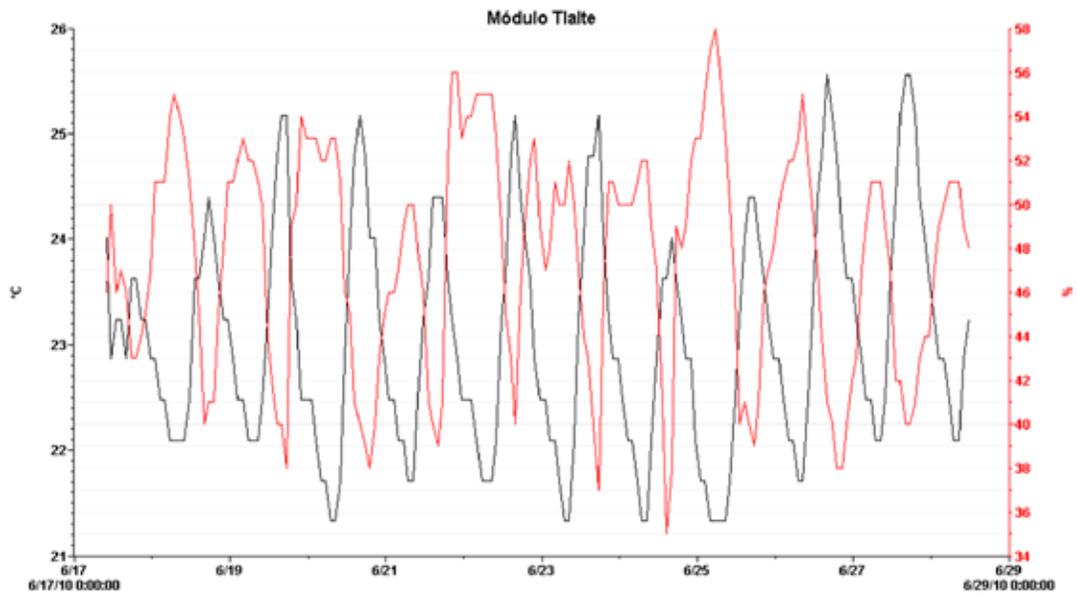


FIGURA 186. Monitoreo del 17 al 28 de junio de 2010 (MBR).

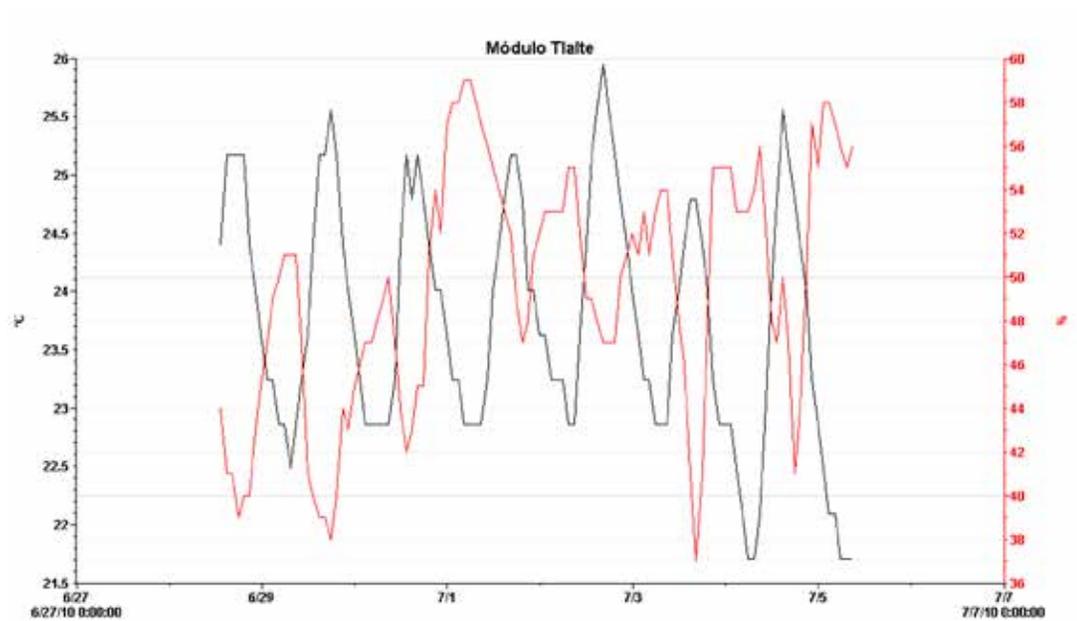


FIGURA 187. Monitoreo del 28 de junio al 5 de julio de 2010 (MBR).

LA RESTAURACIÓN DEL MONOLITO DE LA DIOSA TLALTECUHTLI

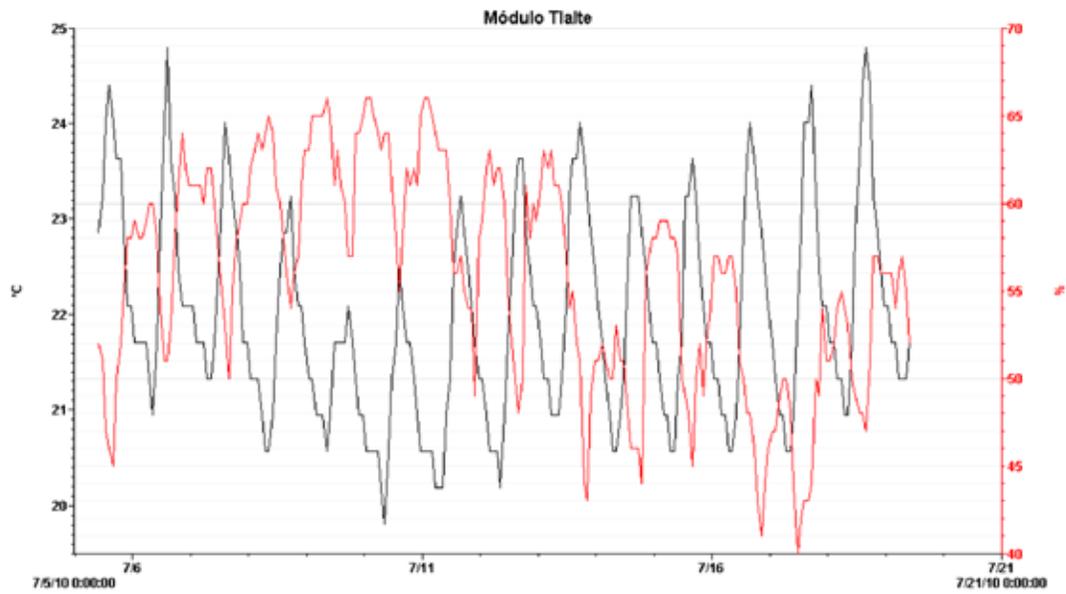


FIGURA 188. Monitoreo del 5 al 19 de julio de 2010 (MBR).

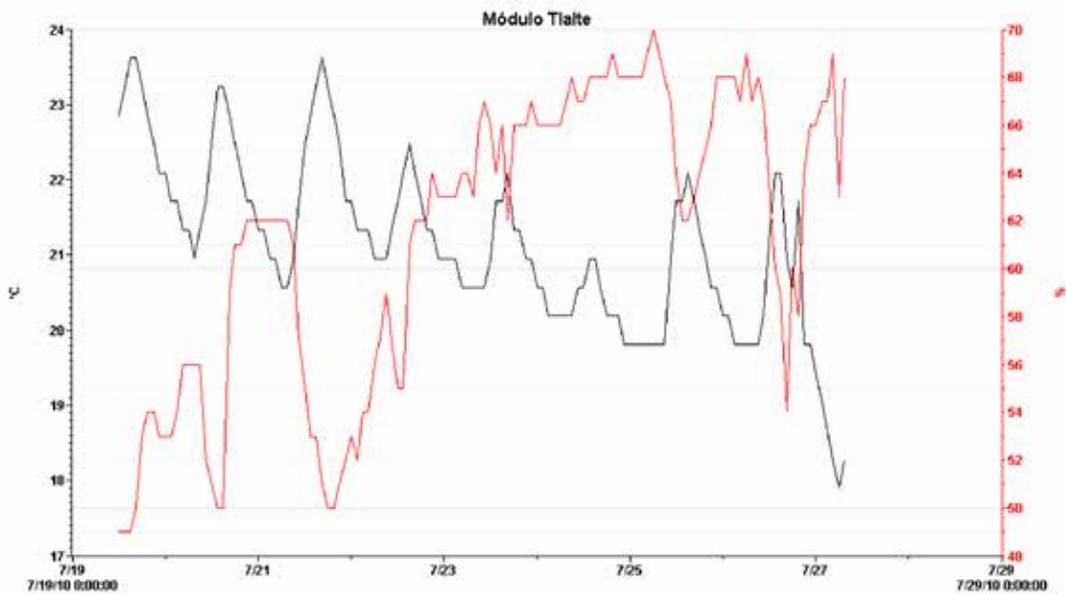


FIGURA 189. Monitoreo del 19 al 27 de julio de 2010 (MBR).

EL MONOLITO DE LA DIOSA TLALTECUHTLI VA AL MUSEO DEL TEMPLO MAYOR

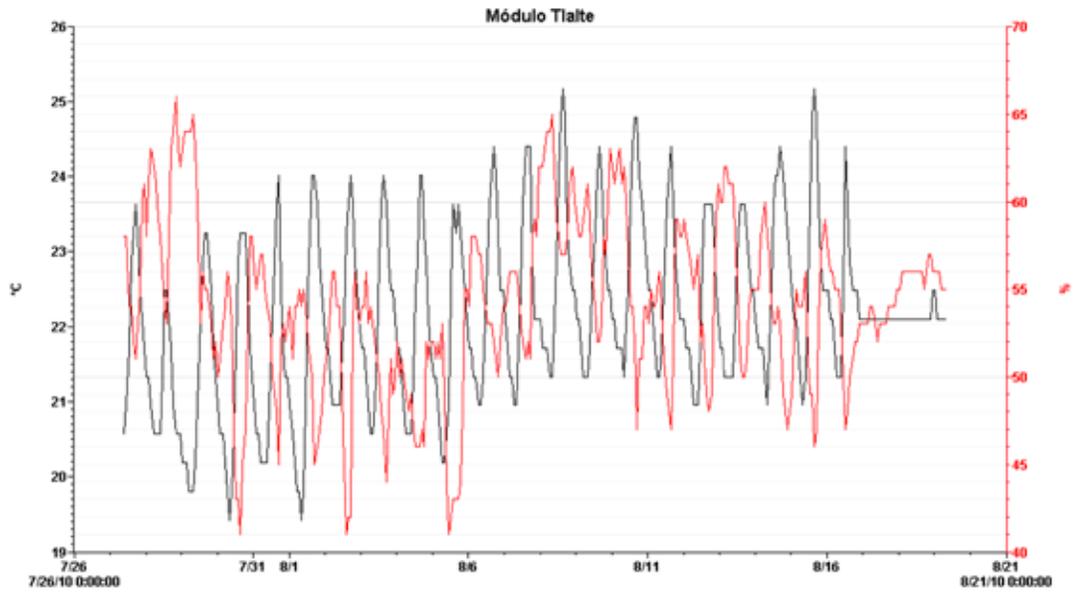


FIGURA 190. Monitoreo del 27 de julio al 19 de agosto de 2010 (MBR).

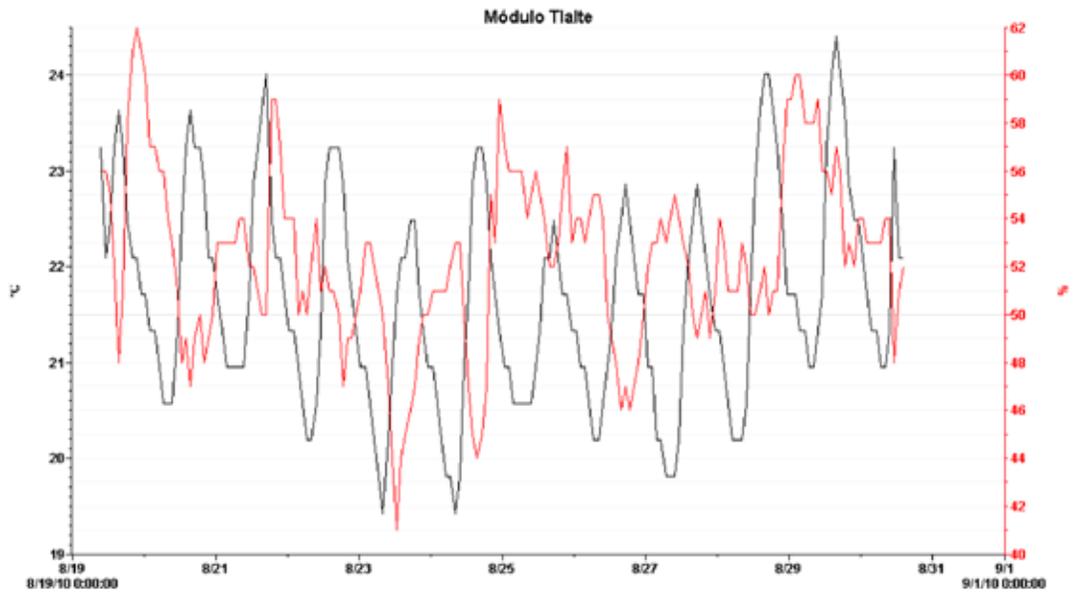


FIGURA 191. Monitoreo del 19 al 30 de agosto de 2010 (MBR).

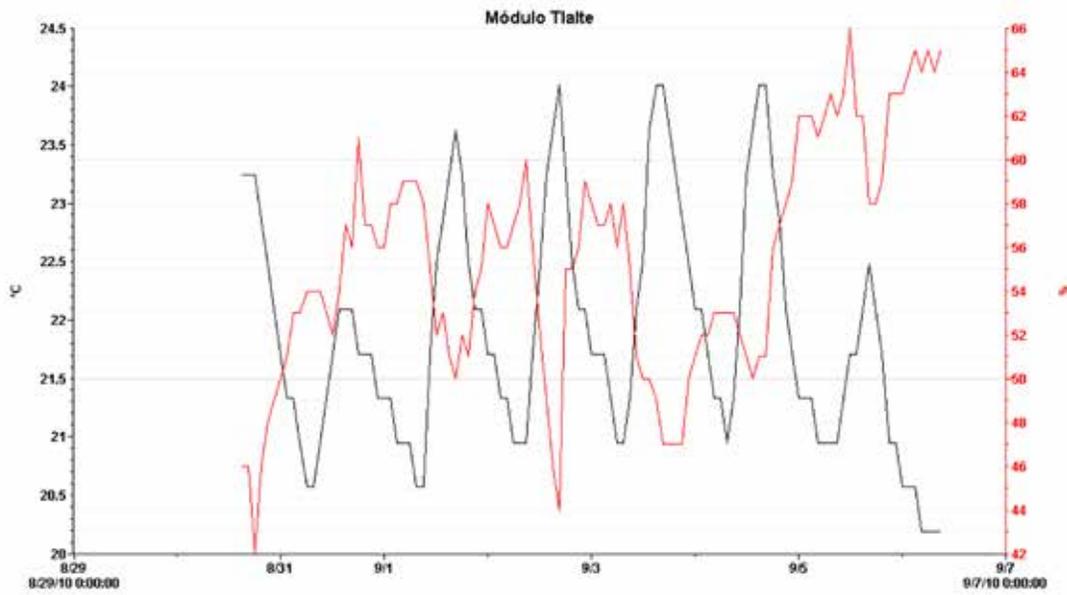


FIGURA 192. Monitoreo del 30 de agosto al 6 de septiembre de 2010 (MBR).

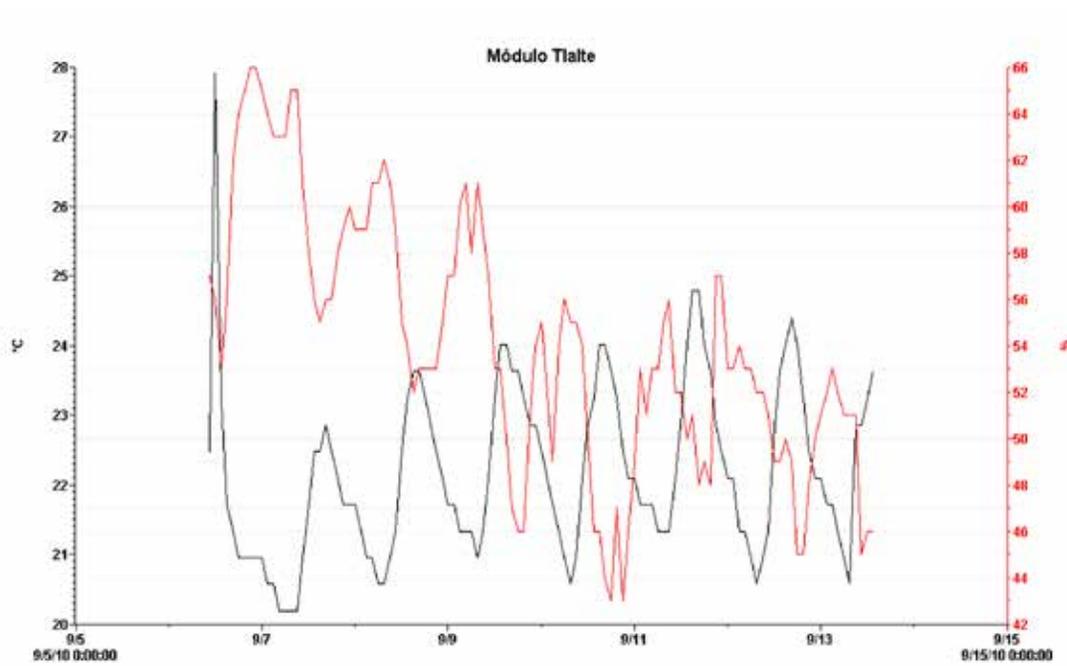


FIGURA 193. Monitoreo del 6 al 13 de septiembre de 2010 (MBR).

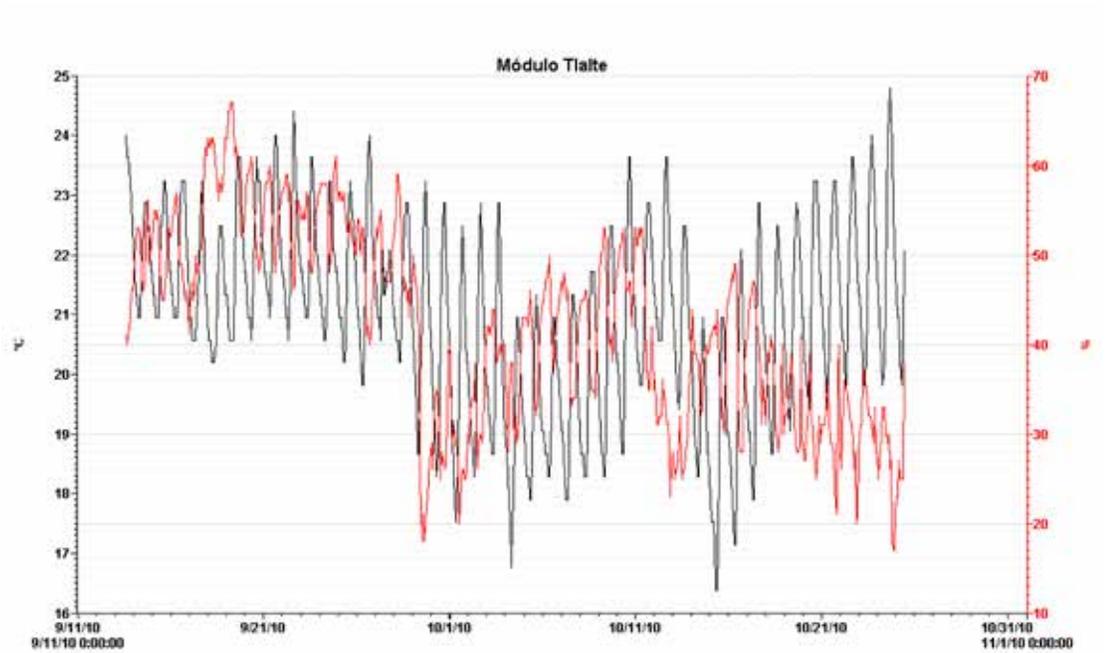


FIGURA 194. Monitoreo del 13 de septiembre al 25 de octubre de 2010 (MBR).

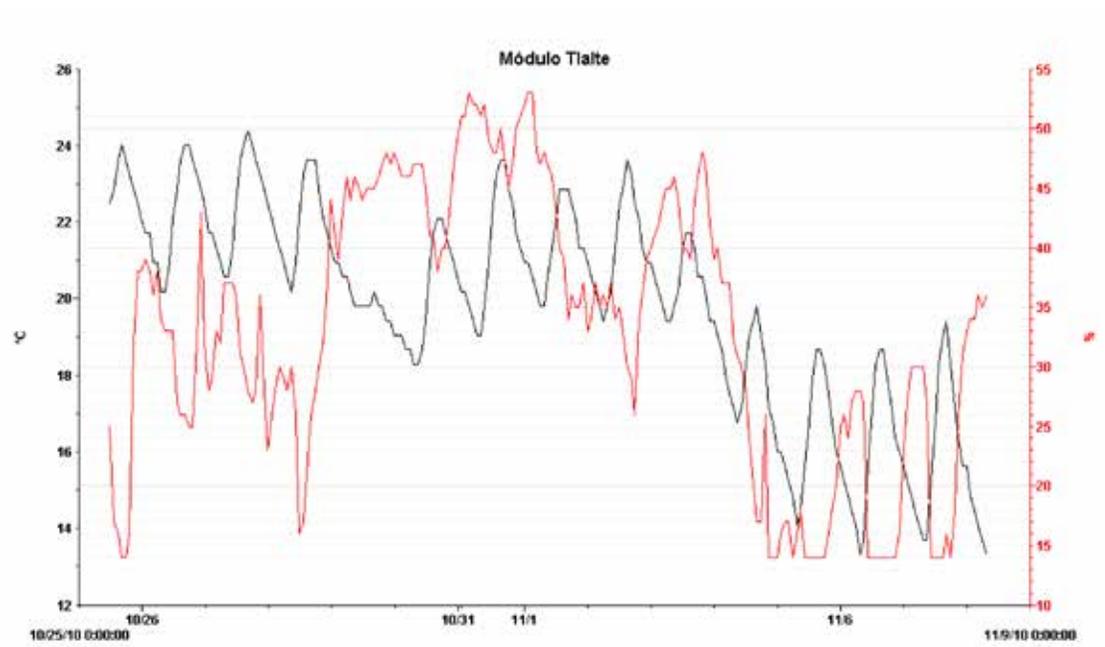


FIGURA 195. Monitoreo del 25 de octubre al 8 de noviembre de 2010 (MBR).

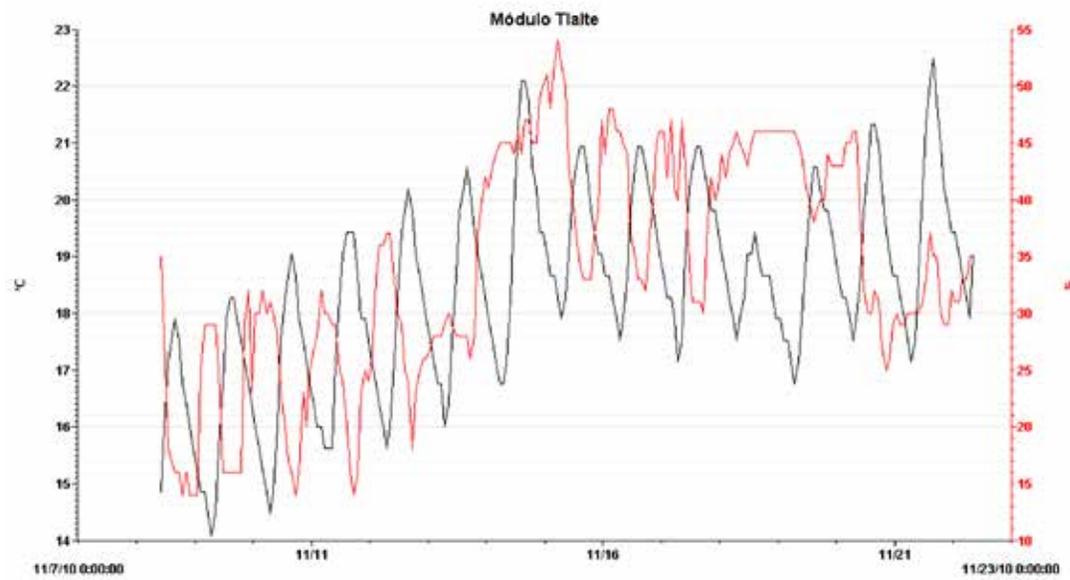


FIGURA 196. Monitoreo del 8 al 22 de noviembre de 2010 (MBR).

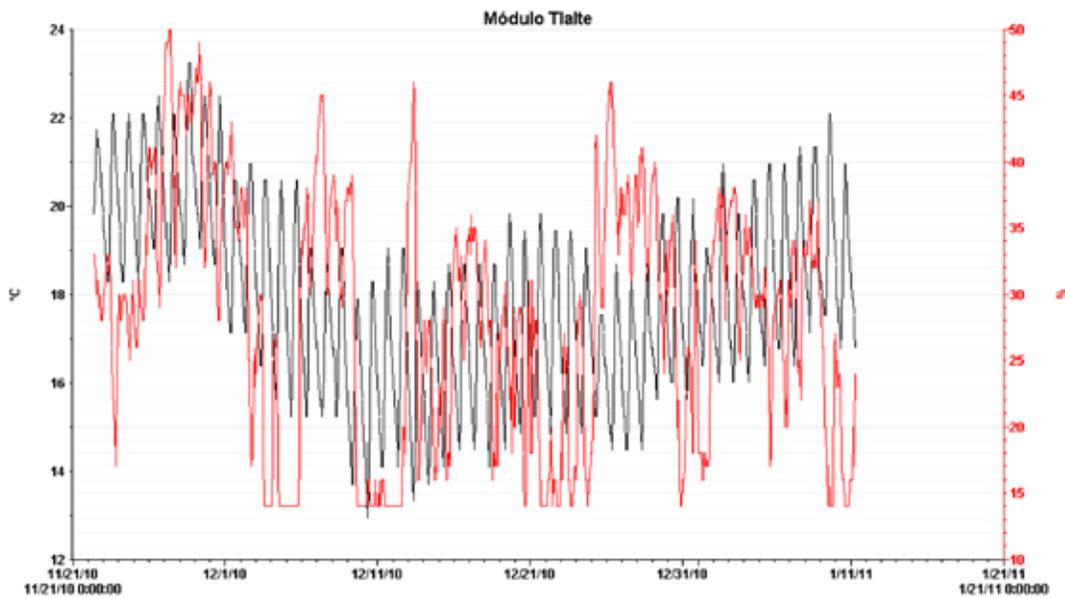


FIGURA 197. Monitoreo del 22 de noviembre de 2010 al 11 de enero de 2011 (MBR).

EL MONOLITO DE LA DIOSA TLALTECUHTLI VA AL MUSEO DEL TEMPLO MAYOR

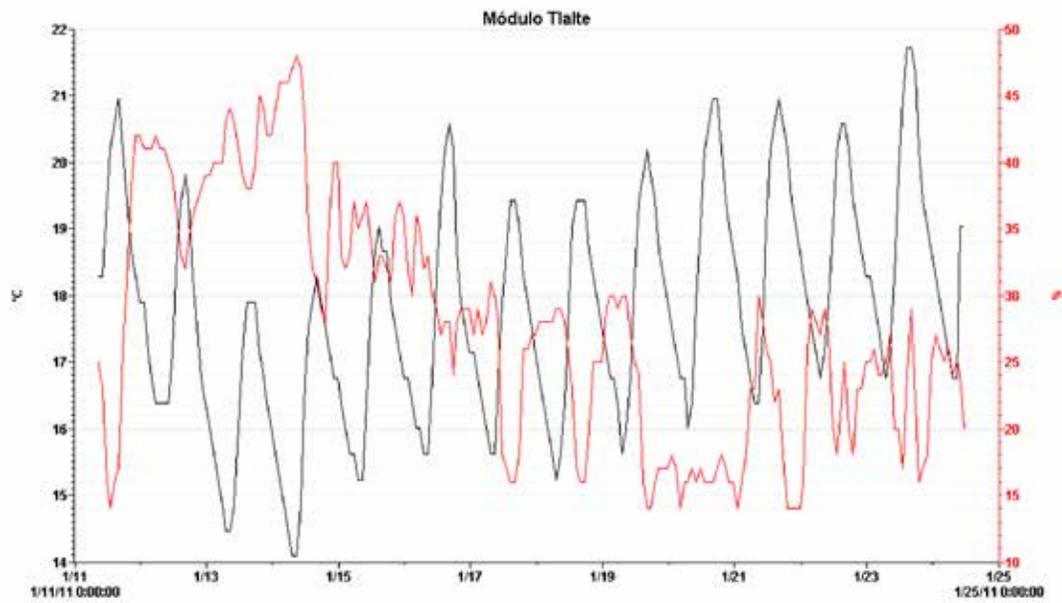


FIGURA 198. Monitoreo del 11 al 24 de enero de 2011 (MBR).

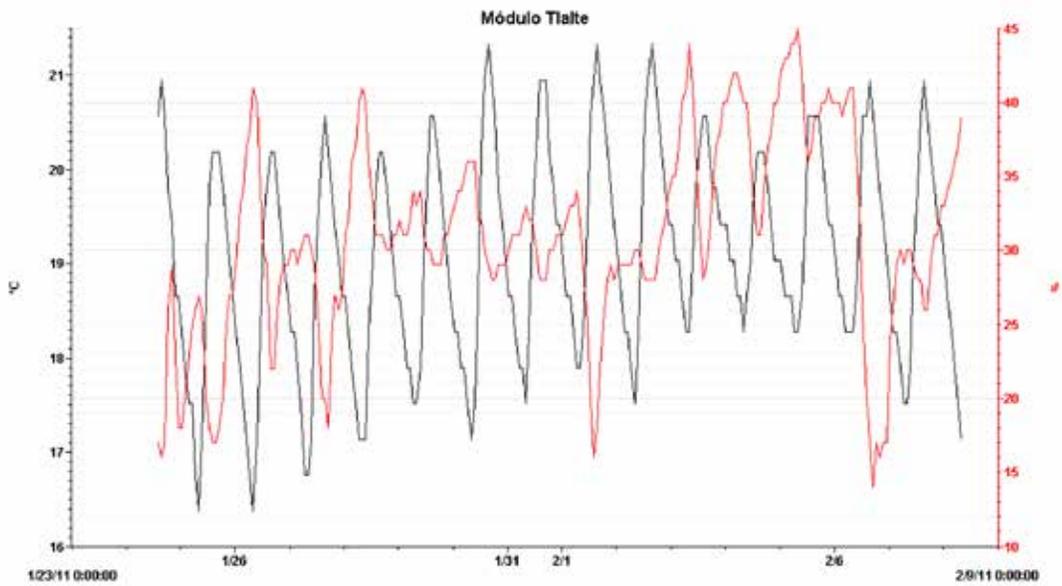


FIGURA 199. Monitoreo del 24 de enero al 8 de febrero de 2011 (MBR).

LA RESTAURACIÓN DEL MONOLITO DE LA DIOSA TLALTECUHTLI

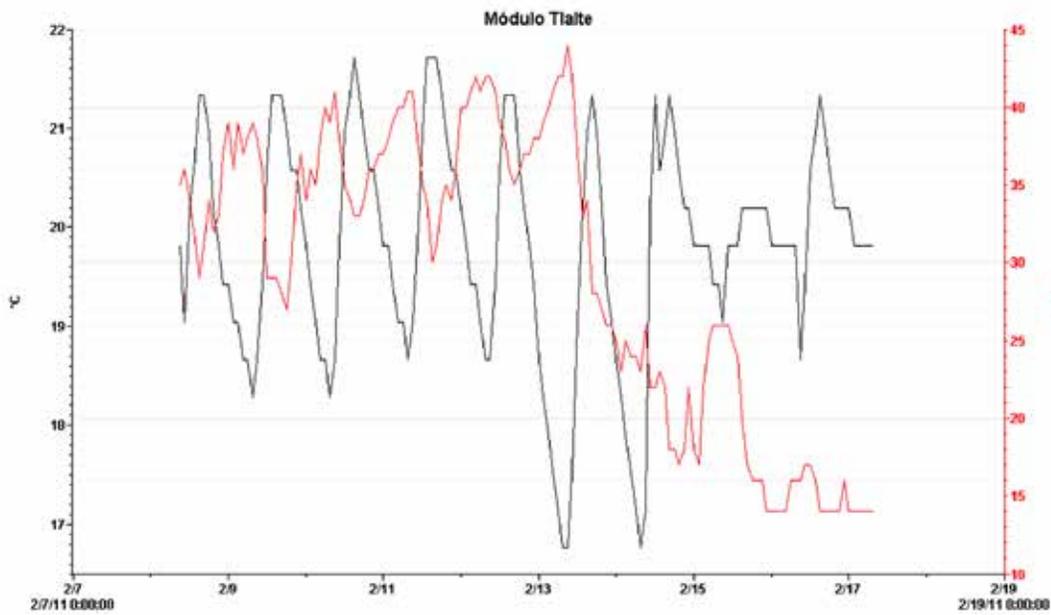


FIGURA 200. Monitoreo del 8 al 17 de febrero de 2011 (MBR).

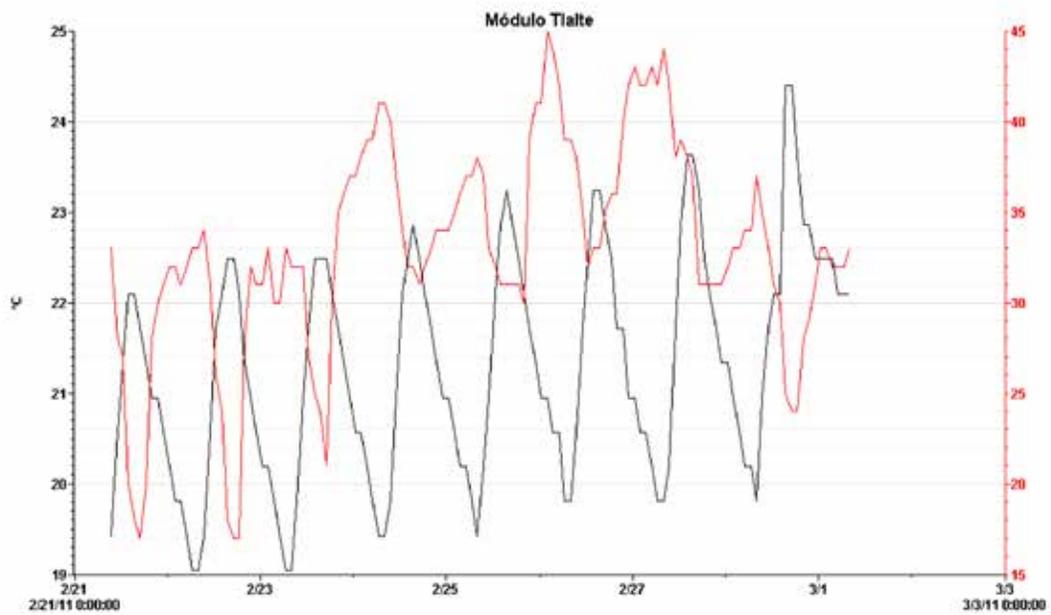


FIGURA 201. Monitoreo del 21 de febrero al 1.º de marzo de 2011 (MBR).

EL MONOLITO DE LA DIOSA TLALTECUHTLI VA AL MUSEO DEL TEMPLO MAYOR

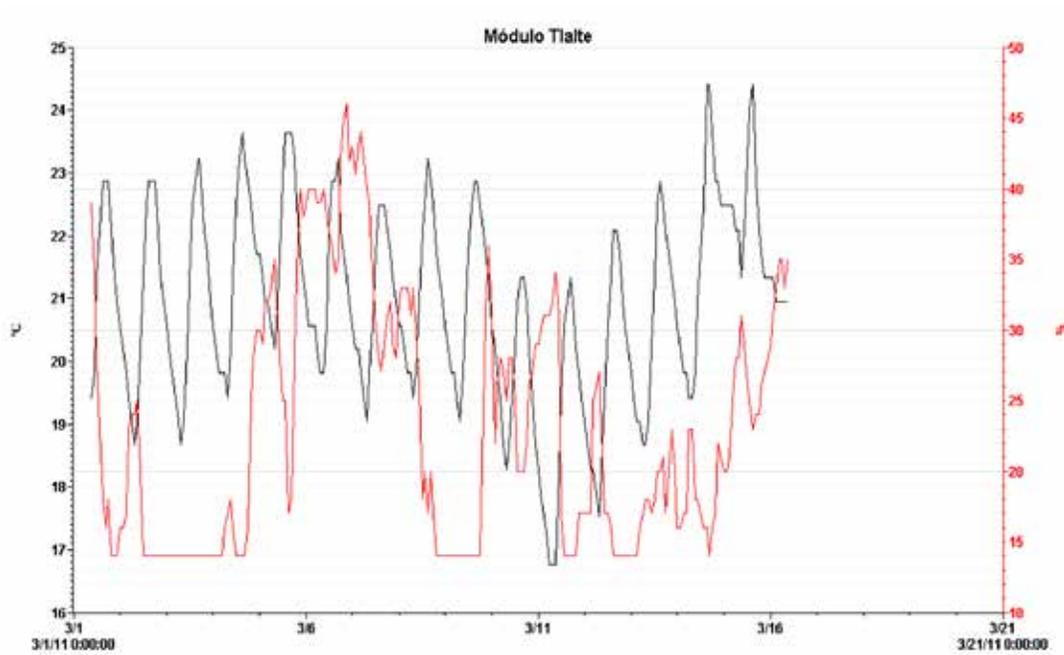


FIGURA 202. Monitoreo del 1.º al 16 de marzo de 2011 (MBR).

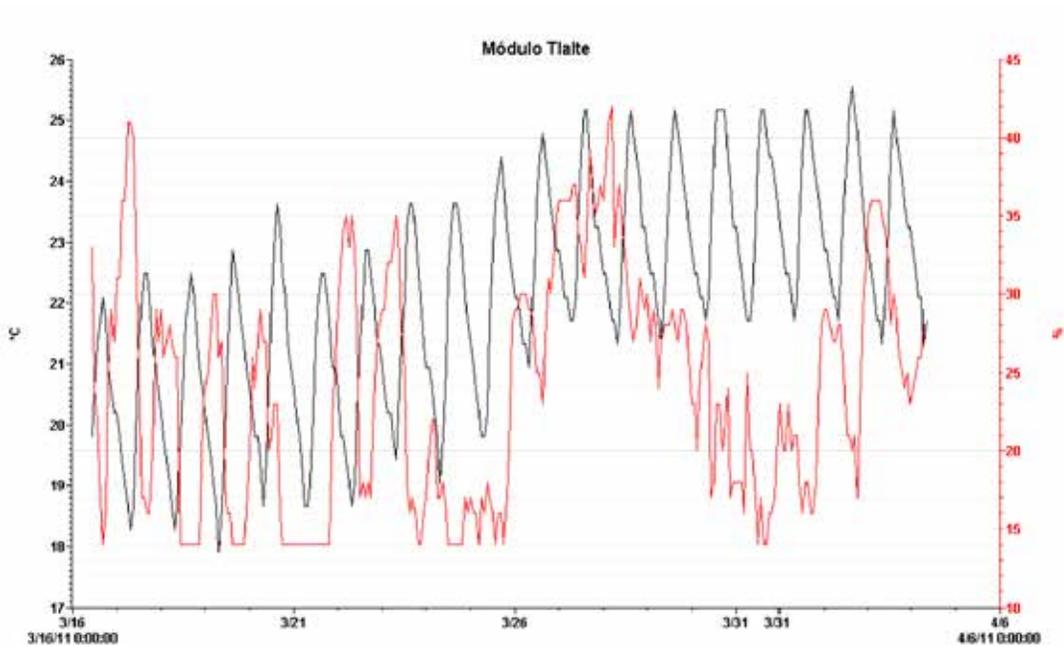


FIGURA 203. Monitoreo del 16 de marzo al 4 de abril de 2011 (MBR).

Con respecto a la iluminación con la que hoy día cuenta la escultura, la Coordinación Nacional de Museos y Exposiciones del INAH contrató a un especialista para que llevara a cabo la instalación. Sin embargo, los restauradores nos encargamos de definir el sistema y marcar los lineamientos sobre los niveles máximos de iluminación que podrían aceptarse tanto sobre el monolito y sus colores como sobre las vitrinas en donde se exhibirían los objetos recuperados procedentes de algunas de las ofrendas asociadas.

Cabe señalar que el MTM cuenta con niveles de iluminación bastante moderados al interior de las salas y de las vitrinas, los cuales no exceden los 50-70 luxes. Para el relieve de Tlaltecuhltli y las vitrinas, solicitamos que el nuevo sistema de iluminación no rebasara los 70-80 luxes y contribuyera a resaltar lo más posible la capa pictórica original para que la escultura policroma pudiera apreciarse adecuadamente.

El primer método de iluminación para el relieve fue instalado por Gerardo Gómez Villanueva, de la compañía Iluminación Especializada, quien utilizó lámparas Dedolight® (estas lámparas cuentan con un filtro que reduce a 0% la emisión de rayos ultravioleta).

El especialista colocó en el cuarto piso cuatro luces de arco de descarga (dos en cada lado) con un sistema de proyección para control de la luz. Además, buscó dar un mayor realce en los volúmenes del bajo relieve de la escultura con luz rasante mediante la instalación de tres luces de filamento de tungsteno regular a la altura de la base del monolito (figura 204).

Una vez instalado este sistema de iluminación, se notó que aunque cumplía con las especificaciones necesarias de conservación, presentaba algunas carencias que hacían que la escultura policroma no se apreciara adecuadamente:

- Las tres luces de filamento ubicadas a la altura del relieve no seguían la irregularidad que éste presentaba: la escultura es algunos centímetros más alta en su mitad derecha. Estas luces se instalaron a una misma altura, por lo que la mitad derecha recibía menor intensidad de iluminación.
- Aunque las cuatro luces instaladas en el segundo piso se calibraron a la máxima intensidad posible, éstas no llegaban a iluminar lo suficiente (figuras 205-206).
- Las tres luces instaladas de manera rasante a la altura de los pies de la diosa Tlaltecuhltli generaban sombras muy pronunciadas, sobre todo a la altura de su rostro, el cual no se apreciaba adecuadamente (figura 207).

Tras seis meses de exhibición, se concluyó que la luz al interior del museo —es decir, la combinación de la luz circundante con las nuevas luces instaladas— no lograba el efecto deseado sobre el monolito. La escultura lucía mucho menos colorida de lo que en realidad es; sus colores originales casi no se apreciaban. Todos ellos presentaban un tono pardo y, además, las áreas policromadas en color azul maya casi no se veían.



FIGURA 204. Vista del relieve de Tlaltecuhтли con el primer sistema de iluminación (MBR).



FIGURA 205. Luces de filamento a la altura del relieve (MBR).



FIGURA 206. Diferencia en la iluminación por irregularidad en el relieve (MBR).



FIGURA 207. Sombras pronunciadas sobre el relieve (MBR).

Ante esta situación, incluso se llegó a pensar que tal vez los colores originales se estaban perdiendo. Entonces se decidió revisar el relieve y su policromía con luz natural; para ello, se retiró la cubierta negra que se halla sobre el domo central, ubicado en el techo del museo, y así se pudo constatar que los colores se encontraban perfectamente estables y que no habían perdido su intensidad (figuras 208-209).

A partir de la revisión sobre las condiciones de exhibición que presentaba el área en donde se encuentra el relieve al interior del MTM, se plantearon algunas me-

didias que podían contribuir a mejorar esa situación:

En el caso de las condiciones de humedad relativa, se sugirió probar la instalación de equipos humidificadores en la temporada en la que los niveles de humedad relativa son más bajos (de noviembre a febrero), pero para ello, habría que adaptar algunas conexiones eléctricas en el área. Los equipos humidificadores podrían activarse a partir del horario de cierre del museo (6:00 p.m.) y desactivarse por la mañana (9:00 a.m.), antes de su apertura al público.



FIGURA 208. Monolito iluminado artificialmente (MDA).

En lo que respecta al sistema de iluminación, como resultado de las revisiones efectuadas sobre el monolito con luz natural (cuando se retiró una parte de la cubierta que se encuentra sobre el domo), se consideró que una opción viable era la sustitución de un segmento de esta cubierta con algún otro material que protegiera el área, pero que no obstruyera por completo la luz natural. De este modo, el museo contaría con mejor iluminación y a la vez controlaría adecuadamente la emisión de radiación ultravioleta.

Justo antes de la inauguración, se decidió sustituir las lámparas Dedolight® que había puesto la compañía contratada

por un sistema más adecuado que permitiera apreciar de mejor manera tanto el trabajo en bajo relieve como la capa policroma del monolito.

En conjunto con Carlos Vargas, encargado de la iluminación museográfica en todas las salas del museo, se instaló un sistema de lámparas led para iluminar la escultura desde un punto más alto, suprimiendo tanto las cuatro luces de arco de descarga en el cuarto piso, como las tres luces de filamento de tungsteno a la altura de la base de la escultura. Las nuevas lámparas se instalaron a un metro de altura y alrededor de la escultura, justo al nivel del piso laminado.



FIGURA 209. Monolito bajo luz natural (MBR).

### LABORES DE MANTENIMIENTO PARA LA ESCULTURA AL INTERIOR DEL MUSEO

Desde el primer momento en que el monolito se exhibió dentro del MTM, el Departamento de Restauración estableció algunas tareas relacionadas con su mantenimiento.

Todos los lunes, que es el día que el museo cierra al público, se revisa el estado de conservación que presenta el relieve;

algunas veces se llevan a cabo inspecciones por la parte inferior de las bases de madera hasta llegar al área de su faltante central. También se limpia la base museográfica que se ubica alrededor, la cual está conformada por un sistema de placas de triplay pintadas con pintura vinílica –aplicada con pistola y compresora en un acabado mate– y dispuestas perfectamente conforme al contorno de la escultura para enmarcarla en una superficie de tono oscuro.



FIGURA 210. Limpieza semanal de la base museográfica (MBR).

La limpieza semanal de esta base consiste en el retiro del polvo que se acumula sobre la superficie mediante una aspiradora de mochila además de paños absorbentes humectados con agua corriente. Esta labor es ejecutada por los integrantes del Departamento de Restauración, pues las maniobras deben hacerse con cuidado para no dañar la pieza (figura 210).

Con la finalidad de no someter con tanta frecuencia la capa pictórica a la ac-

ción mecánica, ésta se limpia cada seis meses, aproximadamente; para poder llevar a cabo esta limpieza es necesario armar un andamio tubular que permite tener acceso a todos los puntos de la escultura.

Esta labor consiste en retirar la capa de polvo de manera cuidadosa mediante la ayuda de brochas de pelo suave y perillas, además de sostener la aspiradora encendida a un lado para retirar el polvo desprendido (figura 211).



FIGURA 211. Retiro del polvo sobre la capa pictórica con brochas y perillas (MDA).

## CONSIDERACIONES FINALES

El resultado final de los trabajos encaminados a la recuperación, conservación y difusión de este gran ejemplo del arte escultórico mexica no habría sido el mismo sin la colaboración y comunicación que siempre existió entre las áreas de restauración y arqueología del Templo Mayor.

Durante el desarrollo de este proyecto, en el que participamos restauradores, arqueólogos, físicos, geólogos, químicos, arquitectos e ingenieros, se abordó la problemática de la conservación de manera interdisciplinaria. La estrecha relación entre los distintos especialistas, que siempre ha caracterizado las investigaciones que se realizan en el Templo Mayor, constata una vez más la importancia del trabajo conjunto en la toma de decisiones de manera colegiada.

No menos importante resulta el hecho de que el proyecto de conservación del monolito se haya realizado de forma paralela y en coordinación con el equipo del PTM. Este vínculo contribuyó a que las tareas de valoración, análisis, discusión de resultados y ejecución de los diferentes procesos de intervención se llevaran a cabo en los tiempos requeridos y de manera exitosa.

Otra de las cuestiones que hacen de éste un caso enriquecedor es poder mostrar un proyecto de tal envergadura, de principio a fin, con resultados concretos. La investigación que aquí se presenta permite conocer a detalle todas las actividades realizadas desde el momento del hallazgo de la diosa Tlaltecuhтли, la valoración sobre su estado de conservación, los procesos llevados a cabo desde su estabilización *in situ* hasta su intervención, así como la propuesta y ejecución de su exhibición en un espacio museístico.

A este respecto, consideramos de suma importancia hacer hincapié en que nuestra labor como conservadores del patrimonio cultural no termina una vez realizada una intervención de restauración. Concluidos los trabajos de intervención directa, hay que asegurar la preservación de los bienes culturales a futuro y, además, monitorearlos y supervisarlos de manera constante.

En cuanto a la problemática específica que presentan los materiales pétreos policromados, este caso particular permitió abordar y generar propuestas en torno a nuevos procedimientos de intervención, no sólo para la disciplina de la conservación arqueológica, sino también en lo que

se refiere al manejo y manipulación de piezas de gran formato y a la planeación de propuestas museográficas específicas.

La serie de estudios y análisis realizados en los que se sustentó la propuesta de intervención de conservación permitieron centrar nuestra labor hacia acciones determinadas y remarcaron la importancia de realizar este tipo de ejercicios y valoraciones previos a la toma de decisiones.

Es así que la información y la experiencia generadas en este trabajo contribuyen al desarrollo de nuestras disciplinas y abren nuevas líneas tanto de acción como de investigación para casos futuros.

## REFERENCIAS

- Barajas Rocha, María  
2012 “El relieve monumental de la diosa Tlaltecuh-tli de Templo Mayor: estudio para la estabilización de su policromía”, *Intervención* 3 (5), pp. 23-33.
- Barajas Rocha, María, Leonardo López Luján y Giacomo Chiari  
2016 “La materialidad del arte: la piedra y los colores de la Tlaltecuh-tli”, *Arqueología Mexicana* 24 (141), pp. 18-27.
- Barajas Rocha, María, Pedro Bosch, Claudia Malvárez, Cristina Barragán y Enrique Lima  
2010 “Stabilization of the Tlaltecuh-tli monolith pigments”, *Journal of Archaeological Science* 37, pp. 2881-2886.
- Barajas Rocha, María, Leonardo López Luján y Tenoch Medina González  
2010 “La Tlaltecuh-tli llega al Museo del Templo Mayor”, sección noticias, *Arqueología Mexicana* 104, p. 10.
- Barajas Rocha, María, Enrique Lima, Víctor Hugo Lara, Javier Vázquez Negrere, Cristina Barragán, Claudia Malvárez y Pedro Bosch  
2009 “Effect of Organic and Inorganic Consolidation Agents on Tlaltecuh-tli Monolith”, *Journal of Archaeological Science* 36, pp. 2244-2252.
- Barberá Durón, Natalia Valeria  
2004 *Metilcelulosa e hidroxipropil celulosa; estudio comparativo de su estabilidad y características de envejecimiento*, tesis de licenciatura, Ciudad de México, Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía, INAH.
- Barragán, Cristina y Claudia Malvárez  
2010 *Evaluación del Paraloid B72® y KSE 300® como fijativos para los pigmentos presentes en el monolito de la diosa Tlaltecuh-tli de Templo Mayor*, tesis de licenciatura, Ciudad de México, Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía, INAH.
- Barrera Rivera, José Álvaro, Alicia Islas Domínguez, Gabino López Arenas, Alberto Díez Barroso Repizo y Ulises Lina Hernández  
2007 “Hallazgo de lápida monumental con la representación de Tlaltecuh-tli. Templo Mayor de México-Tenochtitlan”, *Arqueología Mexicana* 83, pp. 19-21.
- Chiari, Giacomo  
2008a “Results of the XRay Diffraction Analysis of Samples of the Earth Goddess Tlaltecuh-tli”, informe técnico, The Getty Conservation Institute, Los Ángeles.
- Chiari, Giacomo  
2008b “Review of the Results of the XRay Diffraction Analysis of Sample Diosa 31 from the Dark Hair of Goddess Tlaltecuh-tli”, informe técnico, The Getty Conservation Institute, Los Ángeles.
- Cué, Lourdes, Fernando Carrizosa y Norma Valentín  
2010 “El monolito de Coyolxauhqui. In-

- vestigaciones recientes”, *Arqueología Mexicana* 102, pp.42-47.
- González Tirado, Rocío Carolusa  
 1996 *El Tzauhtli: mucílago de orquídeas. Obtención, usos y caracterización*, tesis de licenciatura, Ciudad de México, Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía, INAH.
- López Luján, Leonardo  
 2011 “La llegada de una musa a un museo”, *Gaceta de Museos* 49, pp. 50-51.
- López Luján, Leonardo  
 2010 *Tlaltecuhkli*, Ciudad de México, Fundación Conmemoraciones/INAH.
- López Luján, Leonardo (coord.)  
 2017 *Nuestra sangre, nuestro color. La escultura policroma de Tenochtitlan*, catálogo de exhibición temporal en el Museo del Templo Mayor, Ciudad de México, INAH.
- López Luján, Leonardo y María Barajas Rocha  
 2010 *El monolito de la Tlaltecuhkli y sus ofrendas asociadas*, tríptico de la exhibición temporal «Moctezuma II: tiempo y destino de un gobernante», Ciudad de México, INAH.
- López Luján, Leonardo y Colin McEwan (coords.)  
 2010 *Moctezuma II. Tiempo y destino de un gobernante*, Ciudad de México, INAH.
- López Luján, Leonardo, Giacomo Chiari, Alfredo López Austin y Fernando Carrizosa  
 2005 “Línea y color en Tenochtitlan. Escultura policromada y pintura mural en el recinto sagrado de la capital mexicana”, *Estudios de Cultura Náhuatl* 36, pp. 15-45.
- Matos Moctezuma, Eduardo y Leonardo López Luján  
 2007 “La diosa Tlaltecuhkli de la Casa de las Ajaracas y el rey Ahuítzotl”, *Arqueología Mexicana* 83, pp. 22-29.
- McEwan, Colin y Leonardo López Luján (coords.)  
 2010 *Moctezuma Aztec Ruler*, Londres, The British Museum.
- Pimentel, Virginia  
 2006 “Anteproyecto de intervención para la conservación y restauración del material pétreo policromado en proceso de excavación, PAU, Conjunto Ajaracas”, mecanuscrito, Museo del Templo Mayor, Ciudad de México.
- Price, Clifford A.  
 1996 *Stone Conservation: An Overview of the Current Research*, Los Ángeles, The Getty Conservation Institute.
- Raphael, Toby, Nancy Davis y Kevin Brookes  
 1999 *Exhibit Conservation Guidelines. Incorporating Conservation into Exhibit Planning, Design and Production* (CD-ROM). Washington: National Park Service, Division of Conservation.
- Salinas Nolasco, Manlio Favio  
 2009 “Evaluación de los cambios cromáticos y ópticos de seis consolidantes sobre muestras de prueba del monolito Tlaltecuhkli”, mecanuscrito, Museo del Templo Mayor, Ciudad de México.
- Swider, Joseph y Martha Smith  
 2005 “Funori: Overview of a 300 Year

REFERENCIAS

- Old Consolidant”, *Journal of the American Institute for Conservation* 44 (2), pp. 117-126.
- Thomson, Garry  
1999 *The Museum Environment*, Oxford, Butterworth Heinemann.
- Torres Trejo, Jaime  
2008 “Petrografía y procedencia probable de algunos materiales constructivos y escultóricos del Templo Mayor de México Tenochtitlan”, informe técnico, Proyecto Templo Mayor, Ciudad de México.
- Wheeler, George  
2005 *Alcoxysilanes and the Consolidation of Stone*, Los Ángeles, The Getty Conservation Institute.

## ANEXOS

# ANEXO 1

## IDENTIFICACIÓN Y POSIBLE PROCEDENCIA DE LA PIEDRA TLALTECUHTLI

*Jaime Torres Trejo*

Cuando el monolito de la diosa Tlaltecuhltli fue liberado, surgieron muchas preguntas, entre ellas dos fundamentales: ¿qué tipo de piedra era? y ¿de dónde la habían traído? Para responder estas interrogantes, se evaluaron a simple vista las características físicas generales y a partir de ello se sugirió su probable identidad.

Se trata de una piedra color rosa de textura porfídica, en la que se alcanzan a percibir fenocristales de feldespatos y minerales ferromagnesianos. Al apreciarla de canto, se observa una estructura fluidal que se manifiesta en una especie de bandas cuyas tonalidades van del rosa claro al rosa oscuro y que corren de forma paralela a lo largo de la cara trabajada. Estas bandas son producto del alineamiento de los minerales y se formaron cuando la lava estaba en movimiento y en proceso de solidificación. Así pues, los datos megascópicos nos permiten definir que se trata de una roca ígnea extrusiva, probablemente una andesita, y quizá sea originaria de la Cuenca de México, ya que es una roca muy común en esa región (figuras 1 y 2).

Con la idea de ampliar la información mineralógico-textural y precisar la identidad de la roca, se tomaron pequeñas muestras para un estudio petrográfico. Los resultados del análisis microscópico indicaron que la piedra es de textura porfídica y está formada principalmente por plagioclasas sódicas (andesina) y minerales ferromagnesianos, los cuales en su mayoría se encuentran alterados (oxidados); sin embargo, en algunos todavía se puede observar su porción central sana, y esto es un hecho relevante pues permite identificarlos como lamprobolita: mineral perteneciente al grupo de los anfíboles.

Así pues, la mineralogía y la textura permiten clasificar esta roca como andesita de lamprobolita. Una vez establecidos los datos macro y microscópicos, se procedió a la búsqueda de rocas que se parecieran lo más posible al material arqueológico, lo cual se hizo a través de la consulta de cartas geológicas y recorridos de campo.

Después de visitar numerosos yacimientos, hallamos varias canteras de la Formación Chiquihuite, ubicadas en la Sierra de Guadalupe, sobre todo en los cerros del Chiquihuite, Tianguillo, Tenayo y Botano, sitios localizados en el siglo xv a orillas del lago de Texcoco y relativamente cercanos a Tenochtitlan (9-12 km de distancia), donde las rocas son muy parecidas, a simple vista, a la piedra del monolito.

Por ejemplo, en la cantera de Tenayuca, situada en el cerro de Tenayo, las rocas son de color rosa, textura porfídica y estructura fluidal; además, bajo el microscopio petrográfico, se observó que su con-

tenido mineral y textura también son similares a los de la pieza arqueológica. En ambas, los minerales ferromagnesianos tienen características semejantes: la mayoría están oxidados y algunos conservan su porción central sana de lamprobolita.

Por consiguiente, se puede decir que la roca del monolito corresponde claramente a una andesita de lamprobolita, la cual es conocida localmente por canteros, ingenieros civiles y arquitectos como cantera rosa, tenayuca o simplemente cantera.

Por otra parte, cabe señalar que es probable que la forma tabular (seudoestratificada) del monolito no sea producto del



FIGURA 1. Textura porfídica en la andesita de lamprobolita (JTT).

trabajo del hombre, sino que más bien se deba al comportamiento natural de fractura de este tipo de roca, rompimiento vinculado estrechamente a sus características estructurales, tal y como sucede en las canteras de la región de Tenayuca, donde la roca se rompe a manera de estratos de espesor variable (López Luján *et al.* 2003: 145-147).

Finalmente, de acuerdo con los estudios mega y microscópicos de las muestras arqueológica y geológica, se observa que éstas son muy semejantes. Por esta razón, se concluye que la piedra arqueológica de andesita de lamprobolita se corresponde con materiales de la Sierra de Guadalupe y muy posiblemente provenga de alguna de las canteras antes mencionadas (tabla 1).



FIGURA 2. Estructura fluidal (JTT).

LA RESTAURACIÓN DEL MONOLITO DE LA DIOSA TLALTECUHTLI

TABLA 1. Composición química de la Tlaltecuhтли y de la piedra de Tenayuca, Estado de México

Muestra	Composición química									Total
	C	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe	
Tlaltecuhтли	0.67	54.37	2.09	1.28	7.27	29.53	2.27	1.78	0.73	100
Tlaltecuhтли (zona 1)		56.45	1.68	1.36	6.08	28.99	1.76	1.69	2	100
Tlaltecuhтли (zona 2)		56.71	1.95	1.27	6.22	28.59	1.51	1.84	1.9	100
Tlaltecuhтли (zona 3)		56.5	1.86	1.47	6.02	28.55	1.56	1.94	2.11	100
Tlaltecuhтли (zona 4)		57.26	1.85	1.44	5.94	28.4	1.47	1.63	2.02	100
Tlaltecuhтли (zona A)		52.67	2.37	1.05	6.65	32.32	1.72	1.97	1.25	100
Tlaltecuhтли (zona B)		54.03	2.18	0.91	6.56	30.97	3.05	1.47	0.83	100
P47A (cantera-1)		58.23	2.08	1.22	6.24	27.3	1.54	1.51	1.88	100
P47B (cantera-2)		57.93	2.17	1.19	6.78	27.27	2.31	1.14	1.2	100
P48A (cantera-2)		55.55	2.27	0.31	6.24	30.72	2.62	1.37	0.93	100
P48B (cantera-2)		56.65	2.07	0.55	6.35	28.99	1.88	1.79	1.72	100
P48C (cantera-3)		54.86	2.23	0.26	6.11	31.55	3.22	0.93	0.85	100

TABLA 2. Composición química de la mancha negra

Muestra	Composición química										Total
	C	O	Na	Mg	Al	S	K	Ca	Mn	Fe	
Mancha negra	12.44	47.38	0.52	0.87	2.66	0.6	0.73	3.13	13.79	4.05	100

## MANGANESO

Uno de los fragmentos de la piedra de la diosa Tlaltecuhтли presenta una mancha superficial alargada de color negro en uno de sus lados (figura 3). Ésta fue analizada mediante microscopía electrónica y los resultados indicaron un alto porcentaje de manganeso, elemento al que se debe ese color. El manganeso es un mineral típicamente sedimentario y entre sus orígenes están los medios lacustres (Mottana *et al.* 1980).

Sin embargo, en el caso del monolito, la peculiaridad de hallarse en un área limitada y relativamente pequeña de la piedra sugiere que la mancha es producto de contaminación. Se desconoce de dónde derivó dicho mineral, pero con base en los antecedentes históricos del uso del suelo en áreas contiguas, se piensa que las actividades fabriles pudieron ser la causa.

Por ejemplo, en la Casa del Marqués del Apartado (aledaña a las casas de las Ajaracas y de las Campanas) se efectuaban labores metalúrgicas de separación de oro a partir de barras de plata, proceso que implicaba el uso de unos recipientes especiales de vidrio llamados cornamusas (Gemelli 1983; Fernández 1990; Martos López 1997), que también fabricaban ahí (Fernández 1990; Ruiz Naufal 2000).

No se sabe si ambos procesos químicos contribuyeron a la contaminación subterránea con manganeso, y a reserva de obtener datos probatorios, la idea queda como mera especulación (tabla 2, figura 4).

Para concluir, presentamos la interpretación de láminas delgadas sobre muestras de la Tlaltecuhтли (figuras 5-13).



FIGURA 3. Mancha de color negro sobre uno de los fragmentos (JTT).

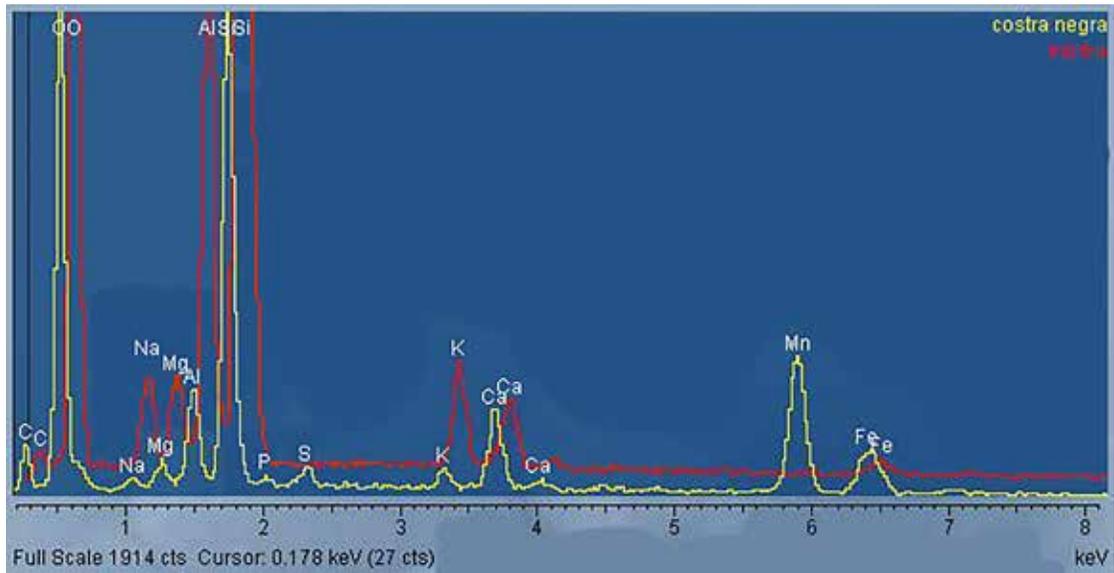


FIGURA 4. Componentes químicos en la mancha negra y en la piedra (JTT).

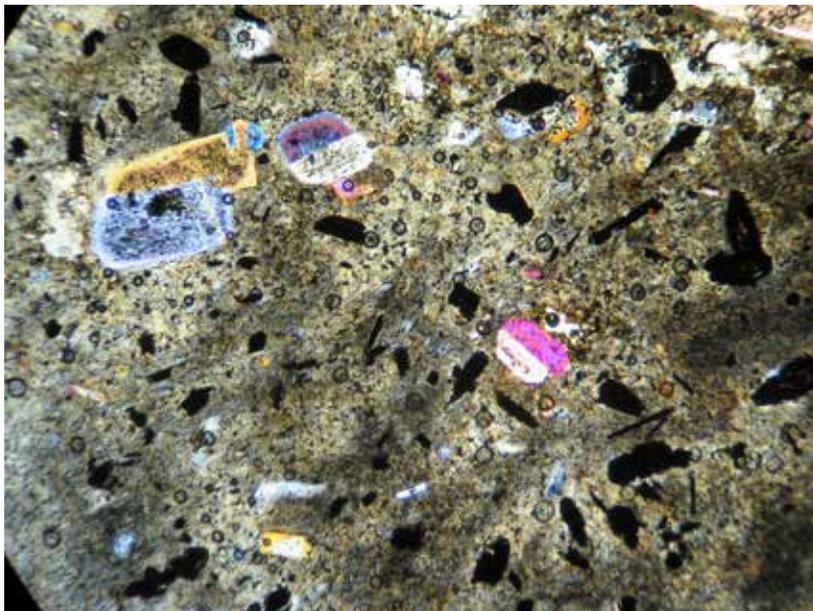


FIGURA 5. Muestra P12. Tlaltecuhli. Andesita de lamprobolita; plagioclasas sódicas (blanco) y ferromagnesianos oxidados (oscuro), algunos todavía con la parte central inalterada (lamprobolita-rojo), en una matriz hialopilitica-vítrea. Nícoles cruzados, objetivo 5x (JTT).

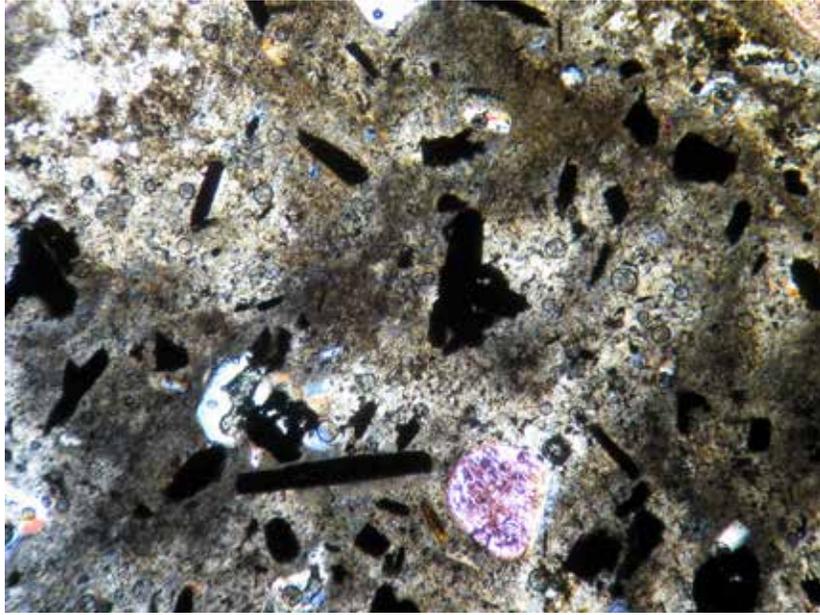


FIGURA 6. Muestra P13. Tlaltecuhli. Andesita de lamprobolita; minerales ferromagnesianos alterados (cristales oscuros) y plagioclasas sódicas (blanco).  
Nicoles cruzados, objetivo 5x (JTT).

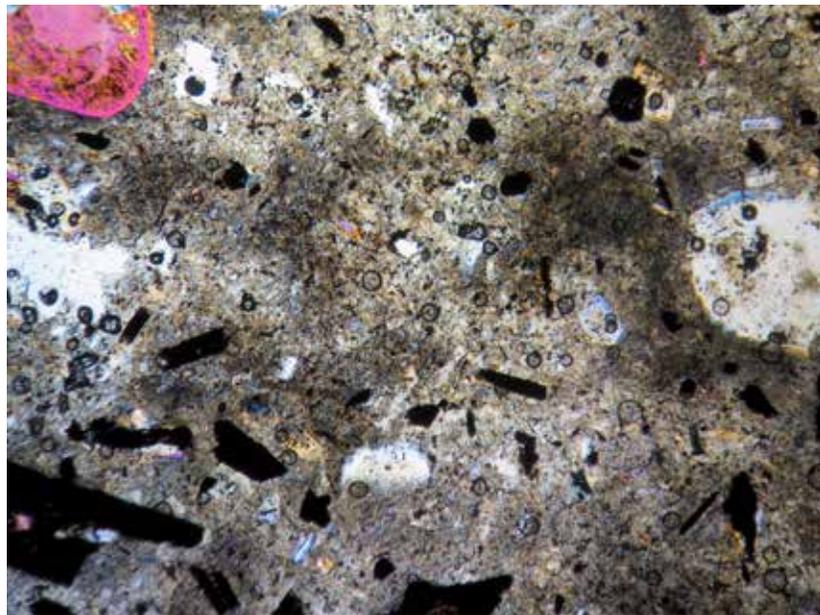


FIGURA 7. Muestra P15. Tlaltecuhli. Andesita de lamprobolita; minerales ferromagnesianos oxidados (cristales oscuros) y plagioclasas sódicas (blanco) encerrados en una matriz hialopilitica-vítrea.  
Nicoles cruzados, objetivo 5x (JTT).



FIGURA 8. Muestra P16. Andesita de lamprobolita similar a la muestra anterior. Nícoles cruzados, objetivo 5x (JTT).

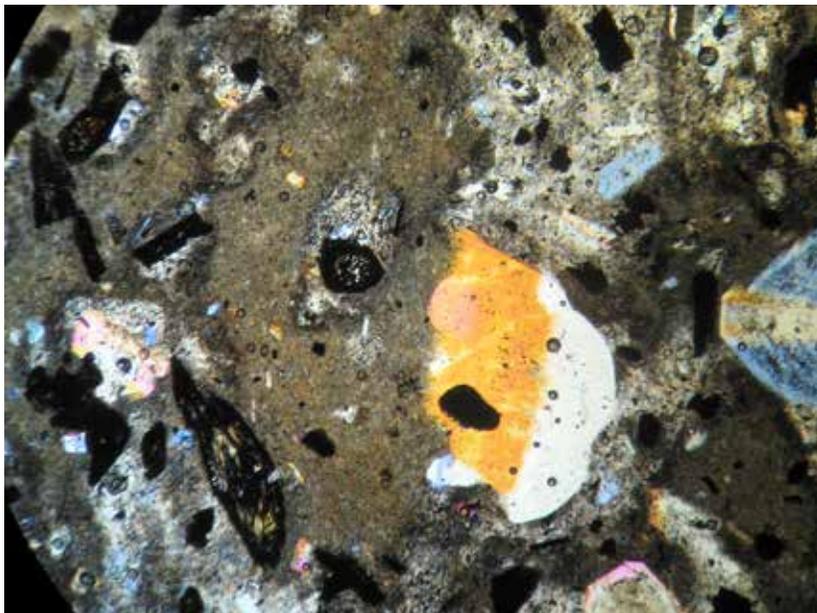


FIGURA 9. Muestra P17. (Ent-II-Aj). Andesita de lamprobolita; plagioclasas sódicas (blanco) y ferromagnesianos alterados (oscuro) en matriz hialopilítica-vítrea; algunas lamprobolitas están parcialmente oxidadas. Nícoles cruzados, objetivo 5x (JTT).

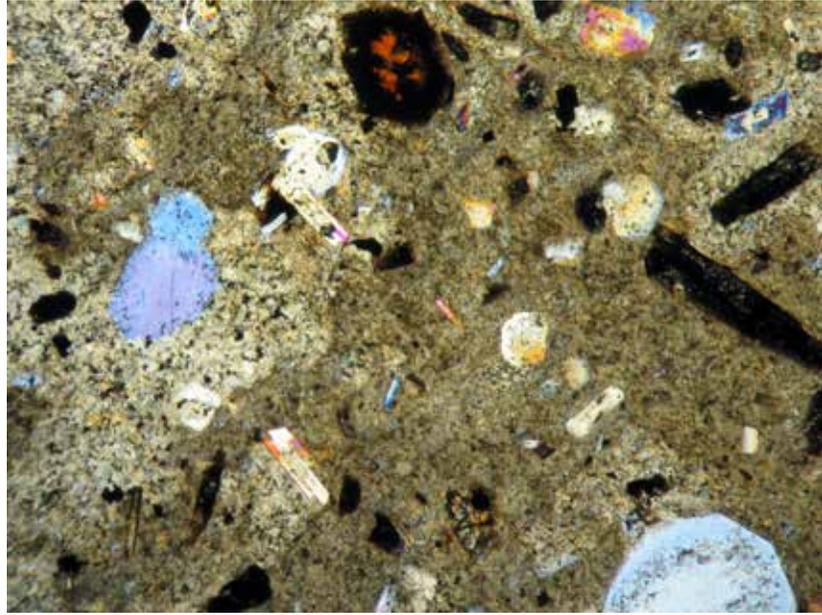


FIGURA 10. Muestra P18 (Ent-II-Aj). Andesita de lamprobolita; similar a la muestra anterior. Nícoles cruzados, objetivo 5x (JTT).

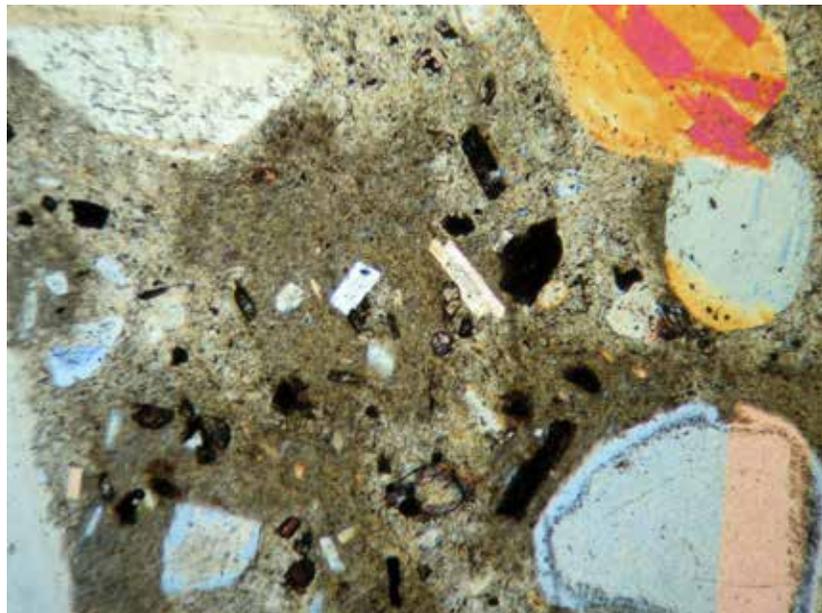


FIGURA 11. Muestra P47. Cantera-1. Tenayuca, Estado de México. Andesita de lamprobolita; plagioclasas sódicas (blanco) y ferromagnesianos alterados (oscuro) en matriz hialopíltica-vítrea; en la parte superior una lamprobolita (rojo). Nícoles cruzados, objetivo 5x (JTT).

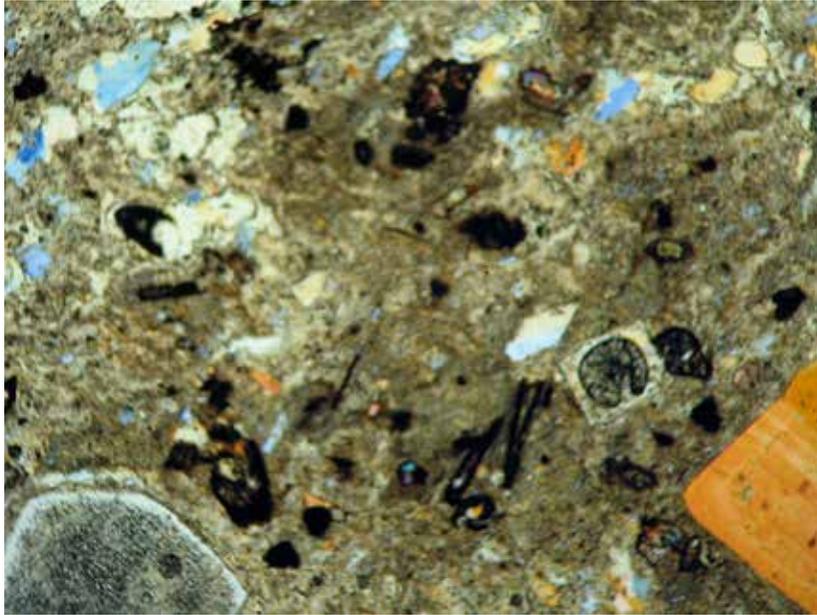


FIGURA 12. Muestra P47. Cantera-1, Tenayuca, Estado de México. Andesita de lamprobolita; similar a la muestra anterior. Nicoles cruzados, objetivo 5x (JTT).

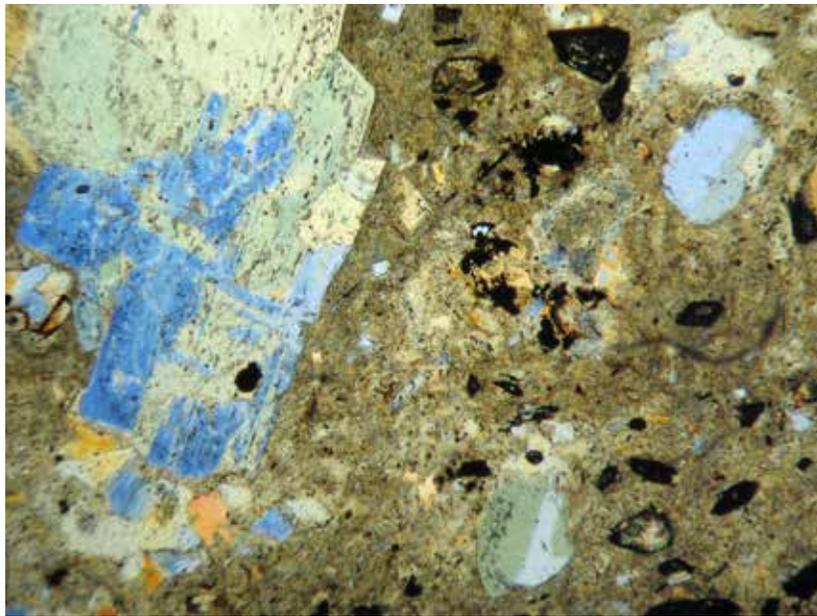


FIGURA 13. Muestra P48. Cantera-2. Tenayuca, Estado de México. Andesita de lamprobolita; plagioclasas sódicas (cristales grandes) y ferromagnesianos alterados (oscuro) en una matriz hialopilitica-vítrea; lamprobolitas (rojo) parcialmente alteradas. Nicoles cruzados, objetivo 5x (JTT).

## REFERENCIAS

Fernández, Miguel Ángel

1990 *El vidrio en México*, Ciudad de México, Centro de Arte Vitro, A.C.

Gemelli Careri, Giovanni Francesco

1983 *Viaje a la Nueva España*, Nueva Biblioteca Mexicana, núm. 29, Ciudad de México, Instituto de Investigaciones Bibliográficas-UNAM.

López Luján, Leonardo, Jaime Torres Trejo y Aurora Montúfar

2003 “Los materiales constructivos del Templo Mayor de Tenochtitlan”, *Estudios de Cultura Náhuatl* 34, pp. 137-166.

Martos López, Luis Alberto

1997 “Datos para la historia de un título, un oficio y una casa”, en *La antigua Casa del Marqués del Apartado, arqueología e historia*, Elsa Hernández Pons (coord.), Ciudad de México, Colección Científica, núm. 329, INAH, pp. 193-201.

Mottana, Annibale, Rodolfo Crespi y Giuseppe Liborio

1980 *Guía de minerales y rocas*, Barcelona, Grijalbo.

Ruiz Naufal, Víctor Manuel

2000 “Vidrios novohispanos”, *México en el Tiempo. Revista de Historia y Conservación* 37, pp. 20-26.

## ANEXO 2

### FICHAS DE CONSERVACIÓN DEPARTAMENTO DE CONSERVACIÓN DEL MTM

*María Barajas Rocha, Cristina Barragán Martínez y Claudia Malvárez López*



---

Todos los dibujos de este anexo son obra de Julio Romero.

RESTAURACIÓN DE LA DIOSA MONUMENTAL TLALTECUHTLI

DEPARTAMENTO DE RESTAURACIÓN MTM

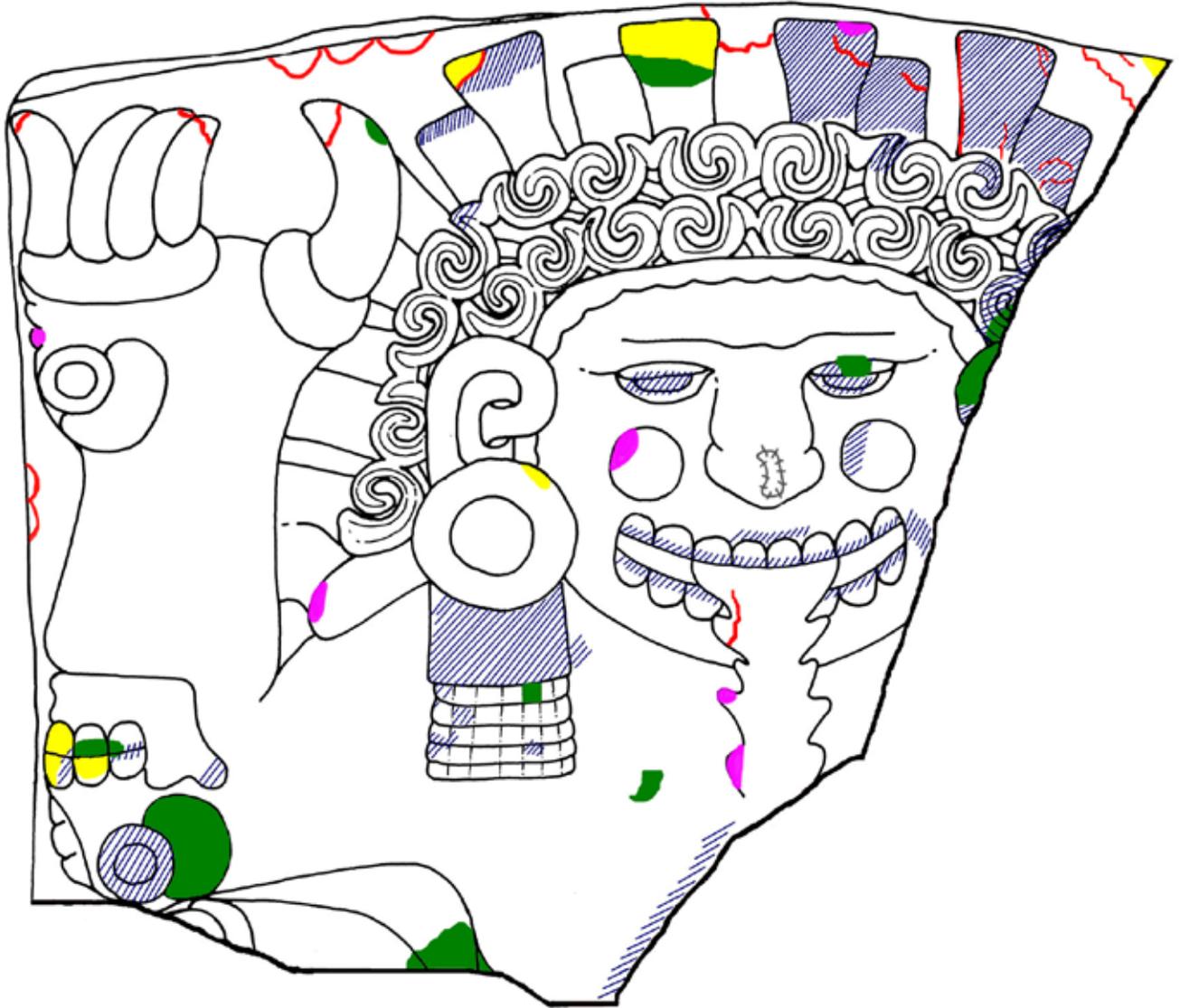
RELIEVE DE TLALTECUHTLI PTM 7

FICHA DE CONSERVACIÓN

FRAGMENTO A

<b>1. Datos generales</b>				
Fragmento: A		Fecha: de junio de 2008 a marzo de 2011		
Descripción formal mínima: fragmento superior izquierdo en el que se aprecian el rostro y la orejera y el brazo derechos de la diosa				
Dimensiones máximas: 2.80 x 2.47 m				
Material constitutivo: andesita de lamprobolita, pigmentos minerales y decoración en estuco				
Técnica de manufactura: talla en piedra en alto relieve con policromía				
Decoración: pigmentos ocre, rojo y negro; color azul maya y color blanco				
<b>1. Alteraciones estructurales</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Frecuencia</b>
Desgaste	X		En las zonas más altas del relieve y las aristas	8%
Desprendimientos	X		En la zona de la fractura sobre el área del muslo y del seno	5%
Deposición de argamasa		X		
Marcas de golpes recientes		X		
Disgregación		X		
Exfoliación	X		En el fondo del bajo relieve del área superior, las garras, el chorro de sangre y la orejera	8%
Faltantes	X		En la orejera, los dientes del cráneo del codo, dos banderas y la esquina superior izquierda	3%
Desportilladuras	X		En una bandera, el círculo de la mejilla, el codo, la mano, el chorro de sangre y la orilla derecha del cabello	5%
Marcas de golpes de la época prehispánica	X		En la punta de la nariz	0.5%
Fisuras		X		
Grietas		X		
Manchas	X		Sobre el canto, a la altura del rostro	6%
Presencia de sales		X		

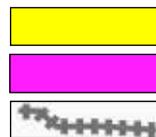
ALTERACIONES ESTRUCTURALES-DETERIORO EN LA PIEDRA



SIMBOLOGÍA



Desgaste  
Desprendimientos  
Exfoliación



Faltantes  
Desportilladuras  
Marcas de la época  
prehispánica

RESTAURACIÓN DE LA DIOSA MONUMENTAL TLALTECUHTLI

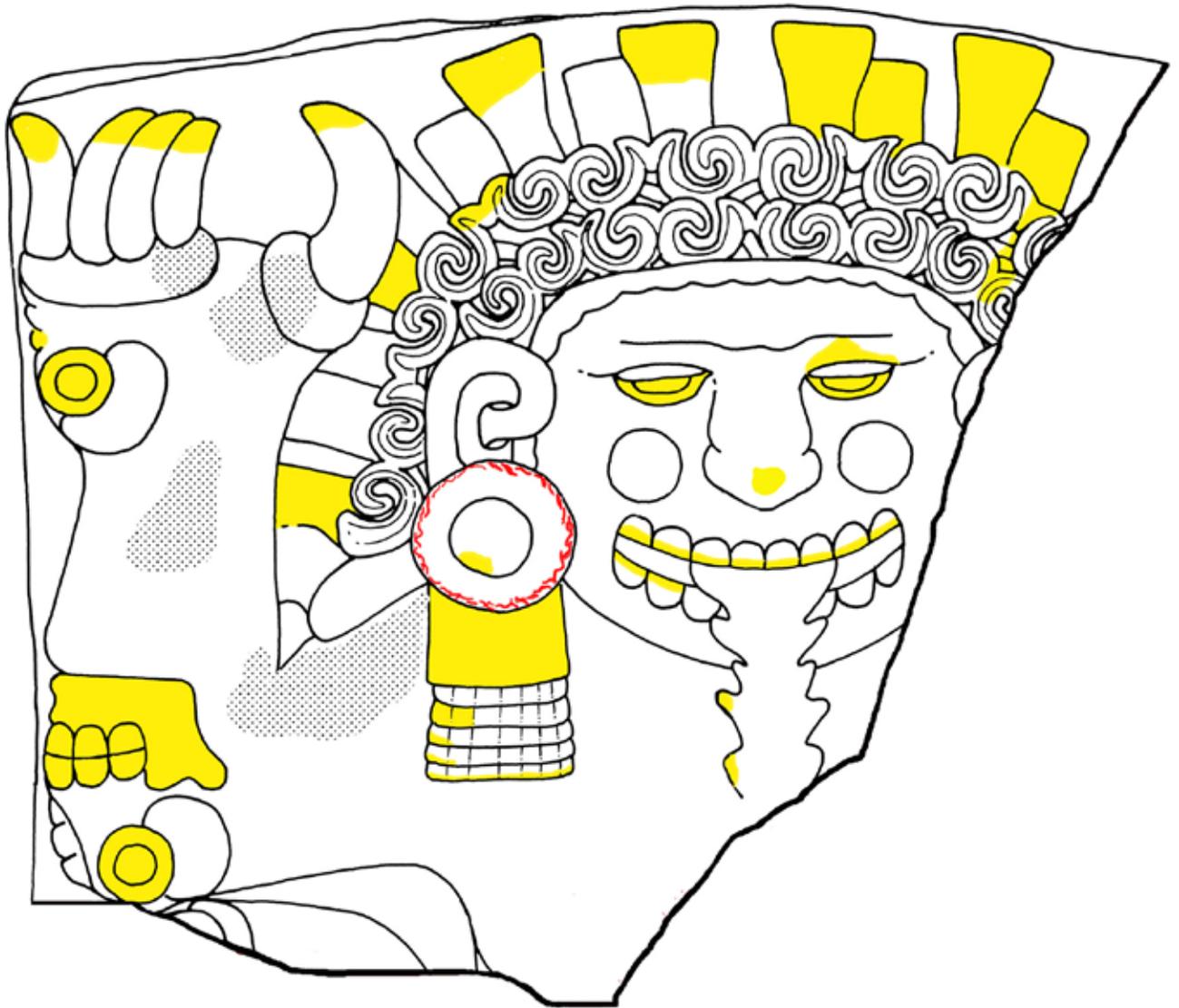
DEPARTAMENTO DE RESTAURACIÓN MTM

RELIEVE DE TLALTECUHTLI PTM 7

FICHA DE CONSERVACIÓN

<b>2. Alteraciones de la decoración</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Frecuencia</b>
Pérdida de policromía	X		En la garra, la orejera y las banderas; en los ojos, la nariz y la boca de la diosa y en una zona del cabello rizado; en el ojo, los dientes y la mandíbula del cráneo del codo, y en el ojo y en las puntas de la garra	20%
Velos salinos	X		Sobre el brazo y parte de la garra	5%
Exfoliación	X		Sobre la orejera	3%
Desgaste	X		General	20%
Desprendimientos	X		En la orejera policromada en color azul maya	1%
Disgregación	X		General	90%
Fisuras		X		
Grietas		X		
Deposición de argamasa		X		
Manchas		X		
Desportilladuras		X		
Marcas de golpes recientes		X		
Marcas de golpes de la época prehispánica		X		

ALTERACIONES DE LA DECORACIÓN



SIMBOLOGÍA



Pérdida de policromía  
Velos salinos



Exfoliación

RESTAURACIÓN DE LA DIOSA MONUMENTAL TLALTECUHTLI

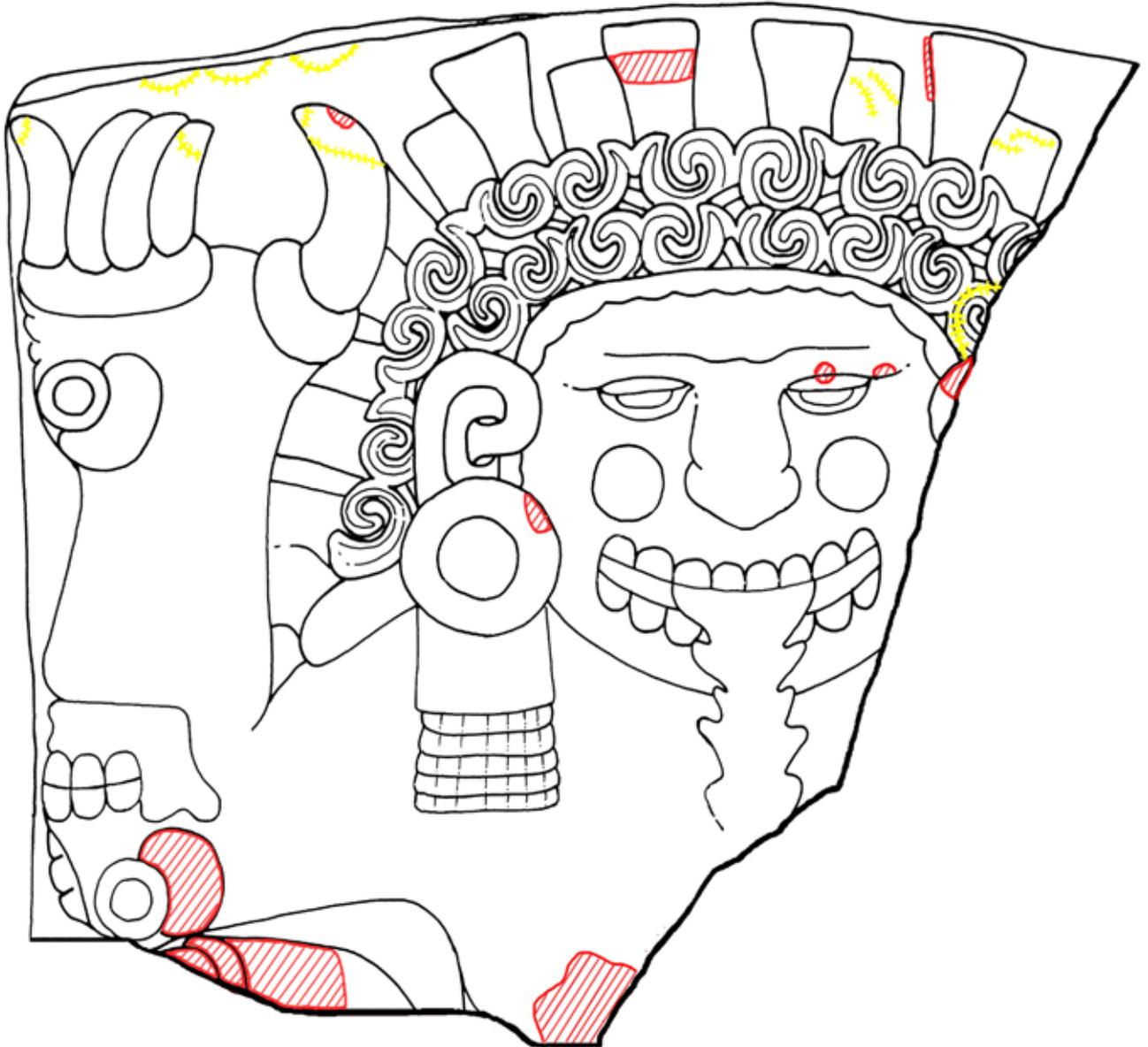
DEPARTAMENTO DE RESTAURACIÓN MTM

RELIEVE DE TLALTECUHTLI PTM 7

FICHA DE CONSERVACIÓN

<b>3. Tratamientos de conservación</b>	
<b>Limpieza</b>	
Eliminación de argamasa y tierra en la piedra	Eliminación de argamasa y tierra en la decoración
Se eliminó química y mecánicamente con hisopo rodado impregnado en alcohol, brochas de pelo suave, brochuelos y bisturí.	Se eliminó química y mecánicamente con hisopo rodado impregnado en alcohol, brochas de pelo suave y bisturí.
Limpieza superficial de la piedra	Limpieza superficial de la policromía
Se eliminó mecánicamente con brochas de pelo suave, brochuelos y bisturí.	Se eliminó mecánicamente con brochas de pelo suave y bisturí.
Sales sobre piedra	Sales sobre policromía
No se encontraron.	Se eliminaron velos salinos de manera mecánica con bisturí, localizados sobre el color ocre.
<b>Consolidación</b>	
Piedra	Estuco y pigmentos
Se llevaron a cabo consolidaciones localizadas en cantos y áreas cercanas a éstos –específicamente en el borde inferior del fragmento, en el área de las banderas y en el fondo del relieve– mediante la aplicación por aspersión de consolidante KSE 500® 1:1 en alcohol etílico.	Se consolidaron las escamas del color azul maya en la orejera mediante la aplicación de adhesivo Mowithal B60H® diluido aproximadamente al 5-7% en acetona.
<b>Fijado</b>	
Estuco	Pigmentos
Se aplicaron baños de agua de cal.	Se aplicaron, por aspersión y de manera general, cinco manos de KSE 300®1:1 en alcohol etílico sobre toda la capa pictórica.
<b>Unión de fragmentos</b>	
Los fragmentos pequeños se ubicaron en su sitio y se unieron mediante la aplicación de cola de caseína láctica; los más grandes se adhirieron con resina epóxica.	
<b>Resane</b>	
Se aplicaron resanes con pasta de cal-arena o piedra molida, en proporción 1:2, alrededor de uniones de fragmentos y en zonas con exfoliación.	

TRATAMIENTOS DE CONSERVACIÓN



SIMBOLOGÍA



Ribetes de protección



Unión de fragmentos

\*Los procesos de limpieza y de fijado de policromía se realizaron de manera general.

RESTAURACIÓN DE LA DIOSA MONUMENTAL TLALTECUHTLI

DEPARTAMENTO DE RESTAURACIÓN MTM

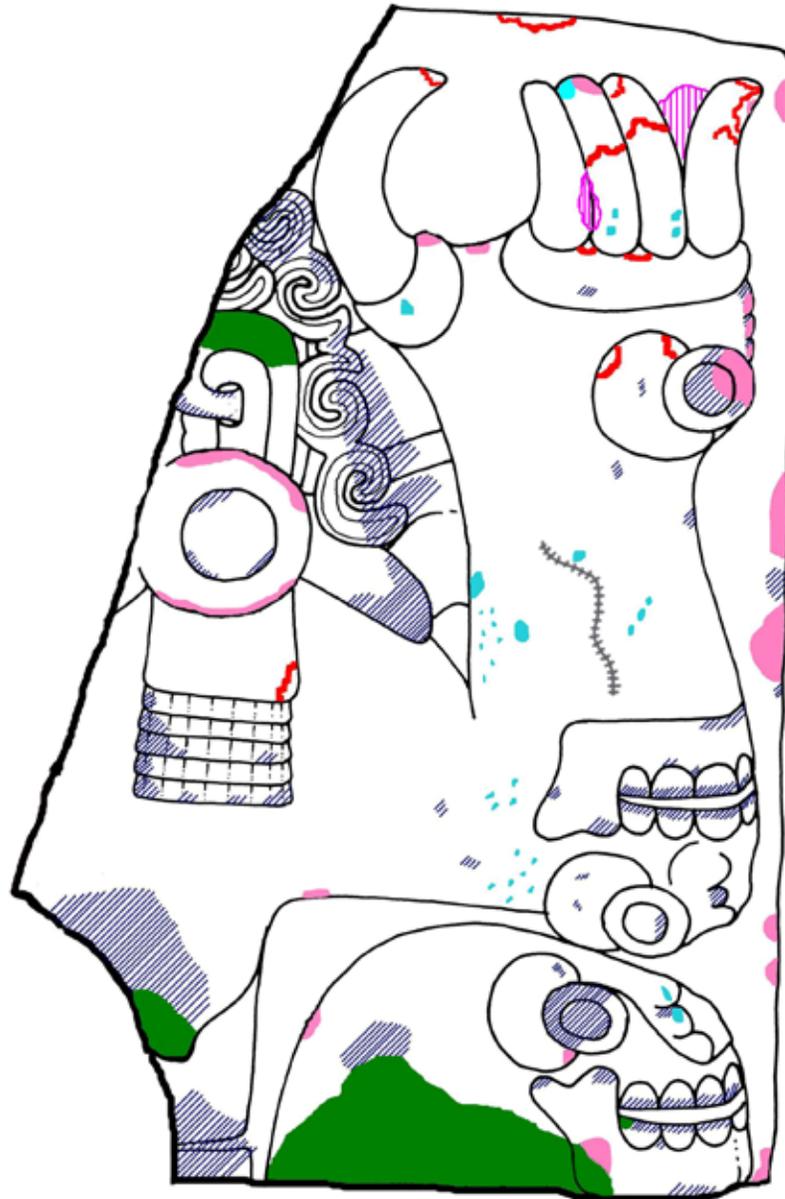
RELIEVE DE TLALTECUHTLI PTM 7

FICHA DE CONSERVACIÓN

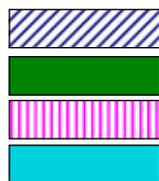
FRAGMENTO B

<b>Datos generales</b>				
Fragmento: B		Fecha: de junio de 2008 a marzo de 2011		
Descripción formal: fragmento superior derecho del monolito en el que se aprecian la oreja, una parte de la rodilla y el brazo izquierdos de la diosa				
Dimensiones máximas: 2.63 x 1.62 m				
Material constitutivo: andesita de lamprobolita, pigmentos minerales y decoración en estuco				
Técnica de manufactura: talla en piedra en alto relieve con policromía				
Decoración: pigmentos ocre, rojo y negro; color azul maya y color blanco				
<b>1. Alteraciones estructurales</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Frecuencia</b>
Desgaste	X		En las zonas más altas del relieve y las aristas	8%
Desprendimientos	X		En la oreja, en el seno de la diosa y en un fragmento desprendido a la altura de la rodilla	6%
Deposición de argamasa	X		En el área de las garras	0.5%
Marcas de golpes recientes	X		Sobre el brazo y la garra	5%
Disgregación		X		
Exfoliación	X		En la orilla superior, a la altura de las garras, en las garras, en la ceja del ser telúrico y en el pendiente cuadrangular de la orejera	5%
Faltantes		X		
Desportilladuras	X		En la punta de una garra, el cabello rizado y la orejera; en los dientes y el ojo del cráneo de la rodilla; en los dientes del cráneo del codo, y en el ojo del ser telúrico de la mano	7%
Marcas o golpes de la época prehispánica	X		Sobre el brazo, en forma de línea curveada	2%
Fisuras		X		
Grietas		X		
Manchas	X		Sobre el canto, a la altura del rostro	5%
Presencia de sales	X		Sobre el canto, a la altura del faltante central	3%

ALTERACIONES ESTRUCTURALES-DETERIORO EN LA PIEDRA



SIMBOLOGÍA



- Desgaste
- Desprendimientos
- Deposición de argamasa
- Marcas de golpes recientes



- Exfoliación
- Desportilladuras
- Marcas de la época prehispánica

RESTAURACIÓN DE LA DIOSA MONUMENTAL TLALTECUHTLI

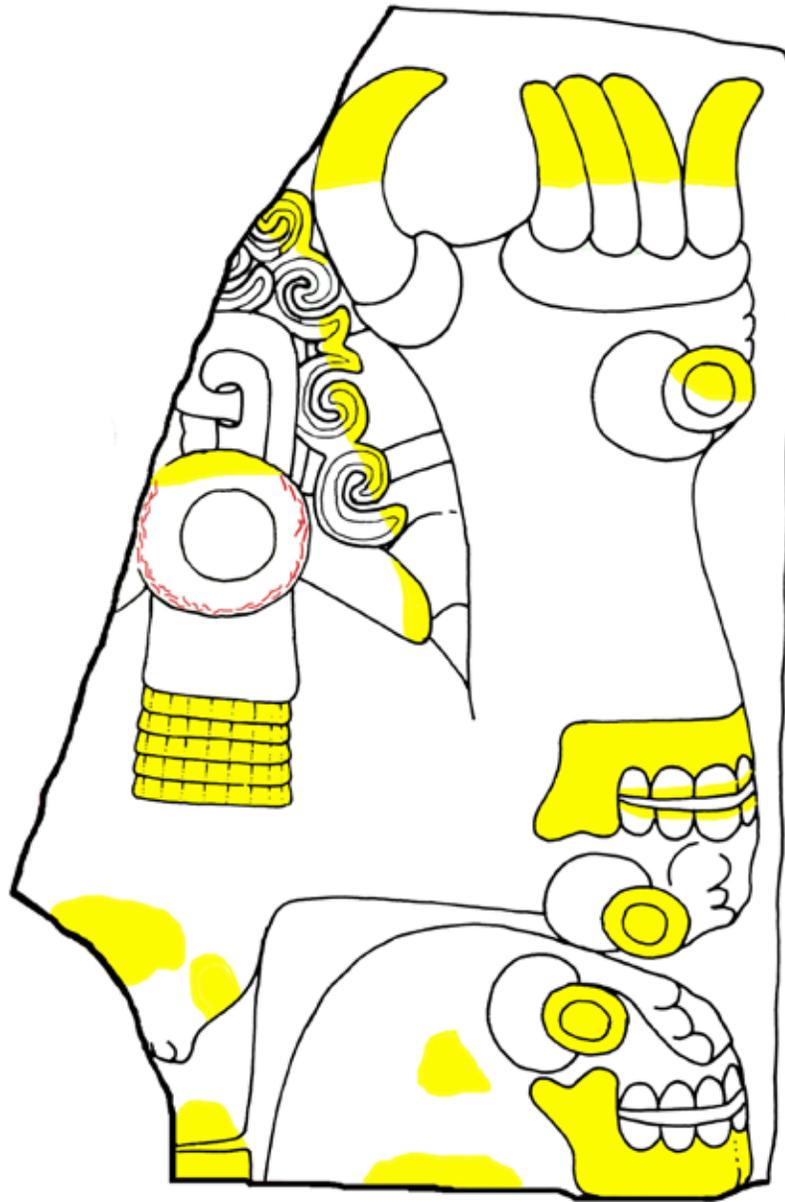
DEPARTAMENTO DE RESTAURACIÓN MTM

RELIEVE DE TLALTECUHTLI PTM 7

FICHA DE CONSERVACIÓN

<b>2. Alteraciones de la decoración</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Frecuencia</b>
Pérdida de policromía	X		En las puntas de las garras y la orejera, así como en los cráneos de la rodilla y del codo	20%
Velos salinos	X		Ligeros velos salinos sobre el área del antebrazo	5%
Exfoliación		X		
Desgaste	X		General	20%
Desprendimientos	X		En la orejera y las cejas de los cráneos del codo y la rodilla, así como en la ceja del ser telúrico, policromadas en color azul maya	2%
Disgregación	X		General	90%
Fisuras		X		
Grietas		X		
Deposición de argamasa		X		
Manchas		X		
Desportilladuras		X		
Marcas de golpes recientes		X		
Marcas de golpes de la época prehispánica		X		

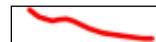
ALTERACIONES DE LA DECORACIÓN



SIMBOLOGÍA



Pérdida de policromía



Exfoliación

RESTAURACIÓN DE LA DIOSA MONUMENTAL TLALTECUHTLI

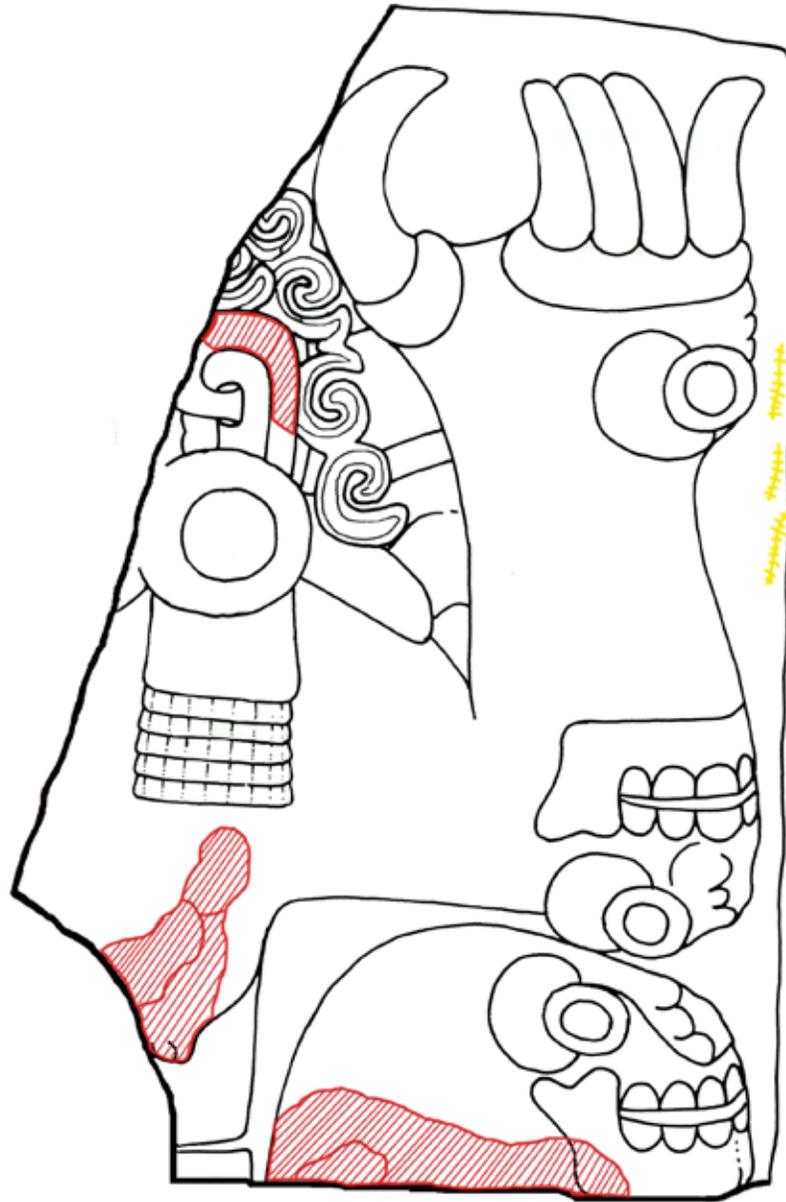
DEPARTAMENTO DE RESTAURACIÓN MTM

RELIEVE DE TLALTECUHTLI PTM 7

FICHA DE CONSERVACIÓN

<b>3. Tratamientos de conservación</b>	
<b>Limpieza</b>	
Eliminación de argamasa y tierra en la piedra	Eliminación de argamasa y tierra en la decoración policromada
Se eliminó química y mecánicamente con hisopo rodado impregnado en alcohol, brochas de pelo suave, brochuelos y bisturí.	Se eliminó la tierra química y mecánicamente con hisopo rodado impregnado en alcohol, brochas de pelo suave y bisturí.
Limpieza superficial de la piedra	Limpieza superficial de la policromía
Se eliminó mecánicamente con brochas de pelo suave, brochuelos y bisturí.	Se eliminó mecánicamente con brochas de pelo suave y bisturí.
Sales sobre piedra	Sales sobre policromía
Se reblandecieron las concreciones en el canto del fragmento por medio de papetas de ácido acético al 5% y, posteriormente, de manera mecánica con ayuda de bisturíes. Neutralización final de las zonas con bicarbonato de sodio al 10% en agua destilada.	Se eliminó mecánicamente con bisturí sobre velos salinos localizados sobre el color ocre.
<b>Consolidación</b>	
Piedra	Estuco y pigmentos
Se llevaron a cabo consolidaciones localizadas en cantos y áreas cercanas a los cantos, específicamente en el borde inferior del fragmento, a un lado del pezón, mediante la aplicación por aspersion de consolidante KSE 500® 1:1 en alcohol etílico.	Se consolidaron las escamas del color azul maya en orejera mediante la aplicación de adhesivo Mowithal B60H® diluido, aproximadamente al 5-7% en acetona.
<b>Fijado</b>	
Estuco	Pigmentos
Se aplicó diariamente, por aspersion, hidróxido de calcio sobre zonas decoradas en color blanco.	Se aplicaron, por aspersion y de manera general, cinco manos de KSE 300® 1:1 en alcohol etílico sobre toda la capa pictórica.
<b>Unión de fragmentos</b>	
Los fragmentos pequeños se ubicaron en su sitio y se unieron mediante la aplicación de cola de caseína láctica; los más grandes se adhirieron con resina epóxica.	
<b>Resane</b>	
Se aplicaron resanes con pasta de cal-arena o piedra molida, en proporción 1:2, alrededor de uniones de fragmentos y en zonas con exfoliación.	
<b>4. Observaciones</b>	
Los pigmentos en general presentan falta de adherencia al sustrato. De mayor a menor estabilidad se presentan de la siguiente manera: negro, blanco, rojo, azul y ocre.	

TRATAMIENTOS DE CONSERVACIÓN



SIMBOLOGÍA



Ribetes de protección



Unión de fragmentos

\*Los procesos de limpieza y de fijado de policromía se realizaron de manera general.

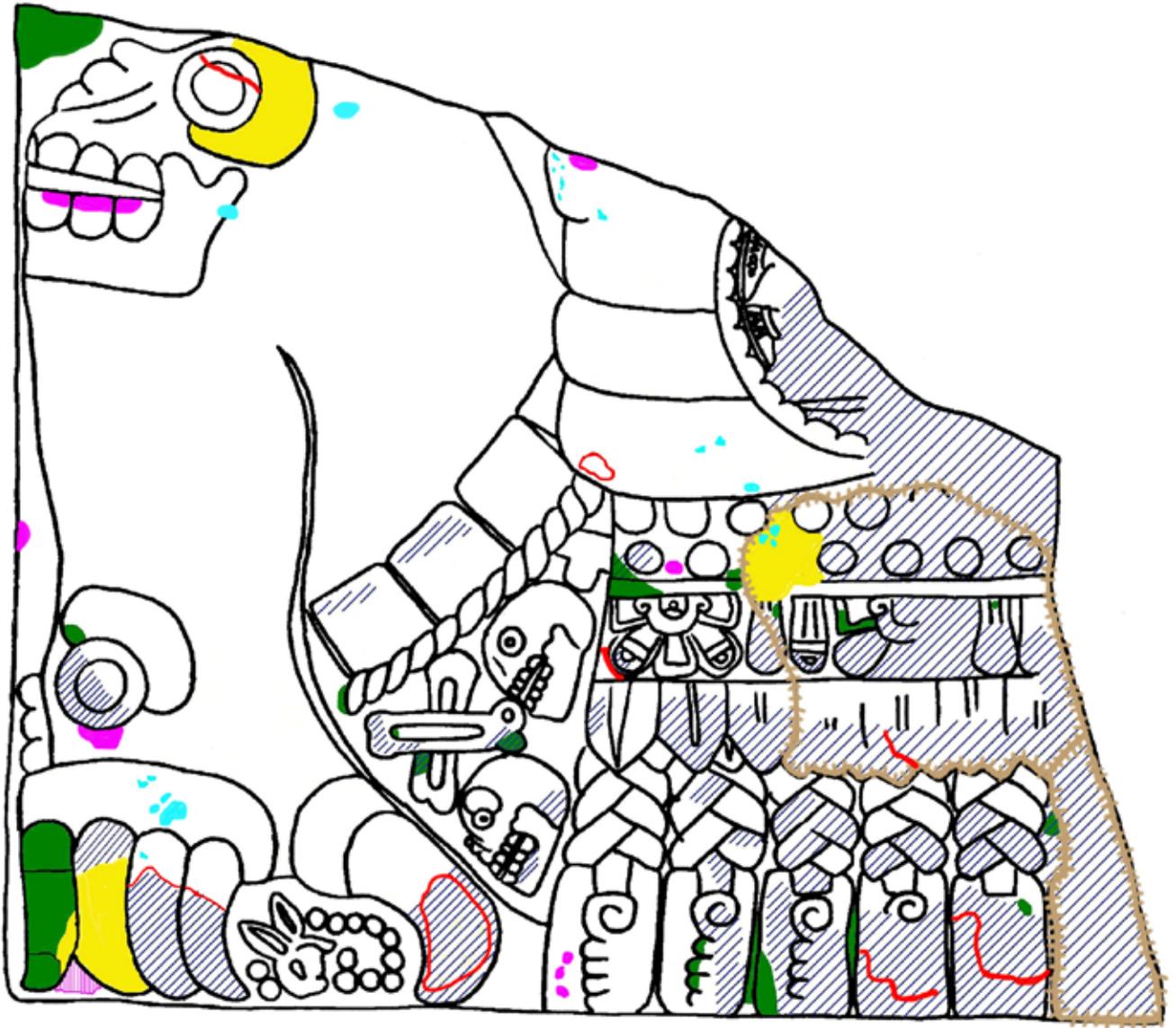
RESTAURACIÓN DE LA DIOSA MONUMENTAL TLALTECUHTLI

DEPARTAMENTO DE RESTAURACIÓN MTM  
RELIEVE DE TLALTECUHTLI PTM 7  
FICHA DE CONSERVACIÓN

FRAGMENTO C

<b>Datos generales</b>				
Fragmento: C		Fecha: de junio de 2008 a marzo de 2011		
Descripción formal: fragmento inferior izquierdo en el que se aprecian la pierna y la rodilla derechas de la diosa y parte del faldellín. Bajo la garra se localiza la fecha 12 conejo o 2 conejo 10				
Dimensiones máximas: 2.28 x 2.29 m				
Material constitutivo: andesita de lamprobolita, pigmentos minerales y decoración en estuco				
Técnica de manufactura: talla en piedra en alto relieve con policromía				
Decoración: pigmentos ocre, rojo y negro; color azul maya y color blanco				
<b>1. Alteraciones estructurales</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Frecuencia</b>
Desgaste	X		En las zonas más altas del relieve, las aristas y en el área izquierda inferior del faldellín	15%
Desprendimientos	X		En una garra del pie, los cráneos y los huesos cruzados del faldellín; en el área de la fractura (a la altura de la rodilla), y sobre el fondo, en el extremo derecho de la escultura	8%
Deposición de argamasa	X		Sobre el área del faldellín	5%
Marcas de golpes recientes	X		A la altura del pie y del abdomen	2%
Disgregación	X		En la zona del faldellín	30%
Exfoliación	X		En los pliegues del vientre y en los caracoles oliva del faldellín	2%
Faltantes	X		En la zona de las garras y en la ceja del cráneo de la rodilla	3%
Desportilladuras	X		En los dientes del cráneo de la rodilla y en el ojo de ser telúrico del pie	5%
Marcas de golpes de la época prehispánica		X		
Fisuras		X		
Grietas		X		
Manchas	X		En cantos	6%
Presencia de sales	X		Sobre el canto, a la altura del faltante central	2%

ALTERACIONES ESTRUCTURALES-DETERIORO EN LA PIEDRA



SIMBOLOGÍA

	Desgaste		Disgregación
	Desprendimientos		Exfoliación
	Deposición de argamasa		Faltantes
	Marcas de golpes recientes		Desportilladuras

RESTAURACIÓN DE LA DIOSA MONUMENTAL TLALTECUHTLI

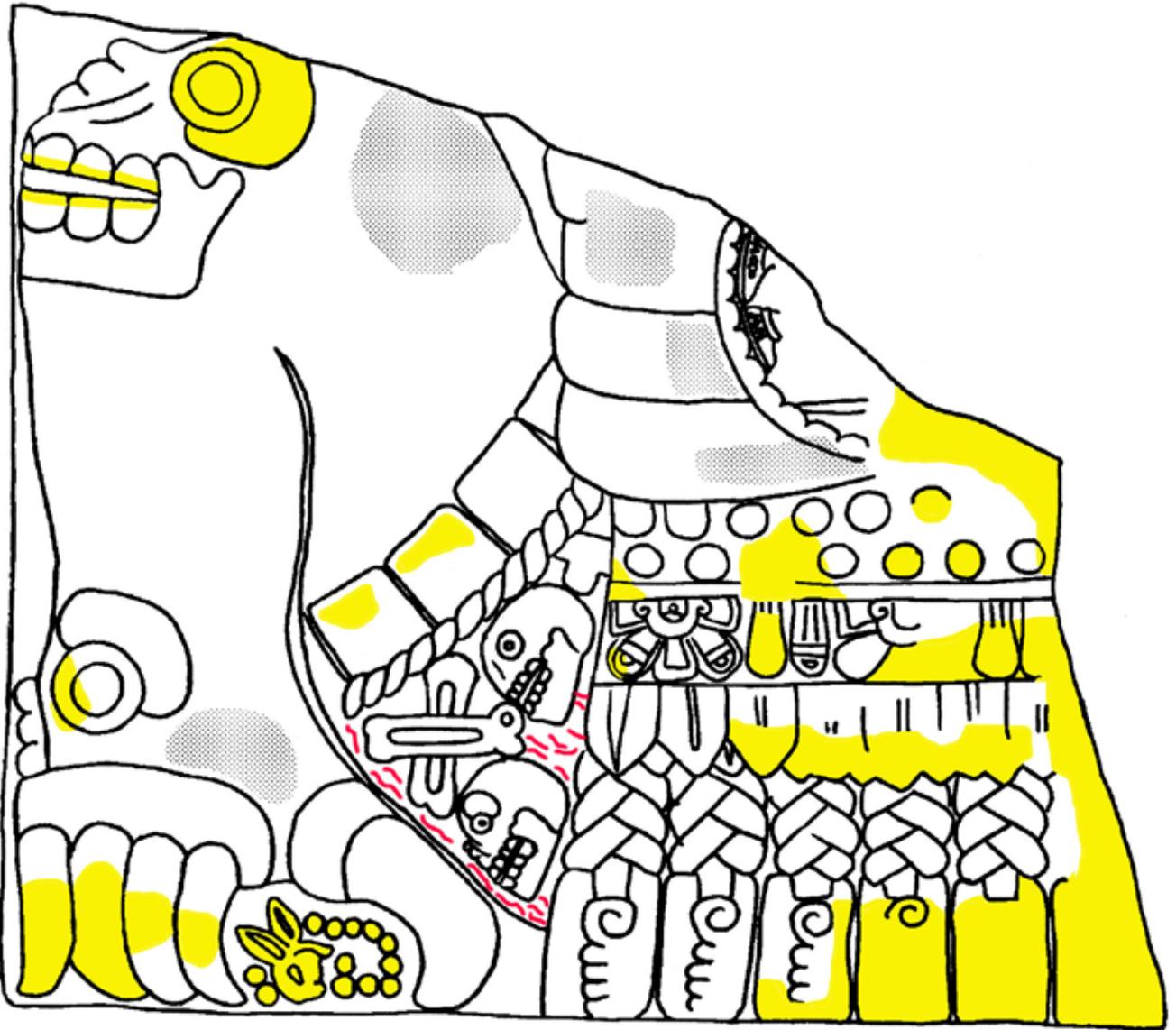
DEPARTAMENTO DE RESTAURACIÓN MTM

RELIEVE DE TLALTECUHTLI PTM 7

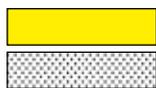
FICHA DE CONSERVACIÓN

<b>2. Alteraciones de la decoración</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Frecuencia</b>
Pérdida de policromía	X		En las puntas de las garras, en los ojos, mandíbulas y dientes del ser telúrico del pie y del cráneo de la rodilla; en la franja inferior del faldellín con caracoles <i>Oliva</i> , en toda la mitad izquierda del faldellín, y en la fecha calendárica	35%
Velos salinos	X		Ligeros velos salinos sobre el área del abdomen, del muslo y del pie	3%
Exfoliación	X		Sobre la divisa dorsal (en las zonas decoradas en color negro)	2%
Desgaste	X		General	90%
Desprendimientos	X		En la ceja del ojo del ser telúrico y en los símbolos de venus, policromados en color azul maya	1%
Disgregación	X		General	90%
Fisuras	X		Sobre la divisa dorsal (en las zonas decoradas en color negro)	2%
Grietas		X		
Deposición de argamasa	X		Sobre la mitad izquierda del faldellín	20%
Manchas		X		
Desportilladuras		X		
Marcas de golpes recientes		X		
Marcas de golpes de la época prehispánica		X		

ALTERACIONES DE LA DECORACIÓN

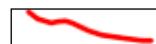


SIMBOLOGÍA



Pérdida de policromía

Velos salinos



Exfoliación

RESTAURACIÓN DE LA DIOSA MONUMENTAL TLALTECUHTLI

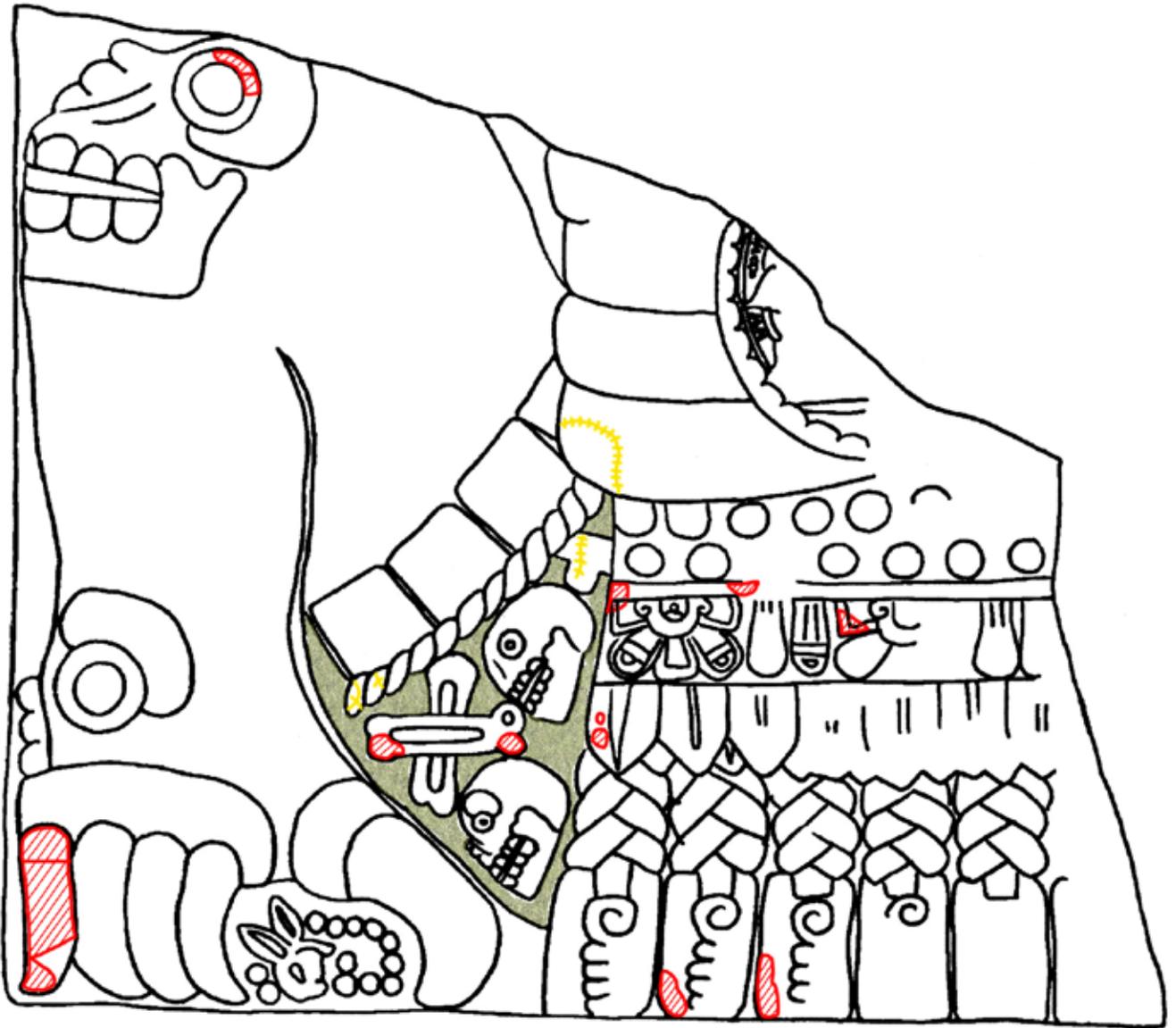
DEPARTAMENTO DE RESTAURACIÓN MTM

RELIEVE DE TLALTECUHTLI PTM 7

FICHA DE CONSERVACIÓN

<b>3. Tratamientos de conservación</b>	
<b>Limpieza</b>	
Eliminación de argamasa y tierra en la piedra	Eliminación de argamasa y tierra en la decoración policromada
Se eliminó química y mecánicamente con hisopo rodado impregnado en alcohol, brochas de pelo suave, brochuelos y bisturí.	Se eliminó la tierra química y mecánicamente con hisopo rodado impregnado en alcohol, brochas de pelo suave y bisturí.
Limpieza superficial de la piedra	Limpieza superficial de la policromía
Se eliminó mecánicamente con brochas de pelo suave, brochuelos y bisturí.	Se eliminó mecánicamente con brochas de pelo suave y bisturí.
Sales sobre piedra	Sales sobre policromía
Se reblandecieron las concreciones en el canto del fragmento por medio de papetas de ácido acético al 5% y, posteriormente, de manera mecánica con ayuda de bisturíes. Neutralización final de las zonas con bicarbonato de sodio al 10% en agua destilada.	Se eliminó mecánicamente con bisturí sobre velos salinos localizados sobre el color ocre.
<b>Consolidación</b>	
Piedra	Estuco y pigmentos
Se llevaron a cabo consolidaciones localizadas en cantos mediante la aplicación por aspersión de consolidante KSE 500® 1:1 en alcohol etílico.	Se aplicó, por aspersión, agua de cal en áreas con decoración de estuco.
<b>Fijado</b>	
Estuco	Pigmentos
Se aplicó diariamente, por aspersión, hidróxido de calcio sobre zonas decoradas en color blanco.	Se aplicaron, por aspersión y de manera general, cinco manos de KSE 300® 1:1 en alcohol etílico sobre toda la capa pictórica.
<b>Unión de fragmentos</b>	
Los fragmentos pequeños se ubicaron en su sitio y se unieron mediante la aplicación de cola de caseína láctica; los más grandes se adhirieron con resina epóxica.	
<b>Resane</b>	
Aplicación de resanes con pasta de cal-arena o piedra molida, en proporción 1:2 alrededor de uniones de fragmentos y en zonas con exfoliación.	
<b>4. Observaciones</b>	
Los pigmentos en general presentan falta de adherencia al sustrato. De mayor a menor estabilidad se presentan de la siguiente manera: negro, blanco, rojo, azul y ocre.	

TRATAMIENTOS DE CONSERVACIÓN



SIMBOLOGÍA



Consolidación de escamas

Ribetes de protección



Unión de fragmentos

\*Los procesos de limpieza y de fijado de policromía se realizaron de manera general.

RESTAURACIÓN DE LA DIOSA MONUMENTAL TLALTECUHTLI

DEPARTAMENTO DE RESTAURACIÓN MTM

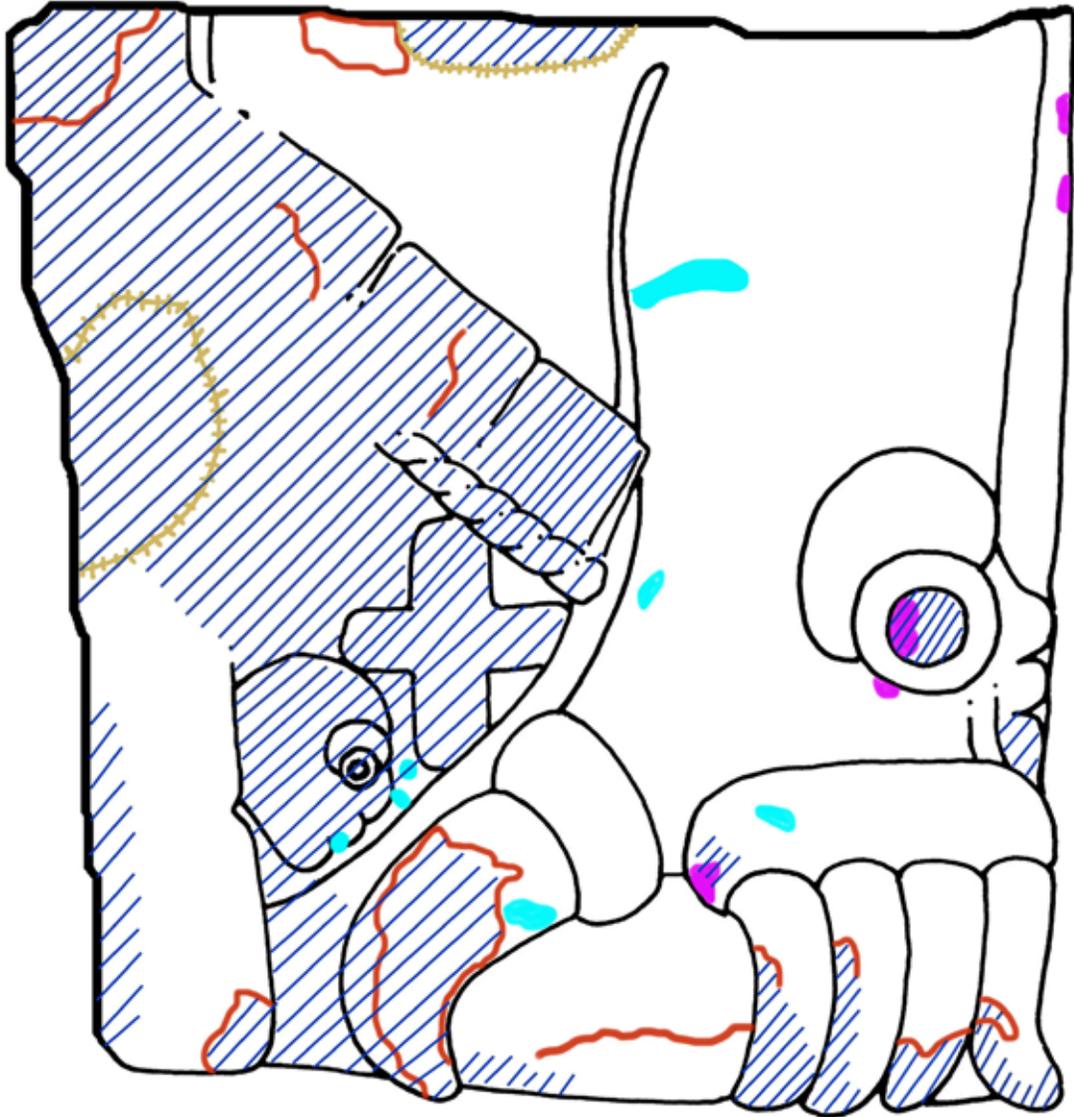
RELIEVE DE TLALTECUHTLI PTM 7

FICHA DE CONSERVACIÓN

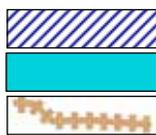
FRAGMENTO D

<b>Datos generales</b>				
Fragmento: D		Fecha: de junio de 2008 a marzo de 2011		
Descripción formal: fragmento inferior derecho del monolito en el que se aprecian la pierna izquierda de la diosa y una parte del faldellín				
Dimensiones máximas: 1.25 x 1.42 m				
Material constitutivo: andesita de lamprobolita, pigmentos minerales y decoración en estuco				
Técnica de manufactura: talla en piedra en alto relieve con policromía				
Decoración: pigmentos ocre, rojo y negro; color azul maya y color blanco				
<b>1. Alteraciones estructurales</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Frecuencia</b>
Desgaste	X		En las zonas más altas del relieve, las aristas, el área del faldellín y la divisa dorsal	60%
Desprendimientos	X		En el área de la fractura, a la altura del muslo, y en el área inferior interna, a la altura del caracol <i>Oliva</i> del faldellín	8%
Deposición de argamasa	X		En la esquina inferior derecha del fragmento, a la altura de las garras	5%
Marcas de golpes recientes	X		En la pierna, la boca del ser telúrico y el cráneo del faldellín	2%
Disgregación		X		
Exfoliación	X		En un caracol <i>Oliva</i> del faldellín y en las garras y el fondo del relieve donde éstas se ubican	7%
Faltantes		X		
Desportilladuras	X		En el ojo y la boca del ser telúrico y en la orilla izquierda superior del fragmento	3%
Marcas de golpes de la época prehispánica		X		
Fisuras		X		
Grietas	X		A la altura del caracol <i>Oliva</i> y en las tiras trenzadas de color rojo	2%
Manchas	X		En cantos	5%
Presencia de sales	X		Sobre el canto	1%

ALTERACIONES ESTRUCTURALES - DETERIORO EN LA PIEDRA



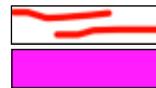
SIMBOLOGÍA



Desgaste

Marcas de golpes recientes

Disgregación



Exfoliación

Desportilladuras

RESTAURACIÓN DE LA DIOSA MONUMENTAL TLALTECUHTLI

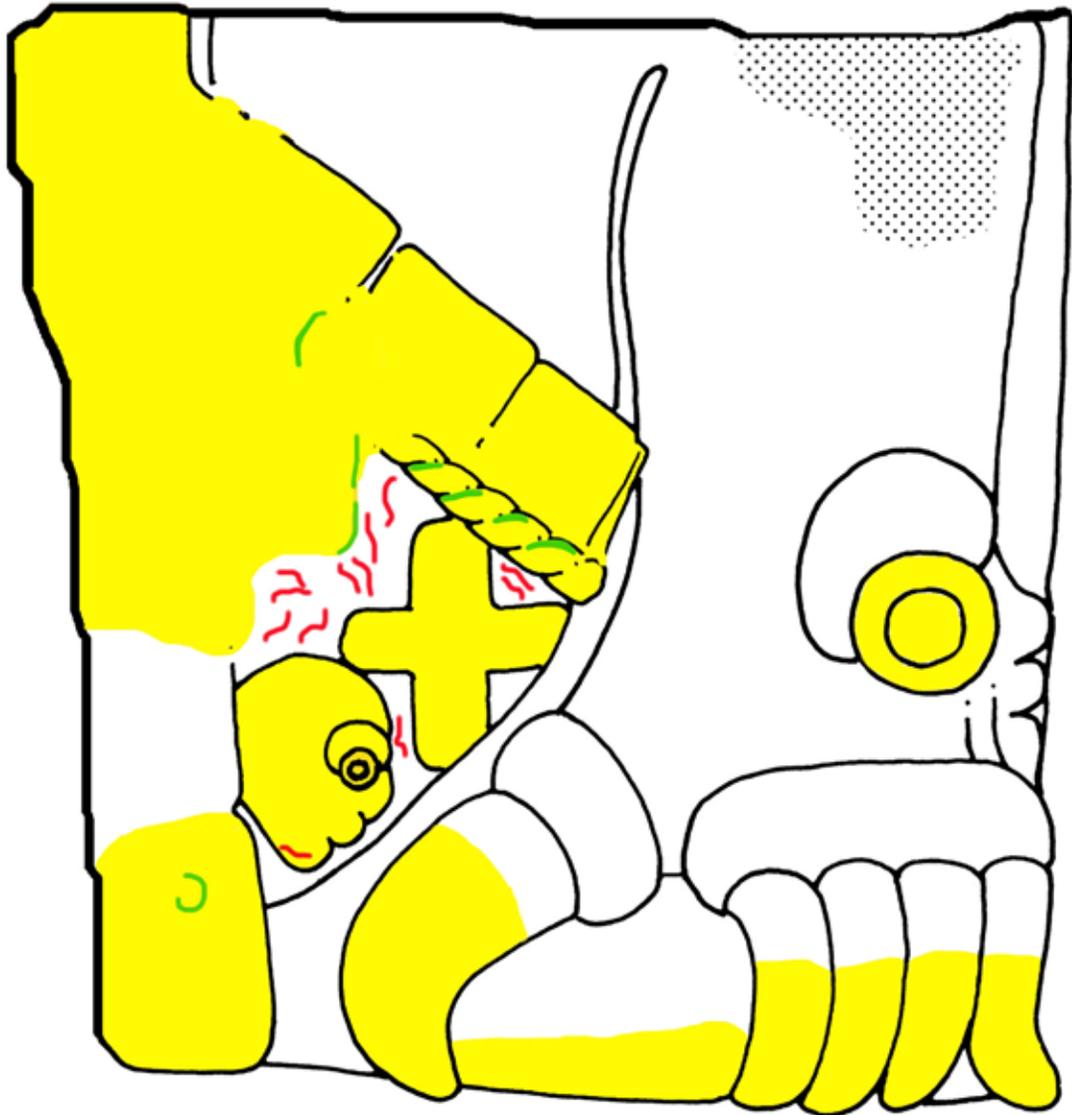
DEPARTAMENTO DE RESTAURACIÓN MTM

RELIEVE DE TLALTECUHTLI PTM 7

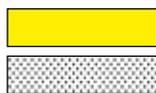
FICHA DE CONSERVACIÓN

<b>2. Alteraciones de la decoración</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Frecuencia</b>
Pérdida de policromía	X		En la zona del faldellín, la punta de las garras y el ojo de ser telúrico	35%
Velos salinos	X		Ligeros velos salinos sobre área de la rodilla derecha	2%
Exfoliación	X		Sobre la divisa dorsal (en zonas decoradas en color negro y blanco)	2%
Desgaste	X		General	90%
Desprendimientos	X		En la ceja del ser telúrico y en el símbolo de Venus, ambos policromados en color azul maya	0.5%
Disgregación	X		General	90%
Fisuras		X		
Grietas		X		
Deposición de argamasa		X		
Manchas		X		
Desportilladuras		X		
Marcas de golpes recientes		X		
Marcas de golpes de la época prehispánica		X		

ALTERACIONES DE LA DECORACIÓN

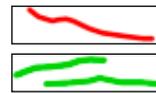


SIMBOLOGÍA



Pérdida de policromía

Velos salinos



Exfoliación

Restos de estuco

RESTAURACIÓN DE LA DIOSA MONUMENTAL TLALTECUHTLI

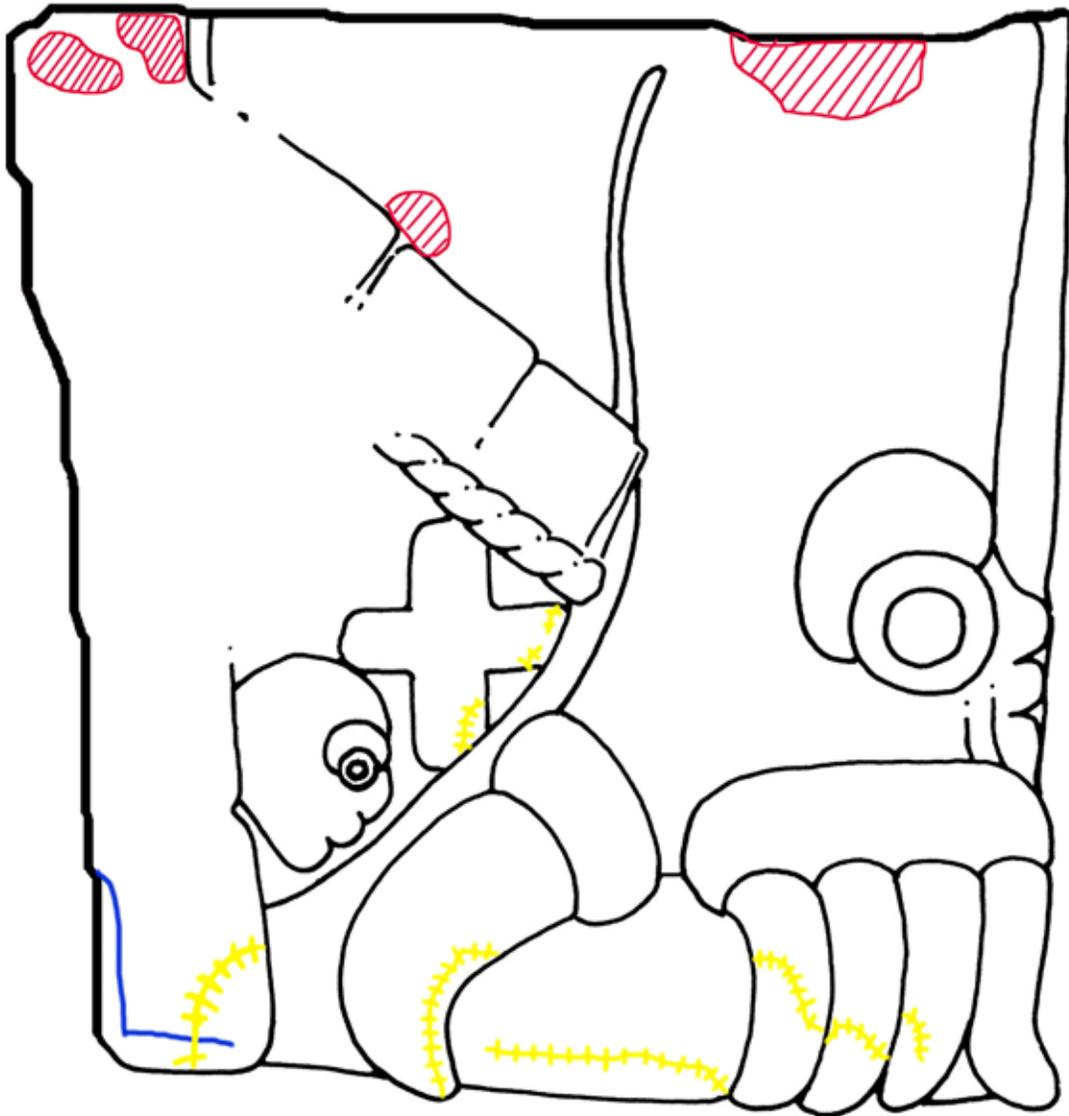
DEPARTAMENTO DE RESTAURACIÓN MTM

RELIEVE DE TLALTECUHTLI PTM 7

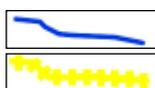
FICHA DE CONSERVACIÓN

<b>3. Tratamientos de conservación</b>	
<b>Limpieza</b>	
Eliminación de argamasa y tierra en la piedra	Eliminación de argamasa y tierra en la decoración policromada
Se eliminó química y mecánicamente con hisopo rodado impregnado en alcohol, brochas de pelo suave, brochuelos y bisturí.	Se eliminó la tierra química y mecánicamente con hisopo rodado impregnado en alcohol, brochas de pelo suave y bisturí.
Limpieza superficial de la piedra	Limpieza superficial de la policromía
Se eliminó mecánicamente con brochas de pelo suave, brochuelos y bisturí.	Se eliminó mecánicamente con brochas de pelo suave y bisturí.
Sales sobre piedra	Sales sobre policromía
Se reblandecieron las concreciones en el canto del fragmento por medio de papetas de ácido acético al 5% y, posteriormente, de manera mecánica con ayuda de bisturíes. Neutralización final de las zonas con bicarbonato de sodio al 10% en agua destilada.	Se eliminó mecánicamente con bisturí sobre velos salinos localizados sobre color ocre.
<b>Consolidación</b>	
Piedra	Estuco y pigmentos
Se llevaron a cabo consolidaciones localizadas en cantos mediante la aplicación por aspersión de consolidante KSE 500® 1:1 en alcohol etílico. Se consolidó la grieta en la esquina inferior izquierda mediante inyecciones de KSE 500® + tierra de diatomeas y calhidra.	Se aplicó, por aspersión, agua de cal en áreas con decoración de estuco.
<b>Fijado</b>	
Estuco	Pigmentos
Se aplicó diariamente, por aspersión, hidróxido de calcio sobre zonas decoradas en color blanco.	Se aplicaron, por aspersión y de manera general, cinco manos de KSE 300® 1:1 en alcohol etílico sobre toda la capa pictórica.
<b>Unión de fragmentos</b>	
Los fragmentos pequeños se ubicaron en su sitio y se unieron mediante la aplicación de cola de caseína láctica; los más grandes se adhirieron con resina epóxica.	
<b>Resane</b>	
Aplicación de resanes con pasta de cal-arena o piedra molida, en proporción 1:2 alrededor de uniones de fragmentos en grieta consolidada y en zonas con exfoliación.	
<b>4. Observaciones</b>	
Los pigmentos en general presentan falta de adherencia al sustrato. De mayor a menor estabilidad se presentan de la siguiente manera: negro, blanco, rojo, azul y ocre.	

TRATAMIENTOS DE CONSERVACIÓN



SIMBOLOGÍA



Consolidación de grietas

Ribetes de protección



Unión de fragmentos

\*Los procesos de limpieza y de fijado de policromía se realizaron de manera general.

# ANEXO 3

## PROYECTO EJECUTIVO PARA LOS SOPORTES INDIVIDUALES<sup>1</sup>

*María Barajas Rocha, Carlos Flores Espino y Tenoch Medina González*

### MEMORIA DESCRIPTIVA

#### I. ANTECEDENTES

En el sitio arqueológico del Templo Mayor de la Ciudad de México se encontraron cuatro fragmentos separados que conforman una escultura monolítica de origen prehispánico con la representación en bajo relieve de la deidad Tlaltecuhli.

En conjunto, los fragmentos forman una losa rectangular con dimensiones aproximadas de 4.17 x 3.6 m y un espesor variable de 0.25 a 0.35 m. El relieve está elaborado en piedra andesítica, con una densidad estimada de 2.7 t/m<sup>3</sup>. El peso total de los fragmentos se calcula alrededor de 12 toneladas.

Después de su descubrimiento en el predio de la antigua Casa de las Ajaracas, en octubre de 2006, los fragmentos excavados fueron colocados a pocos metros de su ubicación original, sobre la calle de República de Argentina, en noviembre de 2007.

Actualmente, las piezas se encuentran en este sitio, apoyadas sobre bases individuales de madera y espuma de polietileno, dentro de una caseta de paneles desmontables que fue construida a su alrededor para resguardarlas de los efectos de la intemperie. Dentro de este espacio se realizan labores destinadas a la conservación del monolito y su decoración policromada.

---

<sup>1</sup> Este proyecto se presentó en enero de 2010. Aunque en su momento no fue autorizado, consideramos que sería conveniente que se llevara a cabo para asegurar la estabilidad de la escultura.

## II. OBJETIVO

El objetivo de este proyecto es diseñar un sistema estructural que asegure su integridad durante el traslado de los fragmentos hacia el sitio en donde serán reunidos y exhibidos al público.

Cabe señalar que el proyecto ejecutivo que aquí se presenta consiste en una primera etapa constructiva del sistema estructural. La segunda fase se trabaja paralelamente en función de la presente y de otros factores sin definir. La modulación del sistema propuesto permite la ejecución y operación de la primera de manera independiente y a corto plazo.

Los factores que se tomaron en cuenta para el diseño de la solución fueron:

- el peso de los fragmentos
- la fragilidad del material y su decoración
- la complejidad de su geometría y ensamble
- las condiciones de su ubicación actual y futura

El proyecto fue elaborado con base en los siguientes criterios de diseño:

1. Crear un soporte que permita la conservación integral a largo plazo del monolito y del sitio arqueológico.
2. El montaje de las cuatro piezas que conforman la escultura de Tlaltecuhltli se realizará por anastilosis; esto es, reuniendo los fragmentos existentes en una posición relativa que recree la forma original de la obra monolítica.
3. Por tratarse de piezas de grandes dimensiones, peso y fragilidad, cada uno de los cuatro fragmentos se manejará siempre de manera individual. Con esto se reduce el riesgo de deterioro por contacto y se facilitan las maniobras de montaje.
4. No se empleará ningún agente cohesivo ni entre los fragmentos del monolito ni entre éstos y la estructura.
5. El monolito descansará de forma horizontal apoyado simplemente sobre un arreglo de soportes que distribuirán su peso uniformemente para evitar la concentración de esfuerzos en los cantos y las aristas de la escultura.
6. El sistema estructural permitirá la nivelación y el ensamble con precisión de los fragmentos, así como el posible acceso para su mantenimiento.
7. Los materiales empleados en el sistema estructural tendrán una larga vida útil y no serán agentes de deterioro físico ni químico a futuro por su propia degradación.
8. Los procedimientos de construcción, traslado y montaje se realizarán de la forma más segura, precisa y sencilla posible.
9. La intervención será reversible y fácilmente desmontable.

### III. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El sistema propuesto responde a los factores y criterios mencionados anteriormente como una solución general. La estructura está compuesta por cuatro soportes individuales móviles y una base fija.

#### SOPORTES INDIVIDUALES

Tienen la función de resistir las fuerzas que intervienen en el proceso de traslado y disminuir la concentración de esfuerzos en los fragmentos. Así mismo, permiten el ajuste de las piezas durante el proceso de montaje.

Consisten en cuatro parrillas de acero inoxidable, conformadas por perfiles tubulares (PTR) que generan estructuras rígidas y ligeras. Sobre las parrillas se distribuyen en forma reticular una serie de apoyos deformables plásticos.

Cada uno de los apoyos es ajustable en altura mediante un perno roscado, con la finalidad de permitir la nivelación relativa de los fragmentos, así como el contacto con la superficie irregular de la base del monolito para una distribución uniforme del peso.

Los apoyos que están en contacto directo con el monolito son elementos compuestos de plástico, que pueden deformarse sin causar daño a la piedra y no la contaminan con ningún tipo de reacción química.

Con el sistema de apoyos ajustables será además posible reemplazar las piezas de contacto sin la necesidad de alterar la posición del monolito (figura 1).

#### BASE FIJA

Carga los soportes individuales y transmite el peso hacia los cimientos o subestructura. Tiene además la función de proporcionar una superficie horizontal y permitir el ajuste de los soportes durante el montaje, así como el acceso inferior para el mantenimiento del sistema.

La base fija consiste en un sistema de marcos estructurales construido con perfiles I de acero estructural. Su geometría alterna con la modulación de los soportes individuales para distribuir uniformemente el peso y crear un espacio libre necesario para la operación de los pernos de nivelación que sobresalen bajo los soportes.

El montaje de cada uno de los fragmentos se realizará con una grúa que los elevará por medio de eslingas de poliéster atadas al perímetro de las parrillas de soporte individual. Una vez colocadas las piezas sobre la base fija, se ajustarán con finos desplazamientos laterales de los soportes y se nivelarán manualmente a través de los pernos.

Al término de estos ajustes, los soportes individuales se sujetarán a la base para trabajar en conjunto como una sola estructura ante los posibles desplazamientos laterales.

### IV. PROGRAMA DE OBRA

Ante la posibilidad de mostrar por primera vez al público el monolito como parte de una exposición temporal del MTM, que iniciaría en junio, se considera apremiante la producción de los soportes individuales bajo el siguiente programa (tabla 1).

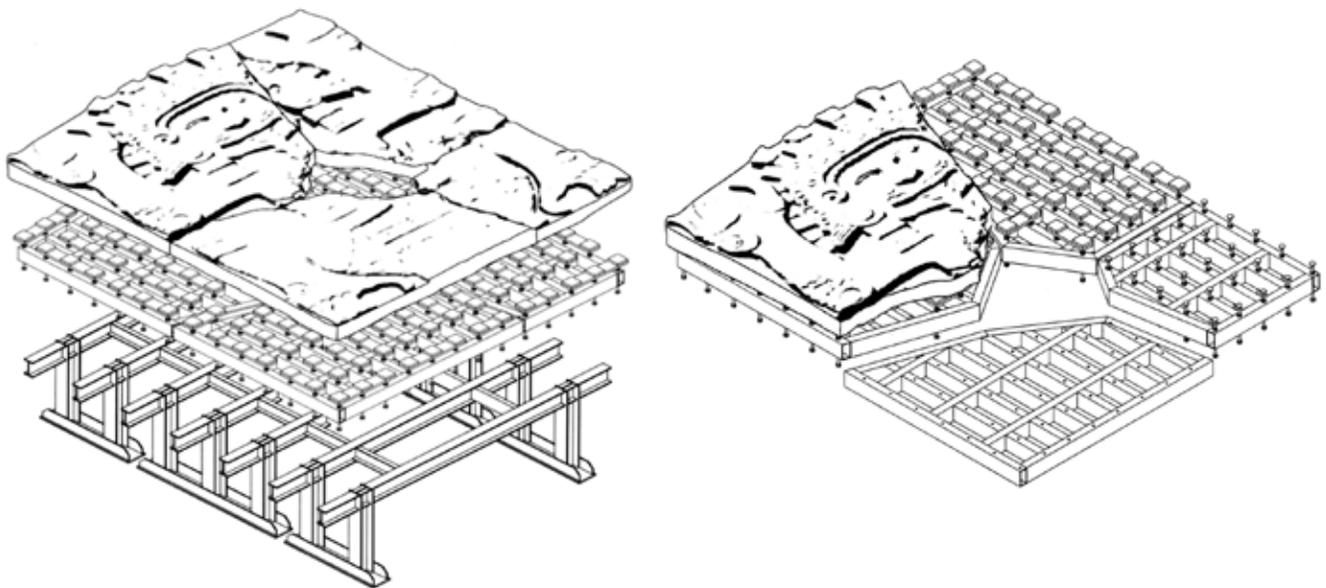


FIGURA 1. Sistema estructural y soportes individuales (CFE).

ANEXO 3

TABLA 1. Programa de obra para soporte y bases individuales

ACTIVIDADES	INICIO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
<b>GESTIÓN SOPORTES</b>							
Reunión para mostrar avances y prototipo de soportes individuales	15-Ene	█					
Entrega de proyecto ejecutivo a Dirección General del INAH	28-Ene	█					
Entrevistas con contratistas invitados	02-Feb		█				
Recepción y revisión de presupuestos – Definición de contratista asignado	08-Feb		█				
<b>FABRICACIÓN SOPORTES</b>							
Inicio de fabricación de los soportes	15-Feb		█				
Supervisión en la producción de los soportes	15-Feb		█	█	█	█	
Conclusión y entrega de soportes	03-May					█	
<b>OPERACIONES Y TRASLADO</b>							
Desmontaje de caseta provisional y cambio de bases – Nivelación de los fragmentos	10-May					█	
Traslado de fragmentos en soportes al interior del Museo del Templo Mayor	17-May					█	
Montaje en exposición temporal	17-May					█	
<b>EVALUACIÓN MUSEO DE SITIO</b>							
Solicitud a Dirección de Obras de estudio de capacidad estructural de carga	01-Feb		█				
Seguimiento durante realización del estudio correspondiente	08-Feb		█	█			
Plan de operaciones de traslado y montaje al Museo del Templo Mayor	15-Feb		█	█			
<b>INAUGURACIÓN EXPOSICIÓN</b>							
Probable fecha de presentación del monolito	01-Jun						█
<b>DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO</b>							
Realización de la memoria-expediente sobre el sistema estructural para el montaje	08-Feb		█	█	█	█	█
Conclusión del proyecto ejecutivo para la construcción de la base fija	01-Mar			█	█	█	

## V. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

En el proyecto ejecutivo se anexan los parámetros y resultados del diseño de la modelación matemática computarizada realizada en el programa de análisis estructural STAAD PRO.

El modelo consiste en una parrilla de perfiles PTR correspondiente al soporte del fragmento A —el cual resulta el más crítico en su comportamiento estructural debido a sus dimensiones— y se toma como base para el diseño de los soportes restantes.

Se muestran dos supuestos casos de análisis para el traslado de la estructura: uno que toma en cuenta la condición más crítica (cuatro puntos de apoyo), y otro, la más óptima (siete puntos). Las configuraciones de los puntos de apoyo perimetrales indican la forma en que se puede levantar el soporte con su fragmento con la seguridad mínima aceptable (crítica) y con la recomendada (óptima).

Los resultados de la modelación permiten definir los siguientes criterios de diseño estructural:

1. La estructura está diseñada para soportar el peso en cuatro puntos críticos de apoyo; sin embargo, la recomendación siempre será seguir la configuración óptima.
2. La selección del perfil PTR sobrepasa los requerimientos mínimos del código de Diseño por Esfuerzos Permisibles (AISC ASD) para la construcción en acero, pero el criterio para su selección se basa en la mayor rigidez de la estructura (menores flexiones) por tratarse del traslado de elementos de gran fragilidad.
3. El perfil seleccionado resulta óptimo por su comportamiento estructural y conforma una estructura ligera (10 % del peso del monolito). La optimización estructural por economía no es un criterio válido cuando se trata de bienes culturales invaluable.
4. Las uniones soldadas entre perfiles PTR son los puntos más críticos durante el izado de los soportes. Debido a que son uniones empataadas, el espesor del material base (PTR) determina el tamaño de la soldadura y a la vez la capacidad resistente de la unión. Por este motivo no se debe reducir el espesor de los elementos estructurales.

## VI. CATÁLOGO DE CONCEPTOS

Presupuesto de obra		Proyecto: Soportes individuales			
Sitio de obra: Museo del Templo Mayor					
Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U.	Importe
<b>100</b>	<b>Elementos metálicos</b>				
<b>110</b>	<b>Soporte A</b>				
111	Manufactura de una parrilla estructural a base de PTR de acero inoxidable tipo 304, Soporte A de acuerdo a planos y especificaciones. Incluye: material, soldadura, uso de herramienta, mano de obra certificada en procedimientos de corte, maquinado y soldadura. Transporte al sitio de obra.	Kg	505	0.00	0.00
112	Tuerca hexagonal 5/8" rosca tipo ACME de 8 cuerdas por pulgada en acero inoxidable tipo 304. Incluye: soldadura y ensambles de acuerdo a planos.	Pza	180	0.00	0.00
113	Varilla roscada 5/8" tipo ACME de 8 cuerdas por pulgada en acero inoxidable tipo 304. 30 cm de largo con un extremo redondeado. Incluye: soldadura y ensamble de acuerdo a planos.	Pza	60	0.00	0.00
114	Arandela plana 5/8" en acero inoxidable tipo 304. Incluye ensamble de acuerdo a planos.	Pza	60	0.00	0.00
115	Manufactura y ensamble de cabezal en acero inoxidable tipo 304 según planos. Incluye: Material, maquinado y soldadura de acuerdo a planos.	Pza	60	0.00	0.00
116	Manufactura y ensamble de placa de 1/4" en acero inoxidable tipo 304, doblada en L y maquinada según planos. Incluye: Material, maquinado y soldadura de acuerdo a planos.	Pza	8	0.00	0.00
<b>120</b>	<b>Soporte B</b>				
121	Manufactura de una parrilla estructural a base de PTR de acero inoxidable tipo 304, Soporte B de acuerdo a planos y especificaciones. Incluye: material, soldadura, uso de herramienta, mano de obra certificada en procedimientos de corte, maquinado y soldadura. Transporte al sitio de obra.	Kg	355	0.00	0.00
122	Tuerca hexagonal 5/8" rosca tipo ACME de 8 cuerdas por pulgada en acero inoxidable tipo 304. Incluye: soldadura y ensambles de acuerdo a planos.	Pza	120	0.00	0.00
123	Varilla roscada 5/8" tipo ACME de 8 cuerdas por pulgada en acero inoxidable tipo 304. 30 cm de largo con un extremo redondeado. Incluye: soldadura y ensamble de acuerdo a planos.	Pza	40	0.00	0.00
124	Arandela plana 5/8" en acero inoxidable tipo 304. Incluye ensamble de acuerdo a planos.	Pza	40	0.00	0.00
125	Manufactura y ensamble de cabezal en acero inoxidable tipo 304 según planos. Incluye: Material, maquinado y soldadura de acuerdo a planos.	Pza	40	0.00	0.00
126	Manufactura y ensamble de placa de 1/4" en acero inoxidable tipo 304, doblada en L y maquinada según planos. Incluye: Material, maquinado y soldadura de acuerdo a planos.	Pza	6	0.00	0.00

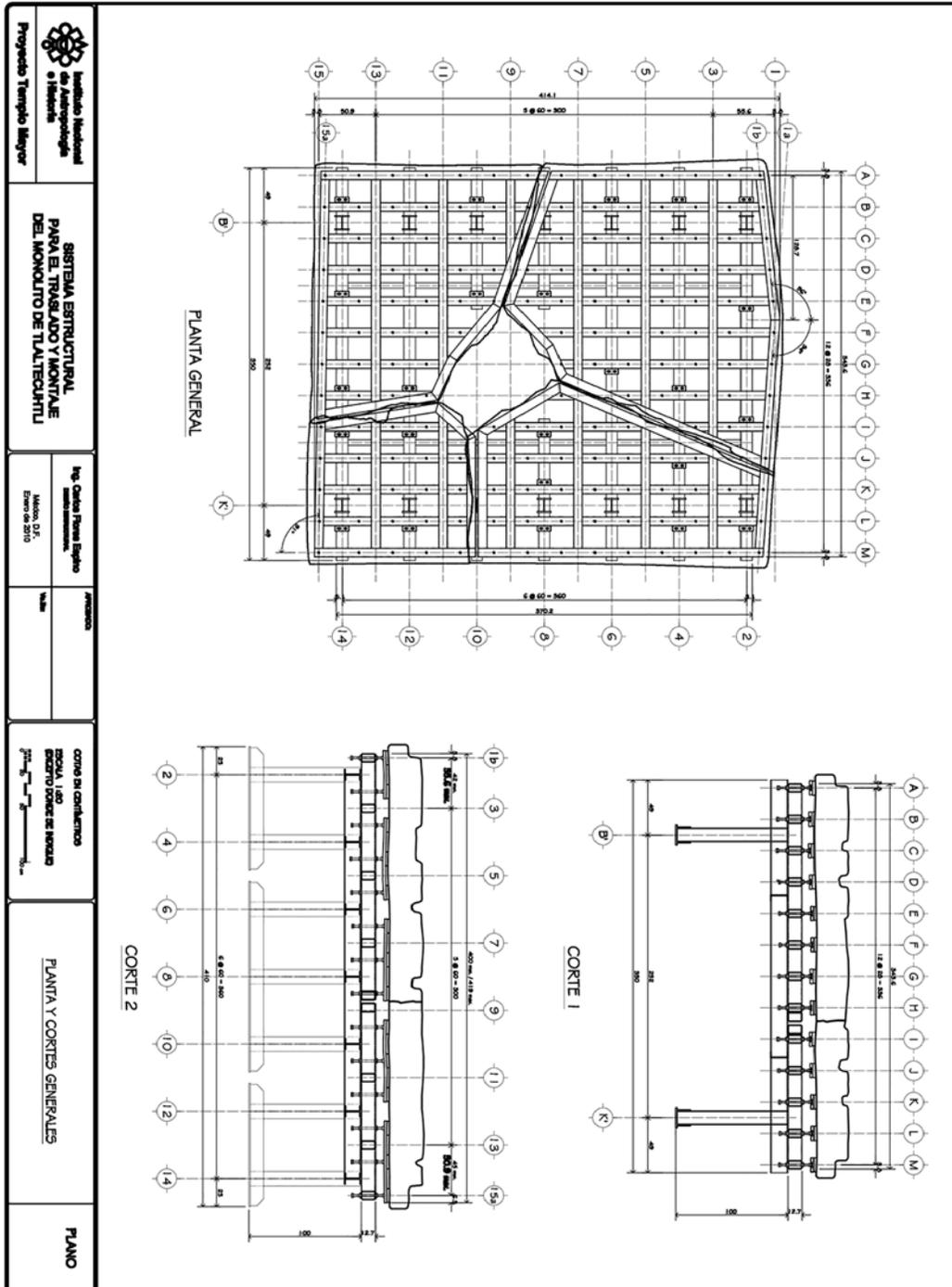
RESTAURACIÓN DE LA DIOSA MONUMENTAL TLALTECUHTLI

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U.	Importe
<b>100</b>	<b>Elementos metálicos</b>				
<b>130</b>	<b>Soporte C</b>				
131	Manufactura de una parrilla estructural a base de PTR de acero inoxidable tipo 304, Soporte C de acuerdo a planos y especificaciones. Incluye: material, soldadura, uso de herramienta, mano de obra certificada en procedimientos de corte, maquinado y soldadura. Transporte al sitio de obra.	Kg	380	0.00	0.00
132	Tuerca hexagonal 5/8" rosca tipo ACME de 8 cuerdas por pulgada en acero inoxidable tipo 304. Incluye: soldadura y ensambles de acuerdo a planos.	Pza	135	0.00	0.00
133	Varilla roscada 5/8" tipo ACME de 8 cuerdas por pulgada en acero inoxidable tipo 304. 30 cm de largo con un extremo redondeado. Incluye: soldadura y ensamble de acuerdo a planos.	Pza	45	0.00	0.00
134	Arandela plana 5/8" en acero inoxidable tipo 304. Incluye ensamble de acuerdo a planos.	Pza	45	0.00	0.00
135	Manufactura y ensamble de cabezal en acero inoxidable tipo 304 según planos. Incluye: Material, maquinado y soldadura de acuerdo a planos.	Pza	45	0.00	0.00
136	Manufactura y ensamble de placa de 1/4" en acero inoxidable tipo 304, doblada en L y maquinada según planos. Incluye: Material, maquinado y soldadura de acuerdo a planos.	Pza	6	0.00	0.00
<b>140</b>	<b>Soporte D</b>				
141	Manufactura de una parrilla estructural a base de PTR de acero inoxidable tipo 304, Soporte D de acuerdo a planos y especificaciones. Incluye: material, soldadura, uso de herramienta, mano de obra certificada en procedimientos de corte, maquinado y soldadura. Transporte al sitio de obra.	Kg	216	0.00	0.00
142	Tuerca hexagonal 5/8" rosca tipo ACME de 8 cuerdas por pulgada en acero inoxidable tipo 304. Incluye: soldadura y ensambles de acuerdo a planos.	Pza	72	0.00	0.00
143	Varilla roscada 5/8" tipo ACME de 8 cuerdas por pulgada en acero inoxidable tipo 304. 30 cm de largo con un extremo redondeado. Incluye: soldadura y ensamble de acuerdo a planos.	Pza	24	0.00	0.00
144	Arandela plana 5/8" en acero inoxidable tipo 304. Incluye ensamble de acuerdo a planos.	Pza	24	0.00	0.00
145	Manufactura y ensamble de cabezal en acero inoxidable tipo 304 según planos. Incluye: Material, maquinado y soldadura de acuerdo a planos.	Pza	24	0.00	0.00
146	Manufactura y ensamble de placa de 1/4" en acero inoxidable tipo 304, doblada en L y maquinada según planos. Incluye: Material, maquinado y soldadura de acuerdo a planos.	Pza	4	0.00	0.00
Subtotal				0.00	
IVA 16%				0.00	
Total elementos metálicos				0.00	

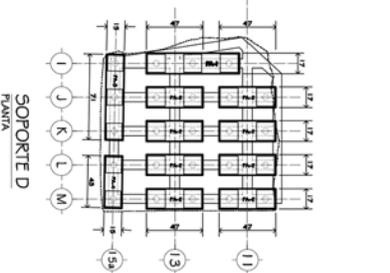
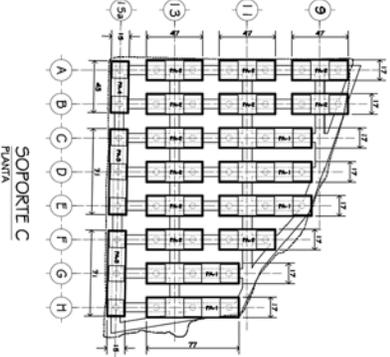
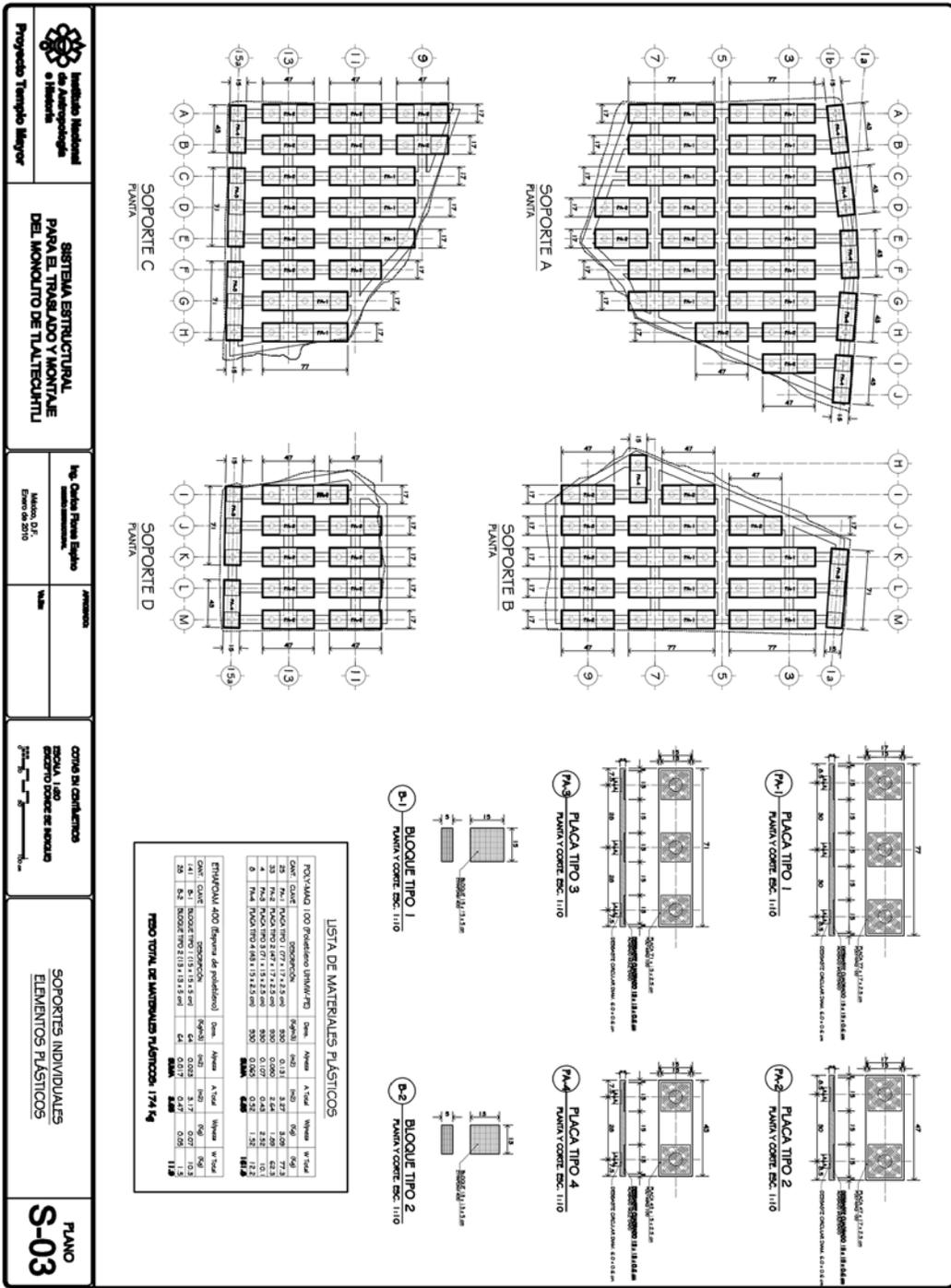
ANEXO 3

Clave	Concepto	Unidad	Cant.	P.U.	Importe
<b>200</b>	<b>Elementos plásticos</b>				
<b>210</b>	<b>Polietileno UHMW-PE</b>				
211	Manufactura de Placa Tipo 1 (77 x 17 x 2.5 cm) según planos y especificaciones, en polietileno de ultra alto peso molecular (Poly-maq 100), color blanco, densidad 930 kg/m <sup>3</sup> . Incluye: Material, uso de herramienta, mano de obra certificada en corte, maquinado y acabados. Transporte al sitio de obra.	Pza	25	0.00	0.00
212	Manufactura de Placa Tipo 2 (47 x 17 x 2.5 cm) según planos y especificaciones, en polietileno de ultra alto peso molecular (Poly-maq 100), color blanco, densidad 930 kg/m <sup>3</sup> . Incluye: Material, uso de herramienta, mano de obra certificada en corte, maquinado y acabados. Transporte al sitio de obra.	Pza	33	0.00	0.00
213	Manufactura de Placa Tipo 3 (71 x 15 x 2.5 cm) según planos y especificaciones, en polietileno de ultra alto peso molecular (Poly-maq 100), color blanco, densidad 930 kg/m <sup>3</sup> . Incluye: Material, uso de herramienta, mano de obra certificada en corte, maquinado y acabados. Transporte al sitio de obra.	Pza	4	0.00	0.00
214	Manufactura de Placa Tipo 4 (71 x 15 x 2.5 cm) según planos y especificaciones, en polietileno de ultra alto peso molecular (Poly-maq 100), color blanco, densidad 930 kg/m <sup>3</sup> . Incluye: Material, uso de herramienta, mano de obra certificada en corte, maquinado y acabados. Transporte al sitio de obra.	Pza	8	0.00	0.00
<b>220</b>	<b>Espuma de polietileno</b>				
211	Manufactura de Bloque Tipo 1 (15 x 15 x 5 cm) según planos y especificaciones, en espuma de polietileno densidad 64 kg/m <sup>3</sup> (Ethafom 400) color blanco. Incluye: Material, uso de herramienta, mano de obra. Transporte al sitio de obra.	Pza	141	0.00	0.00
222	Manufactura de Bloque Tipo 2 (13 x 13 x 5 cm) según planos y especificaciones, en espuma de polietileno densidad 64 kg/m <sup>3</sup> (Ethafom 400) color blanco. Incluye: Material, uso de herramienta, mano de obra. Transporte al sitio de obra.	Pza	28	0.00	0.00
				Subtotal	0.00
				IVA 16%	0.00
				Total elementos metálicos	0.00

VII. PLANOS CONSTRUCTIVOS







B-1 BLOQUE TIPO 1  
FLAN Y CORDE DEC 1110

B-2 BLOQUE TIPO 2  
FLAN Y CORDE DEC 1110

M-3 PLACA TIPO 3  
FLAN Y CORDE DEC 1110

M-4 PLACA TIPO 4  
FLAN Y CORDE DEC 1110

M-1 PLACA TIPO 1  
FLAN Y CORDE DEC 1110

M-2 PLACA TIPO 2  
FLAN Y CORDE DEC 1110

LISTA DE MATERIALES PLÁSTICOS

DESCRIPCIÓN	Cant.	Unidad	Material	Marca	Altura	Longitud	Superficie	Peso
PLASTICADO 100% (Fondos de protección)								
CONTE. CORDE	100	metros	DEC 1110	DEC 1110	1.10	0.00	0.00	0.00
CONTE. FLAN	100	metros	DEC 1110	DEC 1110	0.13	3.27	3.27	77.3
BLOQUE TIPO 1	100	unidades	DEC 1110	DEC 1110	0.09	0.44	0.44	42.3
BLOQUE TIPO 2	100	unidades	DEC 1110	DEC 1110	0.09	0.32	0.32	12.2
PLACA TIPO 1	100	unidades	DEC 1110	DEC 1110	0.05	0.32	0.32	1.52
PLACA TIPO 2	100	unidades	DEC 1110	DEC 1110	0.05	0.32	0.32	1.52
PLACA TIPO 3	100	unidades	DEC 1110	DEC 1110	0.05	0.32	0.32	1.52
PLACA TIPO 4	100	unidades	DEC 1110	DEC 1110	0.05	0.32	0.32	1.52
<b>TOTAL</b>								<b>174.0</b>

PESO TOTAL DE MATERIALES PLÁSTICOS: 174 Kg

**Instituto Nacional de Antropología e Historia**  
**Proyecto Templo Mayor**

**SISTEMA ESTRUCTURAL PARA EL TRASLADO Y MONTAJE DEL MONOLITO DE TLALTECUHTLI**

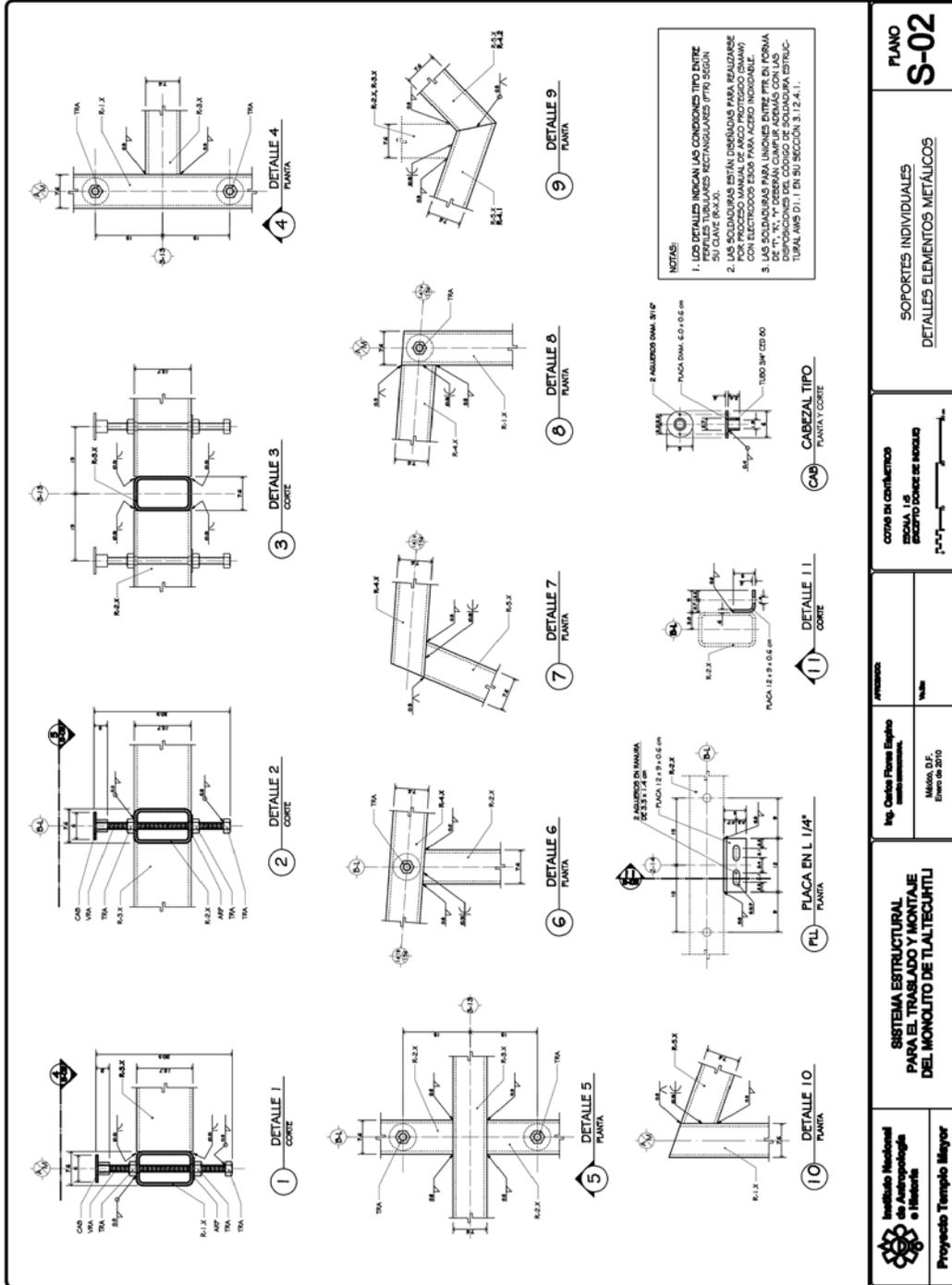
**Ing. Carlos Flores Espino**  
 Ingeniero de Estructuras  
 México, D.F.  
 Enero de 2010

**Arquitecto**  
 N/A

**Como lo confirman los**  
**ESQUEMAS, LINDOS**  
**EXCENSO CORDE DE MONTAJE**  
 1:10

**SOPORTES INDIVIDUALES ELEMENTOS PLÁSTICOS**

**PLANO S-03**



<p>Instituto Nacional de Astronavegación e Hidrografía</p> <p>Proyecto Templo Mayor</p>	<p><b>SISTEMA ESTRUCTURAL PARA EL TRABAJADO Y MONTAJE DEL MONOLITO DE TLALTECUHTLI</b></p>		<p>INGENIERO</p> <p>Ing. Carlos Flores Espino</p> <p>México, D.F.</p> <p>Enero de 2016</p>	<p>COMO SI CONTINUARA ESCALA 1:6</p> <p>SECCION DONDE SE MUESTRA</p> <p>1:2</p>	<p>PLANO</p> <p><b>S-02</b></p>
	<p>SOPORTES INDIVIDUALES</p> <p>DETALLES ELEMENTOS METÁLICOS</p>				

# ANEXO 4

## FICHAS TÉCNICAS



página: 1/7

Ficha de datos de seguridad  
según 1907/2006/CE, Artículo 31

fecha de impresión 05.12.2007

Revisión: 07.08.2007

### 1 Identificación de la sustancia o preparado y de la sociedad o empresa

- **Datos del producto**
- **Nombre comercial:** **KSE 300**  
**Funcosil Consolidante de piedra 300**
- **Número del artículo:** 0720
- **Utilización del producto / de la elaboración** Steinfestiger
- **Fabricante/distribuidor:**  
Remmers Baustofftechnik GmbH  
Postfach 1255  
D-49624 Lönningen / Alemania  
Tel.: ++49/5432/83-0  
Fax.: ++49/5432/3985
- **Área que informa:**  
Departamento de seguridad de productos: Tel.: ++49/5432/83-319  
E-Mail: EHarport@remmers.de
- **Información en casos de emergencia:**  
De 7.30 AM - 4.00 PM: Dpto. de seguridad de productos:  
Tel.: ++49/5432/83-138/-538  
fuera del horario de trabajo:  
Tel.: ++49/5961/91 95 47  
o Tel.: ++49/171/6428-297  
Fax: ++49/5961/91 95 48

### 2 Identificación de los peligros

- **Descripción del riesgo:**



Xn Nocivo

- **Indicaciones adicionales sobre los riesgos para personas y el medio ambiente:**  
R 10 Inflamable.  
R 20 Nocivo por inhalación.  
R 36/37 Irrita los ojos y las vías respiratorias.
- **Sistema de clasificación:**  
La clasificación corresponde a las listas actuales de la CE, pero siempre completada por la literatura especializada y los informes de las empresas.

### 3 Composición/información sobre los componentes

- **Caracterización química**
- **Descripción:** éster etílico del ácido silícico

#### Componentes peligrosos:

CAS: 78-10-4 EINECS: 201-083-8	ortosilicato de tetraetilto	Xn, Xi; R 10-20-36/37	60-<80%
CAS: 77-58-7 EINECS: 201-039-8	dilaurato de dibutilestaño	T, Xi; R 25-36/38	≤1,0%

( se continua en página 2 )

**Ficha de datos de seguridad**  
según 1907/2006/CE, Artículo 31

**Nombre comercial: KSE 300**  
**Funcosil Consolidante de piedra 300**

( se continua en página 1 )

**Indicaciones adicionales:**

El texto de los posibles riesgos aquí indicados se puede consultar en el capítulo 16.

**4 Primeros auxilios**

**Instrucciones generales:**

Quitarse de inmediato toda prenda contaminada con el producto.  
En caso de respiración irregular o apnea (paro respiratorio), practíquese la respiración artificial.

**En caso de inhalación del producto:**

Llevar la persona afectada al aire libre y tenderla para que permanezca en reposo.  
En caso de trastornos, prestar asistencia médica a la(s) persona(s) afectada(s)

**En caso de contacto con la piel:**

Lavar inmediatamente con agua y jabón y enjuagar bien.  
En caso de irritaciones continuas de la piel, consultar a un médico.

**En caso de con los ojos:**

Enjuagar los ojos abiertos durante varios minutos con agua corriente y acudir a un médico.

**En caso de ingestión:**

Dar ab beber 0,5 a 0,8 l de agua, a ser posible con carbón medicinal disuelto. Si el accidentado vomita espontáneamente, cuidar de que el vómito pueda salir libremente para impedir el riesgo de asfixia. Colocar al paciente en posición de decúbito lateral y asegurar esta posición Dar a beber repetidas veces agua. Sólo personal der primeros auxilios formado al respecto puede provocar artificialmente el vómito. No administrar nada al accidentado si este ha perdido el conocimiento o sufre convulsiones. Buscar ayudar médica.

**Indicaciones para el médico:**

**Tratamiento** Respirar lo antes posible un spray de cortisona.

**5 Medidas de lucha contra incendios**

**Sustancias extintoras apropiadas:**

Espuma resistente al alcohol  
Dióxido de carbono CO2  
Polvo extintor

**Sustancias extintoras inapropiadas por razones de seguridad:** Agua a pleno chorro

**Peligros particulares debidos a la sustancia, sus productos de combustión o gases generados:**

Posible formación de gases tóxicos en caso de calentamiento o incendio.

**Equipo especial de protección:** Usar un aparato de respiración autónomo.

**Indicaciones adicionales** Refrigerar los depósitos en peligro con chorro de agua rociada.

**6 Medidas en caso de vertido accidental**

**Medidas preventivas relativas a las personas:**

Usar un equipo de protección. Mantener alejadas las personas sin protección.  
Asegurarse de que haya suficiente ventilación.  
Mantener alejadas las fuentes de ignición.

**Medidas para la protección del medio ambiente:**

No introducir este producto en el alcantarillado o las aguas. En caso de contaminación de ríos, lagos o conducciones de aguas residuales hay que informar a las autoridades competentes en cumplimiento de las normativas locales.

Evitar que este producto penetre en la tierra /subsuelo.

Al penetrar en las aguas o en el alcantarillado, avisar a las autoridades pertinentes.

Al penetrar en el suelo, avisar a las autoridades pertinentes.

Observar la normativa de las autoridades locales.

**Procedimiento de limpieza/recogida:**

Evacuar las cantidades grandes con ayuda de una bomba, recoger con material absorbente, eliminar las cantidades pequeñas con agua. Eliminar las aguas residuales de forma reglamentaria.

Verter en depósitos apropiados para su recuperación o eliminación.

( se continua en página 3 )

## Ficha de datos de seguridad según 1907/2006/CE, Artículo 31

fecha de impresión 05.12.2007

Revisión: 07.08.2007

**Nombre comercial: KSE 300**  
**Funcosil Consolidante de piedra 300**

( se continua en página 2 )

- Asegurar que haya suficiente ventilación.
- Introducir los recipientes inestancos en un bidón identificado al respecto o un bidón de salvamento.
- **Indicaciones adicionales:**  
Para ampliar información sobre cómo eliminar el producto, ver capítulo 13.  
Los vapores pueden formar una mezcla explosiva en presencia del aire.

### 7 Manipulación y almacenamiento

- **Manipulado:**
- **Instrucciones para el manipulado seguro:**  
Utilícese sólo en zonas bien ventiladas.  
Evitar la formación de aerosoles.
- **Prevención de incendios y explosiones:**  
Mantener el producto alejado de las fuentes de inflamación. No fumar.  
Tomar medidas contra las cargas electrostáticas.  
En contacto con el aire, los vapores pueden formar una mezcla explosiva.
- **Almacenamiento:**
- **Exigencias con respecto al almacén y los recipientes:** No se requieren medidas especiales.
- **Normas en caso de un almacenamiento conjunto:** No almacenar junto con alimentos.
- **Indicaciones adicionales sobre las condiciones de almacenamiento:**  
Almacenar este producto en envases bien cerrados en un lugar fresco y seco.  
Proteger de la humedad y del agua.  
Almacenar los envases en un lugar bien ventilado.  
Proteger del calor y de la radiación solar directa.  
No fumar en la zona del almacenamiento. Temperatura del almacenamiento: Temperatura ambiente.  
No fumar en la zona del almacenamiento.  
Temperatura del almacenamiento: temperatura ambiente.

### 8 Delimitación de la exposición y equipo de protección personal

- **Instrucciones adicionales para el acondicionamiento de las instalaciones técnicas**  
Sin datos adicionales, ver punto 7.
  - **Componentes con valores límite que deben controlarse en el puesto de trabajo:**
- | 78-10-4 ortosilicato de tetraetilo |   |
|------------------------------------|---|
| LEP                                | Valor de corta duración: 260 mg/m <sup>3</sup> , 30 ppm |
|                                    | Valor de larga duración: 87 mg/m <sup>3</sup> , 10 ppm  |
- **Indicaciones adicionales:** Como base se han utilizado las listas vigentes en el momento de la elaboración.
  - **Equipo de protección individual:**
  - **Medidas generales de protección e higiene:**  
Mantener alejado de alimentos, bebidas y piensos.  
Desprenderse de inmediato de la ropa contaminada o impregnada.  
No comer, beber, fumar o esnifar tabaco durante el trabajo.  
Protección profiláctica de la piel con crema protectora.  
Lavarse las manos antes de las pausas y al final del trabajo.  
Evitar el contacto con los ojos y la piel.  
No respirar los gases /vapores /aerosoles.
  - **Protección respiratoria:**  
Si las concentraciones son elevadas, llevar protección respiratoria.  
Aparato filtrador para uso breve:  
Filter ABEK
  - **Protección de manos:** Guantes impermeables
  - **Material de los guantes:** Caucho butílico
  - **Protección de los ojos:** Gafas de protección herméticas

( se continua en página 4 )

**Ficha de datos de seguridad**  
según 1907/2006/CE, Artículo 31

**Nombre comercial: KSE 300**  
**Funcosil Consolidante de piedra 300**

· **Protección del cuerpo:** Ropa de trabajo protectora

( se continua en página 3 )

**9 Propiedades físicas y químicas**

· **Datos generales**

**Forma:** Líquido  
**Color:** Transparente  
**Olor:** Débil, característico

· **Cambio de estado**

**Punto de fusión / rango de fusión:** sin determinar.  
**Punto de ebullición / rango de ebullición:** ca. 170°C

· **Punto de inflamación:** 40°C (Abel-Pensky 20 ml)

· **Temperatura de ignición:** 230 - 240°C

· **Autoinflamabilidad:** El producto no es autoinflamable.

· **Peligro de explosión:** El producto no es explosivo; sin embargo, pueden formarse mezclas explosivas de vapor / aire.

· **Límites de explosión:**

**Inferior:** 1,3 Vol %  
**Superior:** 23,0 Vol %

· **Presión de vapor a 20°C:** ca. 10 mbar

· **Densidad a 20°C:** 1,0 g/cm<sup>3</sup> (Aräometer 20 ml)

· **Solubilidad en / miscibilidad con agua:**

Insoluble.

· **Viscosidad:**

**Cinemática a 20°C:** 12 s (DIN 53211/4 20 ml)

\* **10 Estabilidad y reactividad**

· **Descomposición térmica / condiciones que deben evitarse:**

No se descompone si se almacena y maneja adecuadamente.  
No se descompone si se emplea adecuadamente.

· **Reacciones peligrosas**

Los envases vacíos sucios pueden contener gases del producto que, en contacto con el aire, forman una mezcla explosiva.

Reacciona con el agua en presencia de sustancias alcalinas o ácidos formando etanol.

· **Productos de descomposición peligrosos:**

Ningunos en caso de empleo según la finalidad prevista.  
Ningunos en caso de aplicación según las directrices.  
Ningunos en caso de almacenamiento según las prescripciones.

\* **11 Información toxicológica**

· **Toxicidad aguda:**

· **Efecto estimulante primario:**

· **en la piel:**

No produce irritaciones.  
Desengrasa la piel.

· **en el ojo:** Produce irritaciones.

· **Sensibilización:** No se conoce ningún efecto sensibilizante.

( se continua en página 5 )

**Ficha de datos de seguridad**  
según 1907/2006/CE, Artículo 31

**Nombre comercial: KSE 300**  
**Funcosil Consolidante de piedra 300**

( se continua en página 4 )

· **Datos adicionales (a la toxicología experimental):**

Dato correspondiente al hidrolizado de tetraetil-silicato:  
Puntos de referencia de un potencial mutágeno (cancerígeno):  
Sistema de test      Efecto  
Salmonella typhimurium, Reverse Mutation Assay      no mutágeno  
In vitro Mammalian Cytogenic Test      no mutágeno

· **Indicaciones toxicológicas adicionales:**

En conformidad con el procedimiento de cálculo contenido en la última versión de la Normativa General de Clasificación de la CE para Preparados, el producto tiene los siguientes riesgos:

Irritante

Nociva para la salud.

En caso de ingestión oral, inhalación, por ejemplo de aerosuelos, y contacto con la piel no se puede excluir del todo el riesgo de daños para la salud, especialmente en caso de exposición prolongada. Este producto daña el hígado, los riñones, es tóxico para los pulmones y produce inflamaciones agudas en la piel.

\* **12 Información ecológica**· **Datos relativos a la eliminación (persistencia y capacidad de descomposición):**

Mediante hidrólisis: ácido silícico y etanol.

· **Indicaciones generales:**

Nivel de riesgo para el agua 1 (autoclasificación): escasamente peligroso para el agua  
Este producto no debe penetrar en las aguas freáticas, las aguas o el alcantarillado.

\* **13 Indicaciones sobre la eliminación**· **Producto:**· **Recomendación:**

Mezclar los restos de producto gelificados con agua y dejar esperar a que termine la reacción. El gel de sílice solidificado se puede eliminar junto con residuos mixtos de obra y demolición.

Mezclar los restos de producto gelificados con agua y esperar a que termine la reacción. Una vez solidificado el gel de sílice se puede eliminar junto con los residuos mixtos de obra y demolición.

· **Catálogo europeo de residuos**

17 00 00	RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (INCLUIDA LA TIERRA EXCAVADA DE ZONAS CONTAMINADAS)
17 01 00	Hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos
17 01 06	Mezclas, o fracciones separadas, de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos que contienen sustancias peligrosas

· **Embalajes sin limpiar:**· **Recomendación:** Eliminar en conformidad con las normativas oficiales.\* **14 Información relativa al transporte**· **Transporte terrestre ADR/RID y GGVS/GGVE (internacional/nacional):**

· **Clase ADR/RID-GGVS/E:** 3 (F1) Líquidos inflamables  
· **Número Kemler:** 30  
· **Número UN:** 1292  
· **Grupo de embalaje:** III  
· **Denominación de la carga:** 1292 SILICATO DE TETRAETILO

( se continua en página 6 )

**Ficha de datos de seguridad**  
según 1907/2006/CE, Artículo 31

**Nombre comercial: KSE 300**  
**Funcosil Consolidante de piedra 300**

( se continua en página 5 )

- Cantidades limitadas (LQ) LQ7
- Código de restricción del túnel E

· Transporte/datos adicionales:



- Clase IMDG: 3
- Número UN: 1292
- Label: 3
- Grupo de embalaje: III
- Número EMS: F-E,S-D
- Contaminante marino: -
- Nombre técnico correcto: TETRAETHYL SILICATE

· Transporte aéreo ICAO-TI e IATA-DGR:



- Clase ICAO/IATA: 3
- Número UN/ID: 1292
- Label: 3
- Grupo de embalaje: III
- Nombre técnico correcto: TETRAETHYL SILICATE

**15 Información reglamentaria**

- **Distintivo según las directrices de la CEE:**  
El producto está catalogado y etiquetado según las directrices de la CEE/Reglamento sobre sustancias peligrosas.

· **Letra indicadora y denominación de la peligrosidad del producto:**



Xn Nocivo

- **Componentes peligrosos a indicar en el etiquetaje:**  
ortosilicato de tetraetilo

· **Frases-R:**

- 10 Inflamable.
- 20 Nocivo por inhalación.
- 36/37 Irrita los ojos y las vías respiratorias.

· **Frases-S:**

- 2 Manténgase fuera del alcance de los niños.
- 23 No respirar vapor/aerosol.
- 25 Evítese el contacto con los ojos.
- 46 En caso de ingestión, acúdase inmediatamente al médico y muéstrese la etiqueta o el envase.
- 51 Úsese únicamente en lugares bien ventilados.

· **Disposiciones nacionales:**

· **Disposiciones en casos de avería:**

- Son de respetar las cantidades de umbral conforme al Decreto de Avarías.

( se continua en página 7 )

página: 7/7

**Ficha de datos de seguridad**  
según 1907/2006/CE, Artículo 31

fecha de impresión 05.12.2007

Revisión: 07.08.2007

**Nombre comercial: KSE 300**  
**Funcosil Consolidante de piedra 300**

Grupo de sustancias 3: Líquidos inflamables.

( se continua en página 6 )

· **Clase de peligro para las aguas:**

Clase	contenido en %
III	ca. 61
II	ca. 38

· **Clase de peligro para las aguas:** CPA 1 (autoclasiación): poco peligroso para el agua.**16 Otra información**

Estas indicaciones se basan en el estado actual de nuestros conocimientos, pero no constituyen garantía alguna de propiedades del producto y no fundamentan ninguna relación jurídica contractual. Encontrará las especificaciones de suministro en las "Fichas Técnicas" respectivas.

· **Frases R relevantes**

- 10 Inflamable.
- 20 Nocivo por inhalación.
- 25 Tóxico por ingestión.
- 36/37 Irrita los ojos y las vías respiratorias.
- 36/38 Irrita los ojos y la piel.

· **Persona de contacto:** Departamento de seguridad de los productos**Polymaq.Tabla de propiedades**

Tipo Poly-maq / Propiedades	Unidades	Poly-Maq 100 Paloma	Poly-Maq (H)
Gravedad Especifica, 73°F	-	0.93	0.96
Resistencia a la Tensión, 73°F	Psi	3.050	=>40,000
Modulo de Elasticidad a la Tensión, 73°F	Psi	120,000	-
Elongación a la Ruptura, 73°F	%	200	=>600
Resistencia a la Flexión, 73°F	Psi	-	-
Resistencia a la Compresión, 10% de Deformación, 73°F	Psi	-	-
Dureza, Durometro, Escala Shore "D", 73°F	-	D 68	D69
Coefficiente de Fricción Dinámico (En seco vs. Acero)	-	0.1 - 0.14	-
Factor de Desgaste "k" x 10-10	in.3-min/ft. lbs. hr.	-	-
Conductividad Térmica	BTU in./hr. ft.2 °F	-	-
Coef. de Expansión Térmica Lineal (de -40°F a 300°F)	in./in./°F	1,1 x 10-4	6 X 105
Temp. de Servicio Continuo en Aire (Máx.) (1)	°F	180	-
Conductividad Térmica	BTU in./hr. ft.2 °F	-	-
Absorción de Agua por Inmersión, en 24 Horas	% por peso	0	-

**PROPIEDADES FÍSICAS TÍPICAS – GRÁFICA DE LA ESPUMA DE POLIETILENO ETHAFOAM®**

MEDIDAS TÍPICAS (No límites de especificación del producto)			Ethafoam®			
			400	700	900	
PROPIEDADES TÍPICAS (No límites de especificación del producto)	Densidad	ASTM D3575-08 Sufijo W ISO 845: 2006	Kg/m <sup>3</sup>	57	105	146
	Resistencia a la compresión vertical @ 10% vertical @ 25% vertical @ 50%	ASTM D3575-08 Sufijo D ISO 7214:2007	KPa	100 120 190	240 270 400	400 450 650
	Resistencia a la compresión vertical @ 25% 4th comp. vertical @ 50% 4th comp. vertical @ 70% 4th comp.	ISO 3386: 1986 parte 1 DIN 53577	KPa	35 110 310	55 220 760	75 330 1200
	Compresión permanente	ASTM D3575-08 Sufijo B (50% compresión) ISO1856: 2000 (25% compresión)	%	<20 <10	<15 <8	<15 <8
	Fluencia compresiva	ASTM D3575-08 Sufijo BB 168 horas	%	< 5 (3 psi/ 21 kg/dm <sup>2</sup> )	< 5 (3,55 psi/ 24.8 kg/dm <sup>2</sup> )	< 5 (5,23 psi/ 36.6 kg/dm <sup>2</sup> )
	Fluencia compresiva	ASTM D3575-08 Sufijo BB 1000 horas	%	< 10 (5 psi/ 35 kg/dm <sup>2</sup> )	< 10 (10 psi/ 70 kg/dm <sup>2</sup> )	< 10 (20 psi/ 140 kg/dm <sup>2</sup> )
	Estabilidad térmica	ASTM D3575-08 Sufijo S ISO 2796	%	< 2	< 2	< 2
	Resistencia a la tracción en el punto máximo (MD / CD)	ASTM D3575-08 Sufijo T ISO 1798 : 2008	KPa	303 296	500 718	510 758
	Alargamiento a la tracción (MD / CD)	ASTM D3575-08 Sufijo L ISO 1798 : 2008	%	33 26	45 42	18 18
	Resistencia al desgarro (MD / CD)	ASTM D3575-08 Sufijo G	N/cm	26 17	52 53	56 56
	Absorción de agua	ASTM D3575-08 Suffix L ISO 2896 : 1986	Volumen %	< 1	< 1	< 1

## CRÉDITOS DE IMÁGENES

Álvaro Barrera Rivera (ABR)

Carlos Flores Espino (CFE)

Claudia Malvárez López (CML)

Cristina Barragán Martínez (CBM)

Fernando Carrizosa Montfort (FCM)

Francisco Serrano (FS)

Giacomo Chiari (GC)

Jaime Torres Trejo (JTT)

Jesús Eduardo López (JEL)

Jorge Balmaseda Era (JBE)

José María Guerrero (JMG)

Julio Romero (JR)

Kenneth Garrett (KG)

Leonardo López Luján (LLL)

Luz María Muñoz (LMM)

Manlio Favio Salinas (MFS)

Marcos Vargas Calderón (MVC)

María Barajas Rocha (MBR)

Michelle de Anda (MDA)

Pablo Helguera (PH)

Pedro Bosch Giral (PBG)

Saburo Sugiyama (SS)

Tenoch Medina González (TMG)

Virginia Pimentel Chehaibar (VPC)